



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Centro Interdisciplinario de Investigación para
el Desarrollo Integral Regional
Unidad Oaxaca**

**Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de
Recursos Naturales
-Biodiversidad del Neotrópico-**

**“Distribución y hábitat potencial del jaguar
(*Panthera onca*) en Oaxaca, México”**

T E S I S

Que para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta

Biól. Mario César Lavariega Nolasco

Director de tesis

Dr. Miguel Ángel Briones Salas

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

2013

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades comunales y municipales de Santa Catarina Yetzelelag, Santiago Camotlán, San Francisco Yovego y San Miguel Reagú. A la familia Sarmiento por las facilidades prestadas en el Rancho Yajoni. A Ciro Rodríguez, por su ayuda en campo.

Especial agradecimiento a los miembros de comité revisor, Dr. Miguel Briones Salas, Dra. Elvira Durán Medina, Dr. Octavio Monroy-Vilchis, Dr. Gabriel Ramos Fernández, Dr. Emilio Ramírez Martínez, Dr. Salvador Belmonte y Dr. Rodolfo Solano.

A los catedráticos que me acercaron a los fundamentos teóricos y prácticos del manejo y conservación de recursos naturales: Dra. Claudia Ballesteros, Dra. Elvira Durán, M. en C. Graciela González, M. en C. María Ladrón de Guevara, Dra. Demetria Mondragón, Dra. Mara Rosas, Dr. Salvador Belmonte, Dr. Miguel Briones, Dr. Marcelo García, M. en C. Sabino Martínez y Dr. Antonio Santos.

Agradezco a los sistemas de becas de posgrado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y del Programa Institucional de Formación de Investigadores del Instituto Politécnico Nacional (PIFI-IPN), por el apoyo económico, y al proyecto JM011 “Modelado de la distribución geográfica de mamíferos endémicos y en riesgo de Oaxaca” de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

A Natalia Martín, Gabriela Monroy Gamboa, Malinalli Cortés por sus acertadas observaciones y recomendaciones que ayudaron a mejorar este documento.

CONTENIDO

	Pag.
Resumen.	1
Abstract.	3
I. INTRODUCCIÓN	5
II. ANTECEDENTES	7
II.1. Situación global del jaguar.	7
II.2. Situación del jaguar en México.	9
II.3. Métodos para el estudio al jaguar.	11
II.3.1. Modelación del nicho ecológico.	12
II.3.2. Modelación del hábitat potencial.	14
II.3.3. Rastros.	15
II.3.4. Cámaras-trampa.	16
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
IV. OBJETIVOS	19
IV.1. Objetivo general.	19
IV.2. Objetivos particulares.	19
V. MÉTODOS	20
V.1. Área de estudio.	21
V.1.1. Escala global.	21
V.1.2. Escala regional.	21
V.1.3. Escala local.	22
V.2. Análisis espacial	23
V.2.1. Escala global: Estimación de la distribución potencial del jaguar con el modelado de nicho ecológico.	23
V.2.2. Escala regional: Modelación del hábitat del jaguar en Oaxaca.	26
V.2.3. Escala local: Estimación de la abundancia y densidad del jaguar y diversidad temporal de sus presas en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.	29

V.2.3.1. Estimación de la abundancia y densidad de jaguares en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.	31
V.2.3.2. Diversidad temporal de las presas potenciales de jaguar en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.	33
V.3. Integración.	34
VI. RESULTADOS	39
VI.1. Escala global: Modelación del nicho ecológico del jaguar y su proyección geográfica.	39
VI.2. Escala regional: Modelación de hábitat potencial del jaguar en Oaxaca.	43
VI.3. Escala local: Estimación de la abundancia y densidad de jaguares en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.	48
VI.4. Escala local: Diversidad temporal de las presas potenciales de jaguar en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.	50
VII. DISCUSIÓN	57
VII.1. Escala global: Modelo del nicho ecológico del jaguar y su proyección geográfica.	57
VII.2. Escala regional: Modelo de hábitat del jaguar en Oaxaca.	60
VII.3. Escala local: Estimación de la abundancia y densidad de jaguares en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.	62
VII.4. Escala local: Diversidad temporal de las presas potenciales de jaguar en la Sierra de Villa Alta.	64
VIII. INTEGRACIÓN	67
IX. LITERATURA CITADA	70

ÍNDICE DE CUADROS

No.		Pag.
1	Descripción de los valores de confiabilidad para los registros de jaguar.	24
2	Variables ambientales utilizadas para modelar el nicho ecológico existente del jaguar.	25
3	Descripción de las variables utilizadas para la modelación del hábitat del jaguar (<i>Panthera onca</i>) en Oaxaca.	27
4	Valores del <i>Area Under the Curve</i> (AUC) parcial de seis modelos de nicho ecológico de jaguar.	39
5	Caracterización del hábitat de registros de jaguar en Oaxaca.	44
6	Superficie de sitios con idoneidad alta de hábitat para el jaguar en Oaxaca.	45
7	Historia de captura-recaptura de jaguar en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.	49
8	Transectos y distancias recorridas para la búsqueda de rastros de presas de jaguar.	52
9	Lista sistemática y abundancia relativa de las presas potenciales del jaguar registradas en cámaras-trampa y transectos en la Sierra de Villa Alta.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

No.		Pag.
1	Registros de jaguar en Oaxaca.	11
2	Macrolocalización de la Sierra de Villa Alta, Oaxaca	23
3	Variables utilizadas para la construcción de modelo de hábitat y distribución potencial para el jaguar en Oaxaca.	28

4	Localización geográfica de las estaciones con cámaras-trampa en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.	31
5	Transectos recorridos para la búsqueda de rastros en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.	33
6	Esquema de trabajo para el estudio de la distribución y hábitat potencial del jaguar en Oaxaca.	38
7	<i>Area Under the Curve</i> típica para el modelo de nicho ecológico de jaguar.	41
8	<i>Area Under the Curve</i> parcial para el modelo de nicho ecológico de jaguar.	41
9	Proyección geográfica del modelo de nicho ecológico existente del jaguar.	42
10	Proyección geográfica del modelo de nicho ecológico existente del jaguar en México.	43
11	Modelo de hábitat potencial del jaguar en Oaxaca.	46
12	Sitios con alta idoneidad de habitat para el jaguar (<i>Panthera onca</i>) en Oaxaca.	46
13	Sitios con alta idoneidad de habitat para el jaguar (<i>Panthera onca</i>) en Oaxaca.	47
14	Abundancia relativa de presas potenciales de jaguar registradas con cámaras-trampa en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.	51
15	Abundancia relativa de presas potenciales de jaguar registradas en transectos en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.	53
16	Comparación entre el modelo de nicho ecológico con vegetación actual y propuesta de corredores.	59

RESUMEN

Algunos ecosistemas de América Latina se encuentran entre los puntos calientes de conservación, debido a su elevada diversidad biológica, presencia de endemismos, y por las amenazas que se ciernen sobre ellos. Para proponer acciones de conservación adecuadas, es necesario abordar la problemática desde distintas escalas espaciales, y desde la consideración de especies de amplia distribución geográfica que presentan problemas de extinción, como el jaguar (*Panthera onca*). Debido a que es una especie monotípica –es decir, no se le reconocen subespecies-, su conservación requiere de la conectividad de sus poblaciones. En este sentido Oaxaca, al sur de México, es una región clave para unir las poblaciones de norte y sur de México. En este estudio se analizó la distribución, disponibilidad de hábitat y abundancia del jaguar y sus presas, desde tres escalas espaciales: 1) En la primera aproximación (escala global) se modeló el nicho ecológico existente, con el software MaxEnt utilizando 570 registros de un total de 1,486 obtenidos a lo largo de su distribución y 19 variables bioclimáticas. Se utilizaron seis diferentes conjuntos de datos para evaluar la transferibilidad del modelo con el *Area Under the Curve* (AUC) típica y parcial. 2) En una escala regional, se obtuvieron las frecuencias de los registros de jaguar en Oaxaca sobre variables que determinan la presencia de la especie; con ello se elaboró un mapa de idoneidad de hábitat en Oaxaca, el cual fue reclasificado y se identificaron las áreas con una superficie mayor a 100 km². 3) A escala local, se implementó un protocolo de muestreo con cámaras-trampa y se recorrieron transectos para la búsqueda de rastros en bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Villa Alta, Sierra Madre de Oaxaca, con el fin de estimar la abundancia y densidad del jaguar y la diversidad de presas en dos temporadas (seca y lluviosa); la abundancia de jaguares se estimó con modelos de captura-recaptura, con el software Capture; y la estimación de la densidad se obtuvo con el cálculo del área efectiva de muestreo. Globalmente se encontró que la proyección geográfica del mejor modelo (AUC 0.808 y relación AUC parcial de 1.616) predice áreas desde el suroeste de Estados Unidos de América hasta el centro de Argentina, y omite zonas en el altiplano mexicano, tierras altas de Venezuela, la cordillera de los Andes, la planicie costera de Perú, Chile y la cuenca baja del Amazonas. En una escala regional, se determinó que en Oaxaca existen 15 áreas con una superficie mayor a 100 km², con condiciones de alta idoneidad de hábitat, de las cuales las más grandes son la región de Los Chimalapas (4,952 km²) y la Sierra Juárez-Mixe (10,070 km²). En la escala local se obtuvieron seis fotografías de dos individuos de jaguar, que arrojó

una abundancia relativa de 0.164. La densidad estimada fue de 1.29 individuos por 100 km². En cuanto a las presas, se registraron 21 especies, de las cuales la que presentó mayor abundancia relativa con cámaras-trampa correspondió al tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*; 1.04) y venado temazate (*Mazama americana*; 0.73); en los transectos fueron el tapir centroamericano (0.13) y la pava (*Penelope purpurascens*; 0.06). La proyección geográfica del modelo de nicho ecológico coincide con mapas de distribución elaborados por expertos, pero no soporta la propuesta del altiplano de México como corredor entre las poblaciones de la Sierra Madre Occidental y Oriental. Prácticamente todo el territorio de Oaxaca presenta condiciones climáticas que favorecerían la presencia de jaguar, sin embargo, actualmente el hábitat idóneo de la especie se concentra en dos grandes áreas, las cuales en conjunto podrían albergar cerca de 125 jaguares, con base en la densidad estimada de 1.2 individuos/100 km². Finalmente, el análisis multi-escala de la situación de cualquier especie puede contribuir con la base para la elaboración de propuestas de políticas de conservación y manejo acordes a sus requerimientos.

Palabras clave: modelo de nicho ecológico, modelo de hábitat, cámaras-trampa, abundancia y densidad.

ABSTRACT

The Latin American ecosystems are among conservation hot spots due to the high biological diversity, presence of endemic species, and the threats posed to them. To propose appropriate conservation action is necessary to address the problem from different spatial and temporal scales, particularly those species with extinction problems, such as the jaguar (*Panthera onca*). Because it is a monotypic species – subspecies are not recognized-, his conservation requires the connectivity of their populations. In this sense Oaxaca, southern Mexico, represents an important link to join the northern and southern populations of Mexico. In this study we examined the distribution, habitat, and abundance of the jaguar, and their potential preys, from three spatial scales: 1) In the first approach (global scale) was estimated the existing ecological niche with Maxent software using 570 records from a total of 1,486 along his distribution and 19 bioclimatic variables. We used six different sets of data and the transferability of model was evaluated with the Area Under the Curve (AUC) and AUC partial. 2) On a regional scale, frequencies were obtained from the records of jaguar in Oaxaca on variables that determine the presence of the species for developed a map of habitat suitability in Oaxaca, which was reclassified and identified areas with 100 km². 3) Locally, we implemented a sampling protocol with camera traps and transects to search tracks and feaces in cloud forest of Villa Alta, Sierra Madre de Oaxaca, to estimate abundance and density of jaguar and diversity of preys in two seasons (dry and rainy); abundance of jaguar was estimated with capture-recapture models with Capture software and density estimate was obtained by calculating the effective sample area. Globally, the geographic projection of the best model (AUC 0.808 and relation of AUC partial 1.616) predicts areas from southwestern United States to central Argentina, and omits areas in the Mexican highlands, highlands of Venezuela, the Andes, the coastal plain of Peru, Chile and basin lower Amazon. On a regional scale, it was determined that in Oaxaca there are 15 areas covering over 100 km² with high suitability of habitat, of which the largest are Los Chimalapas (4,952 km²) and Sierra Juárez-Mixe (10,070 km²). At scale local six photographs were obtained from two individuals of jaguar, which gave a relative abundance of 0.164. The estimated density was 1.29 individuals per 100 km². We recorded 21 species prey, of which four were obtained exclusively with camera traps, five with transects and 12 with both methods. The highest relative abundance with camera traps corresponded to Baird's Tapir (*Tapirus bairdii*; 1.04) and Brocket deer (*Mazama americana*, 0.73) in the transects were Baird's Tapir (0.13) and Pava (*Penelope purpurascens*; .06). The geographic projection of the ecological niche model coincides with distribution maps prepared by experts, but

does not support the proposal from the highlands of Mexico as a corridor between the populations of the Sierra Madre Occidental and Oriental. Virtually the entire territory of Oaxaca presents climatic conditions that favor the presence of jaguar, however, currently the suitability habitat high for the species is concentrated in two areas, which together could maintain around 125 jaguars, based on the estimated density of 1.2 individuals/km². Finally, analysis multi - scale can contribute on conservation and management policies based to their requirements of any specie.

Keywords: ecological niche model, habitat model, camera traps, abundance and density.

I. INTRODUCCIÓN

Las selvas tropicales en Latinoamérica presentan una de las tasas de pérdida y fragmentación de hábitat más altas del mundo (FAO, 2009), lo que trae consigo efectos en la biodiversidad, como cambios en la riqueza de especies y su abundancia, así como en interacciones intra e interespecíficas (Fahrig, 2003). Estos efectos, aunados a la cacería, la presencia de especies exóticas y una mayor disposición de contagio a enfermedades, están poniendo en riesgo a la diversidad biológica de la región (Álvarez-Romero *et al.*, 2008).

Dichas amenazas son particularmente importantes en especies que se encuentran en niveles tróficos altos, como los grandes carnívoros, ya que presentan características biológicas particulares: viven en densidades bajas, tienen ámbitos hogareños amplios y tasas de reproducción bajas. Por ello, son más sensibles a cambios ambientales, que pueden alterar la estructura de sus poblaciones, afectando su persistencia a mediano y largo plazo (Fahrig, 2003; Ryall y Fahrig, 2006). Así mismo, los carnívoros influyen en la abundancia de sus presas y con ello en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Borrvall y Ebenman, 2006; Preisser *et al.*, 2007).

El jaguar (*Panthera onca*) es una de las 14 especies de felinos de América y una de las que presenta mayor riesgo de conservación, debido a la cacería furtiva, la disminución de presas y la pérdida y fragmentación de hábitat (Taber *et al.*, 2002). Por estas razones en México se le cataloga como especie en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza lo enlista como casi amenazada (IUCN, 2013).

La distribución histórica del jaguar incluía el centro-oeste de Estados Unidos de América hasta el centro de Argentina (Seymour, 1989). Actualmente su distribución es discontinua desde Arizona, al suroeste de Estados Unidos de América (McCain y Childs, 2008) hasta el norte de Argentina (Perovic y Herrán, 1998; Taber *et al.*, 2002). Debido a ello, el estudio de diversos aspectos de la ecología del jaguar se

ha incrementado en los últimos años con el fin de proveer información para planear su conservación (Taber *et al.*, 2002; Chávez y Ceballos, 2006).

La conservación del jaguar a escala global plantea un reto importante, particularmente por los resultados de análisis genéticos en los que se argumenta que no existen subespecies, y por tanto las estrategias de conservación se deben enfocar en mantener niveles altos de flujo genético a lo largo de áreas geográficamente grandes (Eizirik *et al.*, 2001). Por ello, la conservación del jaguar requiere de un manejo a escala global, y la conectividad de las poblaciones es uno de los objetivos (Rabinowitz y Zeller, 2010).

En este sentido, el estado de Oaxaca, al sureste de México, es una región importante para la conectividad entre las poblaciones del sur y norte del país, en ambas vertientes oceánicas. El jaguar es una de las especies que integran la biodiversidad de Oaxaca, considerada una de las más ricas en México, debido a su historia geológica y biogeográfica.

Oaxaca ocupa el primer lugar en riqueza de plantas fanerógamas, anfibios, reptiles y aves, y el segundo en mamíferos (García-Mendoza *et al.*, 2004). Sin embargo, la diversidad biológica de la entidad está siendo afectada, ya que el 31.65% de los vertebrados terrestres se encuentra en alguna categoría de riesgo, de acuerdo a la legislación mexicana; y el 14.07% están en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), de las cuales, 13 especies de mamíferos se encuentran en peligro de extinción, entre ellas el jaguar (Lavariiega *et al.*, 2011).

Debido a que el jaguar tiene una amplia distribución y a que utiliza distintos tipos de hábitat y unidades de hábitat esparcidos en mosaicos (Sanderson *et al.*, 2002), su estudio requiere de trabajar a distintas escalas y los sistemas de información geográfica tienen un papel importante como una herramienta para determinar la distribución potencial y la cantidad e idoneidad del hábitat en donde se puedan

priorizar estudios sobre su situación. Como resultado, los muestreos focalizados a áreas con mayor probabilidad de presencia de la especie pueden proveer información sobre su abundancia y la de sus presas potenciales.

Con la generación de un análisis espacial y temporal como el que se propone en esta tesis se prevé aportar información que ayude en la identificación de áreas con condiciones de clima y hábitat idóneo para el jaguar, y obtener una aproximación al número de individuos que pueden existir en éstas.

II. ANTECEDENTES

II.1. Situación global del jaguar

En 1999 un grupo de científicos con experiencia en el estudio del jaguar se reunió en Cocoyoc, Morelos, México, con la finalidad de revisar el conocimiento científico de la especie y evaluar de forma sistemática el estado de conservación a través de su distribución histórica (Taber *et al.*, 2002).

A partir de su análisis, concluyeron que el jaguar había perdido el 37% de su distribución histórica y que en un 18% del área de distribución su situación es desconocida, por tanto la especie solo ocupaba el 47% de su distribución histórica. De las áreas en donde se piensa que todavía se distribuye el jaguar, solo el 70% se considera que mantienen poblaciones con alta probabilidad de sobrevivencia a largo plazo, principalmente en una gran región que incluye a la cuenca del Amazonas, el Pantanal, El Chaco, la costa del Caribe de Venezuela y las Guyanas (88%). También mantiene su distribución en las selvas de Guatemala, Belice y Honduras, el Choco-Darién de Panamá y Colombia, Misiones en Argentina, y el sur y la Sierra Madre Occidental de México (Sanderson *et al.*, 2002).

Asimismo, identificaron 51 unidades de conservación del jaguar, que corresponden a áreas que mantienen una población residente de 50 jaguares reproductivos o

áreas con menos animales pero con hábitat adecuado y estable en donde si las amenazas pueden ser minimizadas su sobrevivencia puede ser asegurada (Sanderson *et al.*, 2002). De estas áreas, 67% fueron consideradas de más alto nivel por poseer poblaciones de más de 50 individuos, de las cuales en 10 unidades se considera que hay poblaciones de más de 500 individuos, entre las que se encuentran los pastizales de tierras bajas del Pantanal, en Brasil, el bosque tropical seco de El Chaco en Venezuela y Brasil, los bosques tropicales húmedos del Amazonas en Brasil y Perú y de Centroamérica, y el bosque tropical seco mexicano. También determinaron los probables corredores que podrían unirlos y consensaron acciones prioritarias para la conservación del jaguar, entre las que destacan el reconocimiento de probables áreas de distribución e investigación de las restricciones a escala de paisaje (Sanderson *et al.*, 2002; Taber *et al.*, 2002).

Recientemente, Rabinowitz y Zeller (2010), mediante consulta a expertos, determinaron las variables importantes para el movimiento de jaguares a través del paisaje y con un análisis de menor costo identificaron los corredores del jaguar a lo largo de su distribución, de los cuales en México los más importantes son el norte y sur de Oaxaca, la Planicie costera del Pacífico y el altiplano mexicano.

II.2. Situación del jaguar en México

En México, en 2005 se realizó el “Primer Simposio sobre el jaguar en México: situación actual y manejo”, en el que especialistas nacionales analizaron la presencia y conservación del jaguar. De esta forma ubicaron regiones prioritarias para su conservación en el país y propusieron métodos estandarizados para censos, monitoreo y evaluación de la dieta y ecología del jaguar, evaluación de su salud y genética, programas de vigilancia participativa y estrategias de solución de conflictos (Chávez y Ceballos, 2006).

Además, se compilaron registros de jaguar de diferentes fuentes, que fue el insumo para la generación de un primer modelo de distribución potencial del jaguar en México. Con este modelo de distribución potencial, la presencia de poblaciones y disponibilidad de hábitat dentro del área de distribución, los especialistas identificaron ocho áreas de prioridad I (por considerar que mantienen poblaciones de 100 o más jaguares), diez de prioridad II (áreas con hábitat suficiente para mantener poblaciones de 100 o más animales) y seis de prioridad III (sitios con registros de jaguares, pero con hábitat modificado) (Ceballos *et al.*, 2007).

Particularmente en Oaxaca, identifican a la región de los Chimalapas como Área de Prioridad I (además, ésta es una de las áreas que a nivel nacional mantiene una de las poblaciones más grandes de jaguar), y el norte de Oaxaca como Área de Prioridad II (Ceballos *et al.*, 2007). La calificación de estas áreas es inferida por la presencia de hábitat, ya que hasta el año de 2004, la presencia de jaguar en Oaxaca se fundamentaba en registros en colecciones científicas con una antigüedad de más de 60 años y por registros bibliográficos (Cervantes y Yépez, 1995; Briones-Salas *et al.*, 2012).

En el medio rural de Oaxaca, la existencia del jaguar es más perceptible por las pérdidas económicas que causa al atacar al ganado, motivo por el que algunos individuos son cazados (Lavariega *et al.*, 2011; Briones-Salas *et al.*, 2012). Una excepción ocurrió cuando pobladores de la Sierra Madre de Oaxaca capturaron un individuo y que fue liberado con un collar equipado con un sistema de geoposicionamiento global muy cerca del lugar de su captura después de 14 meses en cautiverio (Aquino, 2011). Durante los seis meses se obtuvieron 11 localizaciones confiables, con las que se observó que el individuo se movía principalmente en selva alta y mediana perennifolia y que ocupó un área de 24 km² (Ramos-Fernández y Wooldrich, 2011).

Este hecho fue el antecedente principal por el que se dio inicio a la investigación formal del jaguar en la entidad. De esta forma, Lira y Ramos-Fernández (2007)

señalan la presencia, percepción local y amenazas del jaguar en la subprovincia fisiográfica Sierra Madre de Oaxaca y Chiapas (región de los Chimalapas), al este del estado.

Figel *et al.* (2009), con el uso de cámaras-trampa, obtienen por primera vez fotografías de jaguares en estado silvestre en Oaxaca, en la región de La Chinantla, centro de la subprovincia Sierra Madre de Oaxaca. En este estudio obtuvieron siete imágenes de dos individuos en un área de 114 km². Posteriormente, Figel *et al.* (2011) analizan la presencia del jaguar y la interacción entre la especie y los habitantes locales de cuatro comunidades de La Chinantla.

Lavariiega *et al.* (2011) aportan nuevos registros de la especie en el estado (Figura 1) y mencionan que la especie ha sido observada principalmente en las subprovincias Sierra Madre de Oaxaca, Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (región de los Chimalapas), Sierra Madre del Sur, Planicie costera del Golfo y la Depresión del Istmo de Tehuantepec, en bosque mesófilo de montaña y en manejo agropecuario-selva alta perennifolia y por debajo de los 400 msnm. Finalmente, Briones-Salas *et al.* (2012) determinan la distribución potencial del jaguar en el estado y describen los factores a favor y en contra de su conservación.

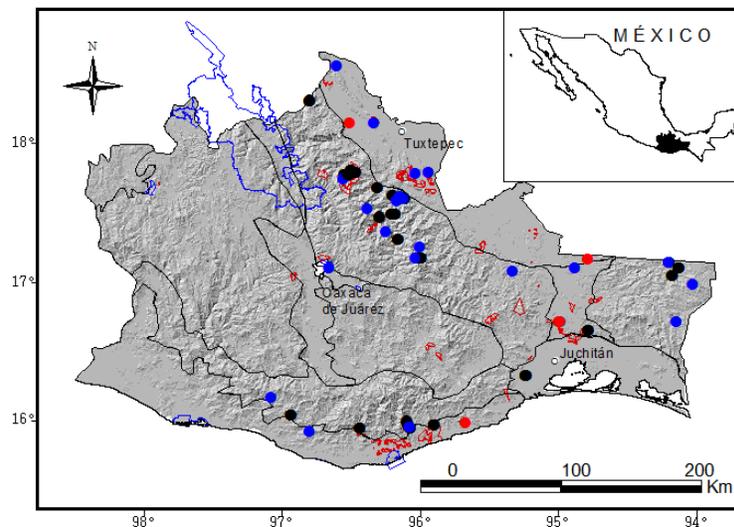


Figura 1. Registros de jaguar en Oaxaca (tomado de Lavariiega *et al.*, 2011).

II.3. Métodos para el estudio del jaguar

Para hacer viable la conservación del jaguar y de la biodiversidad en general, se requiere de la integración de distintas disciplinas que operan en distintas escalas espaciales. Debido a las características biológicas del jaguar, su estudio ha requerido de diferentes aproximaciones (Taber *et al.*, 2002; Chávez y Ceballos, 2006): globales, regionales y locales. La aproximación usada depende de los objetivos, que a su vez determina la escala espacial y temporal del estudio.

Los estudios a escala espacial global y regional dependen de la disponibilidad de información, utilizan datos de presencia y ausencia de la especie y variables abióticas. Con el desarrollo de los sistemas de información geográfica, el estudio a esta escala ha tenido un mayor auge y los resultados de estos análisis han devenido en propuestas de manejo y conservación del jaguar, desde regionales (Briones-Salas *et al.*, 2012; Cuervo-Robayo y Monroy-Vilchis, 2012) y nacionales (Rodríguez-Soto *et al.*, 2011) hasta globales (Sanderson *et al.*, 2002; Rabinowitz y Zeller, 2010).

Los sistemas de información geográfica representan un gran potencial para estudiar distintos aspectos de la biodiversidad y se han empleado para la determinación de patrones de distribución de especies (Wang *et al.*, 2003; Ramos-Vizcaíno *et al.*, 2007), en la construcción de modelos de disponibilidad de hábitat de especies focales (Ortega-Huerta y Medley, 1999; Hatten *et al.*, 2005; Spencer *et al.*, 2011) y en la predicción de la distribución de especies y modelado de nicho ecológico originados por algoritmos de computo (Peterson y Kluza, 2003; Illoldi-Rangel *et al.*, 2008). Con estos últimos se han desarrollado propuestas de conservación (Pawar *et al.*, 2007; Illoldi-Rangel *et al.*, 2008; Londoño-Murcia y Sánchez-Cordero, 2011), los cuales son un elemento importante en la planeación sistemática de la conservación (Margules y Sarkar, 2007; Pressey *et al.*, 2007).

II.3.1. Modelación del nicho ecológico

En la última década el Modelado de Nicho Ecológico y Modelado de Distribución de Especies se ha expandido, avivado por el desarrollo de computadoras cada vez más poderosas, el acceso a datos de ejemplares depositados en colecciones científicas e información ambiental a una escala espacial amplia (*broad scale*; Soberón y Peterson, 2004; Mateo *et al.*, 2011).

Estos modelos se basan en el concepto de nicho ecológico, el cual para Grinnell es el conjunto de condiciones ecológicas dentro de las cuales una especie es capaz de mantener poblaciones sin inmigración. En cambio para MacArthur, el nicho ecológico fundamental es un espacio ecológico multidimensional. Hutchinson distingue el nicho fundamental del nicho realizado, y define a este último como el espacio que ocupa actualmente la especie, con interacciones con otras (Peterson, 2001). Por tanto, la distribución de una especie está determinada por factores bióticos, abióticos, la región accesible para dispersarse y la capacidad evolutiva de una población de una especie para adaptarse a nuevas condiciones (Soberón y Peterson, 2005). Estos factores interactúan dinámicamente y a diferentes escalas (Pearson y Dawson, 2003; Soberón y Peterson, 2005).

Los programas de cómputo para el modelado de nicho ecológico utilizan datos de presencia de la especie y variables ecológicas/ambientales que determinan su presencia. Estos programas contienen algoritmos que toman información de las variables de un conjunto de datos de presencia (entrenamiento), modelan el nicho en un espacio ecológico y prueban la eficacia de predicción en otras áreas con otro conjunto de datos (validación). Finalmente, al proyectar el modelo de nicho ecológico a un espacio geográfico se genera un modelo de distribución potencial (Anderson *et al.*, 2003; Phillips *et al.*, 2005; Soberón y Peterson, 2005; Phillips *et al.*, 2006).

Particularmente con jaguar, Chávez y Ceballos (2006) modelan la distribución potencial en México, con el programa de cómputo *Genetic Algorithm for Rule Set Production* (GARP) y variables climáticas, topográficas y tipos de vegetación. Estimaron que el jaguar ha desaparecido en más del 60% del área que ocupó en el país, y que potencialmente el jaguar se encuentra en ambas vertientes oceánicas: por el occidente, desde Sonora hasta Chiapas; por el oriente, desde Tamaulipas y Nuevo León hasta Veracruz; y éstas confluyen en el istmo de Tehuantepec, continuando por Chiapas, y en la Península de Yucatán.

Rodríguez-Soto *et al.* (2011) elaboran un modelo de distribución potencial del jaguar en México con el ensamble de los modelos generados por los algoritmos *Ecological Niche Factor Analysis* (ENFA), distancia de Mahalanobis y *Maximum Entropy Approach to Modelling Species Distributions* (MaxEnt). Como variables utilizaron vegetación, distancia a caminos, densidad poblacional, elevación, pendiente y disponibilidad de presas. Con ello encontraron que cerca del 16% del territorio de México posee condiciones idóneas para la presencia de la especie. Con sus resultados proponen ocho Áreas de Conservación y Manejo para la Conservación del Jaguar (JCMA's) en México, con base en que son áreas capaces de mantener poblaciones viables.

En México, a nivel estatal se han realizado modelos de distribución potencial del jaguar para Guerrero y Oaxaca, ambos estudios utilizan el programa MaxEnt. En el primero, Cuervo-Robayo y Monroy-Vilchis (2012) utilizan variables climáticas, altitud, pendiente y vegetación, y la distribución potencial es proyectada al futuro (2024) bajo un escenario de cambio climático moderado y con cambios en el uso de suelo. Con ello estiman que Guerrero mantiene condiciones idóneas para la especie en 29% de su territorio y que para el año 2024 se reducirá a 25.5%, con un incremento en el número de fragmentos. En Oaxaca, Briones-Salas *et al.* (2012) modelan la distribución con variables climáticas y determinan que existen condiciones adecuadas en el 38.22% del territorio, principalmente en bosque

mesófilo de montaña y bosques tropicales perennifolios y subperennifolios y bosques tropicales caducifolios.

En una escala global, Tôrres *et al.* (2012) probaron la eficacia de 11 modelos de nicho ecológico para predecir la densidad de jaguares a lo largo de su distribución y encontraron que los mapas de idoneidad producidos por Bioclim, GARP, Maxent y Modelo Generalizado, tienen una relación positiva linear con la densidad de jaguares de 37 sitios. Sin embargo, también encontraron que sitios con altas densidades se presentaron en áreas con condiciones idóneas, tanto favorables como poco favorables, y apuntan que la densidad de jaguares también es afectada por factores locales, tales como, la densidad poblacional humana, el control de depredadores y la cacería de presas.

II.3.2. Modelación del hábitat potencial

Los modelos de idoneidad de hábitat se basan en la propuesta de la U.S. Fish and Wildlife Service de Estados Unidos de América y pretende ser una técnica para realizar una planeación y evaluación de los requerimientos de hábitat de cualquier especie (Schamberger y Farmer, 1982).

El primer trabajo para determinar el hábitat del jaguar en una región fue el realizado por Ortega-Huerta y Medley (1999), quienes evalúan la influencia de las actividades humanas en el paisaje ocupado por el felino; para ello, estos autores realizan una clasificación de imágenes de satélite Landsat para determinar la estructura del paisaje, al que sobreponen registros del jaguar y obtienen frecuencias de presencia, con el cual modelan el hábitat disponible. Posteriormente, Zarza *et al.* (2005) contrastan la frecuencia de registros de jaguares monitoreados con técnicas de telemetría satelital en el hábitat usado en relación al hábitat disponible en la Península de Yucatán, México y realizan un modelo de hábitat para la especie. Hatten *et al.* (2005) modelan el hábitat potencial del jaguar en Arizona E.U.A.,

utilizando variables determinantes para la especie con base en la consulta de especialistas y la sobreposición de registros con evidencia confiable.

A nivel nacional, los participantes del taller “El jaguar en el Nuevo Milenio” en 1999 en Morelos, México, delinean la distribución conocida hasta la fecha del jaguar a través de su rango de distribución histórica, considerando factores ambientales y antropogénicos (Sanderson *et al.*, 2002). Posteriormente, Zeller (2007) con información proporcionada por especialistas, actualizó el conocimiento de la distribución de la especie y mostró nuevas áreas de la presencia de jaguar, para un total de 90.

II.3.3. Rastros

La búsqueda de rastros a lo largo de transectos es uno de los métodos indirectos más económicos para estudiar mamíferos de talla mediana y grande y ofrece una aproximación a la abundancia de éstas especies bajo la premisa de que la abundancia relativa de rastros es un reflejo de la densidad poblacional (Witmer, 2005). Al comparar métodos para registrar mamíferos de talla mediana y grande, los resultados muestran diferencias en cuanto a las especies registradas y a la riqueza estimada (Silveira *et al.*, 2003; Reed, 2011); sin embargo, la combinación de métodos permite registrar especies que se desplazan en los distintos estratos de la vegetación (Faller-Menéndez *et al.*, 2005; Zapata-Ríos *et al.*, 2006).

Con el método de rastreo se ha caracterizado la estructura de la comunidad y/o el efecto de las actividades humanas en ella (Cullen *et al.*, 2001; Faller-Menéndez *et al.*, 2005; Dotta y Verdade, 2007; Pérez-Irineo y Santos-Moreno, 2010; Lavariiega *et al.*, 2012). En particular, en estudios con jaguar, la presencia y distribución ha sido estudiada en el norte de Argentina (Perovic y Herrán, 1998), y en México (Aranda, 1996; Rosas-Rosas y López-Soto, 2002; Rosas-Rosas y Bender, 2012).

A través de huellas Aranda (1996) estimó la abundancia y densidad de jaguares en la selva Lacandona, en la selva El Ocote y manglares en Chiapas considerando el ámbito hogareño de la especie y la superficie de vegetación. De esta forma estimó una población de 170 a 240 individuos en la selva Lacandona, 40 a 57 en la Sierra Madre de Chiapas, 11-16 en la selva del Ocote y 20 a 30 en los manglares. De forma similar Aranda (1998) estimó una población de 259 a 292 individuos en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. Cruz *et al.* (2007) estimaron una abundancia de 0.007 rastros/km para la Reserva de la Biosfera El Triunfo y de 0.013 rastros/km para la Reserva de la Biosfera La Sepultura, ambos en Chiapas. En Oaxaca, Lavariiega *et al.* (2012) estimó una abundancia de 0.007 rastros/km en la Sierra de Villa Alta.

II.3.4. Cámaras-trampa

Los protocolos de muestreo con cámaras-trampa han mostrado ser un buen método de monitoreo de especies de hábitos crípticos (Carbone *et al.*, 2002; Wang y Macdonald, 2009). Este método, aunado a un diseño experimental estandarizado, puede brindar información sobre abundancias y densidades (Carbone *et al.*, 2002).

Por las características del patrón de rayas o manchas del pelaje de algunos felinos (e.g. tigres, ocelotes, leopardos, jaguares), único entre individuos, es posible realizar estimaciones poblacionales basadas en modelos de captura-recaptura, siempre que se cumplan los supuestos (Karanth y Nichols, 1998; Harmsen *et al.*, 2010a):

- 1.- Todos los individuos dentro del área de estudio tienen la misma probabilidad de ser fotografiados, con una probabilidad de ser capturados mayor que cero.
- 2.- La población de estudio es cerrada, es decir, el tamaño de la población se mantiene constante durante el estudio.

3.- El muestreo es aleatorio.

Particularmente, estudios sobre el jaguar, usando este método, han brindado información sobre su presencia en lugares específicos (McCain y Childs, 2008; Monroy-Vilchis *et al.*, 2008; Figel *et al.*, 2009), así como patrones de actividad y comportamiento (Harmsen *et al.*, 2010b; Harmsen *et al.*, 2011).

Wallace *et al.* (2003) realizan la primera estimación poblacional del jaguar, ésta en Bolivia, en donde registran seis individuos en 58.8 km², con una densidad de 1.68 jaguares por 100 km². Trabajos posteriores en Sudamérica estiman densidades de entre 0.12 jaguares por 100 km² en el norte de Argentina, hasta 10.3 en el Pantanal en Brasil (Silver *et al.*, 2004; Soisalo y Cavalcanti, 2006; Paviolo *et al.*, 2008; Silveira *et al.*, 2009; Sollmann *et al.*, 2011). En Centroamérica, las estimaciones van de 6.98 a 7.48 jaguares por 100 km² (Silver *et al.*, 2004; Salom-Pérez *et al.*, 2007).

En México, Faller *et al.* (2007) estimaron la densidad de jaguares entre tres y seis individuos por 100 km² en los humedales costeros de Ría Lagartos en la Península de Yucatán y consideran que en la región existe una población aproximada de entre 120 a 240 jaguares.

En Oaxaca, Figel *et al.* (2009) obtienen las primeras fotografías de jaguares en el estado; y Figel *et al.* (2011) realizaron un primer intento por estimar la población de jaguares en una combinación de bosque mesófilo de montaña y selva alta y mediana perennifolia y agricultura en la región de la Chinantla, obteniendo una tasa de 7.8 capturas por 1,000 trampas/noche en un área de 82 km² durante un periodo de 13 meses.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado que Oaxaca representa un región importante para la conectividad entre las poblaciones de jaguar del norte y sur de México, por ambas vertientes oceánicas, es necesario el análisis del hábitat del jaguar en Oaxaca a escalas espaciales grandes como una medida para plantear estudios enfocados en áreas con alta probabilidad de presencia de la especie (Rabinowitz y Zeller, 2010; Rodríguez-Soto *et al.*, 2011; Figel *et al.*, 2011). Hasta ahora no existen estimaciones poblacionales de jaguar en la entidad que cumplan con los criterios de poblaciones cerradas, por lo tanto las bases ecológicas para su conservación y manejo son escasas. Por lo anterior, determinar su distribución y hábitat potencial en Oaxaca, así como estimar su densidad en sitios con buena idoneidad de hábitat pueden aportar información que apoye en la elaboración de estrategias factibles para establecer medidas de conservación del jaguar en la entidad.

IV. OBJETIVOS

IV.1. Objetivo general

Modelar y validar el nicho ecológico existente del jaguar (*Panthera onca*) a lo largo de su distribución para identificar áreas de con condiciones bioclimáticas adecuadas para su sobrevivencia, complementar con un análisis de idoneidad de hábitat de escala regional en el estado de Oaxaca a fin de mostrar áreas que puedan albergar poblaciones viables con evidencia, de escala local, mediante la estimación de su tamaño poblacional y la diversidad de presas con un estudio de caso en la Sierra de Villa Alta, que contribuya con información sobre su abundancia y la de sus presas en Oaxaca.

IV.2. Objetivos particulares

Modelar el nicho ecológico existente del jaguar (*Panthera onca*) y proyectarlo a un espacio geográfico para identificar su distribución potencial.

Modelar el hábitat potencial del jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca.

Estimar la abundancia y densidad poblacional del jaguar (*Panthera onca*) en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.

Analizar la diversidad temporal de las presas de jaguar (*Panthera onca*) en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.

V. MÉTODOS



Bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Villa Alta (Fotografía: Mario C. Lavariega).

V.1. Área de estudio

V.1.1. Escala global

Estimación de la distribución potencial del jaguar con el modelado de nicho ecológico

La estimación de la distribución potencial de jaguar se realizó a través de la distribución global de la especie y se delimitó el área accesible (M) considerando su distribución histórica, desde Estados Unidos de América hasta el sur de Argentina y Chile (Seymour, 1989). Ésta comprende 22 países y se ubica entre los 124° y 34° de longitud oeste y los 49° norte a 55° de latitud sur. En esta región se encuentran 37 zonas de vida de Holdridge, desde tundra polar hasta bosque tropical húmedo (FAO-NRCE, 1989). Hasta 2005, en Centroamérica y Sudamérica la superficie forestal era de 8,539,510 km² y en Norteamérica (Estados Unidos de América y México) de 3,673,270 km² (FAO, 2009).

V.1.2. Escala regional

Modelo de hábitat potencial en Oaxaca

El área de estudio comprende al estado de Oaxaca, localizado al sureste de México, entre las coordenadas geográficas 15° 39' y 18° 39' de latitud norte y 93° 52' y 98° 32' de longitud oeste, con una superficie de 95,364 km², que representa el 4.8% del territorio nacional (García-Mendoza *et al.*, 2004). Tiene una orografía compleja, por lo que se reconocen 12 subprovincias fisiográficas que se distinguen por poseer rasgos geomorfológicos estructurales propios (Ortiz *et al.*, 2004).

Oaxaca presenta un rango altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 3,600 m, lo que facilita la presencia de 26 tipos de climas, desde cálidos secos, en la Planicie costera del Pacífico, hasta templados en los picos montañosos de las principales sierras (Trejo, 2004). Existen 26 tipos de comunidades vegetales, de las cuales el bosque de pino, la selva baja caducifolia, pastizales y selva alta

perennifolia cubren el 20, 13, 12 y 11% de la superficie del estado, respectivamente (Torres-Colín, 2004).

Hasta la fecha se han registrado 8,431 especies de plantas vasculares (García-Mendoza, 2004), 3,112 invertebrados y 1,431 vertebrados (González-Pérez *et al.*, 2004). Oaxaca, posee una gran diversidad socio-cultural, que se refleja en la presencia de 16 grupos indígenas que comparten el territorio con la diversidad biológica (Ordoñez, 2004). La estructuración social de las comunidades indígenas ha generado que cerca de 70% de la superficie del estado se encuentren bajo regímenes comunales o ejidales (Martin *et al.*, 2011).

V.1.3. Escala local

Estimación de la abundancia y densidad poblacional del jaguar (Panthera onca) y análisis de la diversidad temporal de sus presas en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca. La fase de campo se desarrolló en la Sierra de Villa Alta, un sitio con registros de la presencia de la especie (Lavariiega *et al.*, 2011; Briones-Salas *et al.*, 2012). Aquí se estimó la abundancia y densidad de jaguares, la riqueza y abundancia de presas y su variación temporal.

La Sierra de Villa Alta tiene una superficie aproximada de 352 km², se localiza en la subprovincia fisiográfica Sierra Madre de Oaxaca (Ortiz *et al.*, 2004) entre las coordenadas geográficas 17° 20' a 17° 40' de latitud norte y 96° 05 a 96° 20' de longitud oeste y tiene un gradiente altitudinal norte-sur de 200 a 2,400 msnm (Lavariiega *et al.*, 2012). Los principales tipos de clima son el cálido húmedo y semicálido húmedo; la precipitación media anual se encuentra entre 3,800 a 4,000 mm (Trejo, 2004). El bosque mesófilo de montaña y la selva alta y mediana perennifolia son los principales tipos de vegetación (Torres-Colín, 2004; Figura 2). En la zona habitan 12 poblaciones humanas de la etnia zapoteca, con una población total de 3,847 habitantes. Las actividades primaria y secundaria son agrícolas;

también se practica la cría de ganado de manera semi-intensiva y extensiva. La cacería se realiza de manera ocasional o como control de depredadores (Lavariega *et al.*, 2012).

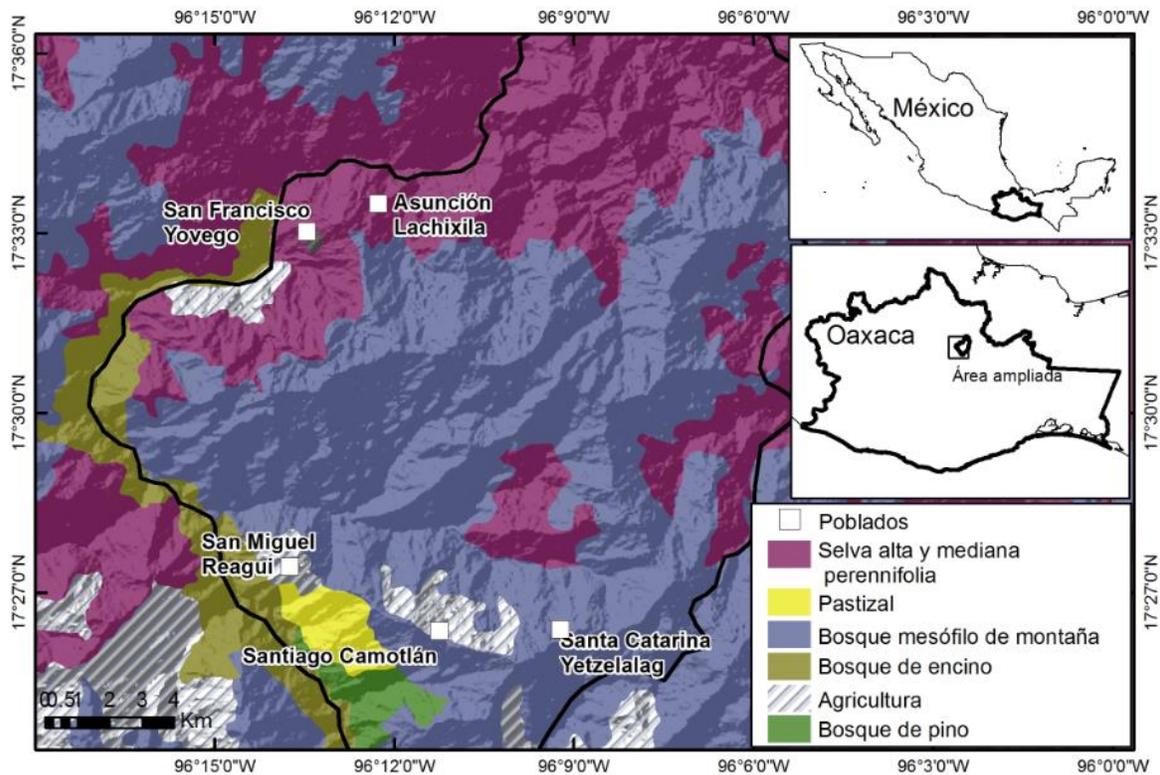


Figura 2. Macrolocalización de la Sierra de Villa Alta, Sierra Madre de Oaxaca (Fuente: INEGI, 2000; INEGI-IGUNAM-INE, 2000).

V.2. Análisis espacial

V.2.1. Escala global: *Estimación de la distribución potencial del jaguar con el modelado de nicho ecológico*

Datos de presencia

Se realizó una búsqueda de registros de jaguar por medio de una consulta a las bases de datos de colecciones científicas en línea (GBIF, 2012) y literatura especializada. La información de los registros se organizó en base de datos en Excel (Microsoft©). Las localidades de registro fueron georreferenciadas con ayuda

de gaceteros de localidades típicas (falling-grain.org; localidadesdemexico.org), mapas vectoriales a escala 1:250,000 (INEGI, 2000) y Google Earth©. Se asignó un valor de confiabilidad a la geoposición de cada registro, basado en la información proporcionada en el campo de localidad de las bases de datos consultadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los valores de confiabilidad para los registros de jaguar.

Nivel de Confiabilidad	Descripción
1	<u>Altamente confiable</u> . Cuando la información proporcionada permite georreferenciar la localidad acertadamente o se cuenta con información obtenida con un geoposicionador satelital (GPS).
2	<u>Muy confiable</u> . La información proporcionada permite georreferenciar la localidad.
3	<u>Confiable</u> . Las coordenadas geográficas proporcionadas corresponden a la localidad referida.
4	<u>No confiable</u> . Las coordenadas geográficas no corresponden a la localidad señalada en el campo y éste no ofrece suficiente información para georreferenciar.

Modelado de nicho ecológico existente

El modelado de nicho ecológico se basó en el concepto de nicho ecológico existente, que integra el concepto de nicho fundamental de Hutchinson y la región accesible para la especie (Barve *et al.*, 2011). Los registros con valores de confiabilidad 1, 2, y 3 fueron proyectados al sistema de información geográfica ArcInfo 9.3. (ESRI, 2009), en donde se realizó una partición espacial de los registros con base a los cuartiles de las latitudes (Peterson y Nyari, 2008). Con ello se obtuvieron cuatro subconjuntos de datos de presencia: J1, 17.45° a 34.45°; J2, 6.5° a 17.45°; J3, -24.24° a 6.5°; y J4, -27.57° a -24.24°.

Esta partición se hizo para probar al algoritmo en la predicción de áreas en regiones sin registros. De esta forma se evita que el algoritmo solo realice interpolaciones o llene vacíos entre registros (Peterson *et al.*, 2008).

Se realizaron seis modelos con diferentes pares de subconjuntos de datos de presencia (J1-J2, J1-J3, J1-J4, J2-J3, J2-J4 y J3-J4). De esta forma cada par de subconjunto de datos se utilizó para generar un modelo y el par restante para evaluarlo. Los modelos se elaboraron con el software *Maximum Entropy Approach to Modelling Species Distributions* MaxEnt 3.2. (Phillips *et al.*, 2006). Se utilizaron 19 variables bioclimáticas (Hijmans *et al.*, 2005) y una variable de altitud (Cuadro 2). La resolución de las variables utilizadas es de 2.5 min o cerca de 5 km², en el ecuador.

Cuadro 2. Variables ambientales utilizadas para modelar el nicho ecológico existente del jaguar.

	Descripción
Bio1	Temperatura media anual
Bio2	Rango diurno medio (temperatura máxima-temperatura mínima)
Bio3	Isotermalidad
Bio4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar*100)
Bio5	Temperatura del mes más caluroso
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío
Bio7	Rango anual de temperatura (bio5-bio6)
Bio8	Temperatura media del cuarto trimestre del año más húmedo
Bio9	Temperatura media del cuarto trimestre del año más seco
Bio10	Temperatura media del cuarto trimestre del año más cálido
Bio11	Temperatura del cuarto trimestre del año más frío
Bio12	Precipitación media anual
Bio13	Precipitación del mes más húmedo
Bio14	Precipitación del mes más seco
Bio15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
Bio16	Precipitación del cuarto trimestre del año más húmedo
Bio17	Precipitación del cuarto trimestre del año más seco
Bio18	Precipitación del cuarto trimestre del año más cálido
Bio19	Precipitación del cuarto trimestre del año más frío

MaxEnt se ejecutó con las características automáticas: con 1,000 puntos máximos de *background*, una réplica y con la remoción de registros duplicados. Se activaron las opciones para crear curvas de respuesta y realizar un análisis Jackknife para medir la importancia de cada variable en la construcción del modelo (Peterson *et al.*, 2007; Phillips y Dudik, 2008).

Evaluación del modelo de nicho ecológico existente

Los modelos obtenidos se evaluaron con el *Receiver Operating Characteristic* (ROC) típica y parcial (Peterson *et al.*, 2008), utilizando el software *setupROCWOG* (Barve, 2008), el cual incluye un error de omisión con base en la calidad de los datos y al área de predicción del modelo. El software se ejecutó con una proporción de puntos en *bootstrap* de 50 y un remuestreo con reemplazo de 1,000 repeticiones. Los resultados del ROC son expresados como la relación del *Area Under the Curve* (AUC) y el eje vertical del umbral (1-E) que intercepta a la AUC típica. El software se ejecutó considerando 0 y 5% de omisión y con una relación entre los valores del AUC con ambos valores de omisión y el AUC a 0.5 (del que resultaría de un modelo aleatorio).

V.2.2. Escala regional: Modelación del hábitat del jaguar en Oaxaca

Obtención de registros

Se obtuvieron registros de jaguar en Oaxaca de los trabajos de Lavariiega *et al.* (2011) y Briones-Salas *et al.* (2012). De un total de 57 registros, repartidos en tres clases de veracidad, se seleccionaron solo aquellos de clase de veracidad tipo I (posesión u observación directa del animal, posesión de piel o esqueleto por el observador, fotografía de la piel o esqueleto, excremento y huellas tomadas en el sitio) y posteriores a 1990.

Variables

Se seleccionaron siete variables que son importantes y/o restringen la presencia del jaguar (Sanderson *et al.*, 2002; Zarza *et al.*, 2005; Cuadro 3; Figura 3).

Cuadro 3. Descripción de las variables utilizadas para la modelación del hábitat del jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca.

Variable	Descripción	Fuente
Densidad poblacional	Densidad poblacional humana de México	CIESIN (2000)
Distancia a poblados	Se calculó la distancia a poblados en ArcInfo 9.3, a partir de un mapa vectorial de las localidades de México.	INEGI (2000)
Porcentaje de cobertura arbórea	Originada a partir de clasificación de imágenes MODIS	bioval.jrc.ec.europa.eu
Distancia a ríos	En ArcInfo 9.3 se calculó la distancia euclidiana del mapa vectorial de ríos, escala 1:250,000.	www.inegi.gob.mx
Distancia a carreteras	Se calculó la distancia a carreteras en ArcInfo 9.3, a partir de un mapa vectorial de las vías de comunicación, escala 1:250,000.	www.inegi.gb.mx
Elevación	Las categorías de elevación se obtuvieron de la reclasificación de modelos digitales de elevación en ArcInfo 9.3.	eros.usgs.gov; ASTER (2011)
Riqueza potencial de presas	Se elaboraron modelos de nicho ecológico fundamental de las especies que han sido reportadas en la dieta del jaguar y con presencia en Oaxaca (Seymour, 1989; Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004). Los modelos resultantes fueron adicionados para obtener un mapa final de la riqueza potencial de presas.	GBIF, worldclim.org

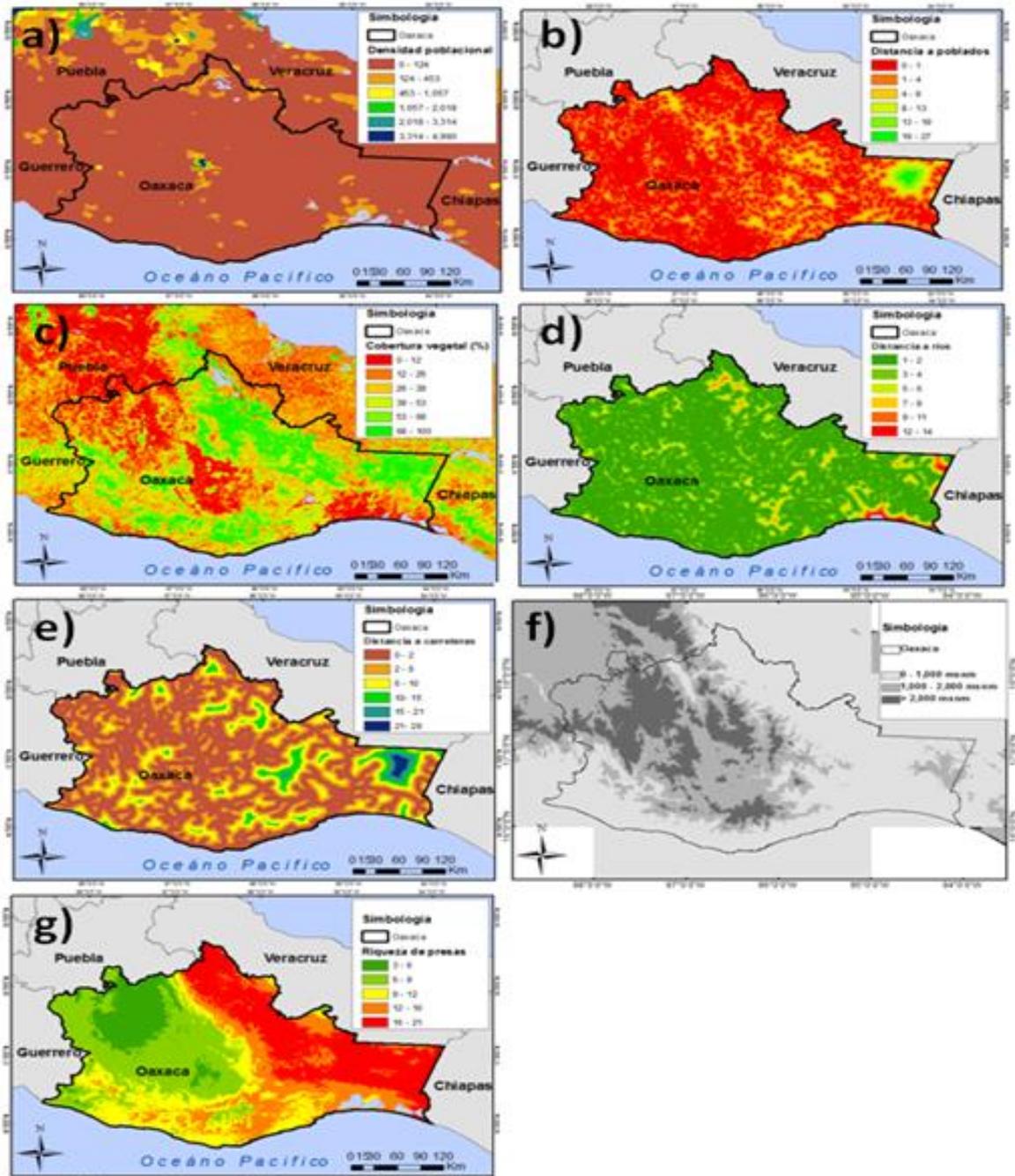


Figura 3. Variables utilizadas para la construcción de modelo de hábitat potencial para el jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca. Variables: a) densidad poblacional, b) distancia a poblaciones humanas, c) porcentaje de cobertura arbórea, d) distancia a ríos, e) distancia a carreteras, f) elevación y g) riqueza potencial de presas.

Frecuencias

La base de datos de los registros de jaguar en Oaxaca fueron exportados a ArcInfo 9.3, en donde se copió la información de cada variable a cada uno de ellos con la herramienta *Extract Multiple Values* de ArcInfo 9.3. Con ello las variables fueron reclasificadas con base a las frecuencias de los registros. Finalmente, las variables fueron adicionadas con la herramienta *Algebra Map*.

V.2.3. Escala local: Estimación de la abundancia y densidad del jaguar y diversidad temporal de sus presas en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.

El trabajo de campo se realizó del 6 de marzo al 10 de octubre de 2012, e incluyó la época seca, de marzo a mayo, y lluvias, de julio a octubre (Trejo, 2004). En este período se efectuaron muestreos con cámaras-trampa y el recorrido de transectos. El muestreo se realizó en bosque mesófilo de montaña, entre los 800 m y 1,900 msnm.

Cámaras-trampa

Para estimar la abundancia y densidad de jaguares, y la riqueza y abundancia de sus presas se utilizaron 23 cámaras-trampa marca *Cuddeback*, de las cuales 18 fueron del modelo *Capture* y cinco *Expert*. Ambos dispositivos poseen un sensor de movimiento y calor.

La estimación de la abundancia del jaguar se realizó en dos períodos de muestreo: temporada seca (18 de marzo al 26 de mayo de 2012) y en lluvias (01 de junio al 09 de agosto de 2012). Cada periodo de muestreo tuvo una duración de 70 días, para cumplir el supuesto de poblaciones cerradas (Karanth y Nichols, 1998).

Foster y Harmsen (2011) señalan que la distancia entre estaciones de muestreo, debe considerar el ámbito hogareño de la especie de interés en la zona de estudio. El ámbito hogareño de jaguar se ha estimado entre 33.8 – 262.9 km² (Soisalo y

Cavalcanti, 2006; Cascelli y Murray, 2007; Cavalcanti y Gese, 2009; Ruano *et al.*, 2010). Ramos-Fernández y Wooldrich (2011) reportan un área de 24 km² para un jaguar macho, capturado y liberado al norte de la Sierra de Villa Alta. Para cubrir el ámbito hogareño de un mayor número de individuos, el área de muestreo fue de 60 km².

Con ayuda de mapas topográficos y un posicionador global satelital (GPS; Garmin modelo 76) se establecieron estaciones de muestreo; éstas estuvieron separadas por 1 a 3 km de distancia, en función de las características físicas del sitio (e.g. pendiente, cobertura vegetal; Figura 4) y el probable paso de animales (sobre veredas, cerca de cuerpos de agua y lugares sugeridos por guías locales). En cada estación se colocó una cámara-trampa a una altura de entre 30 y 50 cm sobre el suelo. Las cámaras-trampa se programaron para estar activas las 24 horas del día y en el intervalo de tiempo más bajo entre cada fotografía: 30 seg para el modelo *Capture* y 60 seg para *Expert*.

Para cada estación se registró la fecha de activación, coordenadas geográficas, altitud y tipo de vegetación. Las estaciones fueron visitadas cada mes y medio para cambiar baterías, descargar las imágenes o, en su caso, cambiar cámaras-trampa dañadas.

Las fotografías de jaguar se compararon entre ellas para identificar individuos en base al patrón único de machas (Wallace *et al.*, 2003; Silver *et al.*, 2004; Soisalo y Cavalcanti, 2006). La determinación taxonómica de las presas se realizó cotejando las fotografías con las guías ilustradas de Reid (1997) y Ceballos y Miranda (2000) para mamíferos, y Howell y Webb (1995) para aves.

La información de las estaciones y las foto-capturas de jaguar y sus presas se asoció en una base de datos con información sobre la hora y fecha, nombre científico, número de individuos y, en lo posible, edad y sexo. Las imágenes obtenidas fueron sistematizadas de acuerdo a la propuesta de Botello *et al.* (2007)

y fueron depositadas en la Colección de Fotocolectas Biológicas adjunta a la Colección Mastozoológica del CIIDIR-Oaxaca (OAX.MA.026.0497.FCB).

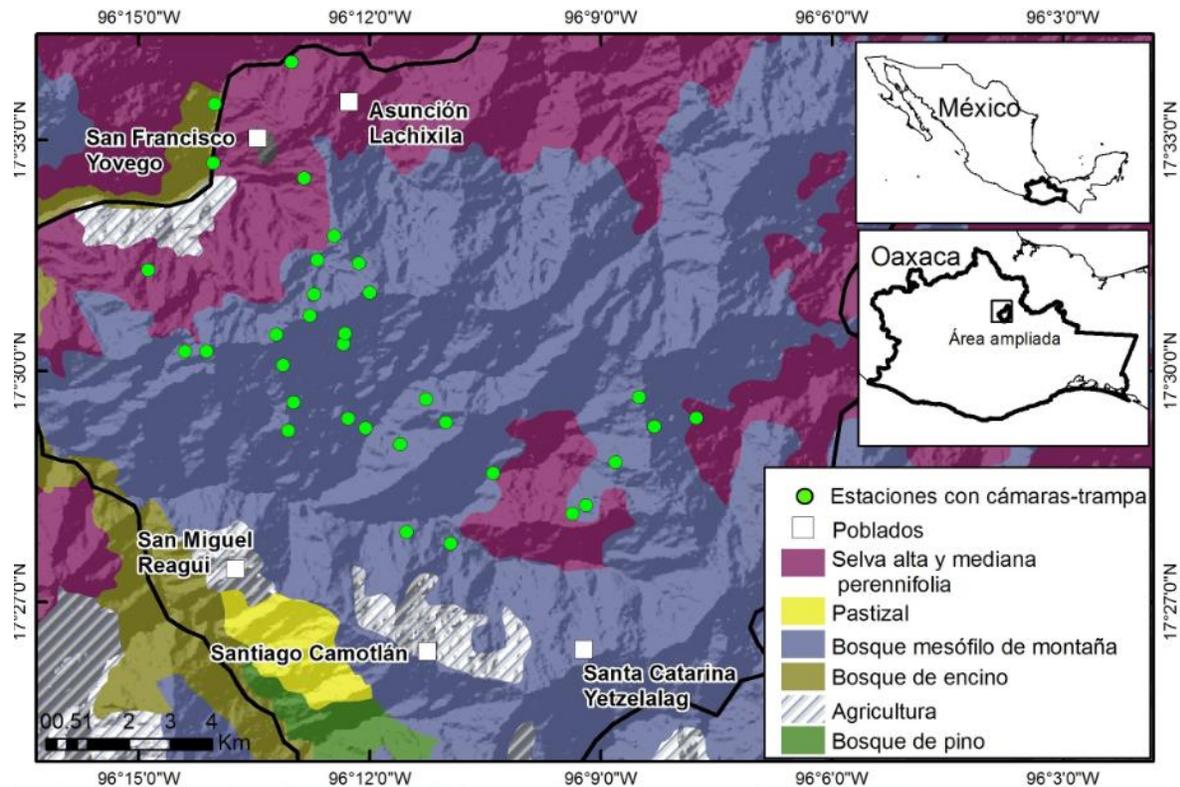


Figura 4. Localización geográfica de las estaciones con cámaras-trampa en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca (Fuente: INEGI, 2000; INEGI-IGUNAM-INE, 2000).

V.2.3.1. Estimación de la abundancia y densidad de jaguares en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.

La abundancia de jaguares se estimó con el software *Capture* (Patuxent Wildlife Research Center <http://www.mbrpwr.usgs.gov>). Este programa utiliza diferentes modelos para estimar abundancias basadas en el número de individuos capturados en proporción a las recapturas. Estos modelos difieren en la variación en la probabilidad de captura y la combinación de variables entre individuos (Silver *et al.*, 2004). Para el análisis se dividieron los periodos de muestreo en 35 intervalos de cinco días cada uno. Con los individuos fotografiados se creó una matriz binaria de

presencia-ausencia en cada intervalo, que corresponde a la historia de captura de cada individuo y es ingresada a *Capture*.

Para determinar la densidad de jaguares se dividió la abundancia estimada por el área efectiva de muestreo. El área efectiva de muestreo se determinó al añadir un *buffer* en ArcMap 9.3 al polígono mínimo de muestreo, con base en la mitad de la media de la distancia máxima entre múltiples capturas de individuos (Silver *et al.*, 2004; Foster y Harmsen, 2011).

Transectos

Se realizaron recorridos de entre 1.3 y 7.2 km de longitud y 1 m de ancho entre la vegetación y sobre veredas para la búsqueda de rastros de jaguar y sus presas (Figura 5). Los rastros se identificaron con guías de campo (Reid, 1997; Aranda, 2000), se fotografiaron y se colectaron según su naturaleza: las huellas fueron colectadas con vaciados de yeso de fraguado rápido, como sugiere Aranda, 2000; las heces y otro tipo de restos biológicos se colocaron en bolsas de papel previamente rotuladas. Se registró el tipo de evidencia, especie, la hora y fecha, el tipo de vegetación, así como las coordenadas geográficas y altitud con un posicionador global satelital.

Los moldes negativos de yeso y los restos biológicos óseos se depositaron en la Colección Mastozoológica del CIIDIR-Oaxaca (OAX.MA.026.0497).

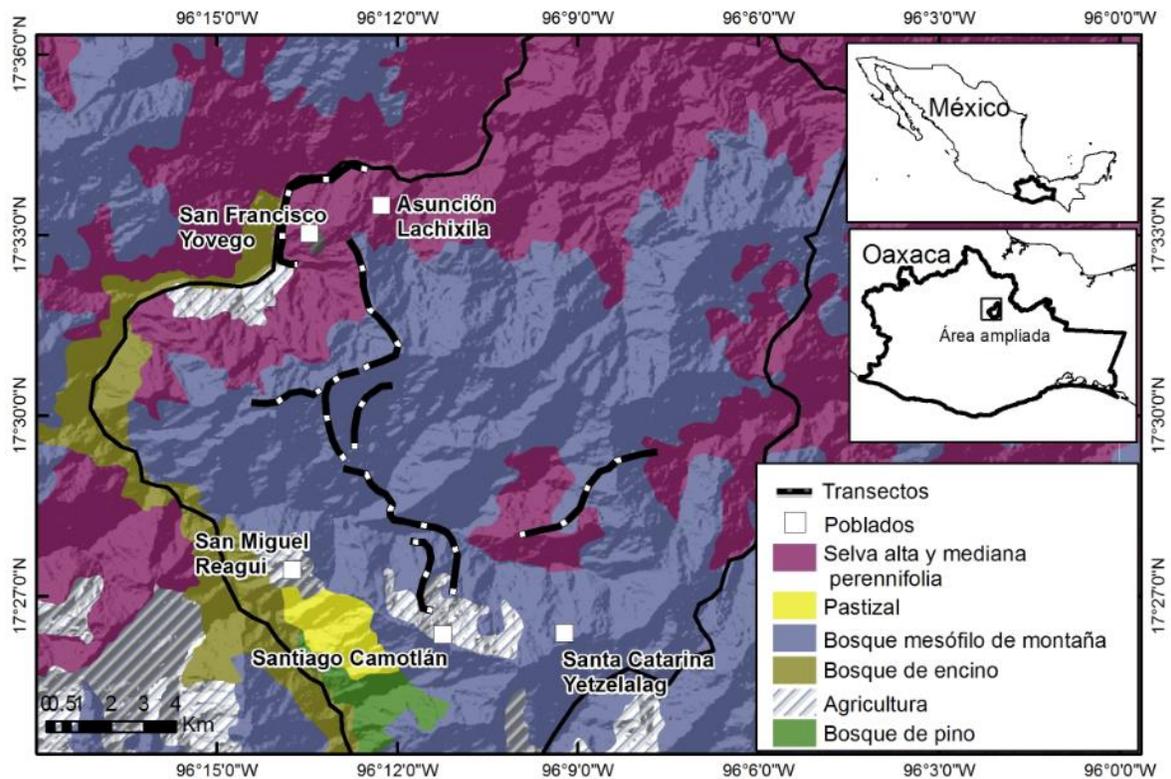


Figura 5. Transectos recorridos para la búsqueda de rastros en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca (Fuente: INEGI, 2000; INEGI-IGUNAM-INE, 2000).

5.2.3.2. Diversidad temporal de las presas potenciales de jaguar en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.

Se obtuvo la riqueza específica (S) de presas potenciales obtenidos por los muestreos con cámaras-trampa y transectos. Para cada método se calculó la riqueza y abundancia relativa de presas potenciales, en función del esfuerzo de muestreo.

Cámaras-trampa

El esfuerzo de muestreo se calculó con el número de trampas efectivas por los días que se mantuvieron activas. El éxito de muestreo se calculó con la fórmula (Kelly y Holub, 2008):

$$EM = \frac{RI}{dt} \times 100$$

dónde,

EM = éxito de muestreo;

RI = número de eventos independientes de todas las especies;

dt = esfuerzo de muestreo (100 días-trampa).

Para el cálculo de la abundancia relativa de presas de jaguar se seleccionaron solo registros independientes (Monroy-Vilchis *et al.*, 2011): 1) foto-colectas consecutivas de individuos de la misma especie con rasgos que permitieran considerarlos como distintos; 2) foto-colectas consecutivas de individuos de la misma especie separadas por más de 24 horas; 3) foto-colectas no consecutivas de individuos de la misma especie; así como al número de individuos observados en una misma foto-colecta. El índice de abundancia relativa se calculó con la fórmula:

$$IARc = \frac{fi}{dt}$$

dónde,

IARc = índice de abundancia relativa;

fi = frecuencia o número de eventos independientes de la especie i;

dt = esfuerzo de muestreo (100 días-trampa).

Transectos

El esfuerzo de muestreo se obtuvo al sumar el número total de kilómetros recorridos multiplicado por la anchura del transecto. Se obtuvo el índice de abundancia relativa de presas del jaguar con la ecuación (Davis y Winstead, 1987):

$$IARt = \frac{fi}{km}$$

dónde,

IARt = índice de abundancia relativa;

fi = frecuencia o número de rastros de la especie i;

km = esfuerzo de muestreo (kilómetros recorridos).

Para analizar la diversidad temporal de presas para cada época de estudio (secas y lluvias) se consideraron solo los registros obtenidos en bosque mesófilo de

montaña, y se calculó el índice de Shannon-Wiener (H') con la fórmula (Moreno, 2001):

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

dónde,

S = número de especies;

p_i = proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (n_i/Nt).

Los índices de Shannon-Wiener para cada temporada se compararon calculando las varianzas por cada tipo de vegetación mediante una t de Student (Magurran, 1988). Se estimó la equidad mediante el índice de Pielou (J'), el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno, 2001):

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

dónde,

H' = índice de Shannon-Wiener;

H'_{max} = logaritmo natural del número de especies.

Para comparar la magnitud de la diversidad entre temporadas, se calculó el número efectivo de especies, de acuerdo a la fórmula (Jost, 2006; Moreno *et al.*, 2011):

$$1D = \exp(H')$$

El valor obtenido es igual a la diversidad que tendría una comunidad virtual en la cual todas las especies tienen las mismas abundancias. Una de las principales cualidades de medir la diversidad con el número efectivo de especies, es que permite comparar magnitudes entre comunidades, con la ecuación (Moreno *et al.*, 2011):

$$(DBx100)/DA$$

dónde,

DB = número efectivo de especies de la comunidad B;

DA = número efectivo de especies de la comunidad A.

V.3. Integración

Las relaciones especie-hábitat suelen existir en varias escalas jerárquicamente estructuradas. En cada una es posible que distintas relaciones de hábitat ocurran y por tanto, los componentes de las relaciones deben ser descritos con diferentes extensiones y resoluciones. Además, la escala espacial se correlaciona con la escala temporal, ya que a escalas más grandes, los procesos ecológicos son más lentos que a escalas pequeñas (Storch, 2003).

Este estudio abordó la situación del jaguar desde tres escalas espaciales: 1) global, 2) regional y 3) local. En la primera escala se modeló el nicho ecológico existente a lo largo de su distribución global; en una escala regional se compilaron registros de jaguar en Oaxaca y combinaron sus frecuencias de presencia en variables que afectan el uso del hábitat; y una tercera escala analiza su abundancia y la diversidad de presas en la Sierra de Villa Alta, Sierra Madre de Oaxaca (Figura 2).

Bajo este enfoque de estudio multi-espacial se obtuvo, en una escala global, y temporalmente amplia, el área de distribución potencial del jaguar. Ésta se comparó con mapas de distribución creados con registros marginales, de la consulta de expertos y por algoritmos de cómputo. Con este polígono se delimitaron las áreas con las condiciones climáticas idóneas en México y particularmente en Oaxaca. Con ello, y la identificación de áreas de idoneidad de hábitat producido por el modelado de hábitat, se contrastó con las propuestas de corredores en Oaxaca hechos por distintos autores. En una escala local, se estimó la abundancia de jaguares y la diversidad de sus presas en un sitio con alta idoneidad de hábitat.

La escala temporal del estudio está en función de los insumos utilizados, en una escala global, las variables esceno-poéticas utilizadas fueron creadas con datos

promedios de temperatura y precipitación de 1950 a 2000 (Hijmans *et al.*, 2005). A nivel regional, el intervalo temporal de las variables es más corto, y cambian más rápidamente, por ejemplo, la cobertura arbórea, carreteras, densidad humana. Localmente, el tamaño de las poblaciones objeto de estudio, son dinámicos en el tiempo, por ello se consideró el trabajo en poblaciones cerradas (menor a 90 días; Karanth y Nichols, 1998).

Determinar la abundancia de jaguares en un sitio, puede proveer datos sobre su densidad, misma que puede ser extrapolada a una región con condiciones similares, en este caso de alta idoneidad de hábitat. De esta forma, los datos obtenidos en campo se extrapolaran a todas las áreas con idoneidad de hábitat alto para obtener una estimación del número de individuos de jaguares que pueden estar ocupando. Con esta estimación, se discute como se inserta Oaxaca en la conservación global de la especie.

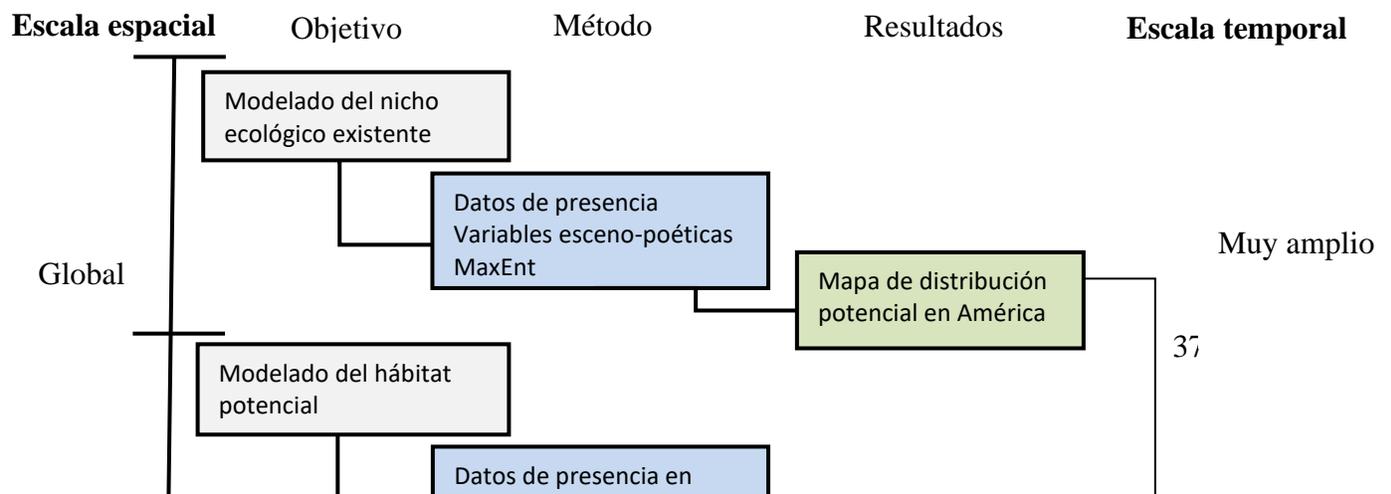


Figura 6. Esquema de trabajo para el estudio de la distribución y hábitat potencial del jaguar en Oaxaca.

VI. RESULTADOS

VI.1. Escala continental: Modelación del nicho ecológico del jaguar y su proyección geográfica

Se compilaron un total de 1,486 registros de jaguar a lo largo de su área de distribución. De éstos, se utilizaron 570 registros únicos.

El modelo J1-J3 mostro el mejor valor de AUC típica (0.808), con una relación de 1.36 del AUC parcial, admitiendo 5% de omisión, sobre un modelo aleatorio (Figura 7 y 8). El mínimo umbral de corte de este modelo fue 0.048, con una tasa de omisión de entrenamiento de 0.003 (Cuadro 4). La variable ambiental que tuvo una mayor contribución en la construcción del modelo fue la precipitación del mes más húmedo, seguida por la temperatura media anual y precipitación media anual.

Cuadro 4. Valores del *Area Under the Curve* (AUC) parcial de seis modelos de nicho ecológico de jaguar (*Panthera onca*).

Modelo	AUC a 0%	AUC a 0.5%	Relación
J1-J2	0.612		1.224
		0.170	1.069
J1-J3	0.808		1.616
		0.544	1.365
J1-J4	0.663		1.326
		0.083	1.019
J2-J3	0.776		1.552
		0.444	1.271
J2-J4	0.795		1.590
		0.276	1.139
J3-J4	0.686		1.312
		0.301	1.156

La proyección geográfica del modelo de nicho ecológico existente del jaguar señala como área de distribución potencial la Península de Florida y el suroeste de Estados Unidos de América, el sur de la Península de Baja California, las sierras oriental y occidental y planicies costeras de México y la Península de Yucatán, de ahí a través de Centroamérica hasta el norte de Argentina y el sur de Chile (Figura 9).

Las áreas con mayores valores de idoneidad de presencia fueron el sur de Arizona, Estados Unidos de América; la sierra occidental de México hasta la costa de Sinaloa, Michoacán y Nayarit; la sierra de Nuevo León y Tamaulipas; la vertiente del Golfo en Veracruz y Oaxaca, la selva maya de Chiapas y la Península de Yucatán. En Centroamérica, áreas con mayor idoneidad son el centro de Guatemala, sur de Belice, el centro-norte de Honduras y el sur de Costa Rica. En Sudamérica, hay áreas con mayores valores de idoneidad en el centro de Colombia, este de Venezuela, oeste de Ecuador, centro y sureste de Perú, centro y sur de Bolivia, centro de Paraguay, sur de Brasil y norte de Argentina (Figura 9).

En México, las áreas con mayores valores de idoneidad son la Sierra Madre Occidental, en el sur de Chihuahua, oeste y suroeste de Durango, Sinaloa, Nayarit, centro de Michoacán y Jalisco; en la Sierra Madre Oriental desde el centro de Nuevo León, sur de Tamaulipas, este de Zacatecas, noreste de Querétaro e Hidalgo; en la Sierra Madre del Sur y planicie costera del Pacífico en Jalisco, Guerrero, norte y sur de Oaxaca y sur de Chiapas; en la planicie costera del Golfo de México en Veracruz, Tabasco y Campeche; y en la Península de Yucatán. Las áreas que no son predichas por el modelo en México son el norte de México, el altiplano mexicano y la mixteca de Oaxaca (Figura 10).

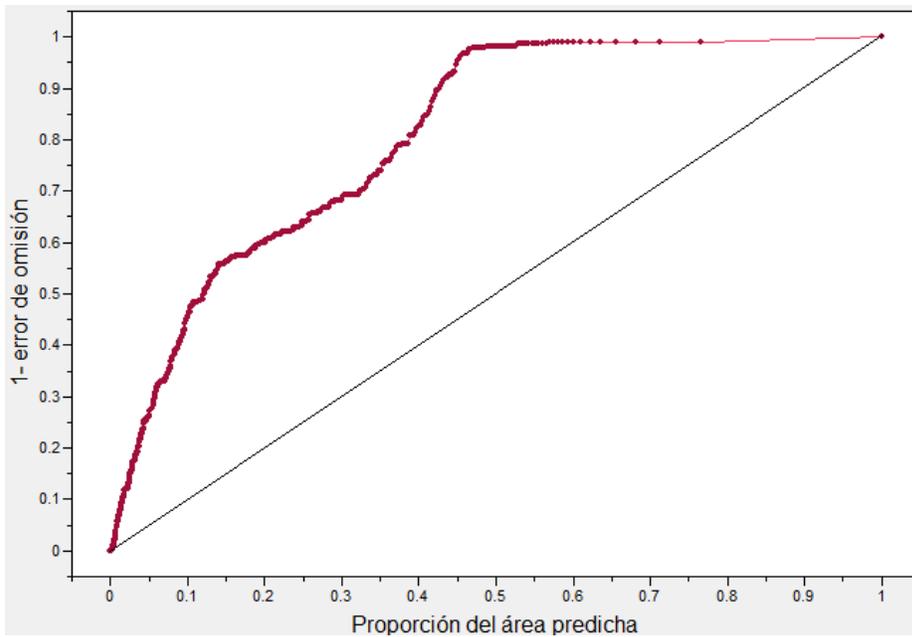


Figura 7. Gráfica del *Area Under the Curve* típica para el modelo de nicho ecológico de jaguar.

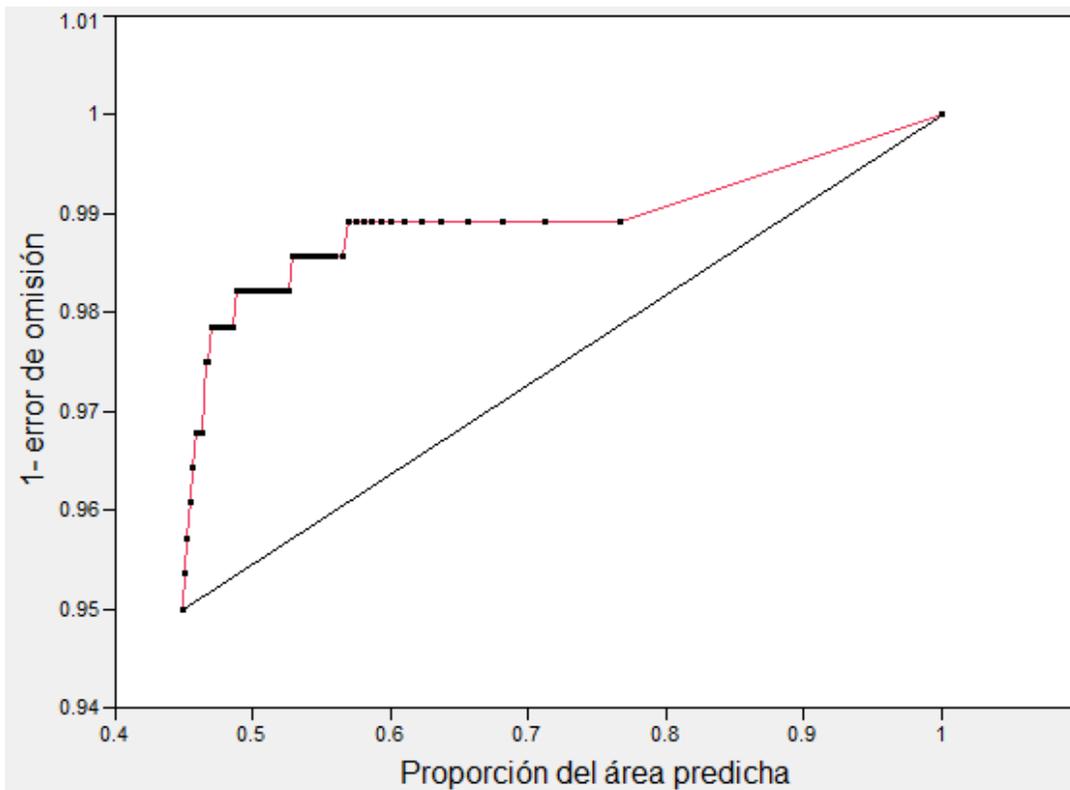


Figura 8. Gráfica del *Area Under the Curve* parcial para el modelo de nicho ecológico de jaguar.

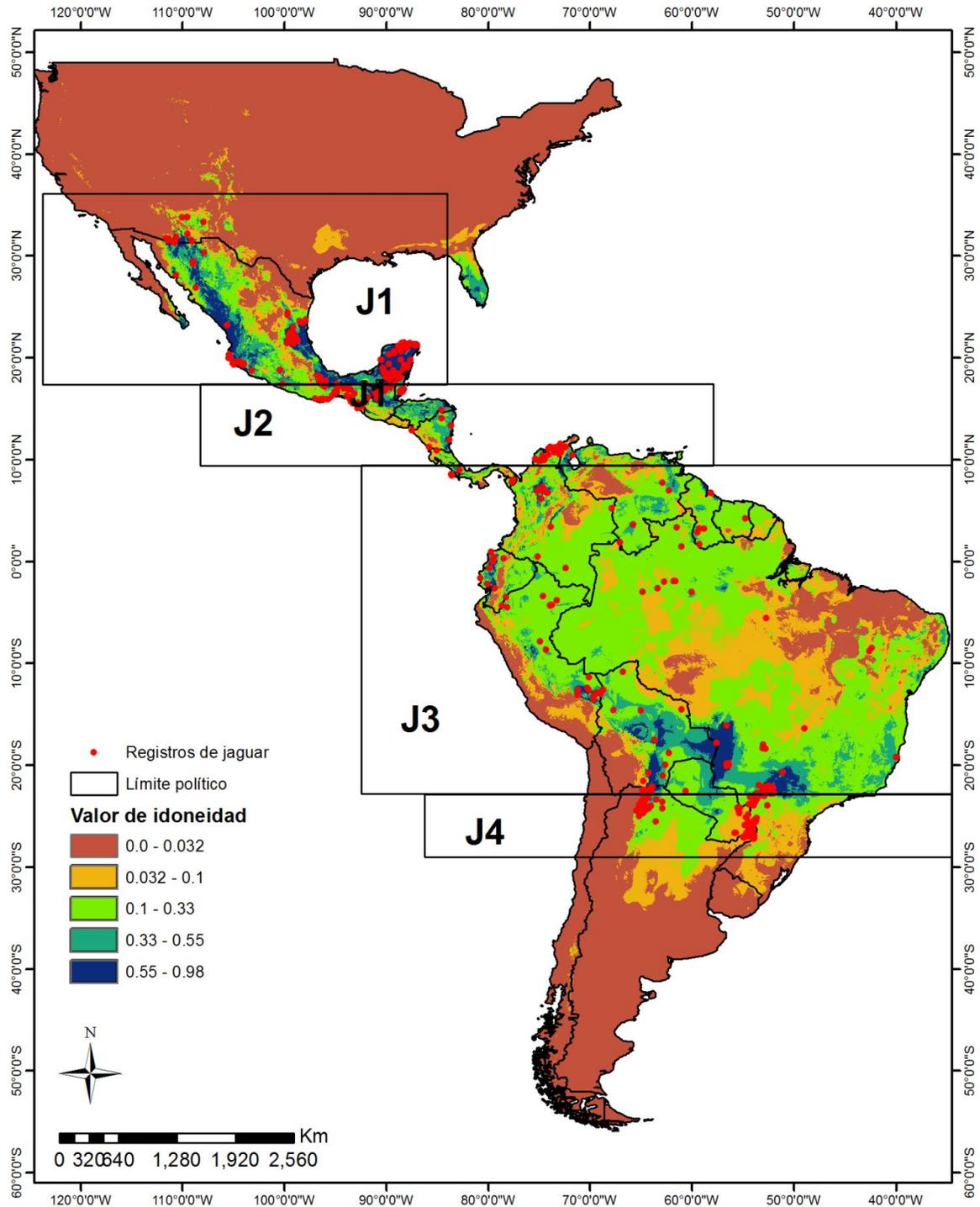


Figura 9. Conjuntos de datos utilizados para elaborar los modelos de nicho ecológico existente del jaguar y evaluar la proyección geográfica.

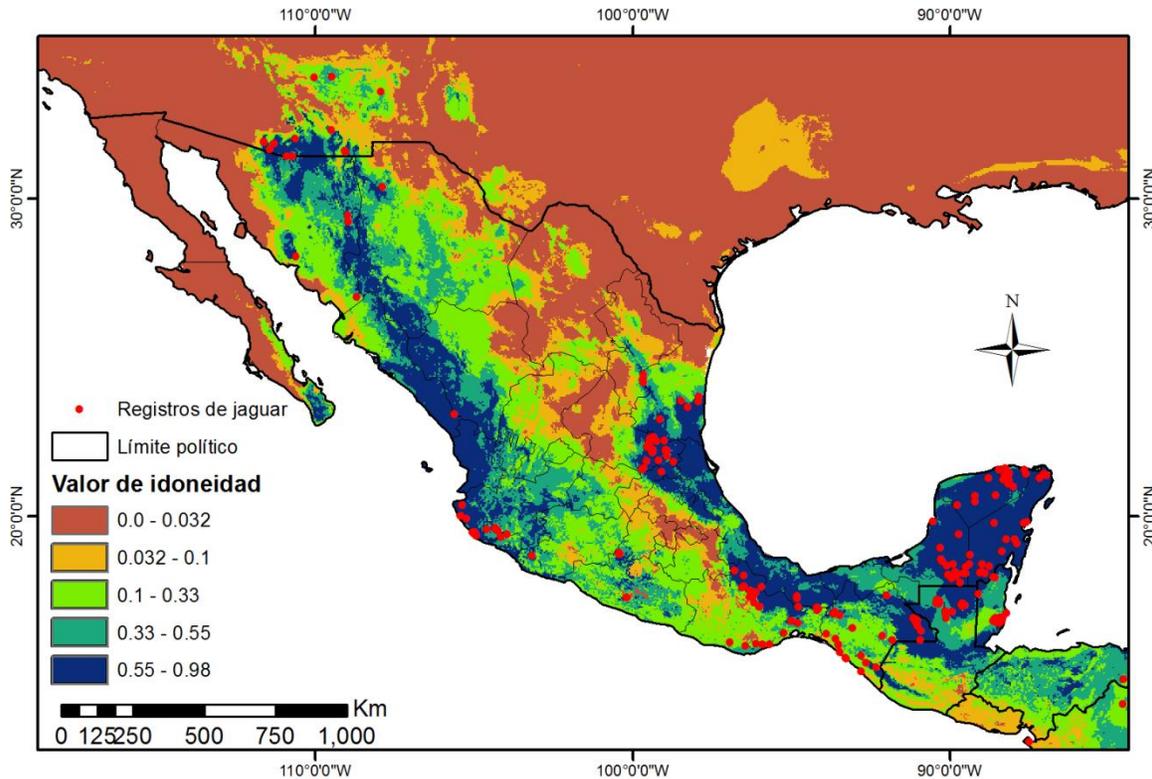


Figura 10. Proyección geográfica del modelo de nicho ecológico existente del jaguar (*Panthera onca*) en México.

VI.2. Escala regional: Modelación del hábitat potencial del jaguar en Oaxaca.

De un total de 26 registros de jaguar posteriores a 1990 de clase de veracidad I, el 69% de ellos se ubicó en áreas con un porcentaje de cobertura vegetal mayor al 60%, así como en distancias a cuerpos de agua menor de 2 km, riqueza de presas potenciales mayor a 17 especies, distancia a carreteras mayor de 5 km, densidad poblacional menor de 40 individuos/km² y a elevaciones menores de 1,000 msnm; en cuanto a la distancia a localidades humanas, a distancias menores de 1 km, se concentró el 66.6% de los registros, entre 1 y 3 km el 29.6 %, siendo pocos los registros a distancias mayores (Cuadro 5).

Cuadro 5. Caracterización del hábitat de registros de jaguar en Oaxaca.

Cobertura	Intervalo	Porcentaje	
Porcentaje de cobertura arbórea	60-80	18	69
	40-60	3	11
	0-40	5	19
Distancia a ríos (km)	1-2	20	76
	3-4	5	19
	5	1	3
Riqueza potencial de presas (número de especies)	17-19	15	57
	14-16	8	30
	<14	3	11
Distancia a carreteras (km)	0-2	9	34
	3-4	5	19
	5-11	12	46
Densidad poblacional humana (personas/km ²)	1—40	22	84
	> 40	4	15
Distancia a poblados (km)	0-1	17	65
	2—3	8	30
	>3	1	3
Elevación (m)	0-1,000	17	65
	1,000-2,000	7	26
	>2,000	2	7

Este modelo señala condiciones adecuadas para el jaguar en las subprovincias fisiográficas Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (Los Chimalapas), Sierra Madre de Oaxaca y Sierra Madre del Sur (Figura 11). Se obtuvieron 15 áreas con un superficie mayor a 100 km², de los cuales las más grandes son el complejo “Sierra Juárez-Mixe” con una superficie de 10,070 km² y “Los Chimalapas” con 4,953 km²; el área 13, “Huamelula”, tiene una superficie mayor a 500 km² y nueve áreas tienen una superficie menor a 200 km² (Cuadro 6; Figura 12).

Al considerar valores de idoneidad medio, las áreas de alta idoneidad se amplían y algunas son conectadas. De esta forma, las áreas “Sierra Juárez-Mixe”, “Los Chimalapas”, “Tapanatepec”, “San Mateo Piñas”, “Quiegolani”, y “Tenango” estarían conectadas por hábitat de idoneidad media, con una superficie total de 25,048 km², en el norte, este y sur de Oaxaca. Otras áreas que se unen son “La Reforma”, “Panixtlahuaca”, “Temaxcaltepec” y “Loxicha”, en el suroeste de Oaxaca, alcanzando una superficie de 4,685 km² (Figura 13).

Cuadro 6. Superficie de sitios con idoneidad alta de hábitat para el jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca.

Número	Sitio	Subprovincia fisiográfica	Superficie (km ²)
1	Loxicha	Sierra Madre del Sur-Planicie costera del Pacífico	101
2	Zapotitlán	Montañas y valles del Occidente	117
3	Acatlán	Planicie costera del Golfo	127
4	Tapanatepec	Planicie costera del Istmo de Tehuantepec	130
5	Nanahuatipam	Fosa de Tehuacán	160
6	Cerro de la Tuza	Planicie costera del Pacífico	180
7	Panixtlahuaca	Planicie costera del Pacífico	181
8	Temascaltepec	Planicie costera del Pacífico	186
9	San Mateo Piñas	Sierra Madre del Sur	198
10	Quiegolani	Sierra Madre del Sur	204
11	Tenango	Sierra Madre del Sur	317
12	La Reforma	Planicie costera del Pacífico	462
13	Huamelula	Sierra Madre del Sur	693
14	Chimalapas	Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas	4,952
15	Sierra Juárez – Mixe	Sierra Madre de Oaxaca, Planicie costera del Golfo y Montañas y valles del centro	10,070

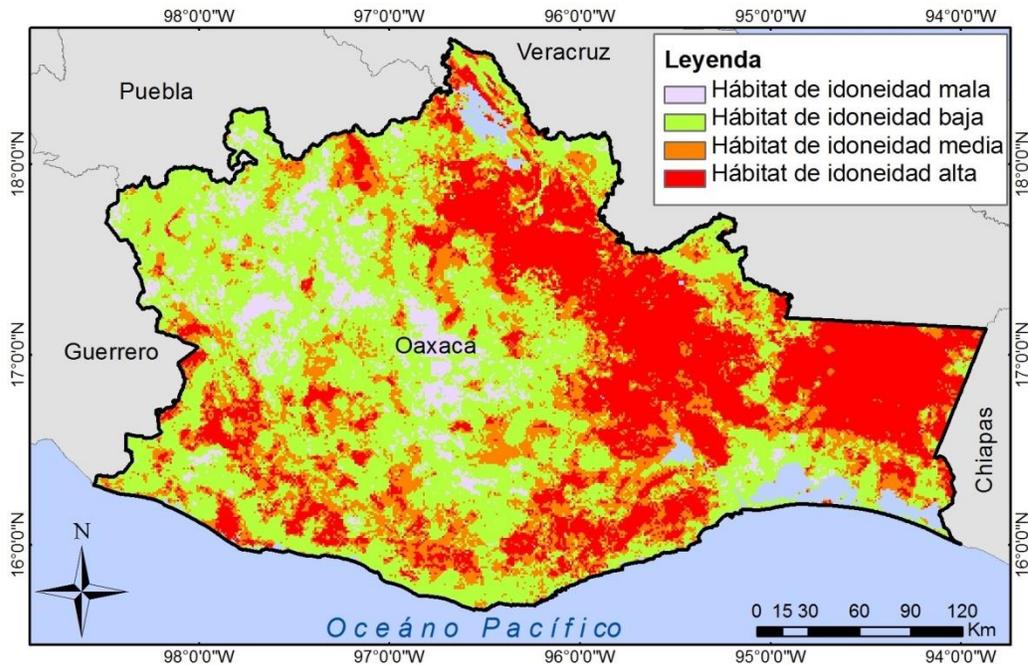


Figura 11. Modelo de hábitat potencial del jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca.

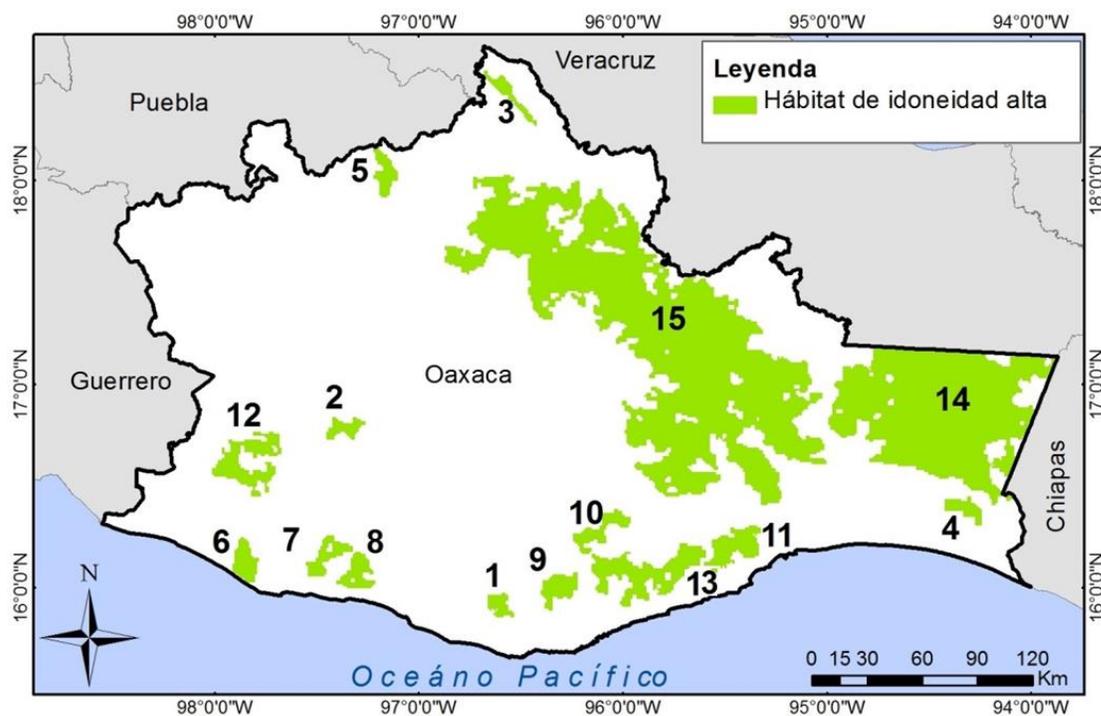


Figura 12. Sitios con idoneidad de hábitat alta para el jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca. Sitios: 1, Loxicha; 2, Zapotitlán; 3, Acatlán; 4, Tapanatepec; 5, Nanahuatipam; 6, Cerro de la Tuza; 7, Panixtlahuaca; 8, Temaxcaltepec; 9, San Mateo Piñas; 10, Quiegolani; 11, Tenango; 12, La Reforma; 13, Huamelula; 14, Chimalapas; 15, Sierra Juárez-Mixe.

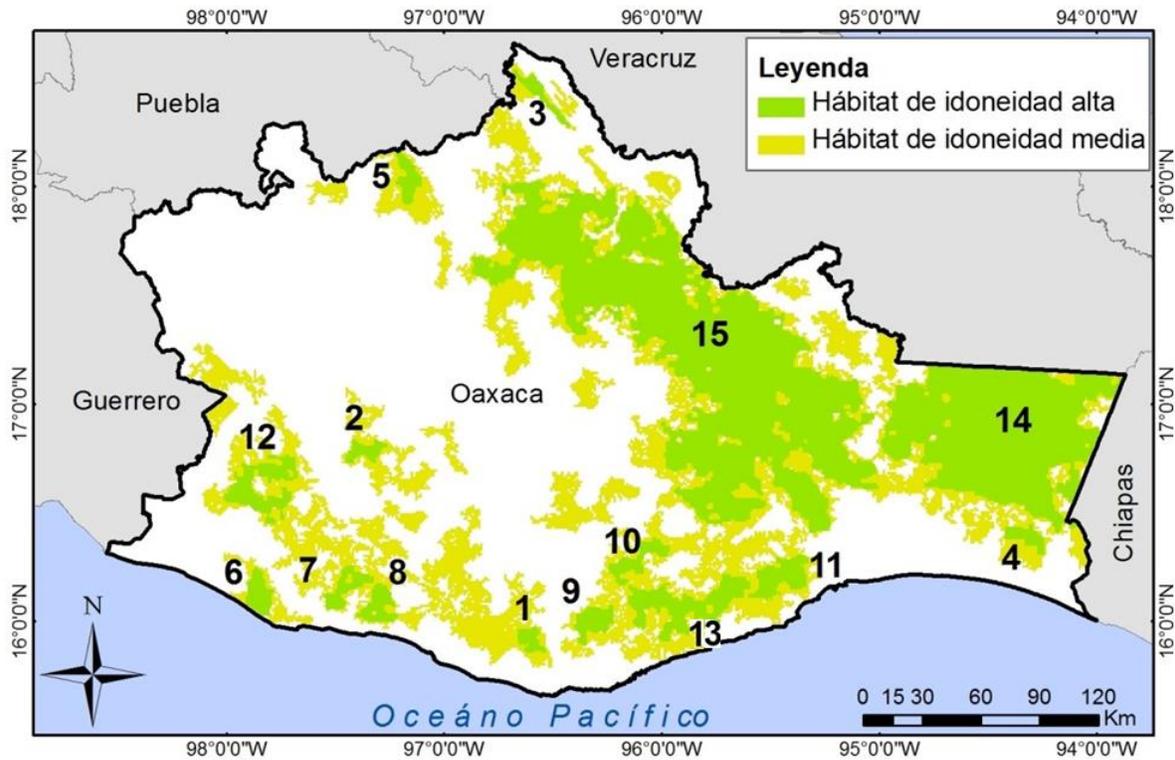


Figura 13. Sitios con idoneidad de hábitat media y alta para el jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca. Sitios: 1, Loxicha; 2, Zapotitlán; 3, Acatlán; 4, Tapanatepec; 5, Nanahuatipam; 6, Cerro de la Tuza; 7, Panixtlahuaca; 8, Temaxcaltepec; 9, San Mateo Piñas; 10, Quiegolani; 11, Tenango; 12, La Reforma; 13, Huamelula; 14, Chimalapas; 15, Sierra Juárez-Mixe.

VI.3. Escala local: Estimación de la abundancia y densidad de jaguares en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.



Jaguar (Panthera onca) fotografiado con cámaras-trampa en la Sierra de Villa Alta (Fotografía: Mario C Lavariega y Ciro Rodriguez).

A lo largo del estudio se obtuvieron un total de seis fotografías de jaguar, que arrojó un índice de abundancia relativa de 0.164 por cada 100 días-trampa. En comparación, la abundancia relativa de puma (*Puma concolor*), el segundo felino más grande en America y simpátrico en toda el área de distribución del jaguar, fue de 0.438.

En el primer período de muestreo (temporada seca; 18 de marzo al 26 de mayo de 2012) no se obtuvieron fotografías de jaguar. Durante el segundo período (temporada de lluvias; 01 de junio al 09 de agosto de 2012) se fotografió un jaguar hembra en cinco ocasiones. Un individuo distinto se fotografió posterior al segundo período de muestreo (9 de septiembre de 2012).

Con base en la historia de captura del único jaguar registrado entre los períodos de muestreo (Cuadro 7), el programa *Capture* estimó un mejor ajuste a los datos para el modelo de abundancia $M_h(1.0)$, que considera heterogeneidad en la probabilidad de captura entre individuos.

Cuadro 7. Historia de captura-recaptura de jaguares en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.

Sesiones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Captura-	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Recaptura													

El polígono mínimo convexo de muestreo durante el segundo período de muestreo tuvo un área de 30 km². Considerando la mitad de la máxima distancia recorrida por el individuo registrado (1.66 km), el área efectiva de muestreo fue de 80 km². Y al recortar las áreas agrícolas, el área es de 77 km². Con ello, la densidad estimada es de 1.29 individuos por 100 km².

VI.3.1. Diversidad temporal de las presas potenciales de jaguar en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.



Pecarí de collar (Pecari tajacu), tepezcuintle (Cuniculus paca), tapir (Tapirus bairdii) y tejón (Nasua narica), presas potenciales del jaguar en la Sierra de Villa Alta (Fotografías: Mario C. Lavariega y Ciro Rodríguez).

Se obtuvieron 270 registros, de los cuales 193 (71.48%) correspondieron a foto-colectas y 77 (28.51%) a rastros. Con ello la riqueza de presas potenciales del jaguar en la Sierra de Villa Alta es de 21 especies (Cuadro 8). Doce especies se registraron por ambos métodos, cuatro exclusivamente con cámaras-trampa y cinco solo en los recorridos.

Cámaras-trampas

Con un esfuerzo de 3,651 días cámaras-trampa se obtuvieron 215 fotografías, para un total de 193 registros independientes. El éxito de muestreo fue de 5.28 capturas por cada 100 días-trampa. Las cámaras-trampa registraron 16 especies, en 14 familias, ocho órdenes y dos clases (Cuadro 9). Las especies con la mayor abundancia relativa fueron el tapir centroamericano, *Tapirus bairdii* (1.040), el venado temazate, *Mazama americana* (0.7395), y el hocofaisan *Crax rubra* (0.6025; Figura 14).

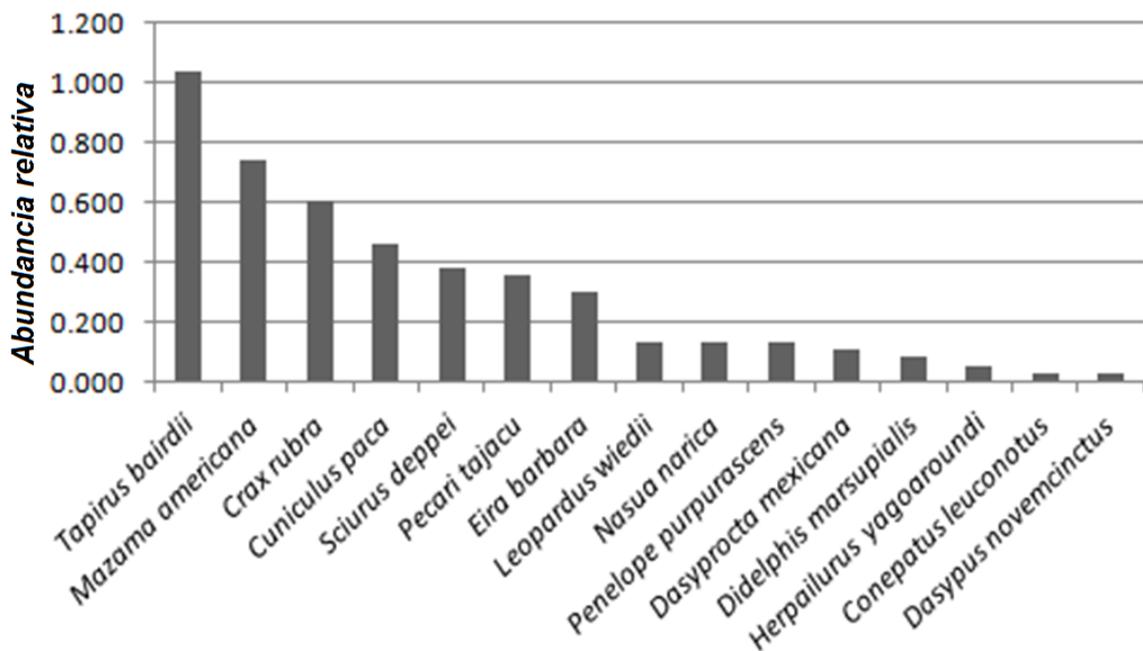


Figura 14. Abundancia relativa de presas potenciales de jaguar registradas con cámaras-trampa en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.

En ambas temporadas (seca y lluvias) se registraron 13 especies, el índice de Shannon-Wiener fue mayor durante la temporada seca ($H'=2.56 \text{ nats}$) que en lluvias ($H'=2.14 \text{ nats}$), así como el índice de equidad de Pielou ($J'=0.85$ y 0.83 , respectivamente). La diferencia entre los índices de diversidad obtenidos entre temporadas un fue significativa ($t_{0.05(2)162.8}=1.71$). La diversidad medida con la estimación del número efectivo de especies, fue de 8.9 especies en la la temporada seca y de 8.5 en lluvias, por lo que en lluvias se registró el 95.10% de la diversidad registrada en secas. La diversidad de presas potenciales para ambas temporadas, medida con el índice de Shannon-Wiener fue de 2.22 nats , con una equidad de la comunidad de 0.84 y un número efectivo de especies de 9.2.

Transectos

Se realizaron 33 transectos, sumando un total de 130.50 km recorridos (Cuadro 8), durante los cuales se obtuvieron 77 registros, de los que 33 fueron huellas (42.85%), 20 heces (25.97%), 16 observación directa de individuos (20.77%), cuatro mediante la determinación de pelos en heces (5.19%) y cuatro como rascaderos (5.19%).

Cuadro 8. Transectos y distancias recorridas para la búsqueda de rastros de presas de jaguar.

No.	Transecto/Temporada	Secas		Lluvias			Total (km)
		Marzo (km)	Abril (km)	Junio (km)	Agosto (km)	Octubre (km)	
1	Santiago Camotlán-Yajoni	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	35.95
2	Yajoni-Mirador	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	19.00
3	Yajoni-Asunción	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	13.00
4	Brecha Yovego-Yajoni-Lachixila	6.20	6.20	6.20	6.20		24.80
5	Orilla del Río Cajonos	3.40	3.40				6.20
6	Yetzelalag		6.30	6.30	6.30	6.30	25.20
7	Camotlán-Encino Camotlán			1.35	1.35	1.35	4.05
8	Tres cruces					1.70	1.70
		23.19	29.49	37.44	27.44	22.94	130.50

Del total de registros, para 12 (15.58%) no fue posible determinar la especie (e.g. heces sin huellas asociadas, rascaderos). Mediante este método se registraron 17 especies, en 15 familias, ocho ordenes y dos clases (Cuadro 9). Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Tapirus bairdii* (0.137), la pava *Penelope purpurascens* (0.068) y la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus* (0.053; Figura 15).

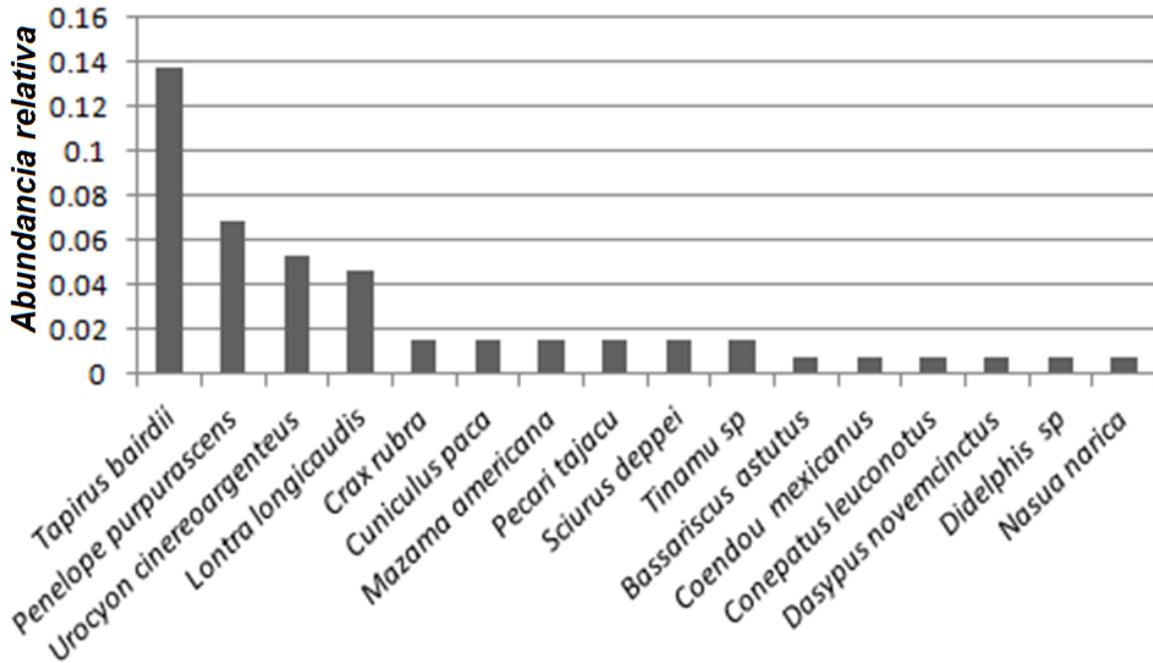


Figura 15. Abundancia relativa de presas potenciales de jaguar registradas en transectos en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.

Mediante el recorrido de transectos se registraron siete especies en la época seca y cinco en lluvias. El índice de Shannon-Wiener presentó un valor más alto en la temporada seca ($H' = 1.88 \text{ nats}$) que en lluvias ($H' = 1.00 \text{ nats}$), un índice de equidad de Pielou de 0.97 y 0.62, respectivamente. Con transectos se observó una diferencia significativa entre temporadas ($t_{0.05(2)31.9} = 2.05$). Con el número efectivo de especies, en la temporada de lluvias se obtuvo 6.6 y en lluvias 2.7, esto representa el 41.40% de la diversidad registrada en secas. La diversidad para ambas temporadas fue de 1.43 *nats*, una equidad de 0.54 y 4.2 especies efectivas.

Cuadro 9. Lista sistemática y abundancia relativa de las especies presa del jaguar registradas en cámaras-trampa y transectos en la Sierra de Villa Alta. Tipo de evidencia: od, observación de individuos; hu, huellas; pe, pelos en heces; he, heces; ro, restos oseos.

CLASE	No. registros independientes	Abundancia relativa por cámaras-trampa	No. de rastros y/o individuos observados en transectos (tipo de evidencia)	Abundancia relativa por transectos
Orden				
Familia				
Especie				
AVE				
Tinamiformes				
Tinamidae				
<i>Tinamous major</i> ^P			2(od)	0.0153
Galliformes				
Cracidae				
<i>Crax rubra</i> ^P	22	0.6025	2(od)	0.0153
<i>Penelope purpurascens</i> ^P	5	0.1369	9(od)	0.0689
MAMMALIA				
Cingulata				
Dasypodidae				
<i>Dasypus novemcinctus</i> ^P	1	0.0273	1(hu)	0.0076
Didelphimorphia				
Didelphidae				

	<i>Didelphis marsupialis</i> ^P	3	0.0821	1(hu)	0.0076
Rodentia					
	Dasyproctidae				
	<i>Dasyprocta mexicana</i> ^P	4	0.1095		
	Cuniculidae				
	<i>Cuniculus paca</i> ^P	17	0.4656	2(hu,pe)	0.0076
	Sciuridae				
	<i>Sciurus deppei</i> ^P	14	0.3834	2(od)	0.0153
	Erethizontidae				
	<i>Coendou mexicanus</i> ^P			1(ro)	
Carnívora					
	Canidae				
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>			7(hu)	0.0536
	Felidae				
	<i>Leopardus wiedii</i>	5	0.1369		
	<i>Puma concolor</i>	16	0.4382	7(hu)	0.0536
	<i>Herpailurus yagoroundi</i>	2	0.0547		
	Procyonidae				
	<i>Nasua narica</i> ^P	5	0.1369	1(hu)	0.0076
	<i>Procyon lotor</i>				
	<i>Bassariscus astutus</i>			1(od)	0.0076

Mustelidae				
<i>Eira barbara</i> ^P	11	0.3012		
<i>Lontra longicaudis</i> ^P			6(hu,he)	0.0459
Mephitidae				
<i>Conepatus leuconotus</i> ^P	1	0.0273	1(hu)	0.0076
Artiodactyla				
Cervidae				
<i>Mazama americana</i> ^P	27	0.7395	2(hu,he)	0.0153
Tayassuidae				
<i>Pecari tajacu</i> ^P	13	0.3560	2(pe)	
Perissodactyla				
Tapiridae				
<i>Tapirus bairdii</i> ^P	38	1.0408	18(hu,he)	0.137

P: Presa potencial de jaguar.

VII. DISCUSIÓN

VII.1. Escala global: Modelo del nicho ecológico del jaguar y su proyección geográfica

La distribución potencial del jaguar generada con el modelado de nicho ecológico predice condiciones ambientales idóneas en la Península de Florida y sureste de Estados Unidos de América; la distribución potencial continua a través de las sierras oriental y occidental y planicies costeras de México, incluye Centroamérica hasta el norte de Argentina y el oeste de Chile. Este mapa es similar a los mapas de Seymour (1989) y Taber *et al.* (2002), realizados en base a registros marginales y el conocimiento de expertos. Seymour (1989) delinea el límite septentrional de la distribución histórica en el centro de Estados Unidos de América, lo que estaría respaldado parcialmente por el modelo de nicho ecológico. En el sur de Sudamérica, el modelo de distribución potencial, tiene su límite austral por la vertiente del Atlántico en el paralelo 37° sur. Además predice condiciones en el sur de Chile. En este sentido Diaz (2010) señala que la distribución histórica del jaguar en Sudamérica pudo incluir el sur de Chile hasta la costa Atlántica de la Patagonia, y que ambos extremos, Estados Unidos de América y sur de Sudamérica, pueden corresponder a áreas de distribución marginales del jaguar.

En Sudamérica, hay áreas que no son predichas por el modelo, pero son considerados como parte de su distribución actual (Zeller, 2007), como la cuenca baja del Amazonas. Esto puede ser un artefacto causado por la baja cantidad de registros en la zona.

Por otro lado, las áreas con mayores valores de idoneidad bioclimática se encuentran en la Sierra Madre Occidental, la sierra de Tamaulipas, planicie costera del Golfo y la Península de Yucatán, en México, así como en Centroamérica, el norte de Sudamérica, sur de Brasil, centro, sur y este de Bolivia y el norte de Argentina. Éstas áreas son también, en su mayoría, predichas por los 11 modelos

realizados por Tôrres *et al.* (2012); aunque en la mayoría de ellos áreas en Brasil tienen valores altos de idoneidad, contrario al modelo de este estudio.

El modelado de nicho ecológico es una herramienta que permite enriquecer las políticas de conservación y manejo de una especie de interés. La delimitación de las condiciones ecológicas idóneas para una especie es una herramienta que permite definir estrategias de conservación más acertadas, a este respecto, los corredores de conectividad del jaguar deben considerar las condiciones ambientales idóneas para su funcionamiento. Los 11 modelos de Tôrres *et al.* (2012) y el presentado aquí, soportan la propuesta de Rabinowitz y Zeller (2010) del corredor de preocupación en el occidente de México. En cambio, cuatro modelos (GARP, distancia de Mahalanobis, análisis de clasificación en árbol y MaxEnt) de Tôrres *et al.* (2012) no predicen condiciones que apoyen la propuesta del corredor que conecta a la población de la Sierra Madre Occidental con la población de la Sierra Madre Oriental de México, en cambio el modelo generado en este estudio, muestra condiciones bioclimáticas adecuadas para los jaguares en estas regiones con lo que se apoyaría dicha propuesta (Figura 15).

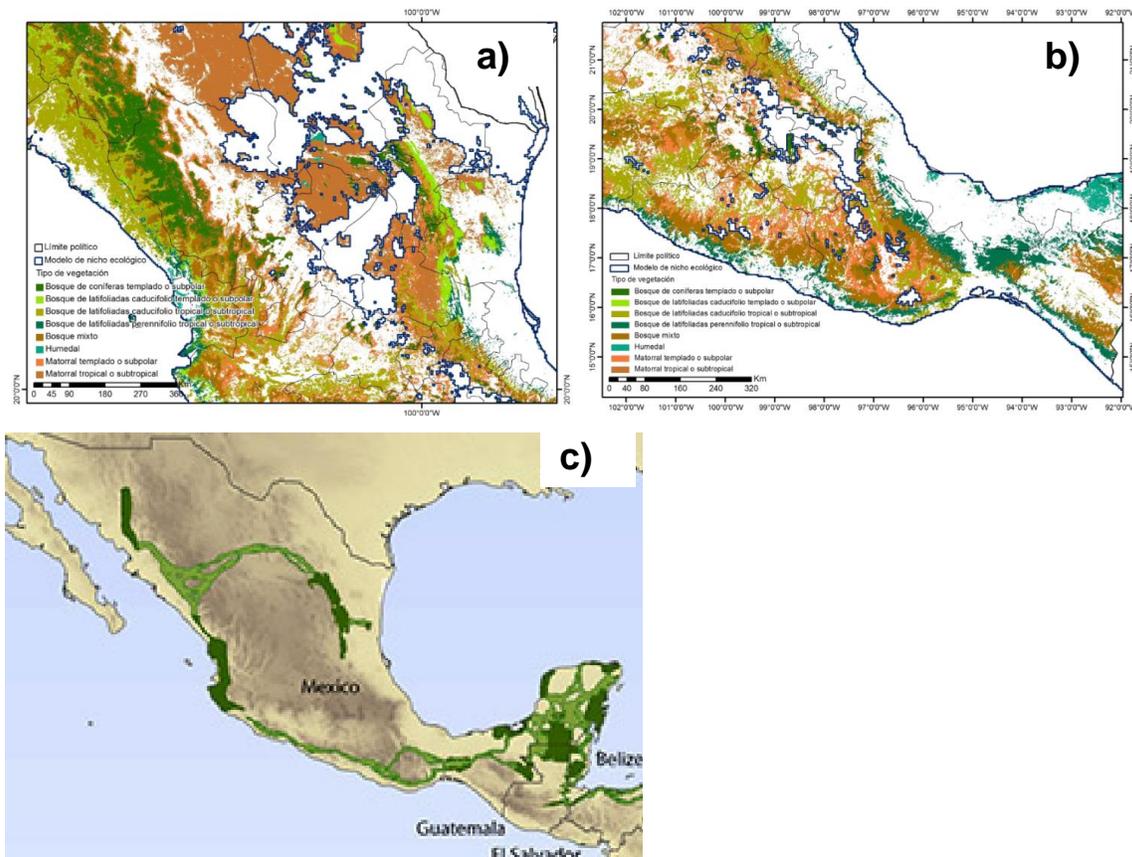


Figura 16. Comparación entre el modelo de nicho ecológico con vegetación actual y la propuesta de corredores: a) vegetación actual en el mapa del modelo de nicho ecológico del norte de México; b) vegetación actual en el mapa del modelo de nicho ecológico del sur de México; y c) corredores propuestos por Rabinowitz y Zeller (2010).

En Sudamérica, el principal obstáculo geográfico para la dispersión de jaguares es la cordillera de los Andes en Ecuador y Colombia; sin embargo, los modelos predicen condiciones idóneas en áreas inter-montanas que permitirían el paso de jaguares.

Barve *et al.* (2011) señalan que el área accesible para la especie y la inclusión de todos los ambientes en donde se encuentra la especie es un requisito conceptual para el desarrollo de modelos de nicho ecológico y su expresión geográfica. Por tanto, conjuntos de datos utilizando límites geopolíticos no modelan adecuadamente

el nicho de la especie, pero pueden ofrecer un panorama regional y son de utilidad para el desarrollo de políticas públicas ambientales locales (Illoldi-Rangel *et al.*, 2008)

En el modelo de distribución potencial del jaguar en México de Ceballos *et al.* (2007), realizado con variables climáticas y tipos de vegetación, predicen áreas relativamente continuas en la Sierra Madre Occidental y Planicie costera del Pacífico, el Istmo de Tehuantepec, un área mayor en la Península de Yucatán, y áreas discontinuas en la vertiente del Golfo de México; sin embargo, excluye áreas en el Estado de México, en donde hay registros de jaguares (Monroy-Vilchis *et al.*, 2008; Monroy-Vilchis *et al.*, 2011). Al utilizar como variable el tipo de vegetación, el modelo de distribución potencial de dichos autores está supeditado a los tipos de cobertura vegetal, variable que es temporalmente limitada; por tanto áreas de restauración de corredores en áreas climáticamente adecuadas para el jaguar no pueden ser identificadas.

VII.2. Escala regional: Modelo de hábitat del jaguar en Oaxaca.

Las áreas con mayor superficie de hábitat de idoneidad alta para el jaguar en Oaxaca se encuentran al norte y este, en las regiones de “Sierra Juárez-Mixe” y “Los Chimalapas”. Otras áreas, de menor tamaño, se encuentran en el noroeste, sur y suroeste del estado. Estas áreas coinciden parcialmente con la propuesta de modelo de conectividad de paisaje realizada por Rabinowitz y Zeller (2010) para la especie a lo largo de su distribución global. Estos autores proponen a la región de los Chimalapas como una Unidad de Conservación del Jaguar (JCU) de “alta prioridad” y a la Sierra Madre de Oaxaca y Sierra Madre del Sur de Oaxaca como “corredores de preocupación”. Por otro lado, Rodríguez-Soto *et al.* (2011) identifican áreas de distribución potencial en México, con el ensamble de modelos de nicho ecológico, y proponen Áreas de Conservación y Manejo del Jaguar (JCMA, por sus siglas en inglés), de las cuales, dos incluyen parte del territorio de Oaxaca: 1) “Sierra

Madre del Sur y Soconusco”, región conformada por la sierra de Puebla, la Sierra Madre de Oaxaca, Montañas y Valles del Centro de Oaxaca, Los Chimalapas y al Sierra Madre del Sur de Chiapas; y 2) “Costa del Pacífico Sur y Río Balsas”, en la costa del Pacífico, desde el sur de Jalisco hasta el centro de Oaxaca.

En este sentido, el modelo de hábitat realizado coincide con Rabinowitz y Zeller (2010) en identificar a la región de los Chimalapas como Unidad de Conservación del Jaguar y a la Sierra Madre del Sur de Oaxaca como corredor de preocupación, pero discrepa en considerar a la “Sierra Juárez-Mixe” como corredor de preocupación, ya que su superficie es más del doble (103%) del que se determinó para “Los Chimalapas”. En cambio, las áreas con alta idoneidad de hábitat “Los Chimalapas” y “Sierra Juárez-Mixe” se encuentran incluidas en la JCMA “Sierra Madre del Sur y Soconusco” de Rodríguez-Soto *et al.* (2011), excepto en la porción sur de la “Sierra Juárez-Mixe”, que es omitida. Por tanto, se propone agregar ésta, a la JCMA “Sierra Madre del Sur y Soconusco”.

Por otra parte, en el suroeste de Oaxaca se identificaron áreas con alta idoneidad de hábitat (“Zapotitlán”, “La Reforma”, “La Reforma”, “Cerro de la Tuza”, “Panixtlahuaca” y “Temaxcaltepec”), con superficies menores a los 500 km², las cuales, al considerar el hábitat de idoneidad media, son conectadas, coincidiendo con la JCMA “Costa del Pacífico Sur y Río Balsas” de Rodríguez-Soto *et al.* (2011). Sin embargo, en el trabajo de Rodríguez-Soto *et al.* (2011) y en el presente, estas áreas se encuentran separadas de las áreas del sureste de Oaxaca, lo que puede estar representando un problema para la dispersión de individuos.

VII.3. Escala local: Estimación de la abundancia y densidad de jaguares en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.

A lo largo del estudio se obtuvieron seis fotografías de jaguares, con un total de 1.64 capturas de jaguares por 1 000 trampas noche, esto es inferior a lo reportado para la región de la Chinantla (7.8; Figel *et al.*, 2011) y otras regiones en México, como la Selva Lacandona, Chiapas (6.36, Azuara y Medellín, 2007), Tamasopo, San Luis Potosí (3.7; Ávila, 2009), Sierra de Manantlán, Jalisco y Colima (4.9; Aranda *et al.*, 2012) y de Centroamérica como Corcovado, Costa Rica (19.2; Salom-Pérez *et al.*, 2007), en La Mosquita, Honduras (6.2; Portillo y Hernández, 2011) y Tikal, Guatemala (33.8; Ruano *et al.*, 2010), aunque en éste último trabajo utilizaron atrayente, lo que aumento la probabilidad de fotocaptura.

Con las fotografías obtenidas en el tiempo considerado para una población cerrada, se determinó un área efectiva de muestreo de 77 km². Con ello se estimó una densidad de 1.29 individuos por 100 km². Resultados similares fueron encontrados por Paviolo *et al.* (2008) en la región de Urugua-í, noreste de Argentina, donde fotografiaron un individuo macho con un esfuerzo de 1,495 días-trampa, y estimaron una densidad de 0.12 a 0.33 individuos por 100 km². Sin embargo, tanto la estimación de Villa Alta, como de Urugua-í, deben tomarse con cautela, ya que las densidades estimadas con bajas tasas de captura pueden no reflejar adecuadamente las abundancias del jaguares (Harmsen *et al.*, 2010).

Una posible razón del bajo número de capturas podría ser el diseño experimental, ya que las estaciones con cámaras-trampa se establecieron, principalmente, en el interior del bosque, evitando veredas humanas. Se ha observado que los jaguares, particularmente machos, utilizan con frecuencia veredas y caminos. Estudios con estas condiciones tienen tasas de captura superiores (Maffei *et al.*, 2011), de hasta 10 veces más que aquellas dispuestas dentro de la vegetación (Sollmann *et al.*, 2011). Sin embargo, esto viola el supuesto de aleatoriedad para modelos de captura-recaptura (Harmsen *et al.*, 2010) y tiene efectos en las estimaciones de densidad (Sollmann *et al.*, 2011).

Otras explicaciones de la baja tasa de captura de jaguares en la Sierra de Villa Alta, pueden ser que la cacería furtiva redujo la población, o que esta zona es una de varias áreas de forrajeo en la región, o que el bosque mesófilo de montaña es un hábitat marginal del jaguar y su abundancia es por naturaleza baja. En este sentido Maffei *et al.* (2011) mencionan que, de una revisión de 40 estudios con cámaras-trampa, las densidades estimadas de jaguares fueron más bajas en bosque tropical de montaña (1.34 a 6.7 por 100 km²) que en bosques tropicales húmedos (0.7 a 11.2 por 100 km²). Para corroborar lo anterior será necesario continuar el monitoreo en la Sierra de Villa Alta y realizar estimaciones en otros tipos de vegetación.

Las fotografías de jaguar corresponden a dos individuos, registrados solo en la temporada de lluvias (junio-octubre). La falta de capturas en la época seca puede deberse a que durante ésta las presas de jaguar amplían su ámbito hogareño para satisfacer sus requerimientos energéticos y, por tanto, tienen mayor probabilidad de entrar en el ámbito hogareño de un jaguar. Por el contrario, en la época de lluvias, y con mayor disponibilidad de alimento, el ámbito hogareño de las presas se reduce, y es el jaguar el que debe ampliar el suyo para cubrir el de una mayor cantidad de presas.

Finalmente, Maffei *et al.* (2011) recomiendan que en estudios en Centroamérica, los polígonos de muestreo con cámaras-trampa deben tener un área mínima de 110 km². Y para estimar la densidad poblacional con *Capture* y la mitad del promedio de la distancia máxima registrada entre estaciones con cámaras-trampa, el área efectiva de muestreo debe ser al menos de 200 km², pero no debe ser igual o más del polígono de muestreo.

VII.3.1. Escala local: Diversidad temporal de las presas potenciales de jaguar en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca.

A nivel global se reconocen a más de 85 especies como presas de jaguar (Seymour, 1989). En este trabajo se registran un total de 18 especies de presas potenciales, de las cuales tres fueron aves y 16 mamíferos. Lavariiega *et al.* (2012) reportan para esta región 18 mamíferos medianos y grandes, de los cuales 13 son presas potenciales de jaguar. A este listado se agregan las especies de mamíferos *Coendou mexicanus*, *Dasyprocta mexicana*, *Eira barbara*, *Lontra longicaudis*, *Conepatus leuconotus* y *Tapirus bairdii* (Lavariiega *et al.*, aceptado), y las aves *Crax rubra*, *Penelope purpurascens* y *Tinamous major* para un total de 22 presas potenciales de jaguar en la Sierra de Villa Alta.

En México y Centroamérica, las presas más importantes del jaguar son los venados temazate (*Mazama spp*), el tepezcuinte, el pecarí de collar, el tejón y el armadillo (Rabinowitz y Nottingham, 1986; Chinchilla, 1997; de Olivera, 2002; Weckel *et al.*, 2006; Estrada, 2008; Márquez, 2009; Foster *et al.*, 2010). En la Sierra de Villa Alta, las presas de jaguar con la mayor abundancia relativa fueron el tapir, el venado temazate, el hocofaisán, el tepezcuintle y el pecarí de collar con cámaras-trampa y, en transectos, notablemente, el tapir, así como el pecarí de collar, el venado temazate y el tepezcuintle, con las mismas abundancias.

En la Sierra de Villa Alta las abundancias relativas de las principales presas del jaguar fueron bajas con respecto a otros estudios con cámaras-trampa de México y Centroamérica (Weckel *et al.*, 2006; Azuara y Medellín, 2007; Springer *et al.*, 2012), excepto en el Parque Nacional Tikal, Guatemala, en donde las abundancias relativas fueron menores para venado temazate (0.26) y tepezcuintle (0.52) (Ruano *et al.*, 2010), y para el venado temazate en Honduras (0.42; Portillo y Hernández, 2011).

La abundancia relativa del temazate con cámaras-trampa fue mayor en la Sierra de Villa Alta (0.74) que en Tamasopo, San Luis Potosí, México (0.41; Ávila, 2009); para el caso de otras cuatro especies (*Nasua narica*, 4.1; *Cuniculus paca*, 3.7; *Pecari tajacu*, 1.2; y *Dasypus novemcinctus*, 3.7) la abundancia relativa fue menor. Con

transectos, Ávila (2009) reporta abundancias más altas a lo observado en la Sierra de Villa Alta. Es posible que la colocación de cámaras-trampa y transectos en áreas de cultivo en Tamasopo haya tenido influencia en sus resultados, ya que algunas especies (e.g. *Cuniculus paca*, *Nasua narica*) suelen acercarse a los cultivos (Romero-Balderas *et al.*, 2006; Dotta y Verdade, 2007), lo que pudo influir en su abundancia.

Específicamente en bosque mesófilo de montaña, Aranda *et al.* (2012) reportan 17 mamíferos silvestres con cámaras-trampa para la Reserva de la Biosfera Sierra de de Manantlán, Jalisco, entre las que se encuentran *Pecari tajacu*, *Dasypus novemcinctus* y *Nasua narica* con abundancias relativas de 8.43, 0.38 y 3.84, respectivamente, y que son más altas a las registradas en este estudio (0.35, 0.02 y 0.13, respectivamente). Sin embargo, llama la atención el registro de especies poco asociadas a bosque mesófilo de montaña (e.g. *Odocoileus virginianus*) y de hábitos generalistas y adaptables a zonas perturbadas (*Didelphis virginiana*, *Canis latrans* y *Urocyon cinereoargenteus*), especies no reportadas en el bosque mesófilo de montaña de Villa Alta. Por el contrario, aquí se reportan especies de ambientes poco perturbados y en riesgo de extinción a nivel nacional e internacional (e.g. *Tapirus bairdii*, *Leopardus wiedii*, *Eira barbara*). Lo que destaca a la región en la conservación de los mamíferos de México.

El tapir no predomina entre las principales presas de jaguar (de Olivera, 2002); Weckel *et al.* (2006) suponen que esto se debe al alto riesgo de forrajeo y el largo tiempo de manipulación de la presa. En la Sierra de Villa Alta, el tapir presentó la mayor abundancia relativa de todas las especies registradas (1.04), y fue superior a lo reportado por Lira-Torres y Briones-Salas (2011) para la selva Zoque, en la región de los Chimalapas (0.86), aunque menor que en aguadas de la selva de Calakmul, Campeche, México (3.75; Pérez-Cortez *et al.*, 2012) y en los bosques de Talamanca, Costa Rica (González-Maya, 2012). En los transectos su abundancia relativa fue de 0.13, similar a la reportada en bosque mesófilo de montaña (0.1) en la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas, México aunque menor para el

bosque de encino (0.4), selva baja caducifolia (0.4) y selva mediana subperennifolia (0.7) (Naranjo y Cruz, 1998); así como para la selva alta y mediana perennifolia en la selva Lacandona de Chiapas, México (0.9, Naranjo y Bodmer, 2002; 0.37, Sánchez-Nuñez *et al.*, 2011) y la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México (0.67; Lira *et al.*, 2004). Su presencia en la Sierra de Villa Alta aporta conocimiento de su presencia en la Sierra Madre de Oaxaca (Lavariiega *et al.*, 2013), y puede ser el reflejo de la conservación del bosque y la baja probabilidad de caza de esta especie, a pesar de ser una de las más buscadas por cazadores locales (obs. pers.).

En este estudio el armadillo (*Dasyus novemcinctus*) y el zorrillo espalda blanca (*Conepatus leuconotus*), tuvieron los valores más bajos de abundancia relativa, posiblemente, porque la probabilidad de captura en cámaras-trampa disminuye conforme decrece el tamaño corporal de las especie (Tobler *et al.*, 2008; Damm *et al.*, 2010), y por tanto, estimaciones de abundancias de estas especies deben tomarse con cautela.

En cuanto a las aves registradas en Villa Alta, *Crax rubra* tuvo una abundancia relativa con cámaras-trampa (0.60) más de cuatro veces mayor que *Penelope purpurascens* (0.13), mientras que en los transectos la abundancia cambio notoriamente, con valores inversos (0.01 y 0.06, respectivamente). Una mayor abundancia registrada con cámaras-trampa de *C. rubra* sobre la de *P. purpurascens*, no es evidencia de que la población de la primera sea mayor, como mencionan Lira-Torres y Briones-Salas (2011), al afirmar que *P. purpurascens* es una de las especies más amenazadas en la selva Zoque. Por un lado, *Crax rubra* es una especie con hábitos terrestres, y por tanto tiene una mayor probabilidad de ser fotografiada, a diferencia de *P. purpurascens*, que es principalmente arborícola (González-García, 2001a; González-García, 2001b). Por ello, la interpretación de las abundancias obtenidas con cámaras-trampa se debe basar en la biología de la especie y/o considerar el uso de métodos complementarios.

Con los datos obtenidos con cámaras-trampa y en transectos no se encontró diferencia estadísticamente significativa en la diversidad de presas potenciales de jaguar entre temporadas. Al comparar el número de especies y los índices estimados, se observó que con las cámaras-trampa los valores fueron superiores a los obtenidos en transectos. Esto pudo deberse a que las condiciones del terreno (e.g. hojarasca) y el clima no permiten la impresión de huellas o la preservación de heces, respectivamente, permaneciendo solo los rastros de especies de talla grande, como el tapir, que fue la especie con mayor abundancia y que incidió en los valores obtenidos en los índices de diversidad, los cuales son una función de la frecuencia y equidad entre las especies (Moreno, 2001).

Es notable que con cámaras trampa se observó la misma riqueza de especies entre temporadas y que la diferencia en el número efectivo de especies fue baja (<5%), considerando esto, es probable que la disponibilidad de agua y alimento en el bosque mesófilo de montaña es constante a lo largo del año, y aunque la precipitación disminuye de diciembre a mayo, la disponibilidad de agua es suplida por la presencia de nubes (Luna *et al.*, 2001) que proporcionan humedad a las plantas de las que se alimentan las presas.

VIII. INTEGRACIÓN

Este trabajo aborda tres escalas espaciales de la distribución, hábitat y abundancia del jaguar. En la primera aproximación (global) se caracterizó y modeló el nicho ecológico existente del jaguar utilizando variables esceno-poéticas (no interactivas; Soberon, 2007). En una segunda escala espacial (regional) se realizó un modelo de idoneidad de hábitat para la especie en Oaxaca, en los que se emplearon variables que tienen contacto directo con la especie. A escala local, se realizó un muestreo con cámaras-trampa para estimar la abundancia de jaguares en la Sierra de Villa Alta y se analizó la diversidad temporal de sus presas potenciales.

El modelo de nicho ecológico del jaguar y su proyección geográfica presento un buen valor de transferibilidad espacial, medido con el *Area Under the Curve* parcial y típica. El mapa de distribución generado es similar a los realizados con base en localidades marginales y por consulta a expertos.

En México, el modelo predice áreas en toda la distribución histórica del jaguar, y predice ausencia en el altiplano mexicano y los picos montañosos del eje neovolcanico. Bajo este modelo, la propuesta de corredor en el altiplano de México (Zeller y Rabinowitz, 2010), no es sustentada bajo condiciones climáticas actuales.

En Oaxaca, existen condiciones idóneas para la presencia del jaguar en prácticamente todo su territorio, excepto en la región de la Mixteca y las montañas más altas de la Sierra Madre de Oaxaca y Sierra Madre del Sur de Oaxaca.

En cuanto al hábitat en Oaxaca, se identificaron 15 áreas con una superficie mayor a 100 km², en donde existen condiciones favorables para el jaguar. De éstas, tres tienen una superficie mayor a 500 km². Dos áreas pueden estar albergando las poblaciones más grandes de jaguares en Oaxaca: 1) la región de los “Chimalapas”, con 4,952 km²; y 2) la “Sierra Juárez-Mixe”, con 10,070 km². Al considerar hábitat de idoneidad media, áreas de idoneidad alta son conectadas, principalmente en el noreste, sureste y suroeste de Oaxaca. De manera que la propuesta de conectividad entre los “Chimalapas” y “Sierra Juárez-Mixe” es posible, como proponen Rabinowitz y Zeller (2010). En cambio, en el sur de Oaxaca, la situación es crítica, ya que no se determinó conexión entre las áreas del norte y noreste con las del suroeste.

Con base en la abundancia estimada, con modelos de captura-recaptura y el área efectiva de muestreo, se determinó una densidad de 1.29 individuos por 100 km². Con ello, se estima de manera preliminar, que las dos áreas más grandes con hábitat de idoneidad alta pueden mantener 125 individuos. Sin embargo, éste cálculo debe tomarse con cautela debido a la baja abundancia, pero puede ser la base para futuros estudios en sitios con condiciones de hábitat adecuados.

Desde la perspectiva de conservación de la especie, es necesario mantener y fomentar la conservación de los bosques y selvas en donde existen poblaciones, así como evitar la cacería de jaguares y la de sus principales presas. Sin embargo, es prioritario atender los sitios que pueden estar sirviendo de corredores entre las áreas con poblaciones, a fin de garantizar el flujo de individuos en favor su variabilidad genética (Noss, 1987; Dobson *et al.*, 1999; Epps *et al.*, 2007).

La situación de conectividad entre áreas de Oaxaca y de los estados de Puebla y Guerrero, es crítica, dado que no se identificaron corredores potenciales con hábitat idóneo. En estos casos, las medidas de manejo serían más complejas (social y económicamente), como la restauración del hábitat en zonas donde los conflictos con el jaguar sean mínimos o la traslocación de individuos entre poblaciones, considerando los aspectos socio-económicos y ecológicos que esto pueda acarrear (Miller *et al.*, 2006).

Finalmente, el análisis multi-escala de la situación de cualquier especie puede contribuir con políticas de conservación y manejo acordes a sus requerimientos. Por ende, se recomienda realizar ejercicios similares para otras especies amenazadas a lo largo de su distribución.

VIII. LITERATURA CITADA

Álvarez-Romero, J. G., R. A. Medellín, A. Oliveras de Ita, H. Gómez de Silva y O. Sánchez. 2008. Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F., 528 p.

- Anderson, R. P., D. Lew y A. T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162(3):211-232.
- Aquino, A. 2011. Reseña del caso del "Jaguar de Luz" en Oaxaca. En: M. A. Briones, A. Sánchez, A. Aquino, T. M. Palacios y Y. Martínez (eds.), *Estudios del jaguar en Oaxaca*. Gobierno del Estado de Oaxaca-Acciona-Carteles Editores. Oaxaca de Juárez, pp. 185-202.
- Aranda, M. 1996. Distribución y abundancia del jaguar, *Panthera onca* (Carnívora; Felidae) en el Estado de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 68:45-52.
- Aranda, M. 1998. Densidad y estructura de una población del jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 75:199-201.
- 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 A.C. Xalapa, México, 220 p.
- Aranda, M., F. Botello y L. López-de Buen. 2012. Diversidad y datos reproductivos de mamíferos medianos y grandes en el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:778-784.
- ASTER. 2011. Modelo digital de elevación. Mapa raster, resolución 30 mts. National Aeronautics and Space Administration. Washington, D. C.
- Ávila, D. M. 2009. Abundancia del jaguar (*Panthera onca*) y de sus presas en el municipio de Tamasopo, San Luis Potosí. Tesis de Maestría en Ciencias. Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México, 94 p.
- Azuara, D. y R. A. Medellín. 2007. Fototrampeo como herramienta para el estudio del jaguar y otros mamíferos en la Selva Lacandona. En: G. Ceballos, C. Chávez, R. List y H. Zarza (eds.), *El jaguar mexicano en el siglo XXI: situación actual y manejo*. México, D. F., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Alianza World Wide Fund-Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 143-154.
- Barve, N. 2008. Tool for partial-ROC. Lawrence, Kansas, Biodiversity Institute. Biodiversity Institute, Lawrence, Kansas. ver. 1.0
- Barve, N., V. Barve, A. Jiménez-Valverde, A. Lira-Noriega, S. P. Maher, A. T. Peterson, J. Soberón y F. Villalobos. 2011. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling* 222:1810-1819.
- Borrvall, C. y B. Ebenman. 2006. Early onset of secondary extinctions in ecological communities following the loss of top predators. *Ecology Letters* 9(4):435-442.
- Botello, F., G. Monroy, P. Illoldi-Rangel, I. Trujillo-Bolio y V. Sánchez-Cordero. 2007. Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:207-210.
- Briones-Salas, M., M. C. Lavariaga y I. Lira. 2012. Distribución actual y potencial del jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:246-257.

- Briones-Salas, M. A. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Mamíferos. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. A. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, D. F., pp. 423-447.
- Carbone, C., S. Christie, K. Conforti, T. Coulson, N. Franklin, J. R. Ginsberg, M. Griffiths, J. Holden, M. Kinnaird, R. Laidlaw, A. Lynam, D. W. MacDonald, D. Martyr, C. McDougal, L. Nath, T. O'Brien, J. Seidensticker, J. L. D. Smith, R. Tilson y W. N. Wan Shahrudin. 2002. The use of photographic rates to estimate densities of cryptic mammals: response to Jennelle et al. *Animal Conservation* 5(2):121-123.
- Caselli, F. C. y D. L. Murray. 2007. Spatial organization and food habits of jaguars (*Panthera onca*) in a floodplain forest. *Biological Conservation* 137(3):391-402.
- Cavalcanti, S. M. C. y E. M. Gese. 2009. Spatial ecology and interactions of jaguars (*Panthera onca*) in the Southern Pantanal, Brazil. *Journal of Mammalogy* 90(4):935-945.
- Ceballos, C. y A. Miranda. 2000. Guía de campo de los mamíferos de la costa de Jalisco, México. Fundación Ecológica de Cuixmala A. C. México, D. F.
- Ceballos, G., C. Chávez, S. Blanco, R. Jiménez, M. López, O. Moctezuma, V. Tamez y M. Valdez. 2007. Áreas prioritarias de conservación. En: C. Chávez y G. Ceballos (eds.), El jaguar mexicano en el siglo XXI: situación actual y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Alianza World Wildlife Fund-Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., pp. 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, UNAM, Serie Zoología* 66(1):113-122.
- CIESIN. 2000. Human population of the world v.3. Mapa vectorial, resolución 2.5 min. Center for International earth science information network. Columbia
- Cruz, E., G. Palacios y M. Güiris. 2007. Situación actual del jaguar en Chiapas. En: G. Ceballos, C. Chávez, R. List y H. Zarza (eds.), Conservación y manejo del jaguar en México, estudios de caso y perspectivas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Alianza World Wildlife Fund-Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. pp 81-90.
- Cuervo-Robayo, A. P. y O. Monroy-Vilchis. 2012. Distribución potencial del jaguar *Panthera onca* (Carnívora: Felidae) en Guerrero, México: persistencia de zonas para su conservación. *Revista de Biología Tropical* 60(3):1357-1367.
- Cullen, L., E. R. Bodmer y C. Valladares-Padua. 2001. Ecological consequences of hunting in Atlantic Forest patches Sao Paulo, Brazil. *Oryx* 35(2):137-144.
- Chávez, C. y G. Ceballos (eds.). 2006. Memorias del primer simposio. El jaguar mexicano en el siglo XXI: situación actual y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Alianza World Wildlife Fund/Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., 88 p.
- Chinchilla, F. A. 1997. La dieta del jaguar (*Panthera onca*), puma (*Felis concolor*) y manigordo (*Felis pardalis*) (Carnívora: Felidae) en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 45(3):1223-1229.

- Damm, P. E., J. B. Grand y S. W. Barnett. 2010. Variation in detection among passive Infrared triggered-cameras used in wildlife research. Proceedings Annual Conference SEAFWA.
- de Olivera, T. G. 2002. Comparative feeding ecology of jaguar and puma in the neotropics. En: R. A. Medellín, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. Sanderson y A. Taber (eds.), El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica-Universidad Nacional Autónoma de México-Wildlife Conservation Society. México, D. F., pp. 265-288.
- Davis, D. E. y R. L. Winstead. 1987. Estimación de tamaños de poblaciones de vida silvestre. En: R. Rodríguez-Tarrés (ed.), Manual de técnicas de gestión de vida silvestre. The Wildlife Society. Washington D. C., pp. 233-281.
- Díaz, N. I. 2010. New historical records of the jaguar (*Panthera onca*) in Patagonia. Revista Mexicana de Mastozoología 14:23-45.
- Dobson, A., K. Ralls, M. Foster, M. E. Soulé, D. Simberloff, D. Doak, J. A. Estes, L. S. Mills, D. Mattson, R. Dirzo, H. Arita, S. Ryan, E. A. Norse, R. F. Noss y D. Jhons. 1999. Corridors: reconnecting fragmented landscape. En: M. E. Soulé y J. Terborgh (eds.), Continental conservation, scientific foundations of regional reserve networks. The Wildlands Project. Washington, pp. 129-170.
- Dotta, G. y L. M. Verdade. 2007. Trophic categories in a mammal assemblage: diversity in an agricultural landscape. Biota Neotropica 7(2):287-292.
- Eizirik, E., J. Kim, M. Menotti-Raymond, P. G. Crawshaw, S. J. O'Brien y W. E. Johnson. 2001. Phylogeography, population history and conservation genetics of jaguars (*Panthera onca*, Mammalia, Felidae). Molecular Ecology 10:65-79.
- Epps, C. W., J. D. Wehausen, V. C. Bleich, S. G. Torres y J. S. Brashares. 2007. Optimizing dispersal and corridor models using landscape genetics. Journal of Applied Ecology 44:714-724.
- ESRI. 2009. ArcInfo 9.3. Environmental System Resources Information. Redlands, California.
- Estrada, C. G. 2008. Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*) en la selva maya, Centroamérica. Revista Mexicana de Mastozoología 12:113-130.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 34(1):487-515.
- Faller-Menéndez, J. C., T. Uguiza-Haas, C. Chávez, S. Johnson y G. Ceballos. 2005. Registros de mamíferos en la Reserva Privada El Zapotal, en el noreste de la Península de Yucatán. Revista Mexicana de Mastozoología 9:128-140.
- Faller, J. C., C. Chávez, S. Johnson y G. Ceballos. 2007. Densidad y tamaño de la población de jaguar en el noreste de la Península de Yucatán. En: G. Ceballos, C. Chávez, R. List y H. Zarza. (eds.), Conservación y manejo del jaguar en México, estudios de caso y perspectivas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Alianza World Wildlife Fund-Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., pp. 111-122.
- FAO. 2009. State of the world's forest. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia, 168 p.

- FAO y NRCE. 2002. Holdridge Life-Zones map. Mapa vectorial, resolución espacial 0.5 grados. Roma, Italia.
- Figel, J. J., E. Durán, D. B. Bray y J. R. Prisciliano-Vázquez. 2009. New jaguar records from montane forest at a priority site in southern Mexico. *CatNews* 50:14-15.
- Figel, J. J., E. Durán y D. B. Bray. 2011. Conservation of the jaguar *Panthera onca* in a community-dominated landscape in montane forests in Oaxaca, Mexico. *Oryx* 45(04):554-560.
- Foster, R. J. y B. J. Harmsen. 2011. A critique of density estimation from camera-trap data. *The Journal of Wildlife Management* 76(12):224-236.
- Foster, R. J., B. J. Harmsen, B. Valdes, C. Pomilla y C. P. Doncaster. 2010. Food habits of sympatric jaguars and pumas across a gradient of human disturbance. *Journal of Zoology* 280(3):309-318.
- García-Mendoza, A. J. 2004. Integración del conocimiento florístico del estado. En: En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. A. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, D. F., pp 305-325.
- García-Mendoza, A. J., M. J. Ordoñez y M. A. Briones-Salas (eds.). 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, D. F.
- GBIF. 2012. Global Biodiversity Information Facility. www.gbif.org.
- González-García, F. 2001a. Hoco faisán. En: G. Ceballos y L. Márquez-Valdemar (eds.), Las aves de México en peligro de extinción. Fondo de Cultura Económica. México, D. F., pp. 144-146.
- González-García, F. 2001b. Pava cojolita. En: G. Ceballos y L. Márquez-Valdemar (eds.), Las aves de México en peligro de extinción. Fondo de Cultura Económica. México, D. F., pp.139-141.
- González-Maya, J. F. 2012. Baird's tapir density in high elevation forest of the Talamanca region of Costa Rica. *Integrative Zoology* 7:381-388.
- González-Pérez, G., M. Briones-Salas y A. M. Alfaro. 2004. Integración del conocimiento faunístico de Oaxaca. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. A. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, D. F.,
- Harmsen, B. J., R. J. Foster y C. P. Doncaster. 2010a. Heterogeneous capture rates in low density populations and consequences for capture-recapture analysis of camera-trap data. *Population Ecology* 53(1):253-259.
- Harmsen, B. J., R. J. Foster, S. M. Gutierrez, S. Y. Marin y C. P. Doncaster. 2010b. Scrape-marking behavior of jaguars (*Panthera onca*) and pumas (*Puma concolor*). *Journal of Mammalogy* 91(5):1225-1234.
- Harmsen, B. J., R. J. Foster, S. C. Silver, L. E. T. Ostro y C. P. Doncaster. 2011. Jaguar and puma activity patterns in relation to their main prey. *Mammalian Biology* 76(3):320-324.
- Hatten, J. H., A. Averill-Murray y W. Pelt. 2005. A spatial model of potential jaguar habitat in Arizona. *Journal of Wildlife Management* 69(3):1024-1033.

- 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(15):1965-1978.
- Howell, S. N. G. y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University Press. New York. 851 p.
- Iloldi-Rangel, P., T. Fuller, M. Linaje, C. Pappas, V. Sánchez-Cordero y S. Sarkar. 2008. Solving the maximum representation problem to prioritize areas for the conservation of terrestrial mammals at risk in Oaxaca. *Diversity and Distributions* 14(3):493-508.
- INEGI. 2000. Mapa vectorial de localidades de México. Mapa vectorial, escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. San Luis Potosí, México.
- INEGI, IG-UNAM e INE. 2000. Inventario Nacional Forestal 2000. Mapa vectorial, escala 1:250,000. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F.
- IUCN. 2013. Red List of Threatened Species, IUCN-SSC. www.redlist.org. Fecha de consulta 03 de mayo de 2013.
- Jost, L. 2006. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88:2427-2439.
- Karanth, K. U. y J. D. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* 79(8):2852-2862.
- Kelly, M. J. y E. L. Holub. 2008. Camera trapping of Carnivores: Trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia. *Northeastern Naturalist* 15(2):249-262.
- Lavariega, M. C., M. Briones-Salas y Y. Martínez-Ayón. 2011. Registros del jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca, México. En: M. Briones-Salas, A. Aquino, A. Sanchez, T. Palacios y Y. Martínez-Ayón (eds.), *Estudios del jaguar en Oaxaca*. Gobierno del Estado de Oaxaca-Acciona-Carteles Editores. Oaxaca de Juárez, México, pp. 51-78.
- Lavariega, M. C., M. A. Briones-Salas y R. M. Gómez-Ugalde. 2012. Mamíferos medianos y grandes de la Sierra de Villa Alta, Oaxaca, México. *Mastozoología Neotropical* 19(2):225-241.
- Lavariega, M. C., N. Martín, J. Aragón y M. A. Briones. 2011. Estado de conservación de la fauna terrestre de Oaxaca. XV Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación. Mérida, Yucatán, Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación.
- Lavariega, M. C., M. A. Briones y C. Rodríguez. 2013. Registro de Tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) con cámaras-trampa en la Sierra Madre de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:1007-1011.
- Lira-Torres, I. y M. A. Briones-Salas. 2011. Impacto de la ganadería extensiva y cacería de subsistencia sobre la abundancia relativa de mamíferos en la Selva Zoque, Oaxaca, México. *Therya* 2(3):217-244.
- Lira, I., E. J. Naranjo, D. M. Güris y E. Cruz. 2004. Ecología de *Tapirus bairdii* (Perissodactyla: Tapiridae) en la Reserva de la Biosfera El Triunfo (Polígono I), Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 20(1):1-21.

- Lira, I. y G. Ramos-Fernández. 2007. Situación actual del jaguar en la región de Los Chimalapas, Oaxaca. En: C. Chávez, G. Ceballos, R. List y H. Zarza (eds.), Conservación y manejo del jaguar en México, estudios de caso y perspectivas. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad, Alianza World Wildlife Fund-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., pp. 71-80.
- Londoño-Murcia, M. y V. Sánchez-Cordero. 2011. Distribución y conservación de especies amenazadas en Mesoamérica, Chocó y Andes tropicales. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:926-950.
- Luna, I., A. Velázquez y E. Velázquez. 2001. México. En: M. Kappelle y A. Brown (eds.), Bosques neotropicales montanos nubosos. INBIO-IUCN. San José, Costa Rica, pp. 183-229.
- Maffei, L., J. Polisar, J. García, J. Moreira y A. J. Noss. 2011. Perspectivas de diez años de estudios con trampas cámara de jaguares (*Panthera onca*) en Mesoamérica. *Mesoamericana* 15(1):49-59.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. University Press Cambridge.
- Margules, C. R. y S. Sarkar. 2007. Planeación sistemática de la conservación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., 279 p.
- Márquez, J. 2009. Disponibilidad, uso de hábitat y estado de salud del jaguar (*Panthera onca*) en los parques nacionales Laguna del Tigre y Sierra de Lacandón. Reporte técnico. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología-Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología-Fundación Defensores de la Naturaleza, Guatemala. 173 p.
- Martin, G. J., C. I. Camacho, C. A. D. Campo, S. Anta, F. Chapela y M. A. González. 2011. Indigenous and community conserved areas in Oaxaca, Mexico. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 22(2): 250-266.
- Mateo, R. G., A. M. Felicísimo y J. Muñoz. 2011. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84:217-240.
- 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):1-10.
- Miller, B., K. Ralls, R. P. Reading, J. M. Scott y J. Estes. 2006. Biological and technical considerations of carnivore translocation: a review. *Animal Conservation* 2(1):59-68.
- Monroy-Vilchis, O., U. Aguilera-Reyes, P. Suárez y V. Urios. 2008. Jaguar (*Panthera onca*) in the State of Mexico. *The Southwestern Naturalist* 53 (4):535-539.
- Monroy-Vilchis, O., M. M. Zarco-Gonzalez y C. Rodríguez-Soto. 2011. Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla. *Revista de Biología Tropical* 59(1):373-383.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T Manuales y Tesis SEA Zaragoza. 86 p.

- Moreno, C. E., F. Barragán, E. Pineda y N. P. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1249-1261.
- Naranjo, E. J. y E. R. Bodmer. 2002. Population ecology and conservation of Baird's Tapir (*Tapirus bairdii*) in the Lacandon Forest, Mexico. *Tapir Conservation* 11(2):25-33.
- Naranjo, E. J. y E. Cruz. 1998. Ecología del tapir (*Tapirus bairdii*) en la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 73:111-125.
- Noss, R. F. 1987. Corridor in real landscape: a reply to Simberloff and Cox. *Conservation Biology* 1(2):159-164.
- Ordoñez, M. J. 2004. El territorio. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. A. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, D. F., pp. 469-479.
- Ortega-Huerta, M. A. y K. E. Medley. 1999. Landscape analysis of jaguar (*Panthera onca*) habitat using sighting records in the Sierra de Tamaulipas, Mexico. *Environmental Conservation* 26(4):257-269.
- Ortiz, M. A., J. R. Hernández y J. M. Figueroa. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. A. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, D. F., pp. 43-54.
- Paviolo, A., C. De Angelo y E. D. Blanco y M. S. De Bitetti. 2008. Jaguar *Panthera onca* population decline in the Upper Paraná Atlantic Forest of Argentina and Brazil. *Oryx* 42(4):554-561.
- 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* 136(3):346-361.
- Pearson, R. G. y T. P. Dawson. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope model useful? *Global Ecology and Biogeography* 12:361-371.
- Pérez-Cortez, S., P. L. Enriquez, D. Sima-Panti, R. Reyna-Hurtado y E. J. Naranjo. 2012. Influencia de la disponibilidad de agua en la presencia y abundancia de *Tapirus bairdii* en la selva de Calakmul, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:763-761.
- Pérez-Irriego, G. y A. Santos-Moreno. 2010. Diversidad de una comunidad de mamíferos carnívoros en una selva mediana del noreste de Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 26(3):721-736.
- Perovic, P. G. y M. Herrán. 1998. Distribución del jaguar *Panthera onca* en las provincias de Jujuy y Salta, noroeste de Argentina. *Mastozoología Neotropical* 5(1):47-52.
- Peterson, A. T. 2001. Predicting species' geographic distribution based on ecological niche modeling. *The Condor* 103:599-605.

- Peterson, A. T. y D. A. Kluza. 2003. New distributional modelling approaches for gap analysis. *Animal Conservation* 6(1):47-54.
- Peterson, A. T. y A. S. Nyari. 2008. Ecological niche conservatism and Pleistocene refugia in the Thrush-like Mourner, *Schiffornis* sp., in the neotropics. *Evolution. International Journal of Organic Evolution* 62(1):173-183.
- Peterson, A. T., M. Papeş y J. Soberón. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling* 213(1):63-72.
- Peterson, T. A., M. Papeş y E. Muir. 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography* 30(4):550-560.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190(3-4):231-259.
- Phillips, S. J. y M. Dudik. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161-175.
- Phillips, S. J., M. Dudik y R. E. Schapire. 2005. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning, Banff, Canada.*
- Portillo, H. O. y J. Hernández. 2011. Densidad jaguar (*Panthera onca*) en Honduras: primer estudio con trampas-cámara en la mosquita hondureña. *Revista Latinoamericana de Conservación* 2(1):45-50.
- Preisser, E. L., J. L. Orrock y O. J. Schmitz. 2007. Predator hunting mode and habitat domain alter nonconsumptive effects in predator-prey interactions. *Ecology* 88(11):2744-2751.
- Pressey, R. L., M. Cabeza, M. E. Watts, R. M. Cowling y K. A. Wilson. 2007. Conservation planning in a changing world. *Trends in ecology & evolution* 22(11):583-592.
- Rabinowitz, A. y J. Nottingham, B. G. 1986. Ecology behavior of jaguars (*Panthera onca*) in Belize, Central America. *Journal of Zoological London* 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(4):939-945.
- Ramos-Fernández, G. y D. Wooldrich. 2011. Monitoreo del "Jaguar de luz", ejemplar capturado y liberado en el mismo lugar. En: M. A. Briones, A. Sánchez, A. Aquino, T. M. Palacios y Y. Martínez (eds.), *Estudios del jaguar en Oaxaca*. Gobierno del Estado de Oaxaca-Acciona-Carteles Editores. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, pp. 203-214.
- Ramos-Vizcaíno, I., S. Guerrero-Vázquez y F. M. Huerta-Martínez. 2007. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:175-189.
- Reed, S. E. 2011. Non-invasive methods to assess co-occurrence of mammalian carnivores. *The Southwestern Naturalist* 56(2):231-240.
- Reid, F. A. 2009. *A field guide to the mammals of Central America and southeast Mexico*. Segunda edición. Oxford University Press. New York, 346 p.
- Rodríguez-Soto, C., O. Monroy-Vilchis, L. Maiorano, L. Boitani, J. C. Faller, M. A. Briones, R. Núñez, O. Rosas-Rosas, G. Ceballos y A. Falcucci. 2011. Predicting potential distribution of the jaguar (*Panthera onca*) in Mexico:

- identification of priority areas for conservation. *Diversity and Distributions* 17(2):350-361.
- Romero-Balderas, K. G., E. J. Naranjo, H. H. Morales y R. B. Nigh. 2006. Daños ocasionados por vertebrados silvestres al cultivo de maíz en la selva Lacandona, Chiapas, México. *Interciencia* 31(4):276-283.
- Rosas-Rosas, O. y L. C. Bender. 2012. Population status of jaguars (*Panthera onca*) and pumas (*Puma concolor*) in northeastern Sonora, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 28(1):86-101.
- Rosas-Rosas, O. C. y J. H. López-Soto. 2002. Distribución y estado de conservación del jaguar en Nuevo León, México. En: R. A. Medellín, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. Sanderson y A. Taber (eds.), *El jaguar en el nuevo milenio*. Fondo de Cultura Económica-Universidad Nacional Autónoma de México-Wildlife Conservation Society. México, D. F., pp. 393-401.
- Ruano, G., J. Moreira, R. García, R. McNab, G. Ponce, F. Córdova, K. Tut, M. Mérida, L. Guerra, N. Solís, J. Córdoba, S. Tun, J. Corado y G. Peralta. 2010. Abundancia de jaguares en El Parque Nacional Tikal, Reserva de la Biosfera Maya. Reporte técnico. Departamento del Interior y Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos-Wildlife Conservation Society, Guatemala. 21 p.
- Ryall, K. L. y L. Fahrig. 2006. Response of predators to loss and fragmentation of prey habitat: A review of theory. *Ecology* 87(5):1086-1093.
- Salom-Pérez, R., E. Carrillo, J. C. Sáenz y J. M. Mora. 2007. Critical condition of the jaguar *Panthera onca* population in Corcovado National Park, Costa Rica. *Oryx* 41(01):51.
- Sánchez-Nuñez, E., H. E. Ortiz y E. Arellano. 2011. Abundancia y uso de hábitat del tapir (*Tapirus bairdii*) en Frontera Corozal, Selva Lacandona, Chiapas, México. *Tapir Conservation* 20(1):25-29.
- Sanderson, E. W., C. B. Chetkiewicz, R. A. Medellín, A. Rabinowitz y A. B. Taber. 2002. Prioridades geográficas para la conservación del jaguar. En: R. A. Medellín, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. Sanderson y A. Taber (eds.), *Jaguares en el nuevo milenio: una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América*. Fondo de Cultura Económica-Universidad Nacional Autónoma de México-Wildlife Conservation Society. México D. F., pp. 601-627.
- Schamberger, M. y A. H. Farmer (eds.). 1982. Habitat suitability index models: Introduction. Division of Ecological Services Fish and Wildlife Service. Washington, D. C., 9 p.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010. 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, 30 diciembre de 2010:1-77.
- Seymour, K. L. 1989. *Panthera onca*. *Mammalian Species* 340:1-9.
- Silveira, L., A. T. A. Jácomo, S. Astete, R. Sollmann, N. M. Tórres, M. M. Furtado y J. Marinho-Filho. 2009. Density of the Near Threatened jaguar *Panthera onca* in the Caatinga of north-eastern Brazil. *Oryx* 44(1):104-109.

- Silveira, L., A. T. A. Jácomo y J. A. F. Diniz-Filho. 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation* 114:351-355.
- Silver, S., L. E. T. Ostro, L. K. Marsh, L. Maffei, A. J. Noss, M. J. Kelly, R. B. Wallace, H. Gomez y G. Ayala. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx* 38(2):1-7.
- Soberon, J. 2007. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters* 10(12):1115-1123.
- Soberón, J. y A. T. Peterson. 2004. Biodiversity informatics: managing and applying primary biodiversity data. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 359:689-698.
- Soberón, J. y A. T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2:1-10.
- Soisalo, M. K. y S. M. C. Cavalcanti. 2006. Estimating the density of a jaguar population in the Brazilian Pantanal using camera-traps and capture-recapture sampling in combination with GPS radio-telemetry. *Biological Conservation* 129(4):487-496.
- Sollmann, R., M. M. Furtado, B. Gardner, H. Hofer, A. T. A. Jácomo, N. M. Tôrres y L. Silveira. 2011. Improving density estimates for elusive carnivores: Accounting for sex-specific detection and movements using spatial capture-recapture models for jaguars in central Brazil. *Biological Conservation* 144(3):1017-1024.
- Spencer, W., H. Rustigian-Romsos, J. Strittholt, R. Scheller, W. Zielinski y R. Truex. 2011. Using occupancy and population models to assess habitat conservation opportunities for an isolated carnivore population. *Biological Conservation* 144(2):788-803.
- Springer, M. T., A. D. Carver, C. K. Nielsen, N. J. Correa, J. R. Ashmore, J. R. Ashmore y J. G. Lee. 2012. Relative abundance of mammalian species in central Panamanian rainforest. *Revista Latinoamericana de Conservación* 2(2):19-26.
- Storch, I. Linking a multiscale habitat concept to species conservation. En: J. A. Bissonette e I. Storch (eds.), *Landscape ecology and resource management: linking theory with practice*. Island Press. California, pp 303-320.
- Taber, A., C. B. Chetkiewicz, R. A. Medellín, A. Rabinowitz y K. H. Redford. 2002. La conservación del jaguar en el nuevo milenio. En: R. A. Medellín, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. Sanderson y A. Taber (eds.), *Jaguares en el nuevo milenio: Una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América*. Fondo de Cultura Económica-Universidad Nacional Autónoma de México-Wildlife Conservation Society. México, D. F., pp. 629-631.
- Tobler, M. W., S. E. Carrillo-Percegué, R. L. Pitman, R. Mares y G. Powell. 2008. An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-size terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation* 11:169-178.
- Torres-Colín, R. 2004. Tipos de vegetación. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. A. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de

- Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, D. F., pp. 105-117.
- Tôrres, N. M., P. De Marco, T. Santos, L. Silveira, A. T. de Almeida Jácomo y J. A. F. Diniz-Filho. 2012. Can species distribution modelling provide estimates of population densities? A case study with jaguars in the Neotropics. *Diversity and Distributions* 18(6):615-627.
- Trejo, I. 2004. Clima. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. A. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, D. F., pp. 67-85.
- Wallace, R. B., H. Gomez, G. Ayala y F. Espinoza. 2003. Camera trapping for jaguar (*Panthera onca*) in the Tuichi Valley, Bolivia. *Mastozoología Neotropical* 10(1):133-139.
- Wang, H. G., R. D. Owen, C. Sánchez-Hernández y M. L. Romero-Almaraz. 2003. Ecological characterization of bat species distributions in Michoacán, México, using a geographic information system. *Global Ecology and Biogeography* 12:65-85.
- Wang, S. y D. Macdonald. 2009. The use of camera traps for estimating tiger and leopard populations in the high altitude mountains of Bhutan. *Biological Conservation* 142(3):606-613.
- Weckel, M., W. Giuliano y S. Silver. 2006. Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. *Journal of Zoology* 270:25-30.
- Witmer, G. W. 2005. Wildlife population monitoring: some practical considerations. *Wildlife Research* 32:259-263.
- Zapata-Ríos, G., E. Araguillin y J. P. Jorgenson. 2006. Caracterización de la comunidad de mamíferos no voladores en las estribaciones orientales de la cordillera del Kutukú, Amazonía ecuatoriana. *Mastozoología Neotropical* 13(2):227-238.
- Zarza, H., C. Chávez y G. Ceballos. 2005. Uso de hábitat del jaguar a escala regional en un paisaje dominado por actividades humanas en el sur de la Península de Yucatán. En: C. Chávez y G. Ceballos (eds.), *Conservación y manejo del jaguar en México: estudios de caso y perspectivas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Universidad Nacional Autónoma de México-Alianza World Wildlife Fund-Telcel. México, D. F., pp. 101-121.
- Zeller, K. A. 2007. Jaguars in the New Millennium Data Set Update: The state of the jaguar in the 2006. Reporte técnico. *Wildlife Conservation Society*. 82 p.

Anexo 1. Trabajos publicados entre 2011 y 2013.

Registros del Jaguar (*Panthera onca*) en el estado de Oaxaca, México

Lavariega, M. C., M. A. Briones-Salas, M. A y Y. M. Martínez-Ayon.

Instituto Politécnico Nacional (IPN). Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAX). Laboratorio de Vertebrados Terrestres y Colección Regional de Mamíferos. Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230. mariolavnol@yahoo.com.mx, mbriones@ipn.mx, y yazmindelmar@hotmail.com.

Resumen.

El jaguar es una especie que se encuentra en peligro de extinción en México, dado que su distribución se ha reducido notablemente en las últimas décadas por lo que su estudio y conservación es prioritario. En el estado de Oaxaca existen escasos reportes acerca de la distribución de esta especie, por lo que en este capítulo se presentan registros del jaguar que proporcionan información sobre su distribución en el Estado. Se realizó una intensa búsqueda de información en colecciones científicas y bibliografía; además de trabajo de campo y entrevistas a organizaciones relacionadas con el manejo y conservación de recursos naturales. Se obtuvieron un total de 57 registros correspondientes principalmente a pieles y cráneos (n=22, 39%) y reportes de ataque a ganado (n=13, 23%). Los tipos de vegetación donde el jaguar fue registrado fueron: el bosque mesófilo de montaña (n=13, 23%), manejo agropecuario con selva alta perennifolia (n=7, 12%) y selva alta perennifolia (n=6, 10%). Los registros se concentran principalmente en la Sierra Madre de Oaxaca (n=27, 47%), Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (n=7, 12%) y Planicie Costera del Pacífico (n=6, 10%). El mayor número de registros se encuentran entre los 0 a 400 msnm (n=28, 49%). La frecuencia

Lavariega, M.C., M. Briones-Salas y Y. Martínez-Ayon. 2011. Registros de jaguar en Oaxaca. En: M. Briones-Salas, A. Sánchez, A. Aquino. Estudios del jaguar en Oaxaca. Gobierno del Estado de Oaxaca, Acciona Carteles Editores. Oaxaca, México

1



Registro del tecolote afilador (*Aegolius acadicus*) en las montañas y valles del occidente de Oaxaca, México.

Mario C. Lavariega^{1*}, Natalia Martín Regalado¹, Ciro Rodríguez Pérez¹ y Rosa María Gómez Ugalde².

¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAX), Instituto Politécnico Nacional. Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, 71230, México. Correo electrónico: *mariolavuel@yahoo.com.mx.

²Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex-Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, 71230, México.

Resumen

Capturamos un adulto del tecolote afilador (*Aegolius acadicus*) en una red de niebla en San Pedro Totomachapam, municipio de Zimatán de Álvarez, Oaxaca, en diciembre de 2010. La documentación fotográfica representa el primer registro de la especie en la subprovincia fisiográfica Montañas y Valles del Occidente de Oaxaca y extiende el área de distribución de esta especie por 60 km al sur de la localidad de distribución más cercana. La continuidad de los bosques de pino-encino en esta región, el principal tipo de vegetación del hábitat del tecolote afilador, sugiere que esta rara especie puede mantener poblaciones más al sur de donde lo señalan los mapas de distribución conocidos.

Palabras clave: bosque de pino-encino, distribución, Strigidae.

Report of the Northern Saw-whet Owl (*Aegolius acadicus*) in the mountains and valleys of western Oaxaca, Mexico.

Abstract

We mist netted an adult of the Northern Saw-whet Owl (*Aegolius acadicus*) in San Pedro Totomachapam, municipality of Zimatán de Álvarez, Oaxaca, in December 2010. A photograph documents the first record in the physiographic subprovince Mountains and Valleys of Western Oaxaca, which expands the species' known range by 60 km to the south. The continuous pine-oak forests in this region, known to be the main vegetation type of the habitat of the Northern Saw-whet Owl, suggests that this rare species may maintain populations further south of the known distribution maps available in the literature.

Keywords: pine-oak forest, distribution, Strigidae.

HUITZIL (2011) 12(2):48-52

El tecolote afilador, *Aegolius acadicus*, es un buho pequeño (largo total = 17.0 - 21.5 cm; peso = 54 - 124 g; Dunning 1983, König y Weick 2008) y poco común. Es considerada mundialmente de preocupación menor (Least concern; IUCN 2011). El tecolote afilador está ampliamente distribuido y es localmente frecuente en Norteamérica desde el sur de Alaska, sur y costa oeste de Canadá, norte y oeste de Estados Unidos hasta el sur de México (AOU 1998); es residente, pero con poblaciones parcialmente migratorias en el norte de su distribución (König y Weick 2008). En México, se encuentra en ambas vertientes oceánicas, y al interior del territorio en tierras altas de montaña desde el noroeste de Sonora, Chihuahua, al centro del país en el Eje Neovolcánico Transversal, en Puebla e Hidalgo, hasta el centro de Oaxaca (Howell y Webb 1995); tiene poblaciones aisladas en el sureste de Coahuila, suroeste de Nuevo

León y norte de San Luis Potosí (Holt *et al.* 1999). Habita principalmente en bosques de encino y bosques de pino húmedos a semihúmedos, desde los 1800 a 3500 msnm (Enriquez *et al.* 1993, Howell y Webb 1995). Se alimenta principalmente de pequeños roedores y ocasionalmente de pequeñas aves, ranas e insectos (Swengel y Swengel 1992, Cunnings 1993, Rains 1997).

En México, especímenes de *A. acadicus* han sido colectados en el Estado de México (MZFC-10139), Tlaxcala (MZFC-6289, 6290, 6291), Morelos (CNAV-AV014021; Instituto de Biología 2007), Coahuila, Durango, Distrito Federal, Guanajuato, Michoacán, Querétaro, Oaxaca, Puebla y Guerrero (Enriquez *et al.* 1993, Peterson y Navarro-Sigüenza 2006, Garza de León *et al.* 2007); también se ha reportado en Veracruz, Chihuahua, Jalisco (Enriquez *et al.* 1993), Baja California (Erickson y Wurster 1998),



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 Xaxocotlán, 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 provienen 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

MAMÍFEROS MEDIANOS Y GRANDES DE LA SIERRA DE VILLA ALTA, OAXACA, MÉXICO

Mario C. Lavariega¹, Miguel Briones-Salas¹ y Rosa M. Gómez-Ugalde²

¹Laboratorio de Vertebrados Terrestres (Mastozoología), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAX.), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, 71230 Oaxaca, México [Correspondencia: <mbriones@ipn.mx>]. ²Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, 71230 Oaxaca, México.

RESUMEN: La Sierra Madre de Oaxaca (SMO) es una de las subprovincias con mayor diversidad biológica de Oaxaca; sin embargo, aún existen áreas en esta región que no han sido exploradas mastofaunísticamente, particularmente aquellas alejadas de vías de comunicación. Con el objetivo de complementar el conocimiento de la diversidad de la SMO se realizó un inventario de mamíferos de talla mediana y grande en la Sierra de Villa Alta. Para el registro de este grupo se utilizaron métodos indirectos (búsqueda de rastros) y observación directa, entre julio de 2005 y agosto de 2006; paralelamente se realizaron entrevistas a pobladores locales. Se reportan un total de 18 especies, la mayor riqueza corresponde a los órdenes Carnívora (n=8), seguida de Rodentia (n=3) y Artiodactyla (n=3). Los gremios tróficos están representados principalmente por herbívoros (n=5) y omnívoros (n=5). Respecto a la distribución biogeográfica, la zona está constituida principalmente por especies con distribución compartida por las regiones Neártica y Neotropical (n=9). Se registraron dos especies endémicas a Mesoamérica y tres especies protegidas por la legislación mexicana: *Potos flavus* (amenazada), *Tamandua mexicana* y *Panthera onca* (en peligro de extinción), esta última también catalogada como casi en riesgo por la IUCN. Los pobladores reconocen 25 especies, de las cuales no se obtuvo evidencia de siete.

ABSTRACT: Medium and large mammals in Sierra de Villa Alta, Oaxaca, Mexico. The Sierra Madre de Oaxaca (SMO) is one of the most biologically diverse subprovinces of Oaxaca. However, there are still regions that have not been explored, leading to gaps in the knowledge of mammals; particularly in areas far away from roads. In order to fill these gaps, we generated an inventory of medium and large mammals in the Sierra de Villa Alta. We used indirect methods, mammal tracks search and local people interviews, as well as direct observations from July 2005 to August 2006. We reported a total of 18 mammal species, the greatest species richness corresponds to the Order Carnivora (n=8), followed by Rodentia (n=3) and Artiodactyla (n=3). The trophic guilds are represented mainly by herbivores (n=5) and omnivores (n=5). Regarding the biogeographic affinity, the region consists mainly of species with a distribution shared by Nearctic and Neotropical regions (n=9). We registered three endangered species by Mexican law: *Potos flavus* (threatened), *Tamandua mexicana* and *Panthera onca* (endangered), the last one listed as near threatened by the IUCN. The local people recognize 25 species, of which we found no evidence for seven.

Palabras clave. Afinidad biogeográfica. Distribución. Inventario. Rastros. Sierra Madre de Oaxaca.

Key words. Biogeographic affinity. Distribution. Inventory. Sierra Madre de Oaxaca. Signs.



Nota científica

Registros nuevos de *Abronia mixteca* (Sauria: Anguidae) en Oaxaca, México

New records of *Abronia mixteca* (Sauria: Anguidae) in Oaxaca, Mexico

Cintia Natalia Martín-Regalado¹, Mario C. Lavariega¹ y Rosa Ma. Gómez-Ugalde²

¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Instituto Politécnico Nacional. Unidad Oaxaca. Calle Hornos 1003, 71230 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

²Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, 68000 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

✉ cintia_14@imn.mx

Resumen. Se dan a conocer registros nuevos de *Abronia mixteca* en el estado de Oaxaca, México. Los organismos fueron encontrados en bosque de pino, pino-encino y encino-pino en 5 localidades en la subprovincia fisiográfica Montañas y Valles del Occidente de Oaxaca. Estos registros incrementan el conocimiento del área de distribución, rango altitudinal y hábitat de *A. mixteca*.

Palabras clave: *Abronia mixteca*, lagarto alicante mixteco, distribución, intervalo altitudinal, tipos de vegetación.

Abstract. We present new records of *Abronia mixteca* in the Mexican state of Oaxaca. The organisms were found in pine forest, pine-oak forest, and oak-pine forest from 5 localities in the physiographic subprovince of Mountains and Valleys of Western Oaxaca. These records increase the distribution area of *A. mixteca* known to date.

Key words: *Abronia mixteca*, Mixtecan arboreal alligator lizard, distribution, altitudinal range, vegetation types.

Abronia mixteca (lagarto alicante mixteco) es un saurio endémico de México, se distribuye en la mixteca alta de Oaxaca y Guerrero de 2 200 a 2 640 m snm (Campbell y Frost, 1993; Casas-Andreu et al., 1996) y está ampliamente distribuido en el suroeste del valle de Cuicatlán, en bosque de encino a una altitud de 2 420 msnm (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén, 2010). La localidad tipo es Tejocotes, en la sierra Madre del Sur aproximadamente a 2 400 m snm (Bogert y Porter, 1967). Dorsalmente son de color amarillo oliva con manchas oscuras que están presentes hasta la región dorsal de la cola; en ocasiones el vientre presenta manchas negras pequeñas. Alcanzan una longitud hocico-cloaca de 120 mm y la longitud de la cola es menor que el cuerpo; la cabeza es triangular; las escamas dorsales son cuadrangulares y lisas, tienen un total de 27 escamas longitudinales y 16 transversales en la región dorsal; las escamas ventrales son lisas, tienen un total de 33 escamas longitudinales y 14 transversales; el pliegue ventrolateral está débilmente desarrollado (Garner y Porter, 1967; Campbell y Frost, 1993; Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén, 2010). Es una especie con hábitos arborícolas, busca refugio dentro de plantas bromeliáceas (Campbell

y Frost, 1993) y en algunas ocasiones se les encuentra asoleándose sobre los troncos de los encinos (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén, 2010).

En la lista de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza *A. mixteca* está como especie vulnerable (IUCN, 2011), debido a que su amplitud de distribución es menor de 20 000 km², a la disminución y calidad de su hábitat y por la tendencia poblacional en decremento (Canseco-Márquez et al., 2007); por su parte el gobierno mexicano a través de la Norma Oficial Mexicana 059 la califica como especie sujeta a protección especial (SEMARNAT, 2002); sin embargo, en la última actualización a esta norma y al ser analizada con el Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER), se reclasificó como especie amenazada (SEMARNAT, 2010), una categoría de riesgo mayor. El objetivo de este trabajo es proporcionar nueva evidencia acerca de la distribución de *A. mixteca* en el estado de Oaxaca.

Con el fin de documentar la diversidad de vertebrados terrestres en los bosques templados de los distritos de Zimatlán, Sola de Vega y Valles Centrales, en la subprovincia fisiográfica Montañas y Valles del Occidente de Oaxaca (Ortiz et al., 2004), se visitaron 17 localidades entre los meses de abril de 2010 y abril de 2011. El área

Recibido: 21 julio 2011; aceptado: 01 marzo 2012

Mamíferos del centro-occidente de Oaxaca, México

Mario C. Lavariaga^{1*}, Natalia Martín-Regalado¹
y Rosa M. Gómez-Ugalde²

Abstract

Oaxaca State ranks first in the list of the Mexican states with the highest mammals richness, with 201 species. However, knowledge of the mammals in the entity is not homogeneous, and the west central area is among the least explored. Therefore, from April 2010 to January 2011, mammals the species richness was surveyed in 28 localities. Thirty nine species were recorded by field work, and twelve by literature review, for a total accumulated richness of forty nine species, belonging to 15 families, and eight orders, and represent 24.37% and 50% of the species and families in Oaxaca, respectively. Order Chiroptera was better represented (21 species), followed by Carnivora (10). The most abundant species were *Sturnira ludovici*, *Dermanura azteca*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Odocoileus virginianus* and *Sciurus aureogaster*. The greatest number of species was observed in pine forest (32); and between 2,200 to 2,400 m of altitude (21). Of the species recorded, 34.69% have a shared distribution with North and South America. Seven species are endemic to Mexico; *Cryptotis peregrina* is distributed only in western Oaxaca; *Leopardus wiedii*, is listed by the Mexican government as endangered; *Leptonycteris yerbabuenae*, and *Sorex veraecrucis*, *Choeronycteris mexicana* as threatened and *C. peregrina* is subject to special protection. Conservation actions and sustainable forest management developed by indigenous communities in the west central Oaxaca, contribute to the preservation of the mammals of the region.

Key words: distribution, new records, Oaxaca, Sierra de Cuatro Venados, survey, temperate forest.

Resumen

El estado de Oaxaca ocupa el segundo lugar nacional en riqueza de mamíferos después de Chiapas. Sin embargo, el conocimiento de la mastofauna en la entidad no es homogéneo y entre las áreas menos exploradas se encuentra la región centro-occidente. Por ello, entre abril de 2010 a enero de 2011 se realizó un inventario de mamíferos en 28 localidades, además de consultar estudios previos. Se obtuvo un total de 501 registros de trabajo de campo que corresponden a 39 especies; en literatura

¹Laboratorio de Vertebrados Terrestres, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAX), IPN. Hornos 1003, Oaxaca, México 71230. E-mail: mariolavno@yahoo.com.mx (MCL), cynthia_14@msn.com (NMR).

²Departamento de Biología, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Carretera al ITAO s/n, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México 71230. E-mail: rmgomez80@hotmail.com

*Corresponding author

ARTÍCULOS DIVULGATIVOS

Buscando pistas en la oscuridad

Mario C. Lavariega, Natalia Martín-Regalado y Miguel Briones-Balás

Laboratorio de Vertebrados Terrestres (Mastozoología), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, C.P. 71230.

Correos electrónicos: mariolavnol@yahoo.com.mx, cmartin@ipn.mx y mbriones@ipn.mx

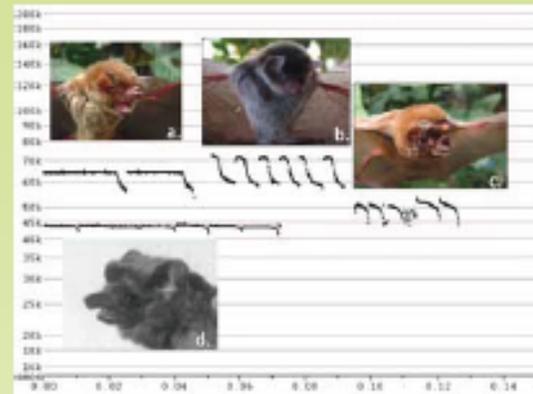
Son las 11 de la noche, los guantes, lámparas y bolsas de manta están listos, revisaremos una vez más las redes que se colocaron unas horas antes, caminamos por una angosta vereda y llegamos a la primera red, un pequeño animal se agita tratando de liberarse, lo sujeto firmemente mientras desenredo los hilos de su cuerpo: es un pequeño murciélago lengüetón de Xiutepec (*Glossophaga morenoi*), una de las 138 especies que se encuentran en México; lo coloco en la bolsa de manta, revisamos las otras redes y volvemos al campamento.

Los murciélagos (Orden Chiroptera) son uno de los grupos más diversos entre los mamíferos (Mammalia) y los únicos que realmente tienen la capacidad de volar. Se encuentran en casi todos los ambientes, pero son más diversos en climas tropicales.

En el campamento estamos Beatriz, Jazmin, Miguel, Natalia, Mario, y el señor Anabat; la noche es fresca y estaremos hasta después de las dos de la mañana, cenamos un emparedado y tomamos café mientras platicamos anécdotas y contamos estrellas fugaces. Estamos aquí porque nos interesa conocer la riqueza y abundancia de los murciélagos, debido a que realizan servicios ecológicos importantes, además de que pueden ser buenos indicadores de la conservación de los ecosistemas.

En los quirópteros (de los vocablos griegos *cheir* = mano y *pteron* = ala, alas en las manos) el vuelo se ha logrado mediante el desarrollo de increíbles adaptaciones morfológicas: sus antebrazos y omóplatos han crecido y fortalecido, tienen poderosos músculos pectorales, sus dedos se han alargado y se ha formado una membrana entre estos, e incluso la estructura del pelo es única entre los mamíferos, posiblemente con cualidades aerodinámicas. La forma de las alas, rostro y dientes se han modificado de acuerdo al tipo de alimentación, que puede ser a base de frutas, polen, néctar, insectos, ranas, peces, aves o sangre. Con este último hábito alimenticio existen tres especies denominadas hematófagas, es decir, se alimentan de sangre, y solo se encuentran en América.

Los murciélagos que comen frutas pueden ayudar a regenerar selvas, ya que dispersan las semillas de manera



Espectrogramas de murciélagos insectívoros. a. = *Pteronotus parnellii*, b. = *Pteronotus davyi*, c. = *Mormoops megalophylla*, y d. = *Eptesicopteryx picta*.

muy efectiva. A su vez, los murciélagos que comen polen y néctar intervienen en la reproducción de las plantas de las que se alimentan, al intercambiar polen entre ellas y aumentar el intercambio de genes. Los que se alimentan de insectos ejecutan un importante control de poblaciones de insectos, que sin su presencia se podrían convertir en plagas y afectar cultivos; este servicio se ha estimado en millones de pesos.

Mientras esperamos la siguiente revisión de redes, Miguel platica sobre el falso vampiro (*Vampyrus spectrum*), el murciélago más grande en América, que tiene una envergadura de casi un metro de longitud, nos dice que se alimenta de aves y mamíferos, y que en México solo se encuentra en selvas tropicales de Chiapas, Oaxaca, Veracruz y Tabasco, pero su distribución se extiende hasta Perú y Brasil, y que debido a la pérdida de hábitat, en el país se cataloga como en Peligro de Extinción.

Debido a que las redes sólo capturan a los murciélagos que vuelan a bajas alturas, es necesario el empleo de otras técnicas; es aquí donde el señor Anabat entra en acción. El Anabat es uno de varios tipos de detectores que se utiliza para registrar los ultrasonidos que emiten los murciélagos.

Los murciélagos emiten ultrasonidos desde la laringe, algunos de los cuáles son de muy alta frecuencia, y tienen funciones de comunicación, navegación y alimentación. Estos llamados son más característicos en los murciélagos que se alimentan de insectos.

Los ultrasonidos funcionan como un sonar: estos rebotan en los objetos que hay enfrente y el eco es percibido por los oídos del murciélago, con lo que pueden evitar obstáculos e identificar y capturar a sus presas.

Cuando regresamos al laboratorio descargamos las grabaciones en una computadora y mediante un programa podemos visualizar el dominio de frecuencia-tiempo, y mediante la estructura del llamado identificar

Nota Científica
(Short Communication)

REGISTRO HISTÓRICO DEL TAPIR CENTROAMERICANO *TAPIRUS BAIRDII* EN EL ISTMO DE TEHUANTEPEC, OAXACA, MÉXICO

Martín-Regalado, C. N., Lavariiega, M. C. & Gómez Ugalde, R. Ma. 2013. Historic record of the Central American tapir *Tapirus bairdii* in the isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 29(2): 454-457.

ABSTRACT. This note reports a historic record of the Central American Tapir, *Tapirus bairdii*, for the Coastal Plain of the Isthmus of Tehuantepec in Oaxaca, Mexico. The record was dated to the decade of 1950, and was found 40 km from the closest historic locality. The presence of this species suggests two hypotheses: that the observed specimens belong to a previously existing population in this region, or that these specimens come from the Los Chimalapas region.

El conocimiento de la distribución histórica y actual de una especie es importante para comprender los factores que han afectado sus poblaciones en el tiempo, particularmente de las que enfrentan problemas de conservación (Shaffer *et al.* 1998). En este contexto, el estudio sobre la distribución histórica y actual de tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*), especie en peligro de extinción (SEMARNAT 2010; IUCN 2012), es de vital importancia en la elaboración e implementación de estrategias para su conservación. Las poblaciones del tapir centroamericano han sido severamente afectadas por la cacería y la pérdida y fragmentación del hábitat (March & Naranjo 2005). En México su distribución histórica incluía los bosques tropicales húmedos y secos de las vertientes del Pacífico y Golfo en Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco y la Península de Yucatán (March & Naranjo 2005; Nolasco *et al.* 2007). Actualmente su área de distribución ha disminuido considerablemente, existiendo poblaciones aisladas en Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Campeche y Quintana Roo (March & Naranjo 2005; Naranjo 2009). Estudios recientes han mostrado evidencia de la distribución geográfica, histórica y actual del tapir centroamericano, reuniendo información y ampliando el conocimiento de la especie en Oaxaca y estados vecinos (Lira *et al.* 2006; Lira & Naranjo 2005; Delfin-Alfonso 2008). Lira *et al.* (2006) sugieren la existencia de poblaciones en la región de los Chimalapas, Sierra Juárez y Costa del Pacífico; en

Recibido: 10/12/2012; aceptado: 16/04/2013.



Nota científica

Registro de tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) con cámaras-trampa en la sierra Madre de Oaxaca, México

Record of Baird's tapir (*Tapirus bairdii*) with camera-trap in the Sierra Madre of Oaxaca, Mexico

Mario C. Lavariega, Miguel Briones-Salas[✉] y Ciro Rodríguez

Laboratorio de Vertebrados Terrestres (Mastozoología), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-Oaxaca), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Hornos 1003, Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán, 71230, Oaxaca, México.
✉ mbriones@ipn.mx

Resumen. En este trabajo se presenta evidencia del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) obtenida en la sierra Norte de Oaxaca por medio de cámaras-trampa durante marzo y abril de 2012, confirmando su presencia en esta región.

Palabras clave: distribución, tapir centroamericano, sierra Norte.

Abstract. This paper presents evidence of the Baird's tapir (*Tapirus bairdii*) obtained in the Sierra Norte de Oaxaca by camera traps in March and April 2012, confirming its presence in this region.

Key words: distribution, baird's tapir, Sierra Norte.

El tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) es el mamífero terrestre nativo más grande del neotrópico (Hall, 1981; Brooks et al., 1997). Puede habitar desde el nivel del mar hasta los 3 600 m snm, en pantanos, manglares, bosque tropical perennifolio, vegetación acuática y subacuática, bosque tropical subcaducifolio y en bosque mesófilo de montaña (Matola et al., 1997; Castellanos et al., 2008). Su distribución histórica abarcaba desde el centro-sur de México, a lo largo de Centroamérica hasta el noroeste de Colombia en Sudamérica. Actualmente su distribución está fragmentada y persiste en áreas conservadas, poco accesibles y con baja presencia humana (Matola et al., 1997; Tobler, 2002). Se considera que existe hábitat adecuado en el sureste de México, Guatemala, norte de Costa Rica, noreste de Honduras, vertiente del Caribe de Panamá y el Darién-Choco, entre Panamá y Colombia (Matola et al., 1997; Fleisher, 1999; March y Naranjo, 2005; Chassot et al., 2006; Lira et al., 2006; Castellanos et al., 2008; García et al., 2011). En México el tapir centroamericano está catalogado como una especie en peligro de extinción (Semarnat, 2010) y globalmente se le considera en peligro (IUCN, 2012), debido a que su área de distribución se ha reducido por la cacería, la pérdida y fragmentación del

hábitat y por la susceptibilidad de extinción por su baja tasa reproductiva (Matola et al., 1997).

En México se encontraba desde el centro de Guerrero, en la planicie costera del Pacífico y el centro de Veracruz, por la planicie costera del golfo de México, convergiendo en el istmo de Tehuantepec, Chiapas y en la península de Yucatán (Lira et al., 2005; March y Naranjo, 2005; Nolasco et al., 2007). Su distribución se ha reducido y en la actualidad quedan algunas poblaciones en Chiapas (Naranjo y Cruz, 1998), Oaxaca (Lira et al., 2006), Campeche, Quintana Roo y Yucatán, en el noroeste y sureste de la península de Yucatán (March y Naranjo, 2005).

En el estado de Oaxaca, la presencia histórica del tapir centroamericano se basa en esqueletos albergados en colecciones científicas, recolectados en las subprovincias fisiográficas (Ortiz-Pérez et al., 2004): planicie costera del istmo de Tehuantepec (AMNH: 206834 y 208259; Goodwin, 1969) y sierra Madre de Oaxaca y Chiapas (región de los Chimalapas; CAS: 14934). Existe la fotografía de un ejemplar cazado en la depresión del istmo de Tehuantepec y registros obtenidos por entrevistas aplicadas en la planicie costera del Pacífico y planicie costera del istmo de Tehuantepec (Lira et al., 2006).

Se han documentado registros recientes por medio de huellas, restos óseos y observación directa de individuos

Diversidad de aves en cultivos de Santa María Yahuiche, Sierra Madre de Oaxaca, México*

Bird diversity in cultivars of Santa María Yahuiche, highland from Oaxaca, Mexico

Andrea Rosario Santos Benítez¹, Ana Lilia Hernández Ramírez¹, Mario César Lavariega² y Rosa María Gómez-Ugalde^{1†}

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex-Hacienda Nazareno s/n Xoxocotlán, Oaxaca México. C.P. 71230. Tel. 01(951)51 704 44. (andy_soronita@hotmail.com; johana_jivi@hotmail.com). ²CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca. Calle Homos 1001 Colonia Nochebuena C.P. 71230. Tel. 01 951 5170610. (mariolavnol@yahoo.com.mx). [†]Autora para correspondencia. rmgomez80@hotmail.com.

Resumen

Con el objeto de contribuir al conocimiento de la avifauna de la Sierra Madre Oriental se analizó la diversidad de aves en áreas agrícolas de Santa María Yahuiche, Oaxaca. Los datos fueron obtenidos con un trabajo de campo de 1 440 m/red/hora y 86 h de observación en búsqueda intensiva, a lo largo de 14 días de colecta distribuidos en 2012. Se obtuvieron un total de 187 registros visuales y 52 capturados con redes niebla. La riqueza específica de los Terrenos Agrícolas de Santa María Yahuiche está representada por 52 especies, pertenecientes a 19 familias y 6 órdenes, sin embargo aún quedan especies por registrar. Las aves con residencia permanente fueron las más abundantes. El índice de Shannon-Wiener fue de $H' = 3.54 \text{ nats}$ con un valor de equidad de especies de $J' = 0.89$. La avifauna de Santa María Yahuiche es prioritaria para su conservación, debido a la presencia de especies endémicas (9) y bajo alguna categoría de riesgo (1) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, asociadas a actividades agrícolas.

Palabras clave: avifauna, diversidad, categoría de riesgo.

Abstract

In order to contribute to the knowledge of the bird diversity from the Oriental highland, was analyzed the diversity of birds in agricultural areas of Santa María Yahuiche, Oaxaca. The data was obtained with a field work of 1 440 m/network/hour and 86 hours of observation in intensive search, over 14 days of collection distributed in 2012. It was obtained a total of 187 visual records and 52 captured with mist nets. Bird species richness of agricultural lands from Santa María Yahuiche is represented by 52 species belonging to 19 families and 6 orders; however there are still species to be recorded. Permanent resident birds were the most abundant. The Shannon-Wiener index was $H' = 3.54 \text{ nats}$ with an equity value of species $J' = 0.89$. The bird diversity from Santa María Yahuiche is a priority for conservation, due to the presence of endemic species (9) and under some category of endangerment (1) according to NOM-059-SEMARNAT-2010, associated with agricultural activities.

Key words: birds, diversity, risk category.

* Recibido: febrero de 2013
Aceptado: marzo de 2013