

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)

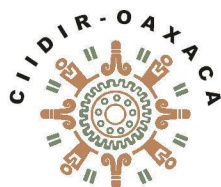
“CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MODELO DE NICHOS
ECOLÓGICO PARA JAGUAR (*Panthera onca*) Y PUMA (*Puma
concolor*) EN LA SIERRA MADRE DE OAXACA, MÉXICO”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS
P R E S E N T A :
M.V.Z. CLAUDIA CRISTINA CINTA MAGALLÓN

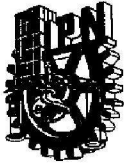
DIRECTOR DE TESIS: JOSÉ ANTONIO SANTOS MORENO

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

Mayo de 2007



IPN
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD OAXACA



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 29 del mes de Mayo del 2007 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada:

"Construcción y validación de un modelo de nicho ecológico para jaguar (*Panthera onca*) y puma (*Puma concolor*) en la Sierra Madre de Oaxaca, México"

Presentada por la alumna:

<u>Cinta</u> Apellido paterno	<u>Magallón</u> materno	<u>Claudia Cristina</u> nombre(s)							
Con registro: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">A</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">5</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">8</td> <td style="padding: 2px 5px;">3</td> </tr> </table>			A	0	5	0	0	8	3
A	0	5	0	0	8	3			

aspirante al grado de: **MAESTRO EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA
Director de tesis

M. en C. José Antonio Santos Moreno

M. en C. Sonia Trujillo Argueta

Dr. Gabriel Ramos Fernández

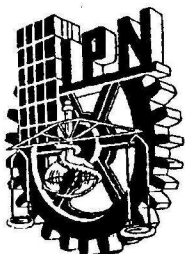
Dr. Arturo Salame Méndez

Dr. Enrique Martínez Meyer

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dra. María del Rosario Arnaud Viñas

20



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 29 del mes Mayo del año 2007, el (la) que suscribe **CLAUDIA CRISTINA CINTA MAGALLÓN**, alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**, con número de registro **A050083**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del M. en C. José Antonio Santos Moreno y cede los derechos del trabajo intitulado: **“Construcción y validación de un modelo de nicho ecológico para jaguar (*Pantera onca*) y puma (*Puma concolor*) en la Sierra Madre de Oaxaca”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgrado@ipn.mx ó jaguara71@gmail.com Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CLAUDIA CRISTINA CINTA MAGALLÓN

RESUMEN

Se construyó un modelo de nicho ecológico a través de un algoritmo genético (GARP) para jaguar (*Panthera onca*) y puma (*Puma concolor*) en la Sierra Madre de Oaxaca, a partir de 29 registros para jaguar y 6 para puma. Este modelo se validó en campo, en cada localidad visitada se realizaron entrevistas y transectos en busca de rastros y huellas. La conjunción de datos obtenidos por entrevistas y transectos arroja un total de 68 localidades dentro de las cuales se presentan 65 registros nuevos para jaguar y 68 para puma. Con la validación se encontró que para jaguar hubo 30 aciertos, 20 errores de omisión y 15 errores de comisión, mientras que para puma se detectaron 32 aciertos, 26 errores de omisión y diez errores de comisión. Con base en los resultados de entrevistas, transectos y errores de comisión, omisión y aciertos se realizó una prueba de Chi-cuadrada, para contrastar el modelo con los datos obtenidos en campo ($X^2= 30.74$ para puma y $X^2=16.9$ para jaguar $p \leq 0.05$). Se concluye que existe una diferencia significativa que demuestra que el modelo no se ajusta a la realidad. Esto se debe a que las temáticas comúnmente utilizadas para la construcción de modelos, tienen escalas cuya resolución espacial funciona bien en análisis a nivel país o continental sin embargo a niveles estatales o regionales presentan una marcada imprecisión. Se propone que en la generación de futuros modelos de distribución de las especies a nivel estatal o regional, se utilice cartografía a escalas de mayor resolución espacial, lo que haría mucho más precisos los modelos resultantes. Así como llevar a cabo una validación de campo.

ABSTRACT

It was constructed a niche ecological model by a genetic algorithm (GARP) for jaguars and cougars on La Sierra Madre of Oaxaca, with 29 data for jaguar (*Panthera onca*) and six data for cougar (*Puma concolor*). This model was validated on the field, on each locality visited was done interviews and transects looking for tracks. With the validation we got a total of 67 localities, which 52 data goes for jaguar and 62 for cougars, all of these are new data. When validation was done with the data collected in the field, it was find out that for jaguar were 23 matches, 17 errors of ommission and 12 errors of commission and for cougar were 29 matches, 24 errors of ommission and nine errors of commission. With the results of the interviews, transects, matches and errors of commission and ommission, it was done a Chi square statistics to contrast the model with the field data ($X^2= 30.74$ for cougar and $X^2=16.9$ for jaguar $p \leq 0.05$). It shows a significant difference that shows that the model do not adjust to reality. This is because the themes used have a high scale that works well for countries or continents analyses but with regions has no accuracy. It is propose than when new models of species distribution are made should be used more fine themes, or maps with fine spatial resolution, which would made more precise models. And also validated models on the field.

AGRADECIMIENTOS

“No hay en el mundo más que un exceso recomendable: el de la Gratitude”

La Bruyere.

Al Instituto Politécnico Nacional, y al CIIDIR por abrirme las puertas al conocimiento y la superación.

Al CONACYT por la beca otorgada.

Al Director de Tesis M. en C. José Antonio Santos Moreno por su apoyo, consejo y comprensión. ¡GRACIAS!

Al Comité Tutorial:

Dr. Arturo Salame Méndez

Dr. Enrique Martínez Meyer

M. en C. Sonia Trujillo Argueta

Dr. Gabriel Ramos Fernández

Por su confianza, paciencia, apoyo y consejo.

Mi admiración y respeto a todos ellos.

Al M. en C. Carlos Raúl Bonilla Ruz, sin su respaldo, solidaridad y conocimiento no lo hubiera logrado, a veces parece que HOY un ¡GRACIAS! No es suficiente.

A las comunidades de la Sierra Madre de Oaxaca que me abrieron las puertas de sus terrenos y su sabiduría, permitiendo que esté estudio se llevara a cabo.

A mi Madre, familia y amigos por su apoyo incondicional en cada una de las locuras que emprendo.

Al Clan del Tule, por el tiempo que me acompañaron en esta aventura.

A Dios y los grandes, medianos y pequeños felinos que son el motor principal que me impulsa cada día.

Y a todas y cada una de las personas que de una u otra manera formaron parte en este sueño y que por ser tantas no quisiera omitir a alguna.

¡Mi gratitud por siempre!

Claudia Cristina

“Dios decidió hacer al hombre porque el jaguar ya existía...”
Cultura maya del sur de Belice. (Thompson, 1930)

Puma (Ko-Icto) “Gato deDios”
Indios Chickasaw de Norte América. (Bush, 2004)

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS.	10
ÍNDICE DE CUADROS.	11
ANTECEDENTES	
Descripción del jaguar y el puma	12
Hábitos	13
Conservación	14
Categorías de riesgo	16
Problemas de conservación del jaguar y el puma	16
Distribución del jaguar y el puma	17
El modelado ecológico	21
El modelado con algoritmos genéticos en la conservación	22
Antecedentes de modelos predictivos en el estado de Oaxaca	25
JUSTIFICACIÓN	26
OBJETIVO GENERAL	27
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
MÉTODOS	
Área de estudio	27
Métodos	29
Base de datos	29
Modelo de algoritmos genéticos	30
Validación del Modelo	31
<i>Entrevistas</i>	32

<i>Transectos</i>	33
Análisis de resultados	33
RESULTADOS	
Base de datos	33
Modelo de algoritmos genéticos GARP	33
Validación del modelo GARP	41
<i>Entrevistas</i>	44
<i>Transectos</i>	46
Errores de Omisión y Comisión	48
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	55
LITERATURA CITADA	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución actual e histórica de *Panthera onca*.

Figura 2. Distribución actual e histórica de *Puma concolor*.

Figura 3. Distritos geopolíticos del estado de Oaxaca incluidos en la Sierra Madre de Oaxaca, México.

Figura 4. Mapa resultante de GARP con el área donde se predice la presencia de *Panthera onca* dentro de la Sierra Madre de Oaxaca.

Figura 5. Mapa resultante de GARP con el área donde se predice la presencia de *Puma concolor* dentro de la Sierra Madre de Oaxaca.

Figura 6. Mapa resultante de GARP con el área donde se predice la presencia de ambos felinos dentro de la Sierra Madre de Oaxaca.

Figura 7. Tipos de Vegetación presentes en el área de estudio y localidades visitadas.

Figura 8. Mapa de localidades de presencia-ausencia para *Panthera onca* en relación al mapa predicho.

Figura 9. Mapa de localidades de presencia-ausencia para *Puma concolor* en relación al mapa predicho.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características morfológicas y taxonómicas *Panthera onca* y de *Puma concolor*.

Cuadro 2. Variables bioclimáticas utilizadas para el modelo de GARP.

Cuadro 3. Base de datos utilizada para la generación del algoritmo genético.

Cuadro 4 Estadística descriptiva de las variables climáticas y de altitud de los datos utilizados para el modelo.

Cuadro 5. Diseño aleatorio estratificado con base en la presencia- ausencia de uno o ambos felinos y los tipos de vegetación.

Cuadro 6. Localidades seleccionadas.

Cuadro 7. Total de entrevistas realizadas y especies de felinos presentes en las comunidades visitadas.

Cuadro 8. Descripción de los transectos y tipos de rastros obtenidos.

Cuadro 9. Resultados recopilando todos los datos obtenidos en entrevistas y transectos.

Cuadro 10. Porcentaje de acierto y error para los modelos de nicho ecológico de *Panthera onca* y de *Puma concolor*.

Cuadro 11. Valores esperados, observados y Chi-cuadrada por especie.

ANTECEDENTES

Descripción del jaguar y el puma

El jaguar (*Panthera onca*) pertenece al Orden Carnívora, familia Felidae. Se reconocen ocho subespecies, en México existen cuatro y en Oaxaca están representadas dos *P. o. hernandesii* y *P. o. veraecrusis* (Saymour, 1989) (Figura 1). Sin embargo estudios realizados por Larson (1997), basados en variables craneales concluyen que no existen diferencias significativas para considerar las 8 subespecies como diferentes grupos y Johnson (2001) mediante estudios genéticos reconocen que existen solo dos grupos, uno al norte y otro al sur del Amazonas en Brasil. La piel es con manchas y el cráneo no presenta proyección parietal (Briones- Salas y Sánchez-Cordero, 2004; Hall, 1981; Seymour, 1989; Villa y Cervantes, 2002). Los jaguares son los felinos americanos más grandes, su cuerpo es largo, macizo y robusto, la cabeza grande, bien diferenciada del tronco, Su rostro es corto y redondeado, el hocico también es corto, amplio y chato. Los ojos son grandes y de color pardo claro. Las orejas son gruesas y redondeadas, están recubiertas por abundante pelo. La cola es relativamente corta (Cuadro 1).

El puma (*Puma concolor*) también es un carnívoro de la familia Felidae. Se reconocen 30 subespecies (Currier, 1986) aunque, estudios genéticos recientes concluyen que en realidad solo existen seis (Culver, 2002), sin embargo esto no ha sido reconocido en la sistemática de la especie. En México habitan cinco subespecies y en Oaxaca se ha documentado la presencia únicamente de *P. c. mayensis*. La piel es lisa de color amarillo a pardo claro, el cráneo presenta proyección parietal que se extiende diagonalmente sobre el hueso frontal, aproximándose o uniéndose a la cresta temporal que parte del proceso posorbital (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004; Currier, 1983; Hall, 1981; Villa y Cervantes, 2002) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Algunas características morfológicas y taxonómicas de *Panthera onca* y *Puma concolor* (Fuentes: Aranda y March, 1987; Hall, 1981; Kitchener, 1992; Leopold, 2000)

	PUMA	JAGUAR
Nombre científico	<i>Puma concolor</i>	<i>Panthera onca</i>
Nombres comunes	Puma, león americano, Miztli (náhuatl)	Jaguar, tigre, Ocelotl (náhuatl), Balam (maya).
Número de subespecies	30 subespecies en América, cinco en México y una en Oaxaca.	8 subespecies en América, cuatro en México y 2 en Oaxaca.
Fórmula dental	I 3/3, C1/1, P 3/2, M 1/1 = 30 +	I 3/3, C1/1, P 3/2, M 1/1 = 30
Longitud total	1100 – 1400 mm	1700 – 2700 mm
Cola	660 – 780 cm	430 – 660 mm
Oreja	55 – 85 mm	50 – 85 mm
Peso	25000 a 103000 g.	36000 a 159000 g.
Número de vértebras	7 C, 13 T, 7 L, 3S, 28 Ca*	7 C, 13 T, 7 L, 3S, 19 Ca
Longevidad	18 años	22 años

+ I. Incisivos, C. Caninos, P. Premolares, M. Molares. * C. Cervicales, T. Torácicas, L. Lumbares, S. Sacras, Ca. Caudales.

Hábitos

El jaguar es un animal de hábitos principalmente nocturnos y solitarios. Al igual que la mayoría de los felinos los machos sólo se relacionan con las hembras en época de apareamiento. Su dieta está basada en una gran variedad de animales, dependiendo de la abundancia local, entre los que se encuentran: pecarí, venado, armadillo, capibara, coatíes, pequeños crustáceos, tortugas, peces, aves acuáticas, mapaches y tejones (Amín, 2004; Aranda, 2002; Aranda y March, 1987; Leopold, 2000, Reid, 1997). El jaguar es considerado un mamífero oportunista en sus hábitos alimentarios, incluso en algunos casos aislados llega a consumir

carroña. El territorio de un macho jaguar es en promedio es de 40 a 60 km² para los machos pero este puede variar de acuerdo al grado de conservación de su hábitat y a la abundancia de presas (Aranda, 1996; Ceballos, *et al.*, 2002; McNab y Polisar, 2002; Núñez, *et al.*, 2002; Rabinowitz y Nottingham, 1986). Los territorios de las hembras son más pequeños y se sobreponen con el de los machos (Aranda y March, 1987; Ceballos, *et al.*, 2002; Kitchener, 1991; Núñez, *et al.*, 2002).

El puma es un animal de hábitos diurnos o nocturnos, dependiendo de las actividades humanas en la región, Los adultos son solitarios, únicamente relacionándose durante la época de apareamiento. Su dieta está basada principalmente en animales medianos como venados y pecarís, (Núñez, *et al.*, 2000; Rosas, *et al.*, 2003) aunque también incluye lagomorfos, tepezcuintles o agutis, zorrillos, tlacuaches, armadillos, tejones, ratas, aves y reptiles (Logan y Sweanor, 2001; Reid, 1997; Shaw, 1994). Los pumas son de naturaleza tímida y a pesar de su tamaño y fuerza, generalmente no atacan a los humanos, prefieren huir antes que enfrentarlos (Shaw, 1994).

El territorio puede variar de acuerdo al grado de conservación de su hábitat, aunque en promedio va de 90 a 250 km² para los machos. La extensión territorial puede variar también de acuerdo a la estación, la densidad poblacional de la especie y la de sus presas (Logan y Sweanor, 2001; Núñez, *et al.*, 2002). El territorio de las hembras se sobrepone con el de los machos y es de 1.5 a 5 veces menor (Kitchener, 1991; Logan y Sweanor, 2001; Núñez, *et al.*, 2002).

Conservación

Los pumas y jaguares son especies claves en la función de los ecosistemas El comportamiento y las actividades de los felinos repercuten en todos los niveles tróficos de un ecosistema, pueden afectar directa o indirectamente la abundancia de las especies presa, equilibran la presencia de las mismas que son

consumidoras a su vez de semillas y plantas, repercutiendo así también en el balance en las poblaciones vegetales (Miller, *et al.*, 1999).

Se les considera como especies bandera, por ser atractivas al público y llamar la atención para su preservación y la de su hábitat (Miller y Rabinowitz, 2002; Rabinowitz y Nottingham, 1986). Se les considera también especies sombrilla, es decir, especies cuya protección extiende sus beneficios hacia muchos otros organismos que habitan en la misma área (Miller y Rabinowitz, 2002).

El jaguar es considerado como una especie indicadora, ya que está presente en ecosistemas intactos con sus procesos ecológicos funcionales por ser muy sensible a los cambios en la calidad ambiental (Miller y Rabinowitz, 2002), mientras que el puma ha probado adaptarse a una amplia variedad de ambientes, aún a aquellos degradados por la mano del hombre (Logan y Sweanor, 2001; Shaw, 1994). La falta de depredadores mayores provoca cambios en la estructura y pérdida de la diversidad (Aranda y Sánchez Cordero, 1996)

Sin embargo y a pesar de esta importancia se conoce poco acerca de otros aspectos ecológicos y de su comportamiento, razón por la cual es importante realizar investigaciones acerca de estas especies de forma que se puedan diseñar adecuadamente las estrategias para conservar los hábitat donde se encuentran (Miller, 2002).

Existen proyectos exitosos en la conservación de grandes felinos, como es el caso del jaguar en Belice, en la zona de Gallon Jug, donde ganado, ganaderos y jaguares conviven en un ambiente pacífico. Gallon Jug se encuentra en el centro de un área conservada, la cacería está prohibida y el acceso se controla por medio de rejas. Los jaguares ya son abundantes en dicha área y han beneficiado al ecoturismo local, ya que muchos visitantes son atraídos por la posibilidad de ver un jaguar (Miller, 2002).

La pantera de Florida (*Puma concolor coryi*) es otro caso exitoso. A pesar de que la población de esta subespecie se encontraba casi extinta; se hicieron esfuerzos multidisciplinarios con el fin de recuperarla y reestablecer una población viable. El proyecto ha logrado encontrar y mantener varias poblaciones de

panteras de Florida, invitando al público en general a informar de la existencia de esta subespecie y contribuir en su conservación, además de reestablecer algunas poblaciones en lugares donde ya no existía. A la fecha la población de panteras de Florida se encuentra estable, además que se han realizado en torno a ella gran cantidad de investigaciones que sirven de ejemplo en la conservación y protección de otros felinos (Belden, 1983).

Categorías de riesgo

El jaguar se encuentra dentro de la NOM-059-Ecol-2001 como especie en peligro de extinción, en el listado de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) en el Apéndice I, lo que significa que está en peligro de extinción y sólo se permite su comercialización bajo circunstancias excepcionales. Para la Unión internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) dentro del libro rojo se encuentra como Vulnerable/ riesgo bajo (*Cat Specialist Group UICN, 2001*); SEMARNAT, 2002).

El puma no está incluido en la NOM-059-Ecol-2001. En el listado de (CITES) se encuentra en el apéndice II, que incluye especies no necesariamente en peligro de extinción, pero que su comercialización debe ser controlada para evitar un uso incompatible con su supervivencia y para la UICN dentro del libro rojo se encuentra como Bajo Riesgo - de menor preocupación (interés) (LR/lc -) (*Cat Specialist Group UICN, 2001*).

Problemas de conservación del jaguar y el puma.

México es el país con la mayor diversidad taxonómica y ecológica de mamíferos en el mundo, después de Indonesia (Villa y Cervantes, 2002), con 462 especies (Ramírez Pulido, *et al.*, 1996). Sin embargo un número importante de éstas enfrenta fuertes presiones por cacería, sobreexplotación y destrucción del hábitat. Las especies del orden Carnívora han sido especialmente afectadas por estas presiones, ya que el 34.6% de ellas se encuentran en peligro de extinción (Hernández, 1999).

En el caso particular de las poblaciones de pumas y jaguares las amenazas más importantes son la destrucción y/o fragmentación de su hábitat, la deforestación con fines ganaderos y agrícolas, la tala inmoderada para extracción de madera y la cacería. Debido a que estas especies requieren de grandes extensiones de terreno, si sus territorios son alterados se ve afectada directamente la abundancia de sus presas, lo que ocasiona su disminución (Miller y Rabinowitz. 2002). La cacería furtiva de estos grandes depredadores para comercializar su piel es otra razón que los tiene en riesgo. Otro factor adicional que influye en la disminución de sus poblaciones es que ambas especies llegan a atacar el ganado, provocando que los ganaderos los cacen para evitar pérdidas económicas (Logan y Sweanor, 2001; Miller, 2002).

Finalmente también existe competencia con los humanos por presas como pecarís y venados (Logan y Sweanor, 2001; Miller y Rabinowitz, 2002; Shaw, 1994; UICN, 1995).

Distribución del jaguar y el puma

La distribución general del jaguar presenta una super- posición total con la del puma, de modo que aunque existen muchas regiones donde el puma no coexiste con el jaguar, hay muy pocas donde el jaguar no coexiste con el puma (Aranda, 1994; Kitchener 1991; Leopold, 2000).

El jaguar se distribuye desde el norte de Argentina al límite sur de los Estados Unidos (López-González y Brown, 2002; Seymour, 1989; Valdez, *et al.*, 2002). En América Central es poco abundante, excepto en Belice y ha sido exterminado de algunas partes de Sudamérica (Kitchener, 1991). En cuanto a los hábitats que ocupa, éstos incluyen selvas maduras cercanas a cuerpos de agua, bosques tropicales, manglares y bosques mesófilos de montaña (Aranda y March, 1987), con un intervalo altitudinal va de 0 a 1000 msnm (Ceballos y Miranda, 1986). En México se distribuye a lo largo de las planicies costeras de ambos litorales (Sonora, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Guerrero,

Oaxaca, Veracruz y Tabasco) además del estado de Chiapas y la península de Yucatán (Aranda y March, 1987; Ceballos y Miranda, 1986; Coates y Estrada, 1986; Leopold, 2000; Navarro-Serment, *et al.*, 2005; Rosas, *et al.*, 2002) (Figura 1).

En Oaxaca existen informes de jaguar en la Sierra Madre de Oaxaca, la Planicie costera del Pacífico y en el Istmo de Tehuantepec, donde se encuentra el límite entre las subespecies: *P. o. hernandesii* y *P. o. veraecrusis* (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004; Hall, 1981).

El puma se distribuye desde la Patagonía hasta el Norte de Canadá (Currier, 1983; Kitchener, 1991) (Figura 2). Se encuentra en una gran variedad de hábitat como los bosques de coníferas, las tierras bajas de bosque tropical lluvioso, pantanos, matorrales, áreas desérticas y bosques de pino-encino, hasta una altitud de 4,500 msnm (Ceballos y Miranda, 1986). En México se encuentra en todo el país (Leopold, 2000). En el estado de Oaxaca se ha registrado en la Sierra Madre de Oaxaca, la Planicie costera del Pacífico, el Istmo de Tehuantepec y la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán. (Arellanes, 2002, Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004; Goodwin, 1969).

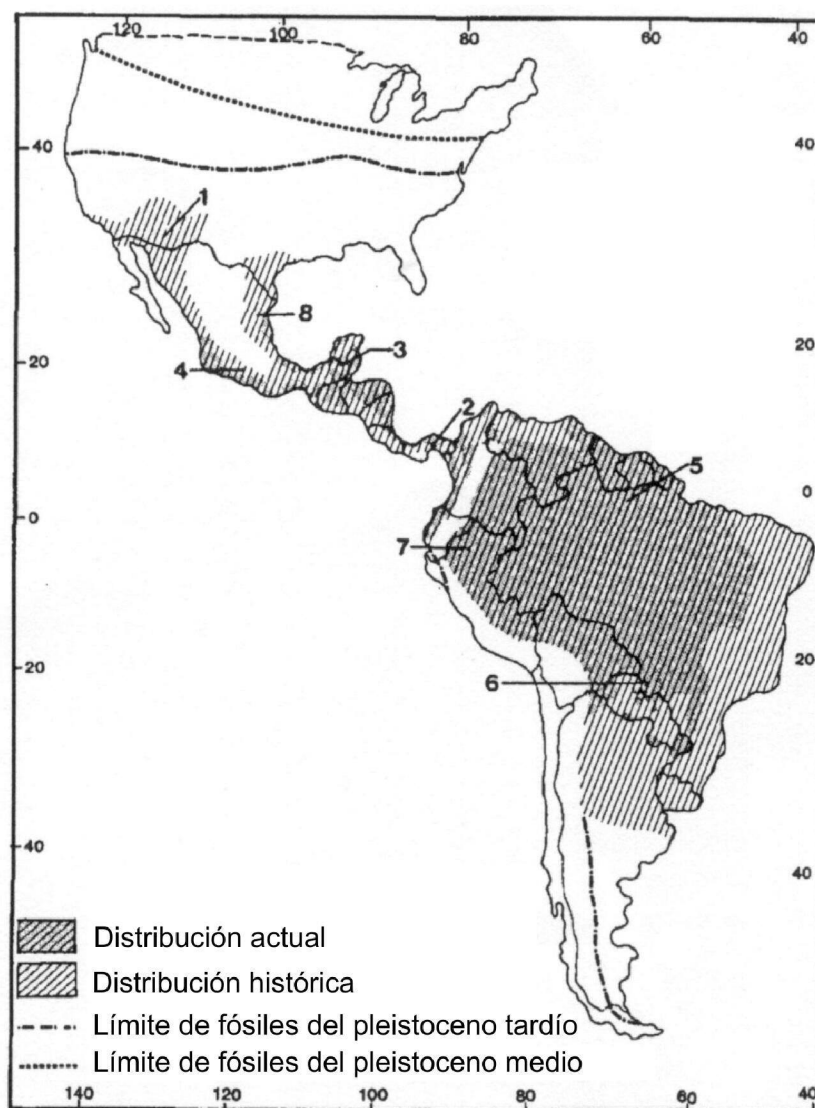


Figura 1. Distribución histórica y actual de las subespecies de *Panthera onca*: 1, *P. o. arizonensis*; 2, *P. o. centralis*; 3, *P. o. goldmani*; 4, *P. o. hernandesii*; 5, *P. o. onca*; 6, *P. o. paraguensis*; 7, *P. o. peruviana*; 8, *P. o. veraecrusis* (Tomado de Seymour, 1989).

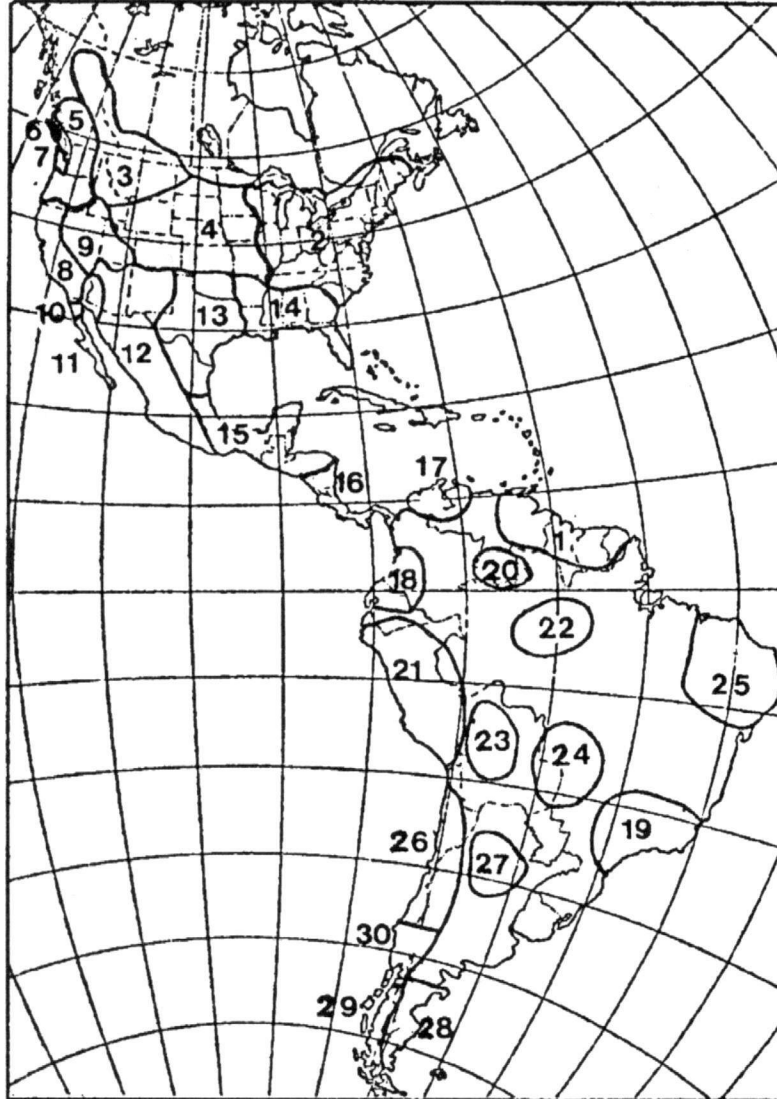


Figura 2. Distribución original de las subespecies de *Puma concolor*. 1. *P. c. concolor*; 2. *P. c. cougar*; 3. *P. c. missoulensis*; 4. *P. c. hippolestes*; 5. *P. c. oregonensis*; 6. *P. c. vancouverensis*; 7. *P. c. olympus*; 8. *P. c. californica*; 9. *P. c. kaibabensis*; 10. *P. c. browni*; 11. *P. c. improcera*; 12. *P. c. azteca*; 13. *P. c. stanleyana*; 14. *P. c. coryi*; 15. *P. c. mayensis*; 16. *P. c. costaricensis*; 17. *P. c. bangsi*; 18. *P. c. soderstromii*; 19. *P. c. capricornensis*; 20. *P. c. anthonyi*; 21. *P. c. incarum*; 22. *P. c. borbensis*; 23. *P. c. osgoodi*; 24. *P. c. acrocodia*; 25. *P. c. greeni*; 26. *P. c. puma*; 27. *P. c. cabraerae*; 28. *P. c. pearsoni*; 29. *P. c. patagonica*; y 30. *P. c. araucanus*. (Tomado de Currier, 1983).

El modelado ecológico

El análisis de las relaciones existentes entre las especies y su medio ambiente ha sido desde siempre un tema central en la ecología. La importancia del clima para explicar la distribución de animales y plantas está reconocida desde los naturalistas como Humboldt, Bonpland y de Candolle (Guisan y Zimmerman, 2000). El clima, en combinación con otros factores ambientales, se ha utilizado para explicar los principales tipos de vegetación alrededor del mundo. La cuantificación de las relaciones especie–medio ambiente representa la base de los modelos geográficos predictivos en ecología (Guisan y Zimmerman, 2000).

La ecología cuantitativa como disciplina y específicamente el modelado de las relaciones especies-medio ambiente se ha formado en las últimas cinco décadas. Es a partir de la década de los años 50 cuando se comienza a aplicar la estadística en la investigación, en la de 1960 se inicia la incursión en análisis cuantitativo en ecología, aunque los análisis de hábitat seguían siendo cualitativos y descriptivos. Para los años 1970 aumenta la aplicación de métodos estadísticos con la ayuda de programas computacionales; a finales de esta década se desarrollan paquetes estadísticos como BMDP, SAS y SPSS (Stauffer, 2002).

Mientras los investigadores innovaban con sofisticadas técnicas estadísticas los manejadores de parques y reservas naturales buscaban cómo utilizar esa información para subsanar sus necesidades. Al término de la década se descubre que existen muchos errores que corregir y que la estadística como había sido aplicada no funciona igual para todos los estudios. A principios de los 80's comienza el auge de las computadoras personales, aumentado el uso de los métodos estadísticos con la ayuda de programas computacionales. Comienza también el análisis de la ecología de paisaje, el análisis de grandes extensiones se facilita por el surgimiento de la percepción remota. A mediados de los 80's y principios de los 90's a la par con la tecnología, comienzan a desarrollarse los modelos espaciales utilizando herramientas como los sistemas de información geográfica (Stauffer, 2002).

El uso de mapas ha sido una herramienta invaluable en estudios ecológicos, proporcionando datos espaciales, distribución de especies, distribución de comunidades vegetales, entre otras (Wadsworth y Treweek, 1999). La complejidad de los problemas ecológicos requiere una gran diversidad de información, así como también técnicas analíticas que no pueden ser aplicadas sobre mapas convencionales. Las computadoras han dado la capacidad para actualizar y acelerar el análisis de una base de datos grande y compleja (Bernhardsen, 2002).

Los sistemas de percepción remota y la geografía proveen una utilidad extra para diferentes paquetes de datos espaciales así como técnicas estadísticas, que al final dan la forma a los sistemas de información geográfica (Burrough y McDonnell, 1998).

Diversas aplicaciones geográficas se han desarrollado en años recientes dando paso a nuevas posibilidades para entender la diversidad biológica. Los sistemas de información geográfica (SIG) que son un conjunto de herramientas para coleccionar, guardar, retribuir, transformar y expandir datos espaciales del mundo real para un conjunto particular de propósitos (Borrough, 1986); hacen posible la elaboración de mapas de riqueza de especies y endemismos para priorizar áreas de conservación basados en principios complementarios para completar redes de áreas protegidas (Peterson, 2001).

El modelado con algoritmos genéticos en la conservación

Los primeros estudios con algoritmos genéticos, que son métodos computacionales utilizados para resolver problemas considerados de difícil solución, los cuales involucran la búsqueda de soluciones óptimas dentro de un amplio universo de posibles soluciones (Anderson, *et al.*, 2003), fueron iniciados por Holland en los años 60's (Holland, 1975) y la idea básica de estos trabajos es que la diversidad genética de una población representa una solución óptima a un problema adaptativo. El reto fue probar el entendimiento de los procesos naturales

de adaptación y diseñar sistemas artificiales con propiedades similares a los sistemas naturales (Rennard, 2000).

Con el surgimiento de los sistemas de información geográfica se crearon modelos de la naturaleza, de manera que puedan ser evaluadas cualitativa o cuantitativamente. Estos modelos ecológicos son herramientas que simulan sistemas y procesos ecológicos, combinando modelado matemático, análisis de sistemas y técnicas computacionales, con la ecología y el manejo del entorno y sus recursos naturales (Jorgensen, 1994).

Los objetivos principales del modelado ecológico son la explicación y la predicción (Berry, 1993). De esta forma, haciendo uso de estas herramientas, el modelado predictivo de la distribución de especies representa una propuesta útil en biogeografía, ecología y conservación. Existen varios sistemas que utilizan el modelado con algoritmos genéticos uno de los mas conocidos es el que se denomina comúnmente como GARP por sus siglas en ingles (*Genetic Algorithm for Rule-set Prediction*), se ha aplicado para modelar las áreas de distribución potenciales de las especies con base en los registros de las colecciones científicas (Stockwell, 1999).

Los sistemas de modelado en GARP, son sistemas abiertos que integran en los análisis diferentes tipos de información que será utilizada en el modelado. Por ejemplo, la información de una especie dada de la que se quiere modelar su distribución, se graba en un archivo, ubicando las coordenadas obtenidas. Los datos ambientales por otro lado, se guardan en imágenes tipo raster, conocidas como coberturas. Un modelo GARP típico puede llegar a utilizar 30 imágenes raster con los datos ambientales, conteniendo las variables de clima y topografía. Este tipo de sistema abierto, es fácil de reconfigurar, integrar y personalizar (Stockwell y Peters, 1999). El sistema de modelado GARP se compone de una serie de programas integrados en diferentes módulos, que cubren las funciones de preparación de la información a utilizar, desarrollo del modelo, refinamiento del mismo y producción de una presentación tanto gráfica como escrita. El modelo desarrollado por GARP utiliza una serie de reglas de decisión. La diferencia entre

una regla y un modelo de regresión, es que existen precondiciones que determinan cuando ésta puede ser aplicada, si no se cumplen, la regla no se aplica. El objetivo del sistema es maximizar la certeza significativa y predictiva de las reglas, sin sobreestimarlas o especializarlas. El grupo de reglas es desarrollado a través de un procedimiento evolutivo, probándolas y seleccionándolas al utilizar subgrupos de datos de presencia de la especie que es analizada. La significancia estadística del análisis de cada subgrupo, es evaluada a través de una prueba de Chi-cuadrada. De esta forma el modelado se convierte en un proceso iterativo, donde los mejores resultados predictivos son los utilizados para su validación en la realidad (Stockwell y Peters, 1999). Para validar un modelo predictivo existen diferentes métodos, como son el uso los mismos datos con los que se generaron, el uso de listados preexistentes no empleados para la generación del modelo, al dividir la base de datos, donde una parte se ocupa para generar el modelo y la otra para validarlo. De esta última técnica derivan algunas otras conocidas como validación cruzada, *bootstrapping* o *jackknifing*, se utiliza también la validación independiente que va desde el uso de datos preexistentes de la o las especies en estudio en otras regiones hasta los que utilizan registros obtenidos en campo (Araujo, *et al.*, 2005; Csuti y Crist, 2000).

Consecuentemente, lo que se obtiene como resultado de estos análisis, es una versión simplificada del nicho ecológico de la especie, representado en un mapa (Stockwell y Peters, 1999). De esta forma, el modelo de algoritmos genéticos se convierte en una herramienta muy útil en la proposición de la distribución de especies, sobre todo en zonas de alta heterogeneidad y por consiguiente es un elemento útil en el manejo y la conservación de los recursos naturales.

Existen diversas alternativas metodológicas para el modelado de distribución de especies, y pueden agruparse como aquellas que para la construcción del modelo emplean solamente datos de presencia y aquellas que utilizan datos de presencia y ausencia. La evaluación de diferentes modelos predictivos demuestra que aquellos que trabajan con datos únicamente de

presencia como el modelo ENFA (*Ecological Niche Factor Analysis*) son menos acertados en sus predicciones que aquellos que utilizan datos de presencia y ausencia como es el caso del GLM (*Generalized Linear Models*) (Brotons, *et al.*, 2004). Esto se debe principalmente a que los datos se encuentran sesgados hacia un valor particular de la variable dependiente (Stockwell y Peters, 1999).

El GARP es un modelo que fue creado para trabajar con datos de presencia de las especies, por lo tanto es difícil que se cuente con datos de ausencia, sin embargo el modelo está diseñado para corregir este problema generando datos de pseudo-ausencia por medio de la selección de puntos al azar del espacio geográfico; también puede trabajar con datos de ausencia si estos se encuentran disponibles (Stockwell y Peters, 1999), lo que le da una ventaja sobre aquellos modelos que sólo utilizan datos de presencia.

Antecedentes de modelos predictivos en el estado de Oaxaca.

En 1997 Azuara Monter determinó áreas ricas en especies en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, con un enfoque predictivo empleando la técnica de análisis de discrepancia (GAP análisis), modificada para incluir el uso de análisis de gradientes a través de técnicas de ordenación y modelos lineales generalizados integrados a un sistema de información geográfica. Utilizando las variables de temperatura media anual, precipitación media anual, tipo de vegetación y elevación; a una resolución de 1 Km².

En 2005 Illoldi Rangel analizó los patrones de distribución de los mamíferos en el estado de Oaxaca a través de la evaluación de un algoritmo de modelado ecológico (GARP), en esta parte utiliza 17 especies de mamíferos, a partir de dichos modelos de nicho ecológico evaluó los patrones de distribución geográfica de todas las especies de mamíferos en el Estado, encontrando cuatro patrones de distribución geográfica en todo el Estado, también realizó un análisis de fragmentación de hábitat y distribución de especies endémicas y una propuesta de conservación para Oaxaca.

En 2006 de Villa Meza estudió las áreas prioritarias para la conservación de carnívoros en el estado de Oaxaca a partir del modelado de nicho ecológico y criterios de conservación, análisis de vegetación natural remanente y determinó los grados de coincidencia entre los criterios de conservación propuestos y las Regiones Terrestres Prioritarias propuestas por CONABIO. Para el modelado utilizó 10 variables ambientales. Para el Estado sólo presenta tres registros de jaguar y uno de puma.

Si bien se han hecho algunos trabajos en el Estado con modelos predictivos, ninguno de éstos ha sido validado en campo, la validación se ha hecho a través de los datos de colecciones científicas.

JUSTIFICACIÓN

El estado de Oaxaca está considerado como uno de los de mayor biodiversidad de México y de América Latina, sin embargo es poca la investigación que se realiza (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004). En Oaxaca se tiene registrada la presencia de las seis especies de felinos que se encuentran en México; entre ellas el puma y el jaguar, sin embargo no existen estudios específicos sobre estas especies en el Estado y sólo se cuenta con registros y avistamientos aislados en diferentes zonas (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004). Oaxaca está considerado como “estado desconocido” por los investigadores especialistas en jaguar (Sanderson et al. 2002).

Por otro lado, si bien se han hecho algunos trabajos en el Estado con modelos predictivos, ninguno de estos ha sido validado en campo, la validación se ha hecho a través de los datos de colecciones científicas. Por lo que el presente estudio pretende generar información actualizada sobre la distribución de jaguares y pumas en la Sierra Madre de Oaxaca y validar con ella un modelo predictivo de nicho ecológico.

OBJETIVO GENERAL

Construir un modelo de nicho ecológico a través de un algoritmo genético (GARP) para jaguares y pumas, y su validación en campo visitando algunos de los lugares predichos por el modelo y verificando la presencia o ausencia de las especies en dichas áreas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener una base de datos de los registros existentes para puma y jaguar en la Sierra Madre de Oaxaca.
2. Construir un modelo de distribución potencial de jaguar y puma en la Sierra Madre de Oaxaca a través de la aplicación de un algoritmo genético.
3. Validar el modelo de distribución potencial a través de la presencia – ausencia de las especies en algunas de las localidades predichas por el modelo.

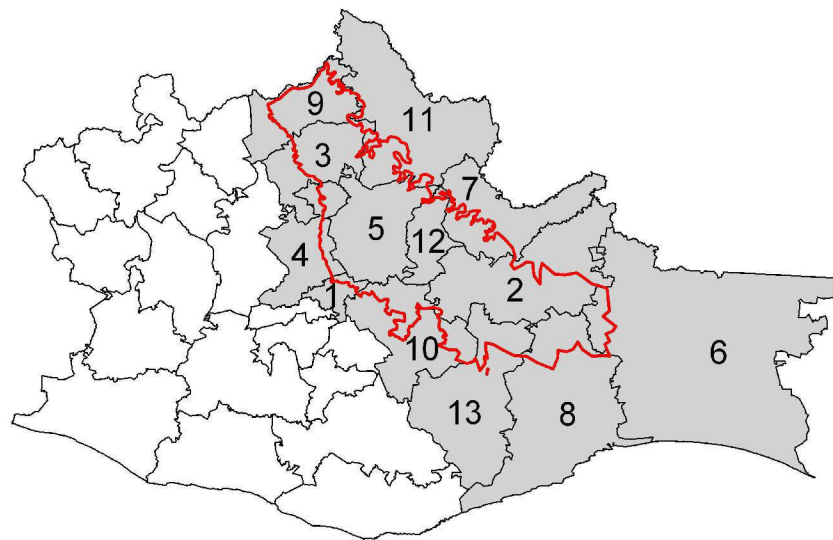
MÉTODOS

Área de estudio.

La Sierra Madre Oriental es llamada también Sierra Madre de Oaxaca en la porción que se desarrolla a partir del Pico de Orizaba. Penetra al Estado por las porciones norte y noroeste, desarrollándose hacia el sur donde se diluye en lomeríos medios que se conectan directamente con la Sierra Atravesada, en el Istmo de Tehuantepec. Esta cadena de montañas de norte a sur recibe las sucesivas denominaciones de Sierra Mazateca o de Huautla, Sierra Cuicateca, Sierra Chinanteca, Sierra de Ixtlán o de Juárez y Sierra Mixe.

La Sierra Madre de Oaxaca se conoce localmente como Sierra Norte y ocupa la totalidad de los distritos de Ixtlán y Villa Alta, así como porciones de los de Teotitlán de Flores Magón, Cuicatlán, Etlá, Centro de Choapan, Tlacolula, Mixe, Yautepec y Tehuantepec (Figura 3; Álvarez, 1998). Abarca dentro del Estado una

superficie de 17,519.95 km², limita al norte-noreste con el estado de Puebla, conservando la dirección generalizada norte-noroeste/sur sureste; al norte y este con la Planicie Costera del Golfo y al oeste con la fosa de Tehuacán; al sur, con los Valles del centro de Oaxaca. La altitud va de los 200 a los 3,200 msnm; la vegetación predominante son bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña; presenta climas de semicálido húmedo a templado húmedo, con una temperatura de 12 a 22 °C y una precipitación anual de 2,500 a 3,000 mm llegando en algunas áreas hasta más de 4,000 (Ortiz-Pérez, *et al.*, 2004; Torres-Colín, 2004; Trejo, 2004).



SIMBOLOGIA

	Sierra Madre de Oaxaca		
Districtos			
	Centro		Juchitan
	Choapam		Mixe
	Cuicatlan		Tehuantepec
	Etla		Teotitlan
	Ixtlan		Tlacolula
			Tuxtepec
			Villa alta
			Yautepec

Figura. 3 Distritos geopolíticos del estado de Oaxaca incluidos en la Sierra Madre de Oaxaca, México.

Métodos.

Tecnología reciente como los sistemas de información geográfica, permiten a través de la utilización de diversos algoritmos obtener modelos de los nichos ecológicos para una especie determinada, ofreciendo mayores posibilidades para el entendimiento de la distribución de la diversidad biológica (Peterson *et al.*, 2003; Stockwell y Noble, 1992).

En el caso del puma y jaguar en la Sierra Madre de Oaxaca, los modelos que emplean variables de presencia y ausencia no son factibles, ya que los pocos registros existentes (presencia) deberán ser empleados para la construcción del modelo, y no se cuenta con datos de ausencia por lo que la validación del modelo resultante sólo es posible a partir de la obtención de nuevos registros en campo.

Se realizó una compilación exhaustiva de los registros de pumas y jaguares dentro de la Sierra Madre de Oaxaca. A partir de esta base de datos se construyó un modelo GARP, obteniéndose un mapa de la distribución potencial para cada una de las dos especies de felinos, con base en estos modelos se procedió a su validación a través de visitas a algunas localidades selectas dentro del área de estudio. Los criterios con base en los que se seleccionaron las localidades fueron que tuvieran vegetación primaria. Dentro de estas se seleccionaron las localidades con presencia de jaguar, con presencia de puma, con presencia de ambos felinos y con ausencia de ambos felinos, según lo predicho por el modelo GARP.

Base de datos.

A través de la delegación de SEMARNAT en Oaxaca se solicitó a instituciones gubernamentales la recopilación de datos sobre la presencia de pumas y jaguares en la Sierra Madre de Oaxaca. Se pidió a estudiantes e investigadores que trabajan en el Estado que proporcionaran datos de rastros y avistamientos de ambos felinos. Se realizaron pláticas informales con habitantes de localidades donde existen uno o ambos felinos para obtener la información necesaria para crear la base de datos. La información recabada se catalogó por región y por

grado de veracidad tomando en cuenta la confiabilidad y exactitud geográfica de la fuente. Se le dio uno a los de mayor confiabilidad, dos a los de mediana confiabilidad y 3 a los de dudosa confiabilidad. Se les otorgó mayor confiabilidad a registros proporcionados por Instituciones y aquellos obtenidos de investigadores reconocidos.

Modelo de algoritmos genéticos.

Para generar los modelos se utilizaron 19 variables bioclimáticas proporcionadas por la base de datos de WorldClim (Hijmans, 2005; Cuadro 2), que fueron generadas a partir de los valores mensuales de temperatura máxima, mínima y precipitación. Se utilizaron también cuatro variables topográficas: elevación, pendiente, orientación de las pendientes e índice topográfico (tomadas del *U.S. Geological Survey's Hydro-1k data set*; <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro>), así como la base de datos recopilada con informes de puma y jaguar en la Sierra madre de Oaxaca.

El algoritmo desarrolló 20 mapas de las zonas en las que existía la mayor posibilidad que se encontrara cada una de las especies bajo estudio, de esos mapas se escogió el de mayor valor de significancia estadística de predicción. Estos modelos representan el área que reúne todas las características para la presencia de cada especie. Se obtuvo así un mapa de la distribución potencial para jaguar y otro para la distribución potencial del puma en la Sierra Madre de Oaxaca. Con la finalidad de poder elegir las localidades a visitar donde se predijo la presencia de ambos felinos, se obtuvo un mapa a través de la intersección de ambos modelos utilizando álgebra booleana. Los tres mapas resultantes fueron los utilizados para la validación de los modelos.

Cuadro 2. Variables bioclimáticas utilizadas para el modelo de GARP.

Variable	Descripción
Bio-01	Temperatura media anual
Bio-02	Intervalo de temperatura diurna (Máxima-Minina y media mensual)
Bio-03	Isotermalidad
Bio-04	Estacionalidad de la temperatura (Desviación estándar x 100)
Bio-05	Temperatura máxima del mes mas caliente
Bio-06	Temperatura mínima del mes más frío.
Bio-07	Intervalo anual de temperatura
Bio-08	Temperatura media del cuarto más húmedo
Bio-09	Temperatura media del cuarto más seco
Bio-10	Temperatura media del cuarto más caliente
Bio-11	Temperatura media del cuarto más frío
Bio-12	Precipitación anual
Bio-13	Precipitación del mes más húmedo
Bio-14	Precipitación del mes más seco
Bio-15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
Bio-16	Precipitación del cuarto más húmedo
Bio-17	Precipitación del cuarto más seco
Bio-18	Precipitación del cuarto más caliente
Bio-19	Precipitación del cuarto más frío

Validación del Modelo.

El método más adecuado para la validación del modelo de distribución de los grandes felinos en la Sierra Madre de Oaxaca, dada la escasez de registros es la validación de campo. Aunque esta validación tiene ventajas sobre los otros métodos, llega a ser muy costosa y difícil de conducir apropiadamente (Csuti y Crist, 2000). En los análisis de campo la selección de una muestra de diseño aleatorio simple o estratificado, permite hacer inferencias acerca de la exactitud del modelo a validar (Scott *et al.*, 1986).

Para la validación de campo se utilizó un diseño aleatorio estratificado cuyos estratos fueron las áreas de presencia y ausencia predichas por el modelo obtenido por el GARP para cada una de las especies y las áreas donde se predice la presencia de ambas, cuidando que la verificación en campo se realizara en zonas con vegetación primaria. Para ello se superpusieron los modelos GARP resultantes de cada especie al mapa digital de vegetación proporcionados por CONABIO (SEMARNAT 2000), con una resolución de 1:1'000,000. La evaluación de los modelos se llevó a cabo a partir de los resultados de campo de presencia ausencia, contra lo esperado según los modelos a través de una prueba de Chi Cuadrada ($P \leq 0.05$; $gl = 1$).

Se seleccionaron las localidades de la siguiente forma: localidades con predicción de presencia de jaguar y/o puma, predicción de presencia de ambas especies y predicción con ausencia de ambas especies. En cada localidad para obtener la información sobre la presencia o ausencia de las especies se realizaron entrevistas no estructuradas a los pobladores y se recorrió un transecto por localidad, de extensión variable: si las condiciones lo permitían de entre 2.5 y 5 kilómetros, que es lo que señala la literatura que recorre un jaguar en un día (Saymour, 1989); los transectos se definieron con base al conocimiento de los pobladores de la zona y/o donde se tenían antecedentes de la presencia de los felinos, se recorrían un sola vez en busca rastros. Se considera que con estas acciones se corroboró la presencia o ausencia de cada una o ambas especies.

Entrevistas. Con el fin de confirmar en forma independiente de los rastros la presencia o ausencia de pumas y jaguares, en cada una de las localidades seleccionadas, se realizaron entrevistas de tipo no estructurado, en la cual se dejó al entrevistado la narración del tema de interés. Esto se logró a través de algunas preguntas que dieron pie a que el entrevistado manifestara libremente sus opiniones (Dietrich, 1995; Méndez *et al.*, 1993). En este caso las preguntas iban dirigidas para saber si la gente reconoce a estas especies, si están seguros de su presencia en los terrenos de su comunidad, si tienen conocimiento de su ubicación

geográfica y temporal, así como de la posesión de pieles, cráneos, productos o subproductos, como garras o dientes, de las especies estudiadas.

Transectos. En los transectos se buscaron rastros como huellas, excretas, orinaderos y arañaderos siguiendo los lineamientos de Aranda (2000) para la identificación específica de los mismos. Los lugares en los que se localizaron los rastros se georeferenciaron con un GPS y fueron fotografiados.

Análisis de Resultados.

Para la presentación de los resultados se tomaron en cuenta las recomendaciones de Redmond *et al.* (1998), quién propone crear un cuadro con los totales y los porcentajes de errores de comisión u omisión y aciertos. De esta manera se obtiene en forma clara la presentación de los errores de comisión (lugares donde se predice la especie y no se encuentra) y omisión (lugares donde no se predice la especie y se encuentra) (Stockwell y Peters, 1999), proporcionando una base para la aplicación de una prueba de Chi-cuadrada que confronta el modelo propuesto con los resultados de campo.

RESULTADOS

Base de datos.

Se recopilaron 59 reportes de jaguares y 10 de pumas en el estado de Oaxaca. 43 reportes de jaguares y siete de puma para la Sierra Madre de Oaxaca. El mayor número de registros para ambas especies fue para el Distrito de Ixtlán con 22 en total, seguido por Villa Alta con 15. El municipio con mayor incidencia de felinos fue Santiago Camotlán con 12, seguido de Santiago Comaltepec con 11. Los distritos con menos registros fueron Teotitlán y Mixe con uno cada uno (Cuadro 3).

Modelo de Algoritmos genéticos.

De los 43 reportes para jaguar y los siete de puma para la Sierra Madre de Oaxaca se tomaron los más confiables, definiendo como confiables aquellos

provenientes de instituciones o investigadores reconocidos, utilizando únicamente aquellos detectados en la Sierra Madre de Oaxaca, resultando un listado final de 29 registros de jaguar y seis de puma. Los distritos con mayor cantidad de registros para ambas especies fueron Ixtlán (13) y Villa Alta (12), los municipios con mayor abundancia de registros fueron Santiago Camotlán (8) y Santiago Comaltepec (5), cabe mencionar que todas las localidades fueron únicas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Base de datos utilizada para la generación del algoritmo genético GARP.

Nombre científico	Región	Distrito	Municipio	Localidad
<i>Panthera onca</i>	Papaloapan	Tuxtepec	Ayosintepec	Monte tinta
<i>Panthera onca</i>	Papaloapan	Tuxtepec	Ayotzintepec	Ayotzintepec
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Ixtlán	Ixtlán de Juárez	San Miguel Tiltepec
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Ixtlán	Ixtlán de Juárez	San Gaspar Yagalaxi
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Ixtlán	Santiago Laxopa	Santiago Laxopa
<i>Panthera onca</i>	Papaloapan	Villa alta	San Andrés Yaá	San Andrés Yaá
<i>Panthera onca</i>	Papaloapan	Tuxtepec	San Felipe Usila	Santa Cruz Tepetotutla
<i>Panthera onca</i>	Papaloapan	Tuxtepec	San Felipe Usila	San Pedro Tlatepusco
<i>Panthera onca</i>	Papaloapan	Tuxtepec	San Felipe Usila	Santiago Tlatepusco
<i>Panthera onca</i>	Papaloapan	Tuxtepec	San Felipe Usila	San Felipe Usila
<i>Panthera onca</i>	Papaloapan	Tuxtepec	San Juan Bautista V.N.	San Antonio Ocotepec
<i>Panthera onca</i>	Papaloapan	Choapan	San Juan Petlapa	San Juan Petlapa
<i>Panthera onca</i>	Papaloapan	Choapan	San Juan Petlapa	Santa María Lovani
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Villa alta	San Pedro Cajonos	San Pedro Cajonos
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Villa alta	Santiago Camotlán	Yahoni
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Villa alta	Santiago Camotlán	San Francisco Yovego
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Villa alta	Santiago Camotlán	Cristo Rey la Selva
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Villa alta	Santiago Camotlán	Asunción Lachixila
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Villa alta	Santiago Camotlán	San Mateo Éxodo
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Villa alta	Santiago Camotlán	Arroyo Macho
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Villa alta	Santiago Camotlán	La Chachalaca
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Ixtlán	Santiago Comaltepec	San Martín Soyolapan
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Ixtlán	Ixtlán de Juárez	Ladu
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Ixtlán	Santiago Comaltepec	Santiago Comaltepec
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Ixtlán	Santiago Comaltepec	La Esperanza
<i>Panthera onca</i>	Papaloapan	Choapan	Santiago Jocotepec	San Pedro Tepinapa (ejido)
<i>Panthera onca</i>	Papaloapan	Choapan	Santiago Jocotepec	San Antonio las Palmas
<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Villa alta	Santiago Camotlán	Cristo Rey La Selva

<i>Panthera onca</i>	Sierra Norte	Villa alta	Santo Domingo Roayaga	Santo Domingo Roayaga
<i>Puma concolor</i>	Sierra Norte	Ixtlán	Santiago Comaltepec	
<i>Puma concolor</i>	Sierra Norte	Ixtlán	San Pedro Yolox	San Pedro Yolox
<i>Puma concolor</i>	Sierra Norte	Ixtlán	Santiago Laxopa	San Sebastián Guiloxi
<i>Puma concolor</i>	Sierra Norte	Ixtlán	Ixtlán	Santa Catalina Ixtepeji
<i>Puma concolor</i>	Sierra Norte	Villa alta	Santiago Camotlán	San Miguel Reaguí
<i>Puma concolor</i>	Sierra Norte	Ixtlán	Ixtlán de Juárez	La Luz

A partir de estos datos se empleó el algoritmo genético GARP, con el que se obtuvieron las áreas con mayor posibilidad de presencia para cada especie (Figuras 4 y 5), así como la intersección de ambos mapas para conocer la predicción de presencia simultánea de ambas especies (Figura 6).

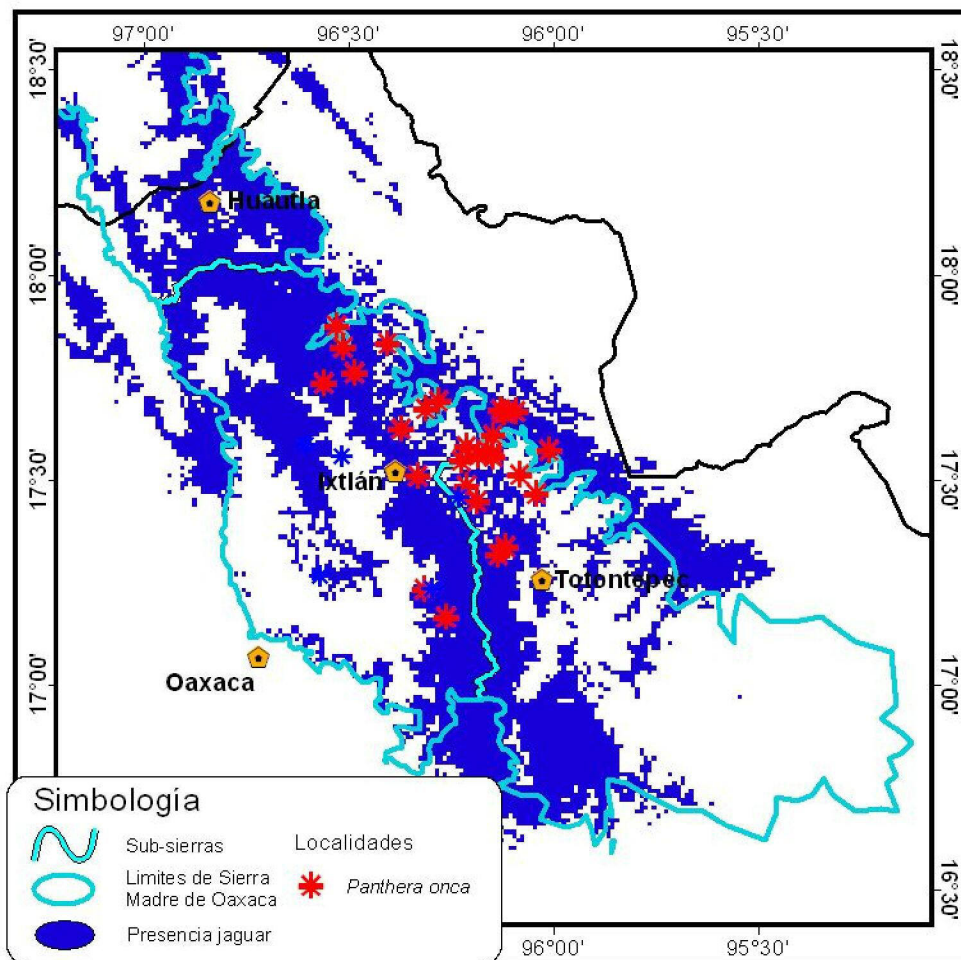


Figura 4. Área donde el modelo de distribución predice la presencia de *Panthera onca* en la Sierra Madre de Oaxaca.

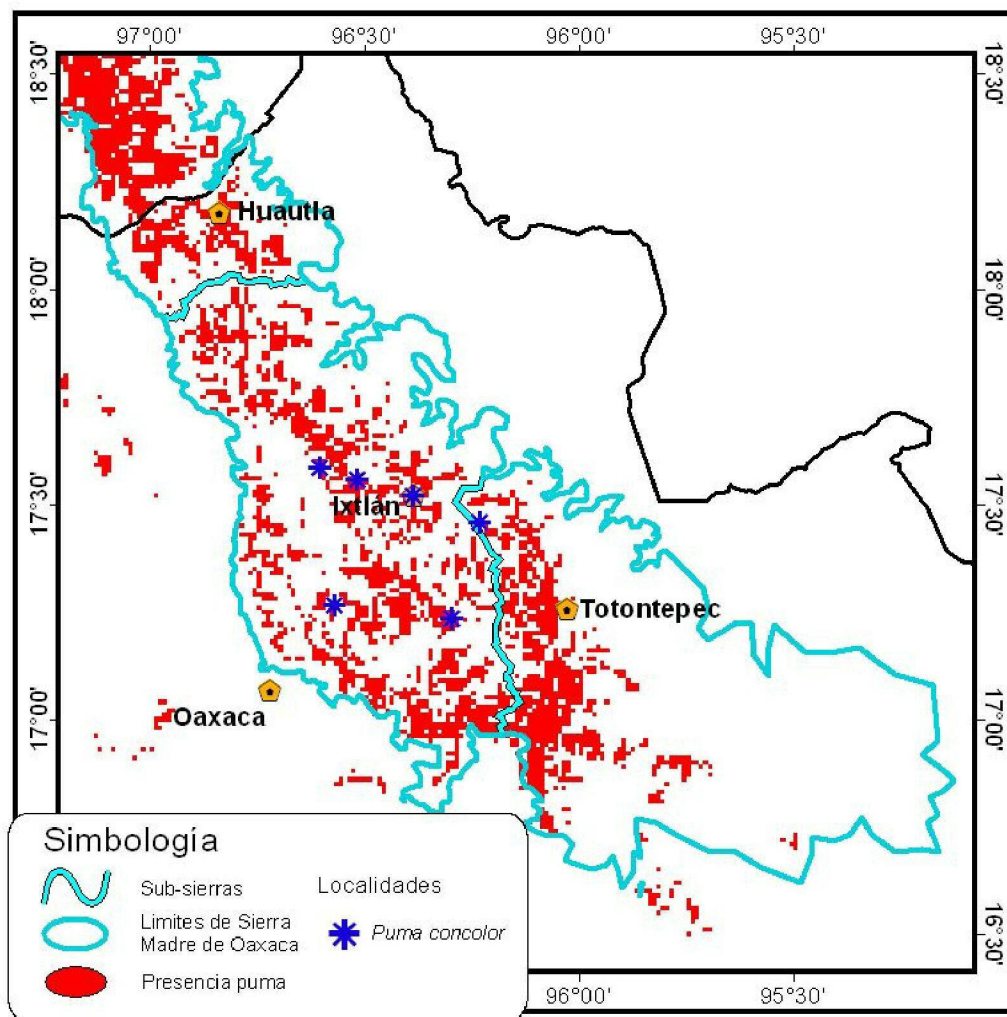


Figura 5. Área donde el modelo de distribución predice la presencia de *Puma concolor* en la Sierra Madre de Oaxaca.

Sobreponiendo los mapas resultantes para cada especie y para ambas sobre los tipos de vegetación se escogieron aleatoria y estratificadamente 34 localidades visitadas para validar la predicción (Figura 7). De estas, siete localidades predecían la presencia de jaguar, ocho su ausencia, ocho localidades la presencia de puma, siete su ausencia, ocho la presencia de ambos y doce la ausencia de ambos, de acuerdo a los tipos de vegetación se obtuvieron: seis para bosque de pino, siete para bosque de encino, veinte para bosque mesófilo de montaña, cinco para selva alta perennifolia uno para bosque de galería, dos para

ecotono de bosque de encino y selva baja caducifolia y ocho para manejo agrícola, pecuario y forestal (Cuadro 5)

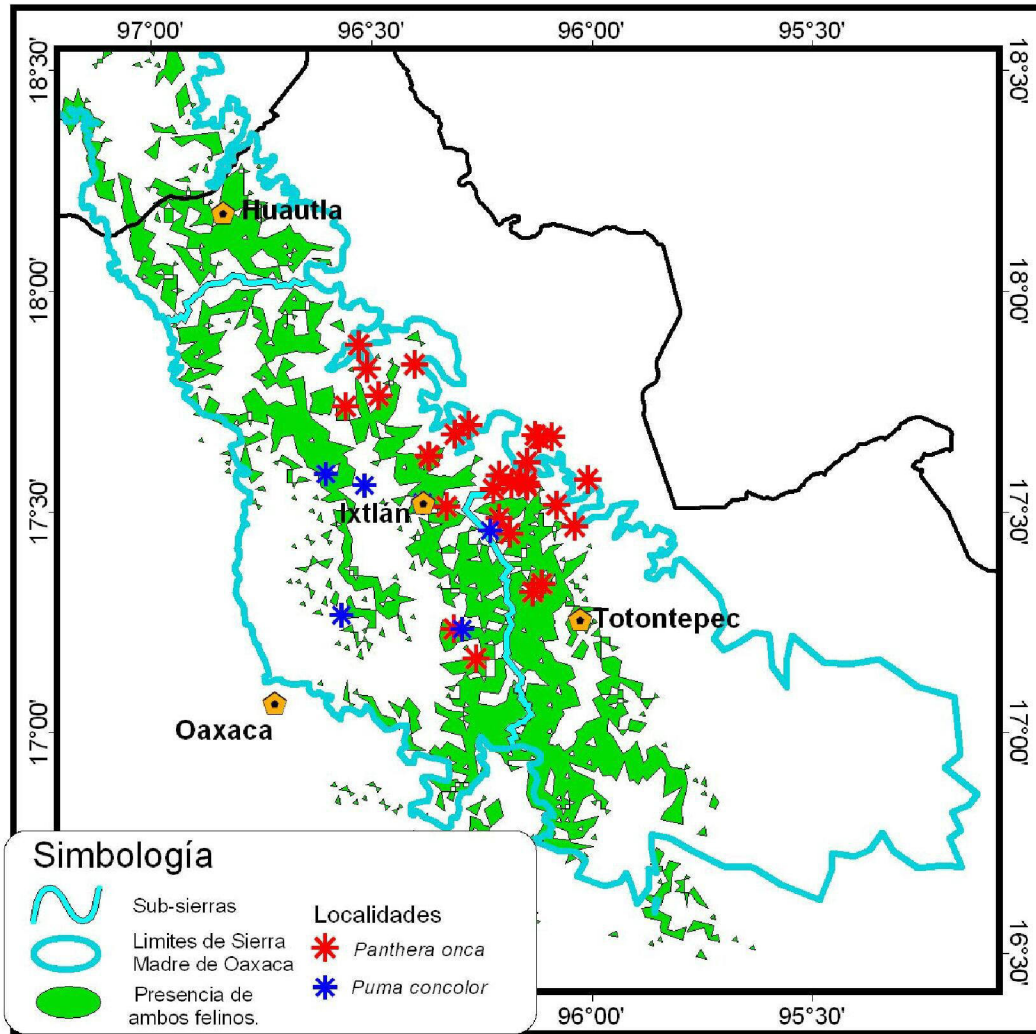


Figura 6. Área donde se predice la presencia de ambos felinos en la Sierra Madre de Oaxaca.

Al comparar las medias de las variables ambientales de las localidades de los registros utilizados para la construcción de los modelos, por medio de la prueba de Kruskal Wallis, se encuentra que son significativamente diferentes para ambas especies ($P \leq 0.05$; Cuadro 4), a excepción de las variables de

isotermalidad y precipitación del cuarto más caliente donde presentan similitudes. La temperatura registrada en las localidades donde se reporta la presencia de jaguar son más altas que aquellas donde se reporta la presencia de pumas, en cuanto a la estacionalidad de la temperatura los jaguares habitan en localidades con una estacionalidad más marcada que el puma. En relación a la precipitación media anual, el jaguar se presenta en áreas con un intervalo de mayor humedad que el puma, reflejándose en variables como coeficiente de precipitación, precipitación del cuarto más húmedo, precipitación del cuarto más seco y precipitación del cuarto más caliente. En cuanto a la estacionalidad de la precipitación encontramos que el jaguar se presenta en áreas con estacionalidad más marcada que en las zonas donde se presenta el puma. De las variables topográficas, la altitud de los registros de jaguar y puma presentan intervalos altitudinales diferentes, esto se confirma en el hecho de que el jaguar tiende a encontrarse en altitudes menores que el puma (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estadística descriptiva de las variables climáticas y de altitud de los datos utilizados para el modelo.

Variables Climáticas									
Bio 1	Bio 2	Bio 3	Bio 04	Bio 5	Bio 6	Bio 07	Bio 8	Bio 9	Bio 10
Temperatura media anual	Intervalo de temperatura diurna (Máxima-Mínima y media mensual)	Isotermalidad	Estacionalidad de la temperatura (Desviación estándar x 100)	Temperatura máxima del mes más caliente	Temperatura mínima del mes más frío.	Intervalo anual de temperatura	Temperatura media del cuarto más húmedo	Temperatura media del cuarto más seco	Temperatura media del cuarto más caliente

Panthera onca (n=29)

Media	21.13103448	22.88965517	18.10344828	12.61724138	30.77931034	19.42896552	6.265517241	11.46551724	25.26551724	30.53448276
Desviación estándar	3.500724767	3.520181086	0.328940679	3.126164808	3.304367166	3.194331301	0.360828275	0.622366372	4.879642541	3.40936482
Máxima	24.6	26.8	18.6	16	34.5	23.62	7.2	12.8	31.5	34.4
Mínima	13.4	14.2	17.3	5.4	22.7	11.03	5.8	10.4	10.7	22.6

Puma concolor (n=6)

Media	15.45	16.43333333	18.61666667	6.866666667	25.6	14.01166667	6.883333333	12.93333333	14.93333333	25.53333333
Desviación estándar	3.09046922	6.253376104	0.832866536	3.112983564	3.661693597	5.913730149	0.285773803	0.706163343	7.610761387	3.300101009
Máxima	20.9	21.5	19.8	12.6	32	19.75	7.1	13.9	22.1	31.1
Mínima	11.6	12.4	17.7	3.2	21.5	11.44	6.4	11.9	5.4	21.5
<i>Kruskal-Wallis</i>	0.002519	0.001878	0.199258	0.001875	0.007549	0.003358	0.002409	0.000791	0.001024	0.006639

Variables Climáticas									Variable Topográfica
Bio 11	Bio 12	Bio 13	Bio 14	Bio 15	Bio 16	Bio 17	Bio 18	Bio 19	
Temperatura media del cuarto más frío	Precipitación anual	Precipitación del mes más húmedo	Precipitación del mes más seco	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)	Precipitación del cuarto más húmedo	Precipitación del cuarto más seco	Precipitación del cuarto más caliente	Precipitación del cuarto más frío	Altitud

Panthera onca (n=29)

Media	19.15862069	1495.931034	76.96551724	56.82758621	575.7241379	2936.482759	189.4827586	240.8965517	216.6896552	765.7931034
Desviación estándar	4.495117768	384.2773302	3.01760026	16.19097845	167.0239283	736.3097475	26.78568473	33.66149223	31.64095837	593.5493348
Máxima	24.2	2071	84	79	846	3911	217	278	249	2300
Mínima	6.6	652	71	18	233	1204	124	153	139	99

Puma concolor (n=6)

Media	8.05	838.5	82	23.83333333	301.5	1591.333333	140.6666667	213	160.6666667	939.5856096
Desviación estándar	5.287823276	286.3101465	4.049691346	13.92000958	108.2215321	609.5958224	25.10511236	52.10374267	29.95107121	822.6871245
Máxima	16.1	1199	87	47	456	2418	182	292	211	2300
Mínima	2.9	437	76	8	155	810	106	165	121	99
<i>Kruskal-Wallis</i>	0.000636	0.002184	0.005874	0.001286	0.001620	0.002184	0.002171	0.148493	0.002503	0.001396

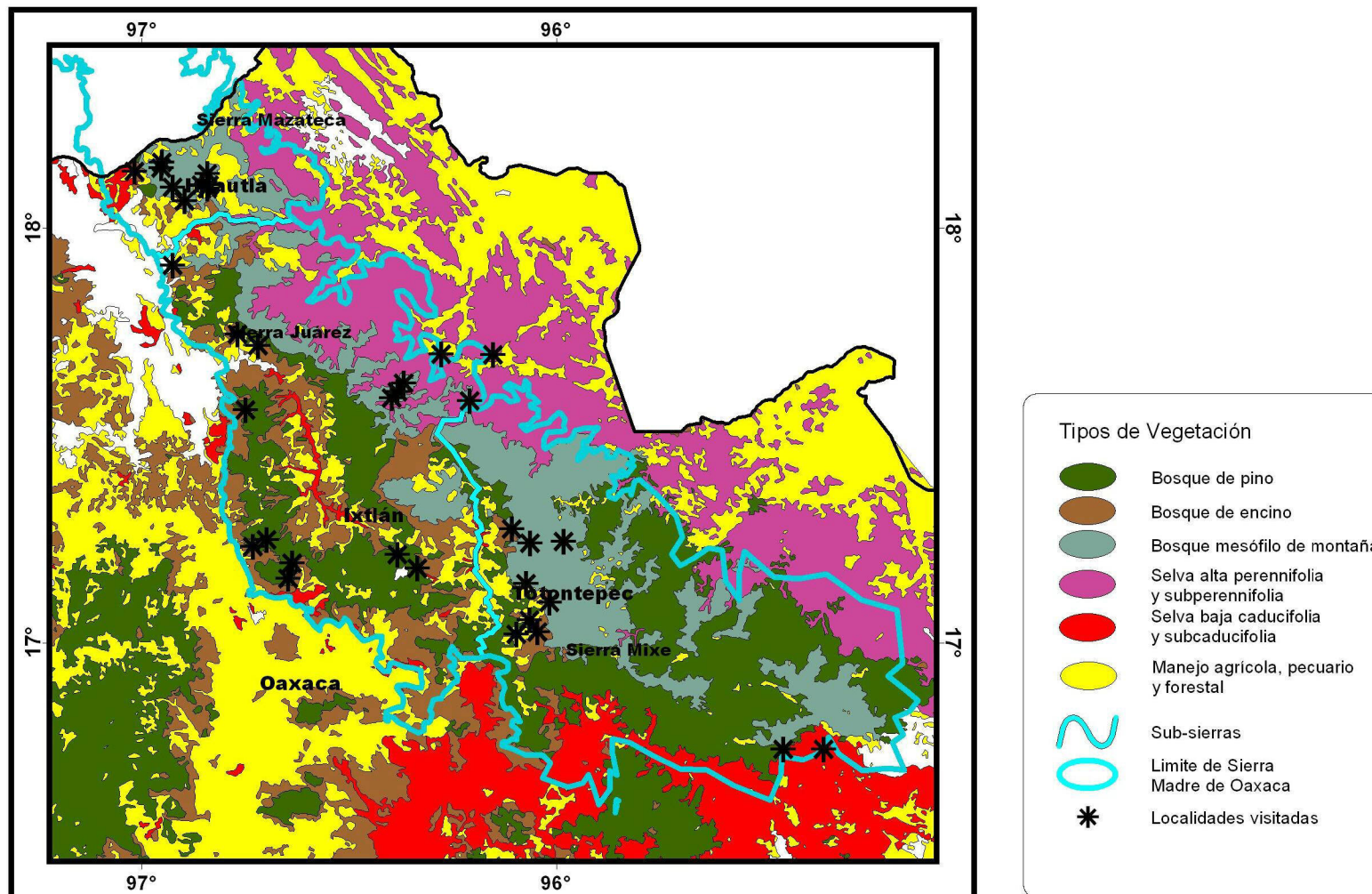


Figura 7 Tipos de vegetación presentes en el área de estudio y localidades visitadas (Mapa de vegetación tomado de CONABIO, 2000).

Cuadro 5. Diseño aleatorio estratificado con base en la presencia-ausencia de uno o ambos felinos y los tipos de vegetación (BP bosque de pino, BQ bosque de encino, BMM bosque mesófilo de montaña, SAP selva alta perennifolia, BG bosque de galería, MAPF manejo agrícola, pecuario, forestal, BQ/SBC. Ecotono entre bosque de encino y selva baja caducifolia).

Especie	Presencia	Ausencia	Tipos de vegetación						
			BP	BQ	BMM	SAP	BG	MAPF	BQ/SBC
<i>Panthera onca</i>	7				4	2			1
		8	1	2	4			1	
<i>Puma concolor</i>	8		1	2	4			1	
		7			4	2			1
Ambos	8				2			6	
		12	4	3	2	1	1	1	
Total	23	27	6	7	20	5	1	9	2

Validación del modelo GARP.

En las áreas de distribución de ambas especies predominan principalmente el bosque de pino, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, selva alta perennifolia y bosque de galería, aunque también se visitaron localidades con manejo agrícola, pecuario y forestal (Ortiz *et al.*, 2004), debido a que los pumas suelen adaptarse bien a ambientes alterados por el hombre (Logan y Swenar, 2001; Shaw, 1994). (Figura 6). Por lo tanto las localidades seleccionadas se encuentran ubicadas en estos tipos de vegetación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Localidades visitadas.

Localidad	Municipio	Distrito	Altura	Tipo De Vegetación	Clima
Agua Duende	Mazatlán Villa de Flores	Teotitlán	1960	Bosque Mesófilo de Montaña	Templado húmedo
Agua de Lluvia	Huautla de Jiménez	Teotitlán	1800	Manejo agrícola, Pecuario y Forestal	Semicálido húmedo
Arroyo Guacamaya	Teococuilco de Marcos Pérez	Ixtlán	2697	Bosque de Pino	Semifrío húmedo
Camino a Maninaltepec	San Juan Bautista Atlatlahuca	Etla	2448	Bosque de Encino	Templado subhúmedo
Camino a Villa Alta	Totontepec Villa de Morelos	Mixe	2358	Bosque Mesófilo de Montaña	Templado húmedo
Chayotepec	Santa María Guenegati	Tehuantepec	1540	Bosque de Encino	Templado subhúmedo
El Carrizal	Huautla de Jiménez	Teotitlán	1860	Manejo agrícola, Pecuario y Forestal	Templado húmedo
El Portillo	San Pedro y San Pablo Ayutla	Mixe	1960	Manejo Agrícola, Pecuario y Forestal	Templado húmedo
El Relámpago	Santiago Comaltepec	Ixtlán.	2 019	Bosque Mesófilo de Montaña	templado húmedo
Huautla de Jiménez	Huautla de Jiménez	Teotitlán	1700	Bosque Mesófilo de Montaña	Semicálido húmedo
La Esperanza	Santiago Comaltepec	Ixtlán	1600	Bosque Mesófilo de Montaña	Semicálido húmedo
Plan de Guadalupe	Santa María Teopoxco	Teotitlán	2100	Bosque Mesófilo de Montaña	Templado subhúmedo
Rancho Tejas	Santa María Tlahuitoltepec	Mixe	2400	Bosque de Encino	Templado subhúmedo
San Andrés Pápalo	San Juan Tepeuxila	Cuicatlán	1760	bosque mesófilo y bosque de encino	templado subhúmedo
San Andrés Yaa	San Andrés Yaa	Villa Alta	1560	bosque mesófilo de montaña	templado húmedo
San Bernardino	Teotitlán de Flores Magón	Teotitlán	2080	Bosque de Encino	Semiárido semicálido
San Bernardo	Santiago Comaltepec	Ixtlán	1764	Bosque mesófilo de montaña	Templado húmedo

Localidad	Municipio	Distrito	Altura	Tipo De Vegetación	Clima
San Gabriel Etla (El Vado)	San Juan Bautista Guelache	Etla	2028	Bosque de Galería	Templado subhúmedo
San Gaspar Yagalaxi	Ixtlán de Juárez	Ixtlán	614	de selva alta perennifolia y ecotono con bosque mesófilo de montaña	Cálido húmedo
San Isidro Zoquiapan	San Lucas Zoquiapan	Teotitlán	2100	Bosque Mesófilo de Montaña	Templado húmedo
San José la Chachalaca	Santiago Camotlán	Villa Alta	180	selva alta perennifolia	Cálido húmedo
San Juan Coyula	San Juan Bautista Cuicatlán	Cuicatlán	1214	Bosque de encino y selva baja caducifolia	Templado subhúmedo
San Juan Teponaxtla	San Juan Tepeuxila	Cuicatlán	1560	Bosque Mesófilo y Bosque de Pino	Semicálido
San Martín Soyolapan	Santiago Comaltepec	Ixtlán.	103	Selva Alta Perennifolia	Cálido húmedo
San Pedro Cajonos	San Pedro Cajonos	Villa Alta	1880	bosque de pino encino	Templado subhúmedo
San Pedro y San Pablo Ayutla	San Pedro y San Pablo Ayutla	Mixe	2020	Bosque de encino	Templado subhúmedo
Santa Catarina Ixtepejí	Santa Catarina Ixtepejí	Ixtlán	3 251	Bosque de pino	Templado subhúmedo
Santa María Guienagati	Santa María Guienagati	Tehuantepec	400	Manejo Agrícola, Pecuario y Forestal	Semicálido subhúmedo
Santa María Teopoxco	Santa María Teopoxco	Teotitlán	1900	Bosque Mesófilo de Montaña	Templado húmedo
Santiago Laxopa	Santiago Laxopa	Ixtlán	1 856	pino-encino	Templado subhúmedo
Tamazulapam del Espíritu Santo	Tamazulapam del Espíritu Santo	Mixe	2040	Manejo Agrícola, Pecuario y Forestal	Templado húmedo
Tierra Blanca	Tamazulapan del Espíritu Santo	Mixe	2280	Bosque de encino	Templado subhúmedo
Tierra Colorada	Santa Catarina Ixtepejí	Ixtlán	2120	Bosque de Pino	Templado subhúmedo
Totontepec Villa de Morelos (El Mirador y La Garrapata)	Totontepec Villa de Morelos	Mixe	1053	Bosque Mesófilo de Montaña	Templado húmedo
Xochitonalco	Huautla de Jiménez	Teotitlán	1640	Manejo Agrícola, Pecuario y Forestal	Semicálido húmedo

Entrevistas. Se realizaron 70 entrevistas no estructuradas en las localidades visitadas, con un promedio de 4.8 entrevistas por localidad; donde se confirmó por pláticas con los habitantes la presencia de pumas y/o jaguares así como otros felinos en la zona (Cuadro 7).

Se registraron todas las especies de felinos de presencia conocida en el país. El 31.25 % de las personas encuestadas constatan la presencia de puma y de jaguar, el 23.43 % informa de presencia únicamente de jaguar, 31.25 % presencia únicamente de puma y 14.06 % ausencia de ambos.

En cuanto a los usos de los felinos en las comunidades visitadas, el 100% de las personas encuestadas mencionó que la carne de todos los felinos se utiliza como fuente de proteína, y que las pieles de éstos en general tienen valor comercial, aunque es poco explotado porque la cacería está penalizada. Adicionalmente otros usos incluyen propiedades curativas de la carne de jaguar para controlar los nervios (San José la Chachalaca); la grasa se utiliza para secar heridas (San Martín Soyolapan); y para golpes y torceduras (Totontepec Villa de Morelos). El 35.93 % de los entrevistados consideran dañinos a los felinos de talla media y grande porque depredan el ganado equino, vacuno y aviar, considerando más perjudicial al jaguar y tigrillo u ocelote que al puma.

Durante las entrevistas los pobladores mencionaron localidades con presencia de uno o ambos felinos, los datos de estas localidades que de acuerdo a los criterios de veracidad, eran confiables, fueron utilizados para la formulación de los cuadros de errores de omisión y comisión para la validación del modelo

Cuadro 7. Total de entrevistas aplicadas y especies de felinos registrados a partir de ellas en las comunidades visitadas.

Localidad	No. Entrevistas	Especies
Agua de Lluvia	1	<i>Ninguno</i>
Agua Duende	1	<i>Ninguno</i>
Arroyo Guacamaya	2	<i>Puma concolor, Leopardus wiedii, Linx rufus.</i>
Chayotepec	4	<i>Puma concolor, Panthera onca, Leopardus pardalis, Leopardus wiedii, Linx rufus</i>
El Carrizal	1	<i>Ninguno</i>
El Portillo	1	<i>Ninguno</i>
Huautla de Jiménez	3	<i>Puma concolor, Panthera onca, Leopardus pardalis, Leopardus wiedii,</i>
Plan de Guadalupe	1	<i>Ninguno</i>
Rancho Tejas	2	<i>Panthera onca, Leopardus wiedii</i>
San Andrés Pápalo	1	<i>Ninguno</i>
San Bernardino	2	<i>Puma concolor, Leopardus wiedii, Leopardus pardalis.</i>
San Gabriel Etla	2	<i>Leopardus wiedii, Heparailurus yagouarundi</i>
San Gaspar Yagalaxi	6	<i>Puma concolor, Panthera onca, Leopardus pardalis, Leopardus wiedii</i>
San José	3	<i>Panthera onca</i>
La Chachalaca		
San isidro Zoquiapan	1	<i>Ninguno</i>
San Juan Coyula	7	<i>Puma concolor, Linx rufus, Heparailurus yagouarundi, Leopardus wiedii, Panthera onca.</i>
San Juan Teponaxtla	2	<i>Ninguno</i>
San Martín Soyolapan	2	<i>Puma concolor, Panthera onca, Leopardus wiedii</i>
San Pedro Cajonos	4	<i>Panthera onca, Puma concolor, Leopardus wiedii, Lynx rufus</i>
San Pedro y San Pablo Ayutla	2	<i>Leopardus wiedii</i>
Santa Catarina Ixtepejí La Cumbre	2	<i>Puma concolor, Linx rufus, Leopardus wiedii, Heparailurus yagouarundi</i>
Santiago Comaltepec y La Esperanza	4	<i>Puma concolor, Panthera onca, Leopardus pardalis, Leopardus wiedii</i>
Santiago Laxopa	9	<i>Puma concolor, Panthera onca, Leopardus pardalis, Leopardus wiedii, Heparailurus yagouarundi</i>
Tierra Blanca	3	<i>Leopardus wiedii, Leopardus pardalis</i>
Totontepec Villa de Morelos	4	<i>Puma concolor, Panthera onca, Leopardus wiedii</i>
Xochitonalco	1	<i>Ninguno</i>

Transectos. En cada localidad visitada se realizaron transectos de diferentes longitudes en áreas cercanas a la localidad en las cuales los pobladores comentaron la presencia de felinos, se recolectaron un total de 23 excretas, se elaboraron moldes de 3 huellas de grandes felinos, se observaron varios rasguñaderos, dos orinaderos y un caparazón de armadillo devorado por un felino grande, en ninguna de las localidades se pudo observar huellas relacionadas con las excretas, por lo cual no se pudo definir a que especie de felino pertenecían, las huellas fueron 2 de puma y una de jaguar. En cuanto a rasguñaderos uno fue de jaguar y los demás no pudieron ser atribuidos a una especie en especial ya que en la zona donde se encontraron habitan ambos felinos. De los orinaderos solo uno se pudo atribuir a jaguar, el otro no se definió a ningún felino por la presencia de ambos en la zona, el caparazón de armadillo se atribuyó a jaguar por ser la especie mencionada por los pobladores para esa zona.

La mayor cantidad de rastros se obtuvieron en terrenos de San Andrés Yaa. En quince localidades no se obtuvieron rastros aun cuando se mencionó por los pobladores la presencia de al menos una de las especies, en ocho no se encontraron rastros y los pobladores dijeron que en esa zona ya no existían estos depredadores debido a que las zonas son actualmente terrenos de cultivo (Cuadro 8).

Se han registrado en algunas localidades proporcionadas por investigadores y pobladores recolectadas en la Sierra Madre de Oaxaca durante el tiempo en el que se llevó a cabo esta investigación: en Santiago Laxopa una excreta de puma recolectada por un poblador; en el Rancho la Bellísima, en Santiago Camotlán 3 excretas de jaguar recolectadas por un estudiante de licenciatura; en Totontepec Villa de Morelos una excreta de jaguar recolectada por un médico veterinario. Algunos pobladores proporcionaron fotografías de dos pumas cazados en San Juan Teponaxtla, pudiéndose observar directamente una de las pieles, así mismo se observó otra piel de puma en San Pedro y San Pablo Ayutla, aunque esta provenía de Santiago Zacatepec en la Sierra Mixe. Con

excepción de las excretas del Rancho La Bellísima, todas las localidades donde se obtuvieron las excretas, pieles o fotografías fueron visitadas personalmente.

Cuadro 8. Descripción de los transectos y tipos de rastros obtenidos.

Localidad	Fecha de Recorrido	Transectos Kms.	Resultados
Agua Duende	19/02/2007		Sin rastros
Agua de Lluvia	19/02/2007		Sin rastros
Arroyo Guacamaya	17/02/2007 27/05/2006 y	1.220	Excreta puma
Camino a Villalta	11/07/2006	5.280	Huella puma
Chayotepec	19/10/2006	1.290	Orinadero
El Carrizal	19/02/2007		Sin rastros
El Portillo	26/10/2006 29/04/2006 y	2.845	Sin rastros
El Relámpago	29/09/2006	5.588	Rasguñadero
Huautla de Jiménez	20/02/2007	39.841	Sin rastros
La Esperanza	29/04/2006 y	0.841	Sin rastros
Plan de Guadalupe	19/02/2007		Sin rastros
Rancho Tejas	25/10/2006	5.074	Sin rastros
San Andrés Pápalo	20/06/2006 27/05/2006 y	7.854	Sin rastros
San Andrés Yaa	27/07/2006	1.799	8 Excretas
San Bernardino	20/02/2007	4.826	Sin rastros
San Bernardo	30/09/2006	0.550	Sin rastros
San Gabriel Etla (El Vado)	17/02/2007	0.912	Sin rastros
San Gaspar Yagalaxi	12/04/2006	5.224	Caparazón de armadillo
San Isidro Zoquiapan	19/02/2007		Sin rastros
San José La Chachalaca	11/04/2006	7.629	Sin rastros
San Juan Coyula	31/01/2007	3.000	Sin rastros 4 excretas, 2 huellas, 4 arañaderos
San Juan Teponaztla	21/06/2006	5.547	
San Martín Soyolapan	30/04/2006 14/01/2006 y	4.061	Orinadero y arañadero
San Pedro Cajonos	08/07/2006	2.595	Sin rastros
San Pedro y San Pablo Ayutla	23/10/2006 20/11/2005 y	0.749	Sin rastros
Santa Catarina Ixtepejí	15/06/2006	3.881	2 excretas puma
Santa María Guienagati	19/10/2006	18.266	Sin rastros
Santa María Teopoxco	20/02/2007	8.112	Sin rastros
Santiago Laxopa	13/01/2006	4.666	Excreta puma
Tamazulapam del Espíritu Santo	23/10/2006	0.607	Sin rastros
Tierra Blanca	24/10/2006	0.660	Sin rastros
Tierra Colorada	16/06/2006	1.892	2 excretas puma, arañadero
Totontepec Villa de Morelos (El mirador y la Garrapata)	26/05/2006 y 10/07/2006	5.731	2 excretas jaguar
Xochitonalco	19/02/2007		Sin rastros

Errores de Omisión y Comisión. La conjunción de los datos obtenidos tanto por entrevista como por transectos arroja un total de 68 localidades, dentro de las cuales se presentan 65 registros para jaguar y 68 para puma, en la Sierra Madre de Oaxaca. Al validar el modelo con datos de campo encontramos que para jaguar hubo 30 aciertos, 20 errores de omisión y 15 errores de comisión, mientras que para puma se detectaron 32 aciertos, 26 errores de omisión y diez errores de comisión (Cuadro 9).

Los porcentajes de aciertos y errores de comisión y omisión para jaguar fueron del 46.15%, 23.07% y 30.76% respectivamente, mientras que para puma los porcentajes de aciertos y errores de comisión y omisión fueron: 47.05%, 14.70 % y 38.23% respectivamente (Cuadro 10).

Con base en los resultados de entrevistas, transectos y errores de comisión, omisión y aciertos se realizó una prueba de Chi-cuadrada, para contrastar el modelo con los datos obtenidos en campo. En el caso de jaguar se obtuvo un valor de $X^2 = 16.9$ ($P \leq 0.05$). En el caso de puma se obtuvo un valor $X^2 = 30.74$ ($P \leq 0.05$). Para ambas especies se obtuvo un valor $X^2 = 15.14$ ($P \leq 0.05$). En los tres casos se concluye que existe una diferencia significativa que demuestra que el modelo no se ajusta a la realidad (Cuadro 11).

Cuadro 9. Aciertos, errores de comisión y omisión obtenidos para *Panthera onca* y *Puma concolor* en el área de estudio.

Localidad	Tipo de dato	<i>Panthera onca</i>			<i>Puma concolor</i>		
		ERRORES		ACIERTO	ERRORES		ACIERTO
		COMISIÓN	OMISIÓN		COMISIÓN	OMISIÓN	
Arroyo Guacamaya	Transecto			1		1	
Agua de Lluvia	Entrevista	1			1		
Agua Duende	Entrevista	1					1
Barranca Seca	Entrevista			1			
Camino a Maninaltepec (1)	Transecto			1		1	
Camino a Maninaltepec (2)	Transecto			1		1	
Camino a Villa alta	Transecto		1			1	
Capultitla	Entrevista					1	
Chayotepec	Entrevista		1			1	
Cristo Rey la selva	Entrevista			1			1
El Carrizal	Entrevista	1			1		
El Portillo	Entrevista	1			1		
El relámpago	Transecto			1			1
Huautla de Jiménez	Entrevista	1					1
La Botija	Entrevista		1			1	
La Esperanza	Entrevista			1			1
Lachiguxe	Entrevista		1			1	
Lachivixa	Entrevista			1		1	
Llano grande	Entrevista		1			1	
Plan de Guadalupe	Entrevista			1	1		
Rancho la Bellísima	Transecto			1			1
Rancho Tejas	Entrevista		1		1		
San Agustín Etla	Entrevista			1		1	
San Andrés Pápalo	Entrevista	1			1		

		<i>Panthera onca</i>			<i>Puma concolor</i>		
		ERRORES			ERRORES		
Localidad	Tipo de dato	COMISIÓN	OMISIÓN	ACIERTO	COMISIÓN	OMISIÓN	ACIERTO
San Andrés Yaa (1)	Entrevista			1			1
San Andrés Yaa (2)	Transecto			1			1
San Baltazar Yatzachi	Entrevista	1				1	
San Bernardino	Entrevista			1			1
San Bernardo	Entrevista						1
San Gabriel Etla (El Vado)	Entrevista			1			1
San Gaspar Yagalaxi (1)	Entrevista			1			1
San Gaspar Yagalaxi (2)	Transecto		1			1	
San Isidro Zoquiapan	Entrevista			1	1		
San Jerónimo Zochina	Entrevista	1				1	
San José La Chachalaca	Entrevista			1			1
San Juan Comaltepec	Entrevista			1		1	
San Juan Cotzocon	Entrevista			1		1	
San Juan Coyula	Entrevista	1				1	
San Juan Teponaxtla (1)	Transecto		1			1	
San Juan Teponaxtla (2)	Transecto		1			1	
San Juan Teponaxtla (3)	Transecto		1			1	
San Juan Teponaxtla (4)	Transecto		1			1	
San Juan Teponaxtla (5)	Transecto		1			1	
San Juan Teponaxtla (6)	Transecto		1			1	
San Juan Teponaxtla (7)	Transecto		1				1
San Martín Soyolapan	Transecto			1			1
San Miguel Quetzaltepec	Entrevista			1		1	
San Pablo Macuítanguis	Entrevista						1
San Pedro Cajonos	Entrevista		1				1
San Pedro y San Pablo Ayutla	Entrevista	1					1

		<i>Panthera onca</i>			<i>Puma concolor</i>		
		ERRORES		ACIERTO	ERRORES		ACIERTO
Localidad	Tipo de dato	COMISIÓN	OMISIÓN		COMISIÓN	OMISIÓN	
Santa Ana Cuauhtemoc	Entrevista	1					1
Santa Catarina Ixtepejí	Transecto			1			1
Santa María Alotepec	Entrevista		1				1
Santa María Guenagati	Entrevista			1			1
Santa María Teopoxco	Entrevista	1					1
Santa María Tlahuitoltepec	Entrevista	1			1		
Santiago Comaltepec	Entrevista			1			1
Santiago Laxopa	Transecto		1				1
Santiago Zacatepec	Entrevista		1			1	
Sto. Domingo Xagacia	Entrevista	1					1
Tamazulapam del Espíritu Santo	Entrevista			1	1		
Tierra Blanca	Entrevista			1			1
Tierra Colorada (1)	Transecto			1			1
Tierra Colorada (2)	Transecto			1			1
Tierra Colorada (3)	Transecto			1			1
Totontepec de Morelos (El Mirador)	Transecto		1				1
Totontepec de Morelos (La Garrapata)	Transecto		1				1
Xochitonalco	Entrevista	1			1		
	Total	15	20	30	10	26	32

Cuadro 10. Porcentaje de acierto y error para los modelos de nicho ecológico de *Panthera onca* y *Puma concolor*.

Especie	Registros Totales	Aciertos	%	Error de Comisión	%	Error de Omisión	%
<i>Panthera onca</i>	65	30	46.15	15	23.07	20	30.76
<i>Puma concolor</i>	68	32	47.05	10	14.70	26	38.23

Cuadro 11. Valores esperados, observados y Chi-cuadrada por especie.

Especie	Presencia		Ausencia		χ^2
	Esperada	Observada	Esperada	Observada	
<i>Puma concolor</i>	22	10	45	12	30.74
<i>Panthera onca</i>	27	15	38	17	16.9
Ambos	14	4	50	30	15.14

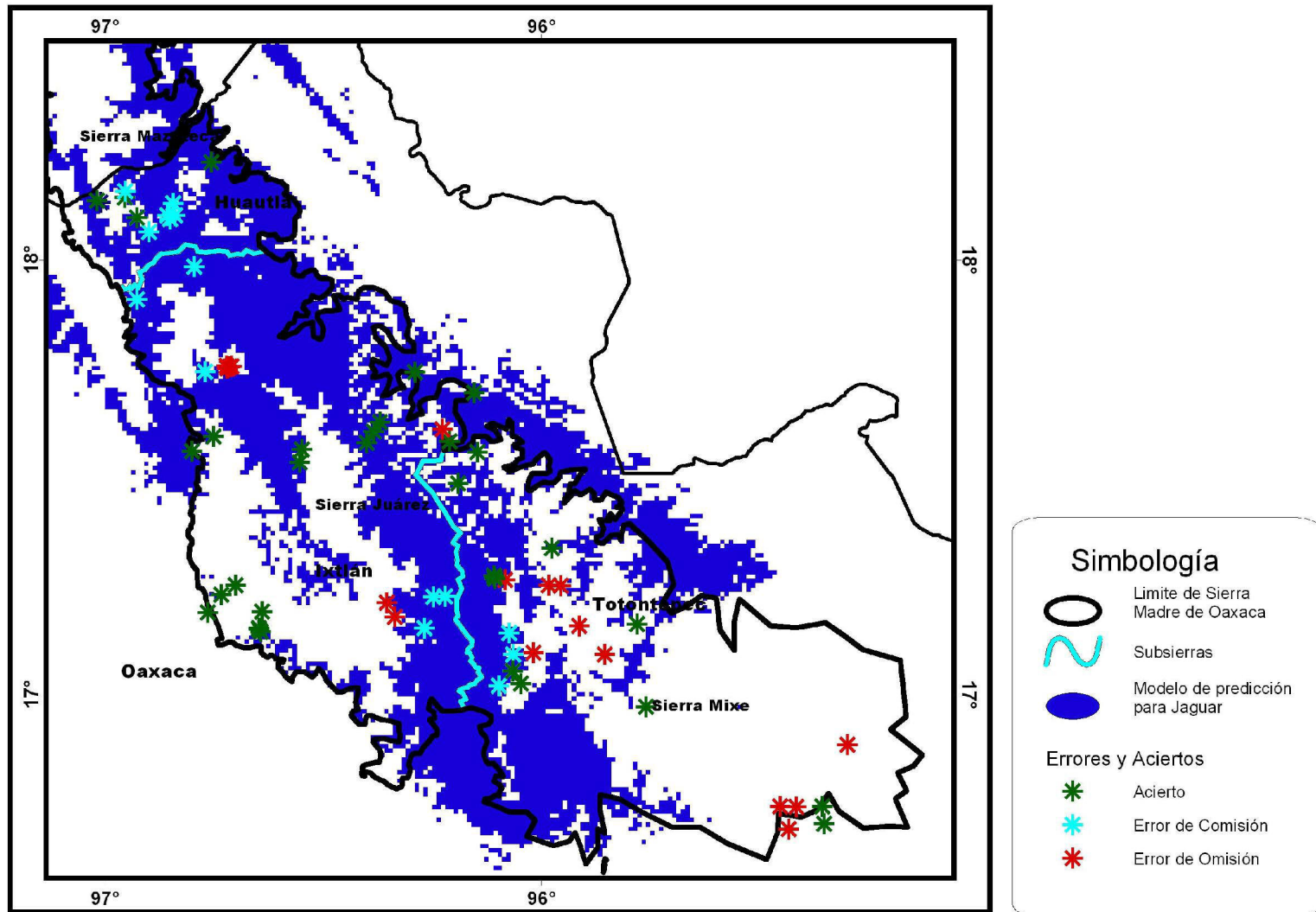


Figura 8. Mapa de localidades de presencia-ausencia para *Panthera onca* en relación al mapa predicho

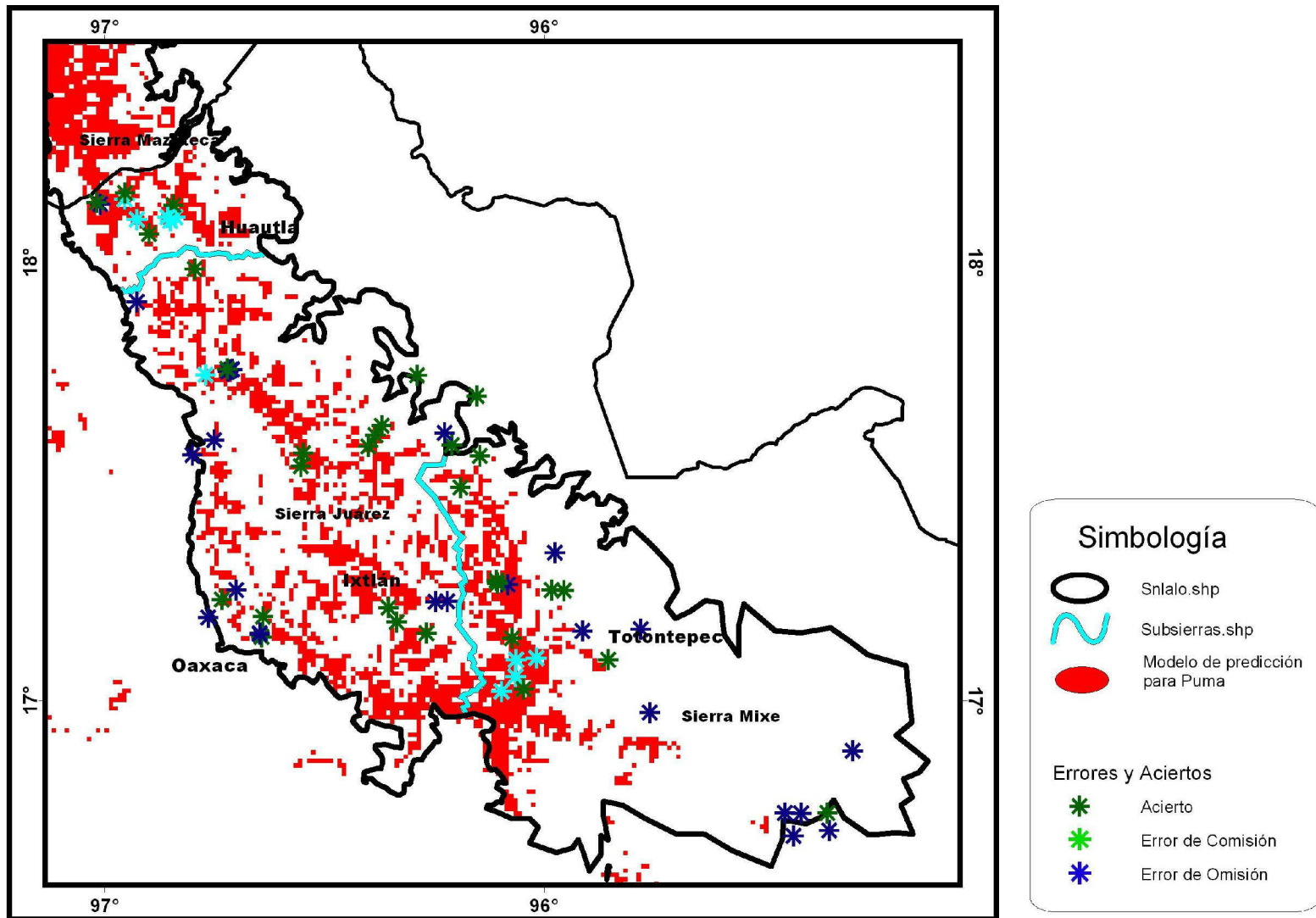


Figura 9. Mapa de localidades de presencia-ausencia para *Puma concolor* en relación al mapa predicho

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La utilización de modelos predictivos no es un método nuevo en la investigación, sin embargo los datos que se utilizan son en la mayoría de los casos datos históricos en los cuales no se toman en cuenta los cambios que va teniendo el área de estudio, dejando de manifiesto que los modelos son dinámicos. Por otra parte, la cartografía disponible no está en las escalas óptimas. Se requiere la construcción de temáticas más finas que se acerquen a la realidad de las regiones en donde se construyen los modelos. La mayoría de los estudios se llevan a cabo desde un laboratorio, contando únicamente con registros históricos y de colecciones científicas, que si bien dan una idea de lo que sucedió con las especie de interés a nivel general (continente o país) a nivel regional (estado) o local (Sierra Madre de Oaxaca) no da un panorama objetivo de las situación dejando de lado la importancia que recolectar nuevos datos en campo, alejadas de carreteras y asentamientos humanos que permitan la conservación y el aprovechamiento real de los recursos naturales que todavía nos quedan.

Antes de la realización de este trabajo se tenían cuatro registros de jaguar y tres registros de puma en el estado de Oaxaca (Goodwin, 1969; Hall, 1981). Al término del estudio se presentan 37 registros de jaguar y 46 registros de puma tan sólo para la Sierra Madre de Oaxaca.

Se presentan mapas potenciales de distribución de ambas especies en la Sierra Madre de Oaxaca con un porcentaje de confiabilidad próximo al 45%. Dado el escaso número de registros iniciales utilizados para la construcción del modelo y la baja resolución espacial, el porcentaje de confiabilidad, aunque da una predicción menor al 50% es un avance significativo en el estudio de éstas.

Los mapas de distribución que existen para ambas especies son mapas muy ambiguos basados en los puntos de registro de las especies (Goodwin, 1969; Hall, 1981). Hall (1981). Tradicionalmente consigna los registros marginales de distribución y traza el polígono correspondiente para la especie, en el caso del puma presenta un mapa cuya distribución abarca todo el país; lo mismo presenta

Ceballos y Oliva (2005) y Currier (1983) quien además hace la diferenciación de tres subespecies en la República.

En el caso del jaguar, Hall (1981) propone la distribución en dos grandes vertientes, la del Pacífico y la del Golfo, que se unen en el Istmo de Tehuantepec. El mismo mapa es presentado por Seymour (1989) quien además define la división de dos subespecies a la altura del Istmo de Tehuantepec y Ceballos y Oliva (2005) utilizan la técnica de discrepancia (GAP), a partir de los modelos de distribución presentes en el Hall (1981), aquí la división de la distribución de las dos subespecies del jaguar, se presenta en la frontera de Oaxaca con Puebla y Veracruz, aunque también con muy poca resolución espacial. En el caso de los modelos de distribución contruidos para Oaxaca por De Villa Meza (2006), se observa una amplia distribución tanto para jaguar como para puma, sin embargo la construcción de dichos modelos se hizo a partir de registros de todo el país, de los cuales únicamente cuatro de jaguar y tres de puma fueron del Estado. Como consecuencia de esto, el modelo es muy impreciso, puesto que la resolución que puede arrojar un número tan escaso de registros sobre un territorio tan extenso es muy pobre.

Al utilizar incluso un número superior de registros para la construcción de los modelos de ambas especies de felinos, se obtienen resultados de validación tanto a través del análisis de los porcentajes de acierto y error como los valores de la prueba de Chi-cuadrada, que definen modelos que no se ajustan a la realidad; las razones en este caso tienen diferentes orígenes.

En cualquier método utilizado para la generación de distribuciones potenciales como de nicho ecológico, es deseable contar con la mayor cantidad posible de registros de la especie, así como la mayor cantidad de variables ambientales posibles, para que el modelo presente una mayor exactitud (Peterson y Cohoon, 1999). La base de datos inicial contaba con muy pocos registros (Jaguar $n=29$ y puma $n=6$), como consecuencia, el modelo no puede ser muy preciso, ya que el número de registros con los que el GARP puede validar el modelo se vuelve casi nulo. Por otro lado la resolución espacial de las temáticas

con las que se construyó el modelo es de un km², de esta forma, el tamaño de píxel es demasiado grande, lo que provoca que el efecto de borde repercuta en el resultado (Valenzuela y Baumgardner, 1990), esto aunado a que existen imprecisiones en las temáticas utilizadas, que son inherentes a la resolución en la que fueron elaboradas, va sumando una serie de errores que aumentan la imprecisión del modelo final.

No hay que olvidar que lo que se obtiene en los modelos son escenarios estáticos y una simplificación de la realidad, quedando abierta la posibilidad de que la realidad no se apegue por completo al modelo, ya que la presencia de una especie depende de su historia y de los factores que afectan a sus poblaciones, además del tiempo y las condiciones del entorno (Guisan y Zimmerman, 2000). La complejidad ambiental de la Sierra Madre de Oaxaca, requiere que se utilicen temáticas de resolución espacial más fina. Los terrenos en los trópicos y por ende las condiciones ambientales, tienen cambios bruscos a distancias muy cortas, el deterioro acelerado del medio provocado por el hombre, complica mucho más los efectos de borde.

Finalmente existen los sesgos en la toma de datos con los que se elabora el modelo (Peterjohn, 2001); en este particular caso, no fue posible ubicar con precisión el sitio de algunos registros obtenidos por entrevista.

Para la validación de los modelos de distribución, el presente estudio arroja un total de 65 registros nuevos de presencia/ausencia de jaguar y 68 de puma, tan solo para la Sierra Madre de Oaxaca, documentados tanto por entrevistas como por rastros; estos datos pueden ser utilizados en la construcción de un modelo más preciso, que contribuya a la conservación de los grandes felinos en la Sierra Madre de Oaxaca.

Se propone que en la generación de futuros modelos de distribución de los grandes felinos en el Estado, se utilice cartografía a escalas de mayor resolución, lo que haría mucho más precisos los modelos resultantes. Así como visitar los lugares reportados y realizar recorridos para verificar la presencia o ausencia de los felinos,

Finalmente, falta mucho por investigar respecto a estas especies y se demuestra que Oaxaca es un Estado desconocido en relación a los grandes felinos, ya que se encuentran presentes en muchos más lugares de los hasta ahora registrados.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, L. R. 1998. Geografía general del estado de Oaxaca, Carteles Editores 3ª. ed. México, D. F. pp. 457.
- Amín, O. M. A. 2004. Patrones de alimentación y disponibilidad de presas del jaguar (*Panthera onca*) y del puma (*Puma concolor*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. Tesis de Maestría, UNAM. 63 pp.
- Anderson, P. A., D. Lew y T.A. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species distribution: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, 162, 211-232.e
- Aranda, M. 1994. Diferenciación entre las huellas de jaguar y puma: un análisis de criterios. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 63:75–78.
- Aranda, M. 1996. Distribución y abundancia del jaguar *Panthera onca* (Carnívora: Felidae) en el estado de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 68: 45-52.
- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. 1ª. ed. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). Veracruz, México. pp. 61 – 74.
- Aranda, M. 2002. Importancia de los pecaríes para la conservación del jaguar en México. pp. 101-105. Medellín, R. A., Equihua, C., Chetkiewics, C., Rabinowitz, A., Crawshaw, P., Rabinowitz, A, Redford, K, Robinson, J. G., Sanderson, E. y Taber, A (eds). *El jaguar en el nuevo milenio*. Fondo de Cultura Económica, México. 647 pp.
- Aranda, M. y I. March. 1987. Guía de campo de los mamíferos de Chiapas; Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INEREB) y Programa para Estudios en Conservación Tropical. Universidad de Florida. (PSTC) Pp106-109

- Aranda, M. y V. Sánchez-Cordero. 1996. Prey spectra of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in tropical forest of Mexico. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 31:65-67
- Araújo, M. B., R. Pearson., W. Thuillers y M. Erhard. 2005. Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology* 11:1504-1513
- Arellanes, L. E. 2002. Diversidad mastozoológica de San José del Chilar, Cuicatlán, Oaxaca. Memoria de residencia profesional. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca.
- Azuara M. I. R. 1997. Modelación estocástica y espacial de la biodiversidad. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México 104 pp.
- Belden, C. R. 1983. Florida panther recovery plan implementation – a 1983 progress report. En *Cats of the world: Biology, conservation and management*. National wildlife federation. USA pp 159-172
- Bernhardsen T. 2002. *Geographic information systems: An Introduction*. Wiley and sons, New York. 454 pp.
- Berry J. K. 1993. Cartographic Modeling: the analytical capabilities of GIS. *Environmental modeling with GIS*. Pp 58-74 M. F. Goodchild, B. O. Parks and L. T. Stevart. Oxford University Press, New York.
- Briones- Salas, M. y V. Sánchez Cordero. 2004. Mamíferos. Pp. 43-54. *En: A. J. García Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.y coords.), Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund. México. pp 605.
- Brotos, L., W. Thuiller, M. Araújo and A. Hirzel. 2004. Presence-absence versus presence-only modeling methods for predicting bird habitat suitability. *Ecography* 27: 437_ 448.
- Burrough P. A. 1986. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Clarendon Press, Oxford.

- Borrough P. A and R.A. Mc Donell. 1998. Principles of geographical information systems. Oxford University Press, Oxford 333 pp.
- Ceballos G., C. Chávez, A. Rivera, C. Manterota y B. Wall. 2002 Tamaño poblacional y conservación del jaguar en la reserva de la biosfera Calakmul, Campeche, México. pp. 403-418. Medellín, R. A., Equihua, C., Chetkiewics, C., Rabinowitz, A., Crawshaw, P., Rabinowitz, A, Redford, K, Robinson, J. G., Sanderson, E. y Taber, A (eds). El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica, México. pp. 647.
- Ceballos.G. y Miranda A. 1986. Los mamíferos de Chamela Jalisco. Manual del Campo. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Pp.293-300
- Ceballos G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica. México. 989 pp.
- Coates, R. E. y R. Estrada. 1986. Manual de identificación de campo de los mamíferos de la estación de biología "Los Tuxtlas". Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp.124-126
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1999. Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO. Escala 1: 1000000. Ciudad de México. México
- Csuti, B. y P. Crist. 2000. Methods for assessing accuracy of animal distribution maps. Version 2.0.0. A handbook for conducting Gap analysis. <http://www.gapanalysis.nbi.gov>
- Culver, M., W. Johnson, J. Pecon-Slattery, S. O'Brien. 2002. A phylogeographic study of pumas (*Puma concolor*) using mitochondrial DNA markers and micro satellites. Sixth mountain lion workshop. Abstracts. USA. pp. 14
- Currier, M. 1983. *Felis concolor*. Mammalian Species 200:1-7.
- De Villa Meza, A. 2005. Áreas prioritarias de conservación para los carnívoros de Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM.

- Dietrich, R. J. 1995. El uso de entrevistas para averiguar la distribución de vertebrados. *Revista Ecológica Latino Americana* 2:01-04.
- Eizirik E., M. Menotti-Raymond., P. G Jr. Crawshae., S. J. O'Brien y W. E. Johnson. 2001. Phylogeography, population history and conservation genetics of jaguars (*Panthera onca*. Mammalia, Felidae). *Molecular Ecology*, 10(1): 65-79
- Gaceta Ecológica INE- SEMARNAT. 1998. Nuevo listado CITES, Nueva época No. 46. México. pp.74
- Goodwin, G. G. 1969. Mammals from the state of Oaxaca, Mexico, in the American Museum of Natural History; *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 141:244–246.
- Guisan, A., N. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modeling* 135 (2000) 147-186.
- Hall, R. E. 1981. *The mammals of North America*. Vol. 2. Ed. John Weley & Sons, New York, USA. pp. 1035-1043.
- Hernández, H. A. 1999. Los carnívoros y sus perspectivas de conservación en las áreas protegidas de México. *Acta zoológica mexicana (nueva serie)* 54:1-23.
- Hijmans, A. R., S. Cameron. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965–1978.
- Holland J.H., *Adaptation in natural and artificial system*, Ann Arbor, The University of Michigan Press, 1975.
- HYDRO1k, 2006. U.S. Geological Survey's (USGS). <http://lpdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro>
- Illoldi Rangel, P. 2005. Análisis de patrones de distribución geográfica de los mamíferos del estado de Oaxaca, México. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas. Instituto de Biología UNAM,
- INEGI. 2003. *Carta topográfica Oaxaca, E14-9. escala 1:250,000. México*

- IUCN. 1995. The world conservation union, Wild cats, Species survival commission, Switzerland. pp.21 – 23
- IUCN. 2001. The world conservation union,. Red list. Cats´ specialist group. <http://www.redlist.org>.
- Johnson W. E. 2001. Phylogeography, population history and conservation genetics of jaguars (*Panthera onca*, Mammalia: Felidae). *Molecular Ecology*. 10:65-79.
- Jorgensen S. E. 1994 *Fundamentals of ecological modeling*. 2nd. Ed. Developments in environmental modeling, 19. Elsevier Amsterdam. pp. 681
- Kitchener, A. 1991. *The natural history of wild cats*. Cornell University press. New York, USA. pp. 279
- Larson, S. E. 1997. Taxonomic re-evaluation of the jaguar. *Zoo Biology*, 16: 107-120
- Leopold, S. A. 2000. *Fauna silvestre de México*. Pax México, México, D. F. pp. 527 – 546.
- Logan, K. A y L. L. Swenar. 2001. *Desert puma, evolutionary ecology and conservation of an enduring carnivore*. Island Press. 1st. ed. USA.
- López-González C. A; E. Brown. 2002. Distribución y estado de conservación actuales del jaguar en el noroeste de México. pp.379-392. Medellín, R. A., Equihua, C., Chetkiewics, C., Rabinowitz, A., Crawshaw, P., Rabinowitz, A, Redford, K, Robinson, J. G., Sanderson, E. y Taber, A (eds). *El jaguar en el nuevo milenio*. Fondo de Cultura Económica, México. pp. 647.
- Méndez Ramírez, I., G. D. Namihira, A. L. Moreno y M. C. Sosa. 1993. *El protocolo de investigación, lineamientos para su elaboración y análisis*. Ed. Trilla. México D.F. pp. 210
- McNab, R. B. y J. Polisar. 2002. Una metodología participativa para una estimación rápida de la distribución del jaguar en Guatemala. Pp.73 – 89. *En*: Medellín, R. A., Equihua, C., Chetkiewics, C., Rabinowitz, A., Crawshaw, P., Rabinowitz, A, Redford, K, Robinson, J. G., Sanderson, E. y

- Taber, A (eds). El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica, México. pp. 647.
- Miller, B. R. Núñez, J. Terborgh, C. López, A. Miranda, y R. Reading. 1999. La importancia de los grandes carnívoros en la conservación. *Especies*, revista sobre la conservación y biodiversidad 9:4–8.
- Miller, M. C. 2002. Jaguares, ganado y humanos. Un ejemplo de coexistencia pacífica en el noroeste de Belice. pp. 303-315. *En*: Medellín, R. A., Equihua, C., Chetkiewics, C., Rabinowitz, A., Crawshaw, P., Rabinowitz, A, Redford, K, Robinson, J. G., Sanderson, E. y Taber, A (eds). El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica, México. pp. 647.
- Miller, B. y A. Rabinowitz. 2002. ¿Porqué salvar al jaguar? Pp. 303-315. *En*: Medellín, R. A., Equihua, C., Chetkiewics, C., Rabinowitz, A., Crawshaw, P., Rabinowitz, A, Redford, K, Robinson, J. G., Sanderson, E. y Taber, A (eds). El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica, México... pp. 647.
- Navarro-Serment C. J., C. A. López-González y J. P. Gallo-Reynoso. 2005. Occurrence of jaguar (*Panthera onca*) on Sinaloa, Mexico. *The Southwestern Naturalist*. Vol 1. No. 50 pp. 102-106
- Núñez, R., B. Miller y F. Lindzey. 2000. Food habits of jaguars and pumas in Jalisco, México. *Journal of Zoology*. The Zoological Society of London. 252, pp. 373-379.
- Núñez, R., B. Miller y F. Lindzey. 2002. Ecología del jaguar en la reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco. Pp. 107-126. Medellín, R. A., Equihua, C., Chetkiewics, C., Rabinowitz, A., Crawshaw, P., Rabinowitz, A, Redford, K, Robinson, J. G., Sanderson, E. y Taber, A (eds). El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica, México. pp. 647.
- Ortiz Pérez, M. A., J. R. Hernández Santana y J. M. Figueroa Mah-Eng. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. pp. 43-54. *En*: A. J. García Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds. y coords.). Biodiversidad

- de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund. México. Pp 605.
- Peterjohn, B. G. 2001. Some consideration on the use of ecological models to predict species geographic distributions. *The Condor*. 103:661-663
- Peterson A. T. 2001. Predicting species geographic distribution based on ecological niche modeling. *The condor* 103: 599-605.
- Peterson, A. T. y Cohoon. 1999. Sensitivity of distributional prediction algorithms to geographic data completeness. *Ecological Modeling*. 117: 159-164
- Peterson, A. T. y C. R. Robins. 2003. Using ecological niche-modeling to predict barred owl invasion with implications for spotted owl conservation. *Conservation Biology*, 17:1161-1165
- Rabinowitz, A. y B.G. Nottingham. 1986. Ecology and behavior of the jaguar (*Panthera onca*) in Belize, Central America. *Journal of the Zoological Society of London*, 210:149-159.
- Ramírez Pulido, J., A, Campillo, J. Arroyo-Cabrales y F. A. Cervantes. 1996. Lista Taxonómica de los mamíferos terrestres de México. *Occasional Papers of the Museum of Texas Tech University* 158: 1-62.
- Redmond, R. L., M. M. Hart, J. C. Winne, W.A. Williams, P.C. Thornton, Z. Ma, C. M. Tobalske, M. M. Thornton, K. P. McLaughlin, T. P. Tady, F. B. Fisher y S.W. Running. 1998. The Montana Gap Analysis Project: final report. Unpublished report. Montana Cooperative Wildlife Research Unit, the University of Montana, Missoula. Xiii + 136 pp. + appendices.
- Reid F. 1997. A field guide to the mammal of central and southeast Mexico. Oxford University Press pp.334.
- Rennard J. May 2000 <http://www.rennard.org/alife>
- Rosas-Rosas O., J. H. López Soto. 2002. Distribución y estado de conservación del jaguar en Nuevo León, México. pp. 393-402. Medellín, R. A., Equihua, C., Chetkiewics, C., Rabinowitz, A., Crawshaw, P., Rabinowitz, A, Redford, K, Robinson, J. G., Sanderson, E. y Taber, A (eds). *El jaguar en el nuevo milenio*. Fondo de Cultura Económica, México. pp. 647.

- Rosas-Rosas O., R. Valdez, L. C. Bender, D. Daniel. 2003. Food habits of pumas in northwestern Sonora, Mexico. *Wildlife Society Bulletin*. 31(2) pp. 528-235.
- Sanderson, E., C. Chetkiewicz, R. Medellín, A. Rabinowitz, K. Redford, J. Robinson y A. Taber. 2002. Un análisis geográfico del estado de conservación y distribución de los jaguares a través de su área de distribución. pp. 551-600. Medellín, R. A., Equihua, C., Chetkiewicz, C., Rabinowitz, A., Crawshaw, P., Rabinowitz, A, Redford, K, Robinson, J. G., Sanderson, E. y Taber, A (eds). *El jaguar en el nuevo milenio*. Fondo de Cultura Económica, México. pp. 647.
- Saymour, K. 1989. *Panthera onca*. *Mammalian Species* 340:1-9.
- Scott, J. M., S. Mountainspring, F. L. Ramsey y C. B. Kepler. 1986. Forest bird communities of the Hawaiian Islands: their dynamics, ecology, and conservation. *Studies in Avian Biology* No. 9. Cooper Ornithological Society, Lawrence, Kansas. pp 431.
- SEMARNAT/ I Geogr. UNAM. *Inventario Nacional Forestal 2000*. México, 2001.
- Shaw, H. 1994. *Soul among lions, the cougar as a peaceful adversary*. The University of Arizona Press, USA. 1–140.
- Stauffer. D.F. 2002. Linking populations and habitats: Where have we been? Where are we going? En Scott. M. P.J. Heglund y M.L. Morrison. (eds). *Predicting species occurrences issues of accuracy and scale*. Island press 936 pp.
- Stockwell, D. R. B. 1999. Genetic algorithms II. . 123-144. *En*: Fielding, A.H. (ed.), *Machine Learning Methods for Ecological Applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston,
- Stockwell, D. R. B. y I. R. Noble. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of analysis. *Mathematics and Computer in Simulation* 33:385-390.
- Stockwell, D. y D. Peters. 1999. The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* 13:143-158.

- Torres Colín, R. 2004. Tipos de vegetación. pp. 105-117. *En*: A. J. García Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds. y coords.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund. México. pp. 605.
- Trejo, I. 2004. Clima. Pp 67-85. *En*: A. J. García Mendoza., M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds. y coords.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund. México. pp. 605.
- Valdez R; A. Martínez-Mendoza; Rosas-Rosas Octavio. 2002 Componentes históricos y actuales del hábitat del jaguar en el noroeste de Sonora. pp. 367-378. Medellín, R. A., Equihua, C., Chetkiewics, C., Rabinowitz, A., Crawshaw, P., Rabinowitz, A, Redford, K, Robinson, J. G., Sanderson, E. y Taber, A (eds). El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica, México. pp. 647.
- Valenzuela C, R y M. F. Baumgardner. 1990. Selection of appropriate cell sizes for thematic maps. *ITC Journal*. 3:219-224
- Villa R., B. y F. A. Cervantes. 2002. Los mamíferos de México. Ibero América S.A. de C.V., México. pp. 140
- Wadsworth R. y J. Treweek. 1999. *Geographical Information Systems: An introduction*. Longman, Harlow.
- Wozencraft C. 2005. Order Carnivora. pp 544-545. *En* Wilson D y D. Reeder. *Mammal Species of the World. A taxonomic and geographic reference*. John Hopkins University Press. Pp 743.