



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

Distribución y estado de conservación del jaguar  
(*Panthera onca*) en San Luís Potosí, México.

JORGE AGUSTÍN VILLORDO GALVÁN

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO  
2009

La presente tesis titulada **DISTRIBUCIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL JAGUAR (*PANTHERA ONCA*) EN SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO** realizada por el alumno **JORGE AGUSTÍN VILLORDO GALVÁN** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

DR. OCTAVIO CÉSAR ROSAS ROSAS



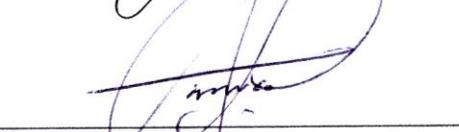
ASESOR

DR. FERNANDO CLEMENTE SÁNCHEZ



ASESOR

DR. JUAN FELIPE MARTÍNEZ MONTOYA



ASESOR

DR. LUIS ANTONIO TARANGO ARÁMBULA



ASESOR

DR. GERMÁN D. MENDOZA MARTÍNEZ



Montecillo, Texcoco, México, 21 de Agosto de 2009

# DISTRIBUCIÓN Y ESTADO DE CONSERVACION DEL JAGUAR (*PANTHERA ONCA*) EN SAN LUIS POTOSI, MEXICO

Jorge Agustín Villordo Galván, M en C.

Colegio de Postgraduados, 2009

El jaguar (*Panthera onca*) ha desaparecido de su distribución original en México debido a la cacería furtiva, la disminución de sus presas y la pérdida de hábitat. En el estado de San Luis Potosí (SLP) no se habían realizado trabajos recientes para determinar su distribución y estado de conservación desde el de Dalquest en 1953. Se realizaron 22 visitas a campo, entrevistas y localización de registros en 42 comunidades y ejidos dentro de 27 municipios de la zona Media y zona Huasteca de SLP durante Mayo 2006 a Marzo 2008. Se obtuvieron 34 registros de jaguar, 28 considerados actuales y 6 históricos, 27 fueron Clase I, 7 Clase II. Los registros de jaguares se encontraron asociados a bosque de encino (31.3 %), selva baja caducifolia (28.1%), bosque mesófilo de montaña (12.5 %), selva mediana (12.5 %), matorral submontano (9.4%), bosque de pino-encino (3.1%) y borde de caña de azúcar con selva mediana (3.1%). Los registros se ubicaron desde los 150 a 2400 msnm. Se documentó la presencia de una base de presas diversa y la existencia de otras cuatro especies de felinos. Se elaboró un mapa de distribución del jaguar asociado al hábitat disponible y se estimaron las hectáreas de hábitat perdido de 1970 a 2000. La distribución geográfica del jaguar en SLP está comprendida al norte ( $22^{\circ}30'$ ) en el Municipio de El Naranjo, al Sur ( $21^{\circ}24'$ ) Municipio de Xilitla, al Este ( $98^{\circ}54'$ ) en el Municipio de Cd. Valles y Oeste ( $99^{\circ}34'$ ) en el Municipio de Rayón. Su distribución comprende la Sierra Madre Oriental dentro de la subprovincia de la Gran Sierra Plegada, Carso Huasteco y Sierra del Abra Tanchipa. Se generó un mapa de hábitat potencial con valores de probabilidad entre 0 y 100 por ciento, que expresan el valor de idoneidad del hábitat para la especie en función de las variables ambientales consideradas en el modelo MaxEnt. Dado el número de registros obtenidos y debido a que aún existe hábitat suficiente para mantener una población residente de jaguar, la Sierra Madre Oriental dentro de SLP debería ser considerada como sitio prioritario para la conservación del jaguar a largo plazo.

Palabras clave: Distribución, Jaguar, San Luis Potosí, México.

PRESENT STATUS OF THE JAGUAR (*PANTHERA ONCA*) IN SAN LUIS POTOSÍ,  
MÉXICO.

Jorge Agustín Villordo Galván, M en C.

Colegio de Postgraduados, 2009

The range of the jaguar (*Panthera onca*) in Mexico has decreased due to illegal hunting, loss of prey, and loss of habitat. No surveys of jaguar presence have been conducted in San Luis Potosi (SLP) since 1953 despite potentially suitable habitat in the Sierra Madre Oriental. We conducted 22 field surveys, including interviews of local officials, residents, landowners, and hunters from 42 communities, and track surveys in the area around each location of a jaguar record in the Huasteca Region of the Sierra Madre Oriental of SLP from May 2006 to March 2008. We obtained 28 recent records comprising a minimum of 12 individual jaguars and 6 historic records of jaguars. Of them, 27 records were Class I and 7 Class II for a total of 34. Jaguar presence was recorded in oak forest (31.1% of records), tropical deciduous forest (28.1%), cloud forest (12.5%), tropical forest (12.5%), piedmont scrub (9.4%), pine-oak forest (3.1%), and along a border between a sugar cane plantation and tropical forest (3.1%). Locations of the records ranged from 150 to 2,400 m in elevation. The geographical distribution of jaguar in SLP ranged from 21°52' to 22°30' in latitude and from 99°34' to 99°10' in longitude, and was primarily associated with the Gran Sierra Plegada sub-province of the Sierra Madre Oriental and the Sierra del Abra Tanchipa. We built a potential habitat map using MaxEnt model which produces a modeled species distribution with relative probabilities of occurrence between 0 and 100. These values represent the ideal habitat for the specie according to the environmental and climatological variables considered for the analysis. Given the number of records found and quality of the remaining habitat, the Sierra Madre Oriental in SLP should be considered as a high priority for long-term jaguar conservation in Mexico.

Key words: Distribution, Jaguar, San Luis Potosí, México.

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A mis padres por todos sus sacrificios, esfuerzos y consejos. Por su apoyo incondicional para lograr mis metas y objetivos, por ser mi guía y ejemplo y por siempre creer en mí. Gracias Mamá por tus valores y por enseñarme a ser un buen ser humano. Gracias Papá por inculcarme desde pequeño el respeto y amor por la naturaleza.

A mi hermana por ser mi amiga, por lo que compartimos, su compañía y razón por ser mejor cada día.

A mi familia por todo el apoyo que siempre me han brindado a lo largo de mi vida personal y estudiantil.

A mis maestros por su dedicación y entrega a formar profesionistas entregados a su carrera.

A mis compañeros de postgrado por lo que compartimos y aprendimos a lo largo del camino. A mis amigos, por formar parte de este proyecto de vida.

A Almudena por su amor, apoyo y paciencia.

A CONACYT por otorgar la beca de postgrado la cual significó un apoyo invaluable para la realización de este trabajo de investigación

Al Dr. Manuel David Sánchez Hermosillo de la Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos (SEDARH) del gobierno de San Luis Potosí especialmente por su apoyo, interés y preocupación por la conservación de los recursos naturales de México.

Al programa de conservación del jaguar de la Wildlife Conservation Society (WCS)

A todos ustedes ¡Muchas Gracias!

*I Believe in God, only I Spell It..... NATURE!!!*

Frank Lloyd Wright (1869-1959)

## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
3.1	OBJETIVO GENERAL	14
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<b>4</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>15</b>
5.1	ÁREA DE ESTUDIO	15
5.1.1	CLIMA	18
5.1.2	VEGETACIÓN	20
5.1.3	FAUNA	24
5.1.4	GRUPOS ÉTNICOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	24
5.2	LOCALIZACIÓN DE SITIOS GEOGRÁFICOS CON PRESENCIA DE JAGUAR	26
5.3	REGISTRO DE PRESAS POTENCIALES	28
5.4	REGISTRO DE DAÑO AL GANADO	28
5.5	ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE COBERTURA FORESTAL	29
5.6	MODELO ESPACIAL DE LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL JAGUAR.	29
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>33</b>
6.1	DISTRIBUCIÓN DEL JAGUAR EN SLP	33
6.2	PRESAS POTENCIALES	37
6.3	DEPREDACIÓN SOBRE GANADO DOMÉSTICO	39
6.4	HÁBITAT PERDIDO	40
6.5	HÁBITAT POTENCIAL DEL JAGUAR	43
<b>7</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>60</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>66</b>
<b>9</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>67</b>

## **10 APÉNDICES**

---

**73**

**A. FORMATO DE ENTREVISTA**

**73**

**B. FORMATO DE CAMPO**

**74**

**C. REGISTROS FOTOGRÁFICOS**

**76**

**D. PRESAS POTENCIALES**

**79**

**E. OTRAS ESPECIES DE FELINOS**

**83**

## LISTA DE FIGURAS, TABLAS, MAPAS, GRÁFICAS E IMÁGENES

		Página
Figura 1.	Distribución histórica del jaguar en México	5
Figura 2.	Distribución actual del jaguar en México	6
Figura 3.	Hábitat potencial de jaguar en México	9
Figura 4.	Tipos de climas en San Luis Potosí	19
Figura 5.	Tipos de vegetación en San Luis Potosí	23
Tabla 1.	Tipos de vegetación en la Huasteca Potosina	22
Tabla 2.	Coberturas temáticas análisis MaxEnt	31
Tabla 3.	Registros de jaguar	35
Tabla 4.	Número de observaciones de presas del jaguar	37
Tabla 5.	Localización de 56 presas potenciales	38
Tabla 6.	Contribuciones porcentuales de las variables (Modelo 2)	47
Mapa 1.	Área de estudio	17
Mapa 2.	Distribución geográfica del jaguar en San Luis Potosí	36
Mapa 3.	Hábitat perdido en San Luis Potosí	41
Mapa 4.	Hábitat disponible en San Luis Potosí	42
Mapa 5.	Distribución Potencial del jaguar en SLP (Modelo 1)	44
Mapa 6.	Distribución Potencial del jaguar en SLP (Modelo 2)	49
Mapa 7.	Comparación de los modelos	50
Gráfica 1.	Porcentaje de registros de jaguar por tipo de vegetación	35
Gráfica 2.	Gráfica que muestra la curva ROC y el AUC (Modelo 1)	47
Gráfica 3.	Gráfica que muestra las curvas ROC y la AUC (Modelo 2)	51
Gráfica 4.	Estimación de variables importantes; corrida de entrenamiento (Modelo2)	54
Gráfica 5.	Estimación de variables importantes; corrida de prueba (Modelo 2)	56

Gráfica 6.	Estimación de variables importantes; AUC (Modelo2)	59
Imagen 1.	Familia de Nahuas	25
Imagen 2.	Depredación confirmada de jaguar	39
Imagen 3.	Valores del Modelo 1 de hábitat potencial (26 registros)	44
Imagen 4.	Valores del Modelo 2 de hábitat potencial (61 registros)	45
Imagen 5.	Jaguar hembra fotografiada en la Reserva del Abra Tanchipa	76
Imagen 6.	Jaguar macho fotografiado en el Municipio de Xilitla	76
Imagen 7.	Jaguar macho fotografiado en el Municipio de Tamasopo	77
Imagen 8.	Piel de jaguar macho	77
Imagen 9.	Piel de jaguar hembra	78
Imagen 10	Jaguar hembra cazado	78
Imagen 11	Venado Cola Blanca	79
Imagen 12	Venado Temazate	79
Imagen 13	Pecarí de collar	80
Imagen 14	Armadillo	80
Imagen 15	Coatí	81
Imagen 16	Tuza Real	81
Imagen 17	Ocofaisán	82
Imagen 18	Pavo cojolite	82
Imagen 19	Puma o León de Montaña	83
Imagen 20	Ocelote	83
Imagen 21	Tigrillo o Margay	84
Imagen 22	Jaguarundi	84

# 1 INTRODUCCIÓN

El jaguar (*Panthera onca*) es una especie enlistada en peligro de extinción en México desde 1987 y además una especie prioritaria a conservar (SEMARNAT 2002). Su rango de distribución original comprendía desde el sur de los Estados Unidos en Arizona, Nuevo México, y el sureste de Texas, sin embargo, debido a la fragmentación del hábitat y la cacería ilegal, su rango se redujo hasta su desaparición a principios de 1800's (Swank and Teer 1989). Actualmente, el jaguar se distribuye en el norte de México en la Sierra Madre Occidental y en la Sierra Madre Oriental (Martínez-Mendoza 2000, Sanderson *et al.*, 2002). La Sierra Madre Occidental se considera como una región para la conservación del jaguar a largo plazo (Sanderson *et al.*, 2002), en contraste, la Sierra Madre Oriental no ha sido considerada como tal (Sanderson *et al.*, 2002). En la Sierra Madre Oriental se han reportado registros de jaguar en los estados de Querétaro (Téllez-Girón and López-Forment, 1995), Tamaulipas (Hall 1981) y Nuevo León (Rosas-Rosas and López-Soto 2002). Los jaguares habitan diversas comunidades vegetales, desde los bosques tropicales siempre verdes, deciduos y secos, hasta matorrales espinosos, manglares y áreas desérticas (Leopold, 1983; Seymour 1989). Su presencia se relaciona con una cobertura vegetal densa, base de presas abundante y agua disponible (Rabinowitz y Nottingham, 1986; Tewes y Schmidly, 1987).

Los grandes felinos impactan de manera importante los ecosistemas debido a sus requerimientos ecológicos, su presencia se ha considerado como un indicador de la integridad ecológica de los mismos y pueden ser un indicativo de una red trófica relativamente intacta (Ortega 2005). Esto debido a que requieren de grandes extensiones de terreno con factores ambientales adecuados, como buena abundancia de presas, buen estado de conservación del hábitat. Los grandes felinos además regulan las poblaciones de sus presas eliminando ejemplares viejos o enfermos manteniendo así el equilibrio y salud del ecosistema (Seymour 1989). Un aspecto importante en conservar el jaguar radica en que ésta es una especie focal la cual puede ser utilizada para planear y manejar reservas o áreas con gran diversidad biológica debido a que sus necesidades de sobrevivencia representan importantes factores para mantener condiciones ecológicamente sanas.

Las especies focales se dividen en cuatro categorías: “especies sombrilla”, “especies indicadoras”, “especies emblemáticas” y “especies clave”. Al proteger áreas con los recursos necesarios para asegurar la permanencia de las poblaciones de jaguares, muchas otras especies que tienen áreas de distribución más restringida, también se benefician (Miller y Rabinowitz 2002).

Los jaguares son relativamente flexibles en sus hábitos de alimentación y uso del hábitat, generalmente, prefieren presas grandes que les den mayor energía con un menor esfuerzo de caza (Seymour 1989). Su potencial reproductivo es relativamente bajo y dependen de la cobertura forestal y de la disponibilidad de agua durante todo el año (Seymour 1989), lo que los hace especialmente sensibles a presiones de cacería y cambios en el paisaje que modifican la cobertura forestal, la abundancia de presas y la disponibilidad de agua (Miller y Rabinowitz 2002). De acuerdo a Soulé y Noss (1998) la pérdida del jaguar en un ecosistema ocasiona un cambio en el mismo, sin grandes depredadores como el jaguar el ecosistema pierde la capacidad de mantener una comunidad de organismos, cuya disposición de especies, diversidad y organización funcional sean comparables con sus hábitats naturales (Parrish *et al.*, 2003).

Los jaguares son importantes ecológicamente ya que afectan directa o indirectamente a la comunidad de sus presas eliminando ejemplares viejos o enfermos, estos cambios en la comunidad de presas pueden tener influencia en la dinámica y estructura del bosque. Cuando se afecta la comunidad de depredadores se afecta al ecosistema como un todo y cualquier disturbio al ecosistema afecta directamente a los depredadores ya que por ser una especie de gran tamaño requiere grandes extensiones de terreno para mantenerse en población viable (Hoogsteijn 2002; Núñez *et al.*, 2002).

Aún con los estudios realizados, se conoce poco sobre la biología del jaguar. Su distribución actual ha sido severamente reducida y la mayoría de las poblaciones más grandes se localizan en lugares remotos y de difícil acceso para realizar investigaciones, lo cual afecta la logística para el buen desarrollo y éxito de este tipo de estudios (Miller y Rabinowitz 2002).

Se ha visto que la pérdida de hábitat (pérdida de cobertura forestal) y la cacería furtiva o de subsistencia, son las principales actividades que influyen de forma negativa sobre la conservación de la fauna (Ceballos y Chávez 2005).

La cacería de subsistencia es una actividad importante en muchas áreas rurales del mundo y algunos pueblos dependen exclusivamente de la proteína que obtienen de animales silvestres, mientras que otros solo la complementan (Escamilla 2000). El ser humano por naturaleza es competidor de recursos y debido a que en la cacería de subsistencia muchas de las principales presas del jaguar son aprovechadas, esto representa un factor más en contra de la conservación de la especie (Ceballos y Chávez 2005).

En Marzo de 1999 la Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre (WCS por sus siglas en inglés) organizó el taller “el Jaguar en el Nuevo Milenio”, reuniendo a 30 expertos. El objetivo de este taller fue realizar una estimación del estado de conservación actual del jaguar con base en la experiencia de expertos y datos compilados de la especie. Durante el desarrollo del mismo, se asignaron cinco categorías con respecto al conocimiento que se tiene de la especie a partir de estudios realizados:

1. Áreas desconocidas
2. Áreas conocidas pero que ya no son ocupadas por jaguares
3. Áreas conocidas y que están ocupadas por jaguares:
  - a. Áreas de probabilidad alta de sobrevivencia a largo plazo
  - b. Áreas de probabilidad media de sobrevivencia a largo plazo
  - c. Áreas de probabilidad baja de sobrevivencia a largo plazo

Estas decisiones se basaron en el grado de conocimiento que existe sobre el jaguar en cada área, los puntos de observación de jaguares, el área de su distribución aproximada y datos de la regiones geográficas del jaguar, así como en el conocimiento y experiencia de los expertos en las diferentes áreas (Sanderson *et al.*, 2002).

Una tarea fundamental en la conservación la fauna en riesgo es determinar las áreas prioritarias para la conservación de la especie. Esta selección de áreas debe basarse en factores como la presencia de poblaciones y el hábitat adecuado de las especies así como en el nivel de amenaza de esas áreas por actividades antropogénicas (Chávez *et al.*, 2005).

San Luis Potosí ha sido considerado como Área de Prioridad III las cuales son áreas donde se han presentado registros ocasionales de jaguar o bien en los que el hábitat ha sido modificado de manera tal que sus poblaciones se encuentran en grave riesgo de desaparecer (Chávez y Ceballos 2005).

La región de la Sierra Madre Oriental del estado de San Luis Potosí fue definida como Área de Probabilidad de Supervivencia Media de la especie a largo plazo. Esta definición se basó en reportes esporádicos y sin análisis de fondo, situándola aislada de otros lugares con distribución de jaguar, por lo que es necesario generar información que actualice o confirme esta categoría.

El estado de San Luis Potosí se localiza entre los estados de Tamaulipas, Nuevo León y Querétaro, lugares donde se han realizado estudios y se tienen registros de la presencia de la especie. Sin embargo, no se han realizado estudios específicos de jaguar en el Estado en donde las autoridades estatales mencionan la presencia del jaguar debido a reportes por avistamientos y daños al ganado, y además se han registrado pieles con taxidermistas y cazadores locales.

A fin de conservar los recursos naturales del Estado, es vital enfocar los esfuerzos hacia proponer alternativas de aprovechamiento, como el establecimiento de programas basados en el manejo sustentable de los recursos naturales como por ejemplo las UMAs (Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre) con el fin de manejar adecuadamente los recursos de la zona asegurando así la conservación de la biodiversidad del Estado.

Los manejadores de los recursos naturales y tomadores de decisiones, requieren información precisa y actual de la ocurrencia, tamaño y viabilidad de las poblaciones de vida silvestre lo cual es difícil para especies crípticas en bajas densidades y sobre grandes áreas (Linkie 2006).

El presente estudio contribuirá a delimitar la distribución actual y estado de conservación del jaguar identificando las principales amenazas para su conservación a largo plazo en el estado de San Luis Potosí. Particularmente en éste Estado no se han desarrollado acciones de conservación para el jaguar ni tampoco se ha tomado en cuenta la importancia de contar con un corredor biológico natural que proporcione una conectividad de hábitat disponible para la especie entre los Estados vecinos. Esta conectividad podría asegurar la existencia de una población residente de jaguar capaz de mantenerse a largo plazo.

Es importante también determinar si existe la diversidad de presas necesarias que pudieran estar disponibles y ser consumidas por el jaguar. Este trabajo de investigación será la base para otros proyectos relacionados con el jaguar y su hábitat que sirva como base para la planeación de estrategias de conservación en áreas prioritarias.

## 2 ANTECEDENTES

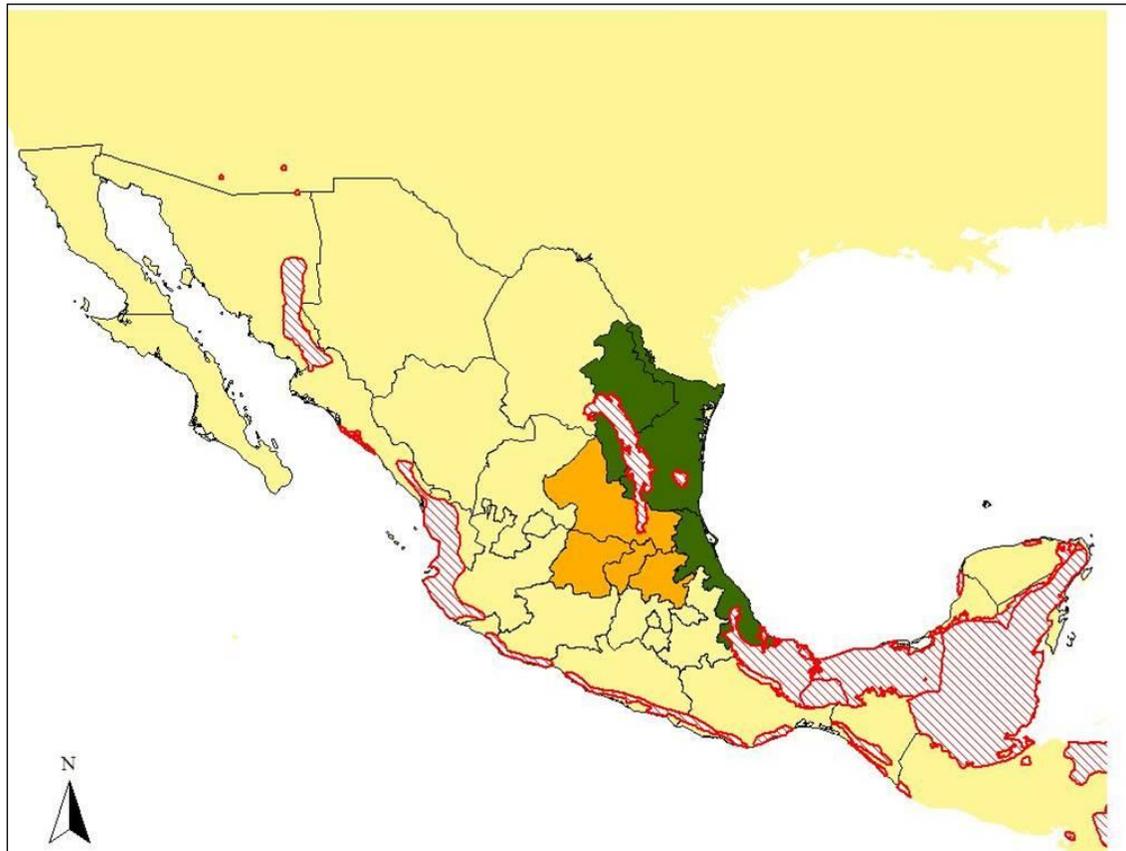
La distribución histórica del jaguar en México incluía regiones tropicales y subtropicales, desde Sonora y Tamaulipas, siguiendo las planicies costeras del Golfo y Pacífico hasta la Península de Yucatán y Chiapas, respectivamente (Figura 1), extendiéndose al centro del país en la cuenca del Río Balsas hasta el Estado de México (Ceballos y Chávez 2005).



**Figura 1.** Distribución histórica del jaguar en México tomado de Chávez y Ceballos (2005).

La distribución histórica del jaguar se ha reducido y se desconoce con exactitud su distribución actual en algunas regiones (Chávez y Ceballos 2005). Algunos estudios han estimado la distribución de ésta especie a nivel regional (Figura 2) como es el caso para la Sierra de Tamaulipas (Ortega-Huerta y Medley, 1999), Nuevo León (Rosas- Rosas y López-Soto, 2002), noroeste del país (López-González y Brown, 2002), noreste de Sonora (Valdez *et al.*, 2002) y Querétaro (Ortega-Urrieta 2005; Ramírez-Bravo 2007).

Los resultados de estos trabajos indican que la distribución del jaguar se ha reducido como resultado de actividades humanas por los cambios de uso de suelo que generan la destrucción de su hábitat (Chávez y Ceballos 2005).



**Figura 2.** Distribución actual del jaguar (rayado rojo) tomado de la Wildlife Conservation Society (WCS), modificado por Ramírez-Bravo (2007)

Por medio de entrevistas y algunas visitas de campo, Swank y Teer (1989) evaluaron la distribución del jaguar concluyendo que el jaguar ha perdido 66% de su distribución original. En lo que respecta a la Sierra Madre Oriental tan solo se han realizado estudios en Nuevo León (Rosas-Rosas y López Soto 2002) y Querétaro (Ortega-Urrieta 2005; Ramírez-Bravo 2007), mientras que en el estado de San Luis Potosí no se había realizado ningún trabajo relacionado con la distribución actual y estado de conservación del jaguar.

Dalquest (1953) y Leyequien y Balvanera (2007) mencionan algunos registros de la especie para el estado de San Luis Potosí y más al sur, en el estado de Querétaro se tienen confirmados algunos registros (Téllez-Girón y López-Forment, 1995; Ortega 2005).

La distribución y uso de hábitat de los felinos han sido estudiados a través de varias técnicas de muestreo tales como: radio-telemetría, estaciones olfativas, trampeo fotográfico, rastros, entrevistas, entre otros (Rabinowitz y Nottingham 1986; Aranda 1998; Rosas-Rosas y López-Soto 2002; Monroy *et al.*, 2005, López-González y Brown 2002, Navarro-Serment, *et al.*, 2005, Núñez, 2006; Azuara, *et al.*, 2007).

El uso de cámaras fotográficas con un sensor de movimiento o de calor para evaluar la presencia y abundancia de jaguares y otros mamíferos es una herramienta de uso relativamente reciente (Karanth y Nichols, 1998). Muchos estudios con fauna silvestre han utilizado el foto trampeo ya que éste tipo de herramientas son útiles para estudiar especies raras o de difícil observación, que presentan conductas crípticas y elusivas (Ceballos y Chávez 2005). En felinos esta técnica ha sido muy utilizada para estimar el tamaño poblacional y densidad de especies como los tigres (Carbone *et al.*, 2001; Karanth y Nichols, 1998). En Sonora, Jalisco, Calakmul, Campeche y Chiapas (Azuara, 2007; Ceballos *et al.*, 2005; Rosas-Rosas 2006; López-González y Brown, 2002; Núñez *et al.*, 2000) ha sido utilizado para estimar la abundancia del jaguar y sus presas.

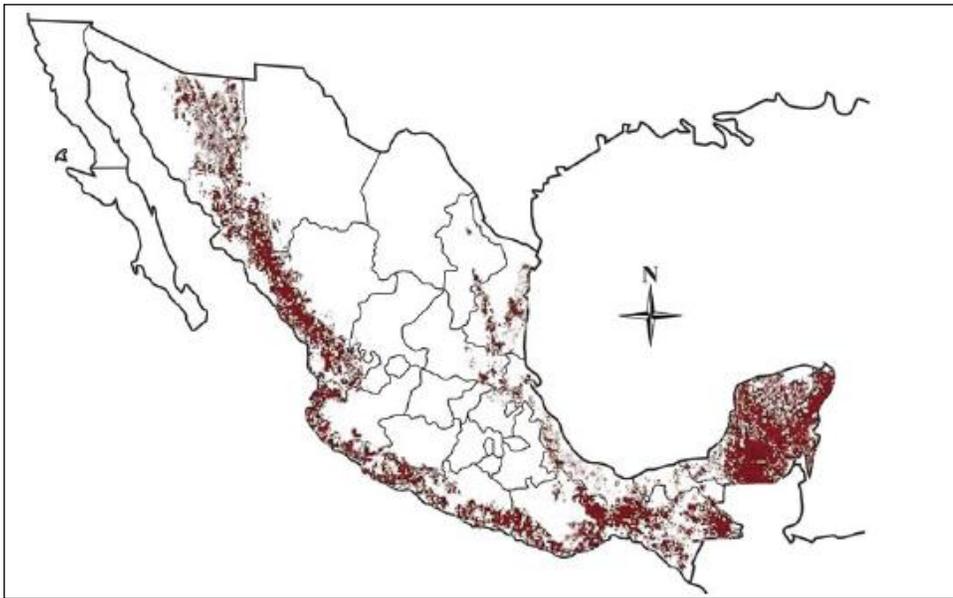
El área de distribución de las especies está influida por la selección de hábitat; dicha selección se basa en atributos medioambientales, físicos y químicos, la disponibilidad de alimento, interacciones ecológicas. Los organismos son capaces de seleccionar hábitats de acuerdo a sus necesidades y a las características del mismo, para su sobrevivencia y éxito reproductivo (Ortega, 2005). Por ejemplo, Rosas-Rosas *et al.*, 2008 reporta que la dieta del jaguar se compone principalmente de ganado y otros mamíferos medianos, menciona que los jaguares en Sonora seleccionan el hábitat en base a la disponibilidad y abundancia de presas, no obstante que el hábitat donde se distribuye el jaguar en Sonora no presenta las características ideales a las reportadas por otros autores con hábitats considerados óptimos.

Para disminuir el efecto de la fragmentación de los hábitats, se han propuesto estrategias de conservación, como lo son los corredores biológicos y el establecimiento de reservas (Ortega 2005). Para realizar estos diseños, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han sido una herramienta muy importante ya que permiten modelar las relaciones entre el hábitat y la fauna silvestre a nivel espacial (Clarck *et al.*, 1993, Corsi *et al.*, 2000). Los SIG son importantes para estimar la distribución de especies e identificar las variables ambientales que la determinan (Rodríguez-Estrella y Bojórquez-Tapia, 2004). El modelaje de hábitats es clave para entender la ecología de una especie y para la toma de decisiones de manejo (Gross *et al.*, 2002). Para predecir la distribución potencial de las especies se han desarrollado modelos con diferencias en los algoritmos estadísticos utilizados y en los requerimientos de datos de ocurrencia de las especies; sin embargo, todos los modelos generan predicciones en un espacio ecológico multidimensional.

Los modelos de distribución de especies, no predicen la ocurrencia geográfica de ellas como tal, sino que generan una probabilidad espacial (normalmente binaria) que representa lo idóneo del hábitat en el hiperespacio ecológico después de tomar en cuenta algunas restricciones específicas, incluyendo interacciones entre variables (Herkt 2007). El modelar distribuciones geográficas de las especies es un problema crítico en la biología de la conservación ya que para salvar una especie amenazada es necesario conocer los sitios donde la especie vive y obtiene sus requerimientos ecológicos para su supervivencia. La distribución potencial describe las condiciones adecuadas para la sobrevivencia de las especies (Phillips *et al.*, 2006).

Con el fin de determinar la posible distribución actual del jaguar se han elaborado modelos predictivos de distribución con el algoritmo genérico GARP (Figura 3) (Chávez y Ceballos 2005; Ramírez-Bravo 2007) utilizando registros de la especie de 1990 a 2005 y un conjunto de variables ambientales como tipo de vegetación, topografía, clima, temperatura y precipitación. Los registros se obtuvieron de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), registros en colecciones científicas y registros publicados y no publicados de especialistas (Ceballos y Chávez 2005).

La distribución probable del jaguar en México incluye una porción de la distribución histórica, desde Sonora y Tamaulipas hasta la Península de Yucatán y Chiapas. Hay registros recientes en los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Estado de México, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco, Querétaro y Tamaulipas (Faller *et al.*, 2005; López-González y Brown, 2002; Monroy, *et al.*, 2005; Ortega-Huerta y Medley, 1999; Rosas-Rosas y López-Soto, 2002; Valdez *et al.*, 2002).



**Figura 3.** Hábitat potencial de jaguar (Análisis GARP) tomado de Ceballos y Chávez (2005)

Phillips *et al.*, (2006) compararon MaxEnt y GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Prediction, [www.lifemapper.org/desktopgarp](http://www.lifemapper.org/desktopgarp), Stockwell y Peters, 1999) para determinar la distribución de algunas aves de Norteamérica. Los resultados de esta comparación sugieren que al utilizar MaxEnt para modelar distribuciones de especies, a menudo se obtienen mejores resultados en experimentos controlados comparado con GARP.

Para modelar la distribución de una especie, los sitios de ocurrencia funcionan como muestras, la región geográfica de interés es el espacio donde se define la distribución y las características son las variables ambientales (Phillips *et al.*, 2006).

MaxEnt predice la distribución potencial de una especie estimando la probabilidad de distribución de máxima entropía a lo largo de una región específica sujeta a un grupo de limitaciones que representan la falta de información (falta de datos de ausencia) de la distribución pretendida. Como otros modelos construidos solo con datos de presencias, la distribución predicha describe lo idóneo del espacio ecológico (ambiental y climatológico) que es luego proyectado al espacio geográfico revelando una predicción de la distribución geográfica del taxón de interés (Phillips *et al.*, 2006).

MaxEnt no requiere de datos de ausencia para modelar la distribución de una especie, en su lugar, la distribución es definida utilizando datos de presencias extrapolando la distribución a todos los píxeles del área de estudio. MaxEnt presenta las siguientes ventajas: 1) la habilidad de usar datos continuos y categóricos, 2) modelar interacciones entre variables, 3) el uso de algoritmos numéricos eficientes para reunir una distribución de probabilidad óptima, 4) salidas continuas que permiten distinguir viabilidad de las diferentes áreas modeladas (Phillips *et al.*, 2006). Además de predecir la disponibilidad de hábitat para especies raras (Giovanelli *et al.*, 2008), los modelos MaxEnt han sido utilizados para evaluar los efectos de especies invasivas y cambios climáticos (Hijmans 2006) en la distribución de especies (Bartel 2008).

Se han realizado varios esfuerzos en diferentes regiones de México y otros países para determinar las principales causas en la disminución del área de distribución original de grandes carnívoros, así como la implementación de métodos para evaluar la selección, preferencia y cualidades del hábitat que benefician la presencia de estas especies. Por ejemplo Perovic y Herrán (1998) realizaron una actualización sobre la distribución actual del jaguar en las Provincias de Jujuy y Salta (extremo noroeste de Argentina) considerando la relación entre la presencia del jaguar y el desarrollo de la ganadería extensiva. A partir del año 1990, ellos obtuvieron un total de 196 registros con presencia de jaguar obtenidos con trabajo de campo y entrevistas. La superficie actual de distribución de jaguar en las provincias de Jujuy y Salta es de aproximadamente 22.725km<sup>2</sup> de los cuales, se encuentran protegidos solo 1480 km<sup>2</sup>.

En Chiapas se determinó la distribución y abundancia del jaguar verificando la presencia de la especie en 16 localidades donde se eligieron dos áreas para estimar su abundancia (Aranda 1996). De estas 16 localidades, solo 12 se localizaron en área potencial de distribución. En cada localidad se entrevistó a los pobladores locales, así como recorridos a pie, a caballo y en lancha. Los registros válidos de jaguar fueron la observación directa de animales vivos en libertad, observación de huellas y restos de individuos cazados recientemente. En este trabajo el área de distribución propuesta fue de 8,800km<sup>2</sup> divididos en 4 regiones (Selva Lacandona, Sierra Madre de Chiapas, Selva del Ocote, Manglares) y se estimó una densidad de un jaguar por cada 23-35km<sup>2</sup> en la Selva Lacandona. La situación mas crítica para el jaguar posiblemente sea la Sierra Madre de Chiapas y zona costera ya que las poblaciones están aisladas y reducidas y debido a lo estrecho de la sierra, pueden fraccionarse con facilidad, por lo que los jaguares podrían desaparecer a corto o mediano plazo (Aranda 1996).

Ortega-Urrieta (2005) realizó en el estado de Querétaro un estudio similar sobre la ecología espacial de puma y jaguar. A partir de rastros y evidencias fotográficas se describió el uso de hábitat de éstos felinos. El análisis de uso de hábitat mostró que el jaguar selecciona áreas con altitudes de 1200 a 1500 msnm en temporada de secas y bosque de encino con vegetación secundaria; ambas especies seleccionan áreas con pendientes de 0 a 14 grados. Navarro-Serment *et al.*, (2005) reportan, que las áreas extensas cubiertas por Selva Baja Caducifolia son importantes para la conservación del jaguar en Sinaloa.

Ceballos y Chávez (2005) en un estudio realizado en Calakmul concluyeron, que la diversidad de hábitat usado y el área de actividad son menor en la época de secas, ya que los jaguares tienden a concentrarse en los lugares con disponibilidad de agua, en donde también se concentran sus presas. En la época de lluvias utilizan áreas de mayor extensión ya que disponen de agua en abundancia y sus presas también se dispersan en extensiones mayores.

En Arizona y Nuevo México E.U.A., Hatten *et al.*, (2005), caracterizaron el hábitat potencial de jaguar empleando un SIG mediante avistamientos históricos y características de hábitat importantes como biomas y tipos de vegetación, elevación, características del terreno, proximidad a los cuerpos de agua y densidad humana. Ellos determinaron que los pastizales son el hábitat potencial de mayor importancia, además de zonas con elevaciones entre 1,220 - 1,829 msnm y terrenos extremadamente escarpados, a menos de 10 km de distancia del agua. Encontraron además una fuerte relación entre el lugar de los avistamientos y la distancia a

fuentes de agua lo que explica mucho de sus patrones de distribución en Arizona. Las zonas ribereñas pueden proporcionar corredores naturales para jaguares además de que en ellos encuentran mayor densidad de presas y vegetación más densa. También se observó una relación entre los avistamientos y la rugosidad del terreno prefiriendo áreas más inaccesibles. El factor más importante que explica la preferencia por terreno rugoso es la abundancia de agua en las montañas del sureste de Arizona.

Similarmente, Linkie *et al.*, (2006) estimaron la viabilidad de sobrevivencia de subpoblaciones de tigres (*Panthera tigris*) en Indonesia sobre un paisaje fragmentado, mapeando la ocurrencia de los tigres mediante un SIG usando muestreos repetidos de presencia – ausencia para incorporar los datos a una función de probabilidad de detección en un modelo de regresión logística. Las variables del paisaje que influenciaron fueron después utilizadas para construir un modelo detallado de hábitat para identificar áreas núcleo. La viabilidad de cada subpoblación fue calculada bajo diferentes escenarios de manejo utilizando un análisis de viabilidad de poblaciones (AVP). Los resultados indicaron que la ocurrencia de los tigres estuvo negativamente correlacionada con la distancia a caminos públicos. Se identificaron cuatro áreas núcleo localizadas dentro del Parque Nacional Kerinci Seblat. El análisis AVP mostró que tres grandes subpoblaciones de tigres pueden ser demográficamente viables si son protegidas correctamente teniendo una conectividad entre ellas.

Carroll y Miquelle (2006) utilizaron modelos de selección de recursos y modelos espaciales de población para analizar la distribución y predecir la estructura demográfica de la población de tigre Siberiano (*Panthera tigris altaica*) para identificar políticas que mejoren la probabilidad de supervivencia de esta población estimada en menos de 600 individuos. El modelo de selección de recursos desarrollado a partir de los datos de distribución de los rastros, predijo que los tigres están presentes a menores altitudes dentro de valles bajos con presencia de pino Coreano (*Pinus koraiensis*) y poca actividad humana.

Los resultados obtenidos de los modelos espaciales de población sugieren que la distribución actual del tigre es altamente dependiente a las reservas con poco impacto humano pero sin protección adecuada y que pequeños incrementos en la mortalidad en estas áreas resultará en su fragmentación. Sus resultados sugieren que conservando hábitats núcleo y asegurando la conectividad entre estos, son factores elementales para la sobrevivencia de la especie.

Al-Johany (2007) durante 1998 al 2001 realizó muestreos en campo de hábitat potencial y poblaciones de leopardos (*Panthera pardus nimr*) en Arabia Saudita para estimar la distribución actual y estatus de la especie. Los resultados de este estudio mostraron que los leopardos han desaparecido de su distribución original en el norte de Arabia Saudita, sin embargo aun sobrevive en números razonables en Hijaz y las Montañas Sarawat, debido a la existencia de sus presas naturales como el hyrax (*Procavia capensis*) y el ibex (*Capra ibex*), que se benefician del hábitat existente en esa zona.

Los felinos que viven en áreas extensas y con suficientes recursos alimenticios y poca o ninguna influencia humana, tienden a evitar al hombre y animales domésticos (Crawshaw y Quigley 2002, Núñez *et al.*, 2002). El jaguar ha mostrado tener una gran plasticidad conductual y alimentaria, lo cual le permite vivir en ambientes con cierto grado de alteración, siempre que cuente con cobertura vegetal y presas naturales suficientes (Aranda 1996). Sin embargo, la depredación sobre animales domésticos es un problema que existe en gran parte de la distribución de estos carnívoros donde comparten el hábitat con el ganado (Odden *et al.*, 2002), a menudo como consecuencia del desequilibrio en el ecosistema local (la ausencia o disminución de las presas naturales). En muchos ranchos ganaderos la depredación de jaguares y pumas sobre el ganado puede representar un problema económico severo, lo que ocasiona que estos depredadores sean frecuentemente cazados por ser una amenaza constante para el ganado (Rosas-Rosas 2003). Este conflicto ganado-felino ha propiciado la exterminación de los carnívoros en gran parte de su distribución.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Conocer el estado de conservación del Jaguar (*Panthera onca*) en San Luís Potosí, México.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- 1.- Localizar geográficamente los sitios con presencia de jaguar en San Luís Potosí.
- 2.- Registrar la presencia de presas potenciales del jaguar presentes en el Estado.
- 3.- Registrar el daño a animales domésticos.
- 4.- Estimar la pérdida de cobertura forestal en el Estado.
- 5.- Determinar espacialmente la superficie con aptitud de hábitat potencial para la distribución del Jaguar en el Estado.

### **4 HIPOTESIS**

Ho) El estado de San Luis Potosí en la actualidad posee hábitat disponible para sostener una población del Jaguar (*Panthera onca*) con posibilidades de sobrevivencia a largo plazo.

Ha) El estado de San Luis Potosí no posee hábitat disponible para sostener una población del Jaguar (*Panthera onca*) con posibilidades de sobrevivencia a largo plazo.

## 5 MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Área de estudio

El territorio conocido como “Huasteca Potosina”, se localiza en la parte oriental del estado de San Luis Potosí; tiene como límites por el occidente la Sierra Madre Oriental y los estados de Tamaulipas al norte, Veracruz al este, e Hidalgo y Querétaro por el sur. El contorno es irregular y comprende tierras planas hasta cañones y barrancas con más del 100% de pendiente. El área se encuentra delimitada en las coordenadas geográficas 22°40’ de latitud norte, 99°40’ longitud oeste en el Municipio de Ciudad del Maíz; 22°25’ latitud norte, 98°40’ longitud oeste en el Municipio de Ebano; 21°34’ latitud norte, 99°43’ longitud oeste en el Municipio de San Ciro de Acosta y 21°08’ latitud norte, 98°50’ longitud oeste en el Municipio de Tamazunchale.

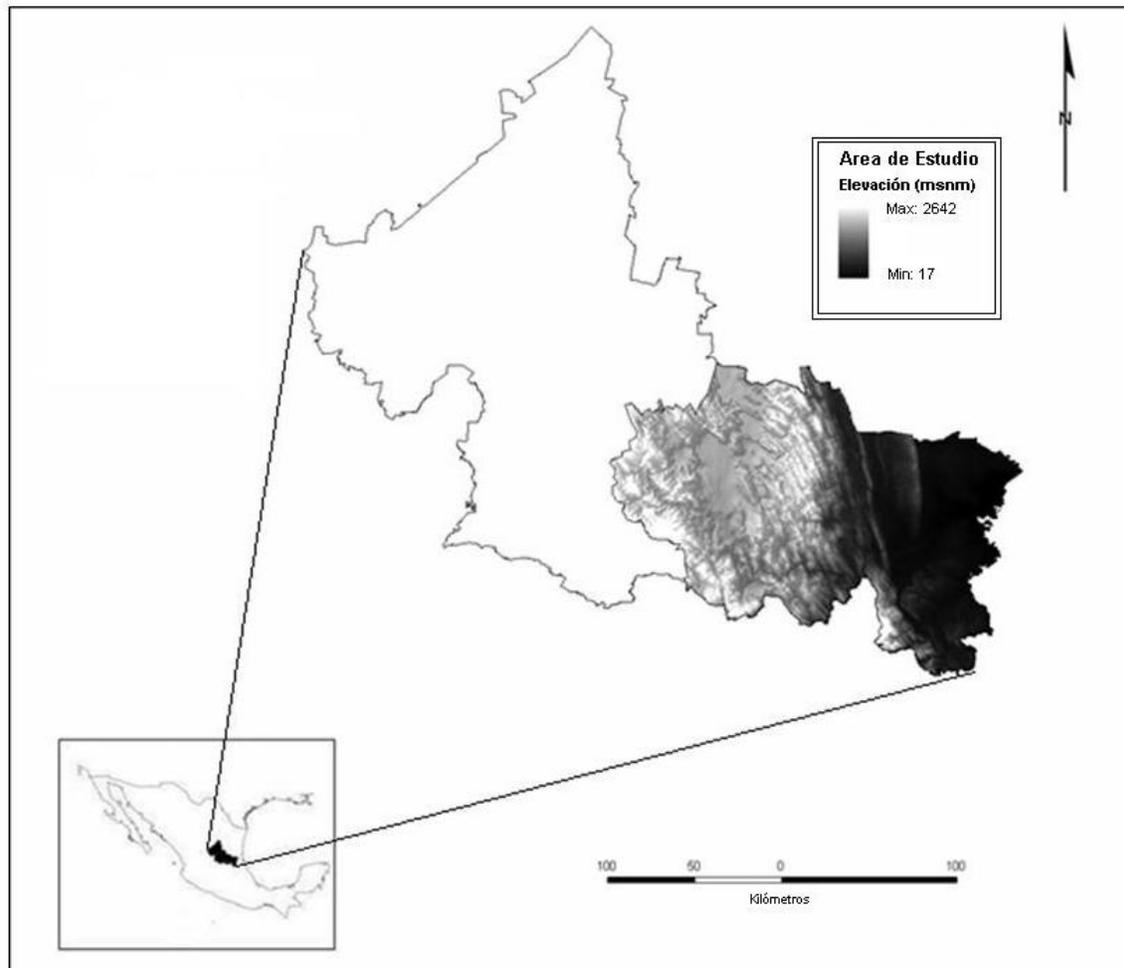
El área de estudio comprende la Huasteca Potosina y Zona Media que incluyen 32 Municipios: Ciudad del Maíz, Villa Juárez, Ríoverde, San Nicolás Tolentino, Alaquines, Cárdenas, Ciudad Fernández, San Ciro de Acosta, Lagunillas, Santa Catarina, Rayón, Xilitla, Cerritos, Aquismón, Axtla de Terrazas, Ciudad Valles, Coxcatlán, Ébano, El Naranjo, Huehuetlán, Matlapa, San Antonio, San Martín Chalchicuautla, San Vicente Tancuayalab, Tamasopo, Tamazunchale, Tampacán, Tampamolón Corona, Tamuín, Tancanhuitz de Santos, Tanlajás y Tanquián de Escobedo. Estos municipios representan aproximadamente 23,834 km<sup>2</sup> es decir, un 39 % de todo el Estado.

El área de estudio está comprendida en dos provincias fisiográficas: Sierra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo Norte; la primera se subdivide en las subprovincias Gran Sierra Plegada y la Subprovincia Carso Huasteco, a la Llanura Costera corresponde la subprovincia de llanuras y lomeríos. La altitud varía de los 10 msnm en el Municipio de San Vicente Tancuayalab hasta 2600 msnm en el Municipio de Xilitla (Mapa 1).

La Sierra Madre Oriental corre de norte a sur con formaciones que reciben los nombres de Sierra del Algodón, el Pinal, Grande, Tamasopo, Tamul, La Cuchilla, Tancanhuitz y Xilitla. Entre los municipios de Cd. Valles y El Naranjo se forman la Sierra de la Colmena y Abra de Caballeros; en la parte media, entre Valles y Tamuín, se ubican las sierras de Cucharas y Abra Tanchipa. A partir de estas dos últimas, y hacia el oriente se forman llanuras en los municipios de Tamuín, Ébano, San Vicente Tancuayalab y en la parte oriental de los municipios de Tanlajás, San Antonio, Tanquián de Escobedo y San Martín Chalchicuautla.

En esta región se generan las más importantes corrientes y caídas de agua. En el Municipio de Tamasopo, entra el Río Santa María después de recibir el caudal del Río Verde formado con los caudales de San Nicolás, Santa Catarina, Gamotes y La Manzanilla. El Río Verde se une al Río Santa María y más adelante se une al Río Gallinas para formar la Cascada de Tamul donde cambia nuevamente de nombre a Río Tampaón el cual se interna en el Municipio de Ciudad Valles en donde se le une el Río Valles formado por las corrientes de El Salto, Gatos, Micos, Grande. El Río Valles también se une con el río Tampaón en la región con el nombre de Pujal Coy y entra al Municipio de Tamuín en donde toma el nombre de Río Tamuín. Al salir de Tamuín se une con el Río Moctezuma que viene del sur del Estado y recibe los afluentes de Amajac, San Pedro, Cofradía, Tancuilin, Huichihuayán, Tancanhuitz, Axtla y Florido, entre otros para finalmente surgir con el nombre de Río Pánuco por el sur del Municipio de Ébano, internándose en Veracruz y desembocando en el Golfo de México.

Además de la cascada de Tamul existen otras cascadas importantes como son las Cascadas de Tamasopo, El Salto, El Meco, Sabinito, Minas Viejas y Micos, en el río El Naranjo y la caída Las Pozas, en el Municipio de Xilitla.



**Mapa 1.** Mapa digital de elevación mostrando el área de estudio: Zona Media, Zona Huasteca y Planicie Costera de San Luis Potosí.

### 5.1.1 Clima

En esta zona el clima es tropical lluvioso con una temperatura media anual de 26°C; y precipitación media de 700 mm. En la vertiente occidental de la Sierra Madre Oriental la precipitación alcanza los 1500mm y llega a los 1000mm entre Ébano y Tamuín. En algunas localidades de Xilitla y Tamazunchale la precipitación es superior a los 2500 mm alcanzando en ocasiones los 3000 mm anuales de precipitación (Puig 1991).

En la Subprovincia del Carso Huasteco, domina un tipo de clima semicálido húmedo (Figura 4) con lluvias abundantes en verano presentando una vegetación dominante de bosques de encino, encino-pino, selva alta perennifolia y baja caducifolia.

En la Subprovincia de la Gran Sierra Plegada convergen tres tipos de clima, el calido subhúmedo, semicálido subhúmedo y el semicálido húmedo, donde predomina la selva baja caducifolia (Puig 1991).

La Llanura Costera presenta climas cálidos húmedos principalmente y zonas de clima calido subhúmedo, teniendo menor incidencia de lluvia anual que las zonas cercanas a las montañas, ya que el aire húmedo no sufre un levantamiento apreciable (INEGI 2009).

Existe una zona de transición por el oeste, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental limitando con los municipios de Ciudad del Maíz, Alaquines, Cárdenas, Rayón y Santa Catarina (Puig 1991).

La gran diversidad de climas se debe a las variaciones de altitud y latitud, y a la influencia de humedad marítima. La Sierra Madre Oriental es el factor determinante en la diversidad de climas, ya que al actuar como barrera orográfica provoca que la humedad proveniente del Golfo se detenga en ella y los vientos pasen secos hacia el centro y poniente del Estado (INEGI 2009).

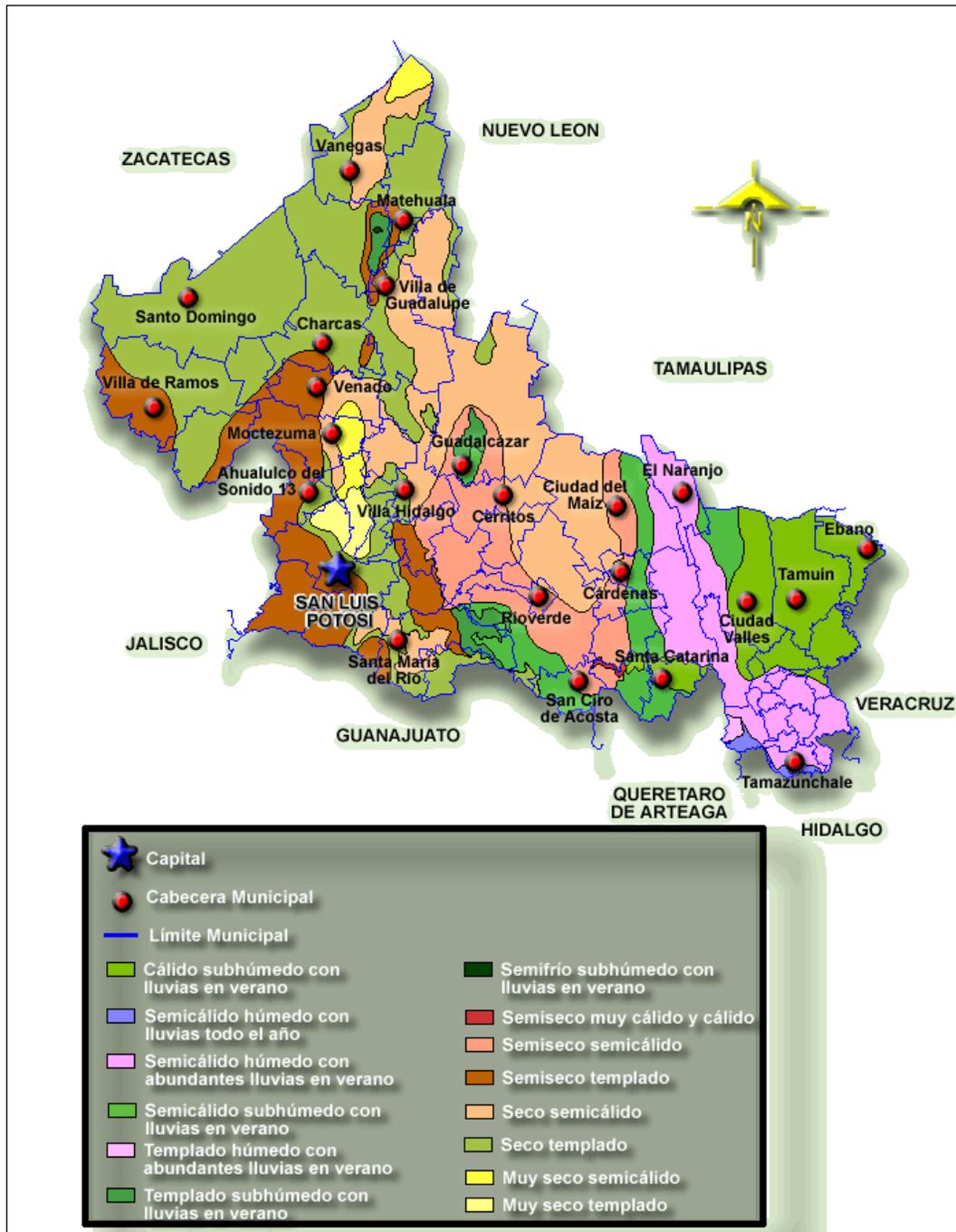


Figura 4. Climas de San Luis Potosí (INEGI 2008)

### 5.1.2 Vegetación

El área de estudio presenta una variedad de comunidades vegetales como la selva tropical, selva baja caducifolia, matorral, y bosques de pino y encino (Rzedowski 1994). De acuerdo a Puig (1991) e INEGI (2005) en el área de estudio la vegetación que caracteriza a cada Subprovincia son las siguientes.

En la Llanura Costera impera el pastizal cultivado con dominancia de plantas herbáceas y gramíneas como pangola (*Digitaria decumbens*) y Guinea (*Panicum sp.*) en lo que alguna vez fuera selva baja espinosa con ébano (*Pithecellobium flexicaule*) que es perennifolia y tima (*Crescentia alata*). Hacia el sur de la Subprovincia la selva alta perennifolia ha desaparecido casi totalmente quedando solo algunos relictos en las partes más inaccesibles. Al oeste, se encuentra la selva baja en pequeños manchones con árboles como la guasima (*Guazuma ulmifolia*), chaca (*Bursera simaruba*) y rajadór (*Lisiloma divaricata*). En las lagunas, crece el tular (*Thipa sp.*) Otras especies son cedro (*Cedrela mexicana*) y palma (*Sabal mexicana*) en el estrato superior y cornezuelo, guayabo, huizache en el estrato medio.

En el Carso Huasteco los tipos de vegetación son predominantemente arbóreos con bosques de encino, de encino-pino, pino-encino y selvas alta perennifolia y baja caducifolia. Los bosques de encino (*Quercus oleoides*) se encuentran en altitudes de 700 a 1000 msnm. La selva alta perennifolia presenta árboles de mas de 30 metros a menudo domina el liquidámbar u ocozol (*Liquidambar styraciflua*) en la región entre Tamazunchale, Xilitla, Matlapa, Aquismón, Axtla, Coxcatlán, Huehuetlán, Tamasopo, Tancanhuitz, y Tanlajás su vegetación dominante es ojite (*Brosimum alicastrum*), uva de playa (*Coccoloba barbadensis*), indio desnudo (*Bursera simaruba*), higuierón (*Picus sp.*), misanteco (*Licaria capitata*), ceiba (*Ceiba pentandra*), zapote (*Manilkara zapota*) y quebrache (*Miranda celtis*).

En la selva baja caducifolia crece chaca (*Bursera simaruba*), higuierón (*Ficus sp.*), rajador (*Lisiloma divaricata*), orejón (*Enterolobium cyclocarpum*) y limoncillo (*Citrus sp.*) en la región de Rayón y Santa Catarina. Otras especies presentes en la subprovincia son, madroño, huizache, ojite, maguey, pino rojo, garambullo, jarilla, pitayo, copal, hierba de la mula, hierba del burro, trompillo, sangregado, piñonero, granjeno, palma, amargoso, cardenche, tepeguaje.

En la Sierra Plegada predomina la selva baja caducifolia crece el aquihe (*Guazuma ulmifolia*), rajador (*Lysiloma divaricata*) y orejón (*Enterobium cyclocarpum*). El bosque de encino (*Quercus spp.*) se encuentra en la Sierra Ojo de Agua y Sierra de la Colmena. En esta subprovincia se encuentran las mayores concentraciones de matorral submontano formado por elementos arbustivos altos como la barreta (*Helettia parvifolia*) y pastizal cultivado como pangola (*Digitaria decumbens*) y guinea (*Panicum maximum*). Esta presente también la selva alta perennifolia, palmar, chaparral, mezquital y matorral desértico micrófilo con especies como gobernadora (*Larrea tridentata*), hoja sen (*Flourensia cernua*), mezquite (*Prosopis sp.*), junco (*Koeberlinia mexicana*), cardenche (*Opuntia imbricata*), nopal (*Opuntia sp.*), palma samandoca samandoca (*Yucca carnerosana*), pastos (*Muhlebergia sp.*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), parraleña (*Zinnia acerosa*), nopal masula (*Opuntia stenopetala*), palma china (*Yucca filifera*).

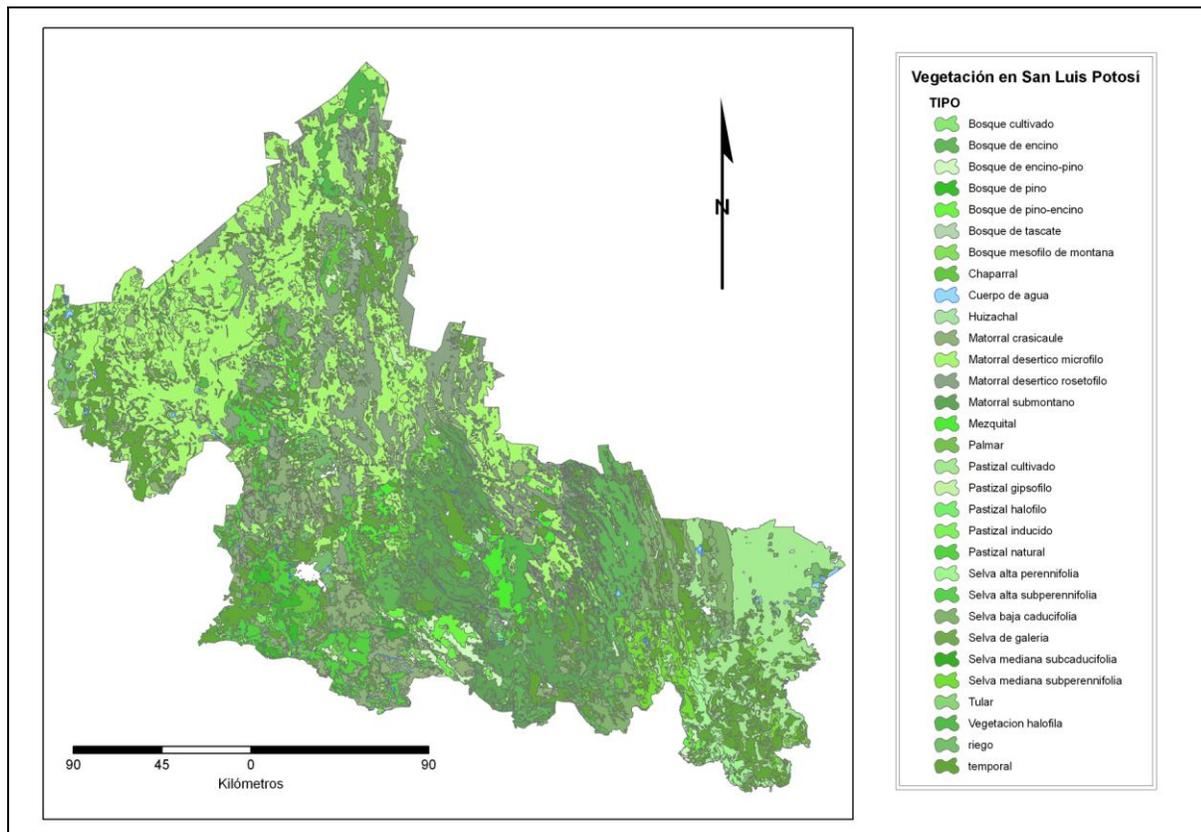
El Bosque tropical bajo y deciduo, se encuentra entre los paralelos 21°30' hasta 23°40'; los contrafuertes de la sierra madre, sierras del Abra Tanchipa, Colmena, y Maguey; bosque muy explotado en las cercanías de Cd. Valles para la fabricación de aglomerados. Se extiende por los municipios de Aquismón, Ciudad Valles, San Antonio, San Martín Chalchicuatla, Tampamolón, Tamuín, Tancanhuitz, Tanlajás y Tanquián de Escobedo. Sus especies más importantes son: indio desnudo, chaca (*Bursera simaruba*), cedro (*Cedrela mexicana*), rajador (*Lysiloma divaricata*), guasima (*Guasuma ulmifolia*), laurel (*Phoebe tampicensis*). Bosque esclerófilo tropical, se encuentra entre Tamasopo y Aquismón en la sierra de Tansabaca y en Orizatlán y Tamazunchale, la especie principal es el encino (*Quercus oleoides*) y también se encuentra chaca (*Bursera simaruba*); en los alrededores de la cabecera municipal de El Naranjo, un comerciante acabo con los palmares (*Sabal mexicana*)

**Tabla 1.** Tipos de vegetación por municipio en diferentes localidades y altitudes encontrados en la Huasteca Potosina ( Puig 1991).

<b>Municipio</b>	<b>Localidad</b>	<b>Altitud</b>
<b>Bosque Tropical Mediano Sub Perennifolio</b>		
Aquismón	La Cuchilla	600
Tampamolón	Barrio Mancornadero	200
Tamasopo	Ojo Caliente	300
Aquismón	Fracción Oxomolón	500
Ciudad Valles	Santa Anita	150
Tamazunchale	Congregación Tamán	300
Tamazunchale	Tamazunchale	150
Tampamolón	Villa Tampamolón	100
Tampamolón	Tuitzén	400
<b>Bosque Tropical Bajo Caducifolio</b>		
Cd. del Maíz	El Limonar	350
Cd. del Maíz	El Naranjo	280
Tamasopo	El Saucillo	300
Tamasopo	La Ciénega	300
Cd. del Maíz	Las Abritas	700
Tamasopo	Los Cuates	500
Cd. Valles	Cd. Valles	100
Cd. Valles	20 de Noviembre	250
<b>Bosque caducifolio Húmedo de Montaña</b>		
Cd. del Maíz	El Platanito	1000
Xilitla	San Antonio	1200
Aquismón	Tamampatz	900
Aquismón	San Rafael	850
Xilitla	Villa Xilitla	700
<b>Bosque Esclerófilo</b>		
Xilitla	Aguacatlán	1250
Cd. del Maíz	Cd. del Maíz	1300
Cd. del Maíz	El Platanito	1000
Cd. del Maíz	Las Abritas	700
Cd. del Maíz	Puerto del Lobo	1200
Tamasopo	Villa Tamasopo	350
<b>Bosque aciculifolio</b>		
Xilitla	Villa Xilitla	700
<b>Bosque espinoso bajo caducifolio</b>		
Ébano	Campo petrolero Ébano	60
Cd. Valles	El Platanito	200
Tamuín	Villa Tamuín	50
<b>Bosque espinoso bajo perennifolio</b>		
Cerritos	Villa Cerritos	1150
Riό Verde	Riό Verde	1000
<b>Matorral Submontano</b>		
Cd. del Maíz	Cd. del Maíz	1300
Cd. del Maíz	Col. Álvaro Obregón	1000
Lagunillas	Lagunillas	1000
Rayón	Rayón	1000
Riό Verde	Riό Verde	1000

**Tabla 1 (continuación).** Tipos de vegetación por municipio en diferentes localidades y altitudes encontrados en la Huasteca Potosina (Puig 1991).

Municipio	Localidad	Altitud
<b>Matorral Espinoso</b>		
Guadalcazar	Joya Prieta	1400
Guadalcazar	La Pólvora	1350
Guadalcazar	Santo Domingo	1500
<b>Matorral Crasicaule</b>		
Guadalcazar	El Mezquital	1600
Cd. del Maíz	El Tepeyac	1000
Guadalcazar	Joya Prieta	1400
Guadalcazar	Santo Domingo	1350



**Figura 5.** Vegetación de San Luis Potosí (CONAFOR 2000)

### 5.1.3 Fauna

El estado de San Luis Potosí se encuentra localizado en la frontera de las zonas Neártica y Neotropical (Escalante *et al.*, 2005), lo que propicia la presencia de una gran diversidad de especies de fauna. Se reportan para el Estado 140 especies de mamíferos (Ceballos *et al.*, 2005). Para la Zona Media y Zona Huasteca de SLP, se encuentra el venado temazate (*Mazama americana*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), tuza real o tepezcuintle (*Cuniculus paca*), mapache (*Procyon lotor*), ocofaisan (*Crax rubra*), guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), pecarí de collar (*Pecarí tajacu*) y coatí (*Nasua narica*), ocelote (*Leopardus pardalis*), margays (*Leopardus wiedii*), jaguarundis (*Puma yaguarundi*), gato montés (*Lynx rufus*) pumas (*Puma concolor*) (Villordo *et al.*, en revisión).

En el caso de las aves, Vargas (2006) menciona que para el estado de San Luis Potosí el mayor número de especies se localiza en la Provincia Biogeográfica Sierra Madre Oriental con 343 especies de las cuales 245 son residentes y 45 de éstas endémicas. Particularmente, la Subprovincia del Carso Huasteco presenta la mayor riqueza con 379 especies, 245 residentes 48 endémicas, 137 migratorias y 47 que están enlistadas en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-ECOL-2001. La mayor concentración de especies de aves corresponde a las Subprovincias Carso Huasteco y Sierra Plegada.

### 5.1.4 Grupos étnicos presentes en el área de estudio

En el área de estudio, se encuentran los siguientes grupos étnicos.

Los Xi'ói o también llamados "Pames", El 89 por ciento de la población Xi'ói está concentrada en tres municipios: Rayón, Tamasopo y Santa Catarina, esta última considerada el núcleo Pame mas importante en Santa María Acapulco. El maíz, el frijol, el chile y la calabaza son los principales productos que se cultivan y en algunas regiones los cultivos de caña de azúcar, café y mango. Otra fuente importante para la alimentación es la caza (armadillo) y la recolección de frutos silvestres, como la flor de samandoque, guayabas, nopal, huitlacoche, tunas, y amplia variedad de semillas (Ordóñez 2004).

Otro grupo son los Nahuas que se encuentran asentados fundamentalmente en los municipios de Tamazunchale, Axtla de Terrazas, Xilitla, San Martín Chalchicuautla y Coxcatlán. Los nahuas constituyen el grupo indígena mayoritario en la porción sur de la región Huasteca (Valle 2004). En la Huasteca se hablan por lo menos dos dialectos del náhuatl. Los nahuas de la Huasteca basan su economía en la agricultura milpera, cultivo del chile y su procesamiento a través de técnicas de ahumado y secado de origen prehispánico. Desde el periodo colonial, la cría de ganado vacuno y el comercio de productos procesados derivados de la caña de azúcar son también actividades relevantes.



**Imagen 1.** Familia de Nahuas en el Municipio de Tamazunchale  
Foto: Wendy Coronado Quibrera

Los huastecos (Teenek) por su parte, es el grupo maya que se distribuye en el norte de Veracruz desde la sierra del Otontepec y continúa por el noreste del estado de San Luis Potosí. En San Luis Potosí, los Teenek habitan principalmente en los municipios de Aquismón, Tanlajás, Tampacán, Ciudad Valles, Huehuetlán, San Antonio y Tancanhuitz de Santos (Gallardo 2004). Teenek es el término con el que se designan en la actualidad significando “los que viven en el campo, con su lengua y comparten: el costumbre”. Los antiguos Teenek ocuparon parte de San Luis Potosí, Querétaro, Veracruz, Hidalgo y posiblemente algunos lugares de Puebla. Practican la agricultura y el comercio, producen algodón y miel, son artesanos elaborando diferentes productos y trabajan la piedra y la concha. La llegada de los españoles a la Huasteca, a principios del siglo XVI, cambió la estructura social y cultural de los habitantes de la zona. Los pueblos Teenek fueron recluyéndose en las porciones serranas de la región (Gallardo 2004).

## **5.2 Localización de sitios geográficos con presencia de jaguar**

Este trabajo de investigación se inició en el mes de Mayo de 2006 y finalizó en Marzo de 2008. Durante este periodo, se realizaron 22 salidas a campo y 58 entrevistas semi estructuradas en 42 comunidades de la Zona Media y Zona Huasteca del estado de San Luis Potosí.

Se entrevistaron comisariados y jueces ejidales ya que como autoridad que representan en el lugar, podrían tener conocimiento y a su vez dirigirnos con lugareños que reportaban previamente avistamientos o ataques al ganado. También fue muy útil el entrevistar a cazadores locales que conocían lugares donde se sospechaba de la presencia de jaguar por el tipo de hábitat presente. Las organizaciones ganaderas aportaron información sobre personas afectadas por depredaciones de jaguar y su localización ya que es ahí donde se reúnen los ganaderos para la venta de sus reses y es donde se comenta sobre los detalles que les afecta en la producción ganadera desde robos (abigeato), desnutrición de los becerros (falta de pastura) hasta eventos de depredaciones.

El formato de la entrevista semi estructurada constó de 10 preguntas (Apéndice A). Las preguntas tuvieron la finalidad de observar si el entrevistado sabía identificar morfológicamente al jaguar “tigre”. Se les cuestionó sobre los lugares y la hora en los que avistó al “tigre”. De la misma forma se preguntó si habían cazado alguna vez un “tigre” y lo que habían hecho con sus restos, ya que esa evidencia representó también un registro importante para este estudio. Estas entrevistas tuvieron la finalidad de identificar lugares en los que realmente se pudiera obtener un registro de jaguar. Las entrevistas realizadas se clasificaron como válidas o no, basándonos en la descripción morfológica del animal, conocimiento del comportamiento de la especie, así como el conocimiento de los rastros que el entrevistado proporcionó. Una vez identificado esto, se planearon las salidas a campo teniendo como guías a la misma gente de la región y muchas veces al mismo entrevistado.

Para la obtención de registros de jaguar, se recorrieron y revisaron veredas en potreros, en bosques y matorrales, represas de agua y caminos donde la gente previamente había tenido avistamientos directos de jaguar o había observado huellas y excretas. La información obtenida se registró en el formato de campo (Apéndice B).

Las huellas fueron identificadas y diferenciadas por su tamaño y forma de acuerdo a los métodos de Aranda (1994), Rosas-Rosas *et al.*, 2007 y Rabinowitz y Nottingham (1986). De cada huella encontrada se elaboró un molde de yeso, para identificar si se trataba de un macho o hembra (Aranda 2000; Rosas-Rosas, 2006). En el molde se anotaron las coordenadas geográficas UTM obtenidas con un Geoposicionador (GPS) Garmin E-Trex, M.R. así como la fecha, nombre del lugar y tipo de vegetación. Las excretas se colectaron para su identificación posterior anotando también las coordenadas y nombre del lugar. En estos recorridos se identificaron sitios para colocación de cámaras-trampas (Cam Trakker™, Watkinsville, Georgia, USA) para localizar o confirmar la presencia del jaguar en el sitio. Éstas fueron colocadas en veredas o caminos donde la probabilidad de fotografiar un jaguar fuera muy alta, principalmente donde se reportó la observación de huellas o excretas en ocasiones diferentes al día de nuestra visita lo cual indica que es un camino utilizado frecuentemente por el carnívoro.

Las cámaras estuvieron activas las 24 horas del día y se revisaron cada 15 días para cambiar pilas y rollo. En total se tuvo un esfuerzo de 120 días-trampa. Al igual que con las huellas encontradas, la ubicación de la cámara fue registrada con ayuda de un GPS. Las cámaras además ayudaron a confirmar la presencia de otras especies.

Los criterios para la determinar la credibilidad de cada registro se establecieron de acuerdo a lo realizado por Tewes y Everett (1986) en la evaluación de avistamientos de ocelotes (*Leopardus pardalis*) y jaguarundis (*Puma yaguarondi*) en el sur de Texas. Se consideraron como registros válidos aquellos en los que se confirmó la presencia de jaguar. Los registros se clasificaron en dos clases: Clase I (observaciones hechas por observadores confiables, con evidencia física) y Clase II (descripción detallada del evento por una persona experimentada, sin evidencia física): excretas asociadas con huellas, pieles, cráneos, restos de presas o depredaciones confirmadas, fotografías de jaguares cazados (Rosas-Rosas 2006), y jaguares fotografiados con las trampas-cámaras colocadas. Los registros se mapearon en el Sistema de Información Geográfica ArcView 3.3 (Esri, 1998) y ArcGis 9.2 (Esri, 2007) para elaborar un mapa actual de la posible distribución del jaguar en San Luis Potosí.

### **5.3 Registro de presas potenciales**

Para determinar la presencia de presas potenciales del jaguar se utilizaron los mismos recorridos de campo y las 58 entrevistas semi estructuradas realizadas para determinar la presencia del jaguar. Por medio de observaciones directas, e identificación de huellas y excretas (Aranda 2000), se identificaron las presas potenciales las cuales se registraron anotando las coordenadas geográficas UTM (Universal Transversal de Mercator) con GPS. Simultáneamente a los recorridos y entrevistas, se emplearon ocasionalmente cámaras-trampa para apoyar los recorridos de campo y ayudar en la identificación y confirmación de algunas de las especies observadas en los rastros encontrados y en las reportadas por los lugareños. Se utilizaron seis cámaras las cuales se colocaron sobre veredas y caminos, estuvieron activas las 24 horas del día y se revisaron cada 15 días. El número total de días en los que permanecieron activas fue de 120 días-trampa. Finalmente con los registros obtenidos de las diferentes especies, se obtuvieron porcentajes representativos de las especies más comúnmente encontradas en la región.

### **5.4 Registro de daño al ganado**

Durante las salidas de campo, se atendieron reportes de daño al ganado. Al encontrar la depredación sobre alguna especie doméstica se confirmó que hubiera sido causada por jaguar para tener una evidencia Clase I. Para la verificación del daño se tomó en cuenta el patrón de depredación característico de la especie como: a) el lugar de la mordida, b) distancia entre las perforaciones de los caninos, c) forma de alimentación, d) partes consumidas de la presa, e) si fue arrastrado para ser consumido, f) si la presa se encontró descubierta o tapada, g) verificar las huellas dejadas por el depredador en el lugar del ataque y la arrastrada, h) presencia de heces y pelos (Hoogesteijn 2002, Rosas-Rosas 2006, Rosas-Rosas *et al.*, 2008).

## **5.5 Estimación de la pérdida de cobertura forestal**

Para estimar la pérdida de la cobertura forestal se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS 9.2 (ESRI 2007) en el cual se analizó información vectorial “shape files” de tipos de vegetación que se sucedieron en el área de estudio para los años 1976 y 2000. Las coberturas vectoriales más antiguas fueron obtenidas de CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) e INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) y las coberturas de tipo de vegetación y uso de suelo más actuales corresponden al Inventario Nacional Forestal CONAFOR (2000-2001). En este análisis se reagruparon y analizaron únicamente los polígonos vectoriales compuestos por bosques y selvas incluyendo aquellos que presentaban vegetación secundaria. Una vez reagrupados, del resto de la información se generaron mapas individuales para la cobertura del año 1976 y la cobertura del año 2000. El siguiente paso fue cortar mediante la opción “clip” del SIG la capa de vegetación del año 1976 con la del 2000. Se estimó además numéricamente la cantidad de hectáreas perdidas de 1976 al 2000 (Kushwaha and Hazarika 2004), esta estimación se obtuvo comparando la información contenida en la tabla de atributos de cada mapa vectorial para cada tipo de vegetación.

## **5.6 Modelo espacial de la distribución actual del jaguar.**

Para estimar el hábitat potencial del jaguar en San Luis Potosí se utilizó el modelo del Programa MaxEnt (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent>). Este programa utiliza un método de “aprendizaje artificial” que genera mapas de distribución geográfica de las especies basándose en la máxima entropía (todos los valores tienen la misma probabilidad de ocurrir). El algoritmo busca la distribución más cercana a la homogeneidad pero restringiéndose según la información biológica disponible y las condiciones ambientales del área de estudio, de esta forma calcula la distribución geográfica más probable para una especie a partir de la información incompleta. Este programa es el reportado por Steven Phillips, Miroslav Dudik y Robert Schapire (2004), que se desarrolló con apoyo de los laboratorios de investigación de AT&T, la Universidad de Princeton y el Centro para la Biodiversidad y Conservación del Museo Americano de Historia Natural.

Los registros confirmados de Jaguar Clase I y Clase II (huella, excreta, fotografía, depredación) formaron la parte esencial en la toma de información a ser empleada por el modelo. Se realizaron dos aplicaciones del modelo, una de ellas con 26 registros confirmados de presencia de jaguar y otra donde se incluyeron los registros de las presas potenciales asociadas a la presencia del jaguar (35 registros) para tener un total de 61 registros.

Se utilizaron los registros de las presas como un registro de jaguar ya que se localizaron alrededor (2 kilómetros cuadrados) de los registros confirmados de jaguar. Lo anterior con la finalidad de darle mayor significancia estadística, ya que se sugiere que el modelo contenga por lo menos 40 puntos (sitios de presencia) para llevar a cabo pruebas estadísticas no paramétricas de remuestreo sin remplazo (jackknife). Estas pruebas utilizan el 25% de los registros de la base de datos las cuales elige de manera aleatoria para usar en el análisis de precisión del modelo resultante lo cual se indica antes de correr el modelo en el programa. Los análisis empleados usan un umbral para hacer una predicción binaria, estando las condiciones adecuadas por arriba de dicho umbral y las inadecuadas por debajo. MaxEnt genera la curva operada por el receptor (ROC, por sus siglas en inglés). Dicha curva es generada al dividir la base de datos en dos porciones, una para el entrenamiento, como un proceso en el cuál se usan los puntos conocidos para extraer la información ambiental que ocurre en su localización y posteriormente extrapolarlos a toda la región, otra para la evaluación del modelo.

Es normal que la línea roja (entrenamiento) muestre una mayor área sobre la curva (AUC por sus siglas en inglés) que la línea azul (evaluación del modelo generado). La línea roja muestra el “ajuste” del modelo a los datos de entrenamiento y es la auténtica prueba de la capacidad que tienen los modelos de predecir. La línea turquesa muestra lo que se esperaría si el modelo no fuese mejor que el azar. Si la línea azul se ubicara por debajo de la línea turquesa, entonces esto indicaría que el modelo tiene un desempeño más bajo de lo que lo haría un modelo aleatorio y por lo tanto no es muy confiable. Mientras más cerca se encuentre la línea azul del tope superior izquierdo, mejor será el modelo para predecir las presencias contenidas en la muestra de prueba de los datos (Phillips 2004; Jasso-Gordoa 2008).

A fin de estimar cuales son las variables más importantes en el modelo, se corrió una prueba de “jackknife” seleccionando esa opción en la ventana de comandos del modelo MaxEnt. El modelo utiliza la técnica de jackknife, la cual es una técnica de remuestreo sin remplazo que consiste en corregir el estimador inicial con base en el promedio de los  $m$  estimadores que se obtienen al aplicar el procedimiento inicial de estimación a cada una de las submuestras que resultan al eliminar una observación de la muestra inicial (Martínez *et al.*, 2006). Es una técnica de simulación que reutilizan los datos observados para constituir un universo del cual extraer repetidas muestras (López y Elosua 2004).

La base de datos para el mapeo del Hábitat Potencial estuvo constituida por características importantes del hábitat como: tipo de vegetación, elevación, rugosidad del terreno (Hatten *et al.*, 2005, Linkie 2006). También se incluyeron variables medioambientales (capas temáticas con resolución 1 Km) tales como precipitación máxima y mínima, y temperatura máxima y mínima, obtenidas de una base de datos de los años 1950 al 2000 (WorldClim Global Climate GIS; Hijmans, *et al.*, 2005, [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)), un modelo digital de elevación (INEGI 2008), una capa de exposición y pendiente (Jasso-Gordoa 2008) y una imagen Raster de poblaciones y carreteras. Esta base de datos incluye variables topográficas y bioclimáticas (Tabla 2).

<b>Fuente: WorldClim</b>	
Temperatura mínima por mes.	BIO10 = Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido.
Temperatura máxima por mes.	BIO11 = Temperatura promedio del cuatrimestre más frío.
Precipitación promedio por mes. BIO1 = Temperatura media anual.	BIO12 = Precipitación anual.
BIO2 = Rango medio anual (promedio mensual de temperatura máxima - temperatura mínima).	BIO13 = Precipitación del mes más cálido.
BIO3 = Isotermalidad	BIO14 = Precipitación del mes más frío.
BIO4 = Temperatura estacional (desviación estándar*100).	BIO15 = Precipitación estacional (coeficiente de variación).
BIO5 = Temperatura máxima del mes más cálido.	BIO16 = Precipitación del cuatrimestre más húmedo.
BIO6 = Temperatura mínima del mes más frío.	BIO17 = Precipitación del cuatrimestre más seco.
BIO7 = Rango anual de temperatura.	BIO18 = Precipitación del cuatrimestre más cálido.
BIO8 = Temperatura promedio del cuatrimestre más húmedo.	BIO19 = Precipitación del cuatrimestre más frío.
BIO9 = Temperatura promedio del cuatrimestre más seco.	
<b>Fuente: INEGI</b>	
Modelo digital de elevación (MDE) (INEGI, 2008).	Exposición en grados radiales (esta cobertura se generó a partir del MDE utilizando el programa ERDAS 8.4, ERDAS Inc. 2002).
Pendiente (esta cobertura se generó a partir del MDE utilizando el programa ERDAS 8.4, ERDAS Inc. 2002).	

**Tabla 2.** Coberturas temáticas usadas en el análisis (Jasso-Gordoa 2008).

Además se incluyó la cobertura vegetal del área de estudio en formato Raster obtenida mediante el método de clasificación supervisada a partir de imágenes Landsat ETM de 2006 (Chapa-Vargas y Monzalvo-Santos, en prensa). Las coberturas fueron remuestreadas a píxeles de 30 m x 30 m de resolución para que el análisis reflejara la resolución espacial de la base de datos con la que se trabajó (Jasso 2008).

Utilizando estas imágenes y los registros obtenidos, se evaluó y analizó el hábitat disponible para el jaguar en el área de estudio. Se identificaron y ubicaron zonas de hábitat potencial donde existan amenazas para la especie principalmente por la fragmentación del hábitat. Con este análisis, además se determinaron las variables más importantes asociadas a la presencia del jaguar, las cuales están contenidas dentro del área de distribución potencial resultante.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Distribución del jaguar en SLP

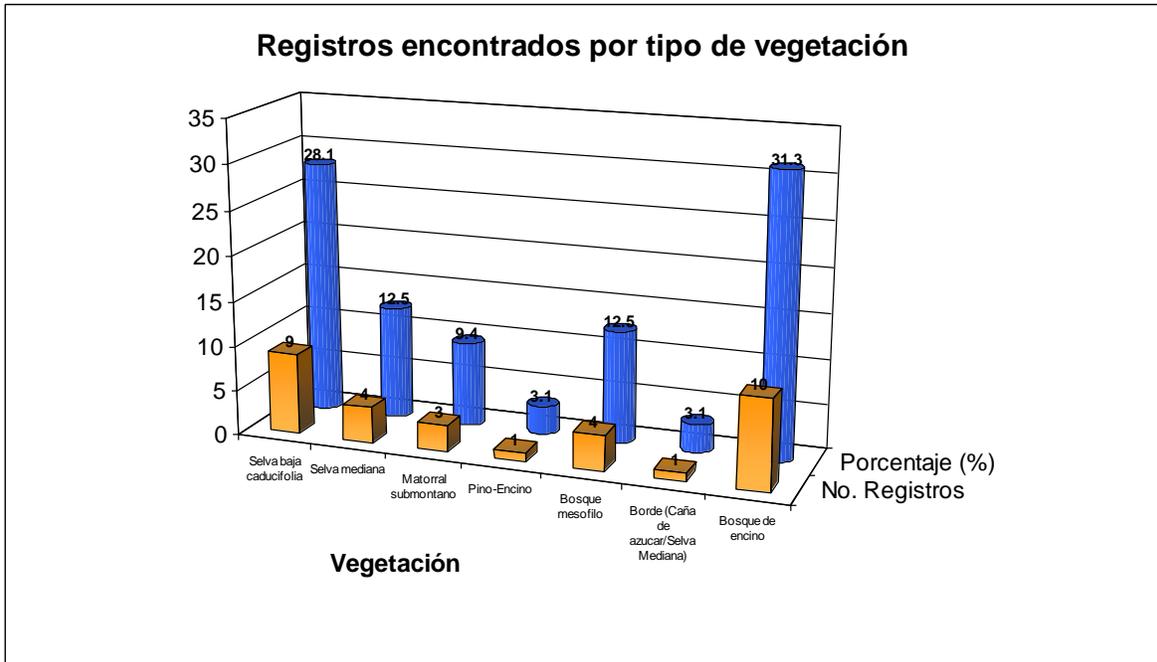
Se documentaron 34 registros de jaguar de los cuales 27 fueron Clase I, 7 Clase II y 28 fueron catalogados como registros actuales mientras que solo 6 registros históricos (Tabla 3) fueron considerados como fidedignos. Dentro de los 28 registros actuales, 12 de ellos fueron de individuos vivos.

De los 34 registros confirmados 22 registros se obtuvieron de las evidencias que se encontraron durante el periodo de muestreo con base en 7 huellas, 5 excretas, 7 depredaciones a ganado y 3 fotografías de jaguares (Apéndice C). Los 12 registros restantes se presentaron en tiempos anteriores al desarrollo del mismo y correspondieron a 1 depredación documentada, 3 fotografías de jaguares cazados en el área de estudio, 2 cráneos en posesión de un cazador local, 4 pieles de jaguar en un restaurante, 1 jaguar documentado como atropellado, y un jaguar en posesión de la Universidad Estatal de California -Los Ángeles tomado del área de estudio (López, 2003).

Nueve de los registros de jaguar (28.1%) fueron encontrados en selva baja caducifolia, un registro (3.1%) en bosque de pino-encino, 3 (9.4%) en matorral submontano, 10 registros (31.3%) en bosque de encino, 4 registros (12.5%) en bosque Mesófilo, 4 (12.5%) en selva mediana y un registro en borde del cultivo de caña de azúcar con selva mediana (Gráfica 1). Haciendo mención a este último registro, los productores de caña indican haber avistado jaguares ocasionalmente en los campos y caminos, indicando que los jaguares probablemente cruzan a través de estas plantaciones de caña para desplazarse de una sierra a otra (Comunicación personal Sr. Juvenal Lara García, Comisariado Ejidal del ejido San Nicolás de los Montes).

Con base en los registros encontrados en nuestra área de estudio, se obtuvo un polígono cóncavo determinado por los registros marginales encontrados. La distribución geográfica del jaguar en San Luis Potosí se extiende de los 22°30' N, 99°14' O en el Municipio de El Naranjo; 22°27' N, 99°27' O en el Municipio de Ciudad del Maíz; 22°12' N, 99°30' O en el Municipio de Ciudad del Maíz; 21°45' N, 99°34' O en el Municipio de Rayón; 21°45' N, 99°11' O en el Municipio de Aquismón; 21°24' N, 99°05' O en el Municipio de Xilitla; 21°52' N, 98°54' O en el Municipio de Ciudad Valles; 22°05' N, 98°54' O en el Municipio de Ciudad Valles; 22°22' N, 99°00' O en el Municipio de Ciudad Valles y 22°21' N, 99°15' O en el Municipio de El Naranjo

(Mapa 2). Esta distribución está comprendida dentro de la Sierra Plegada, Subprovincia de la Sierra Madre Oriental y Carso Huasteco.

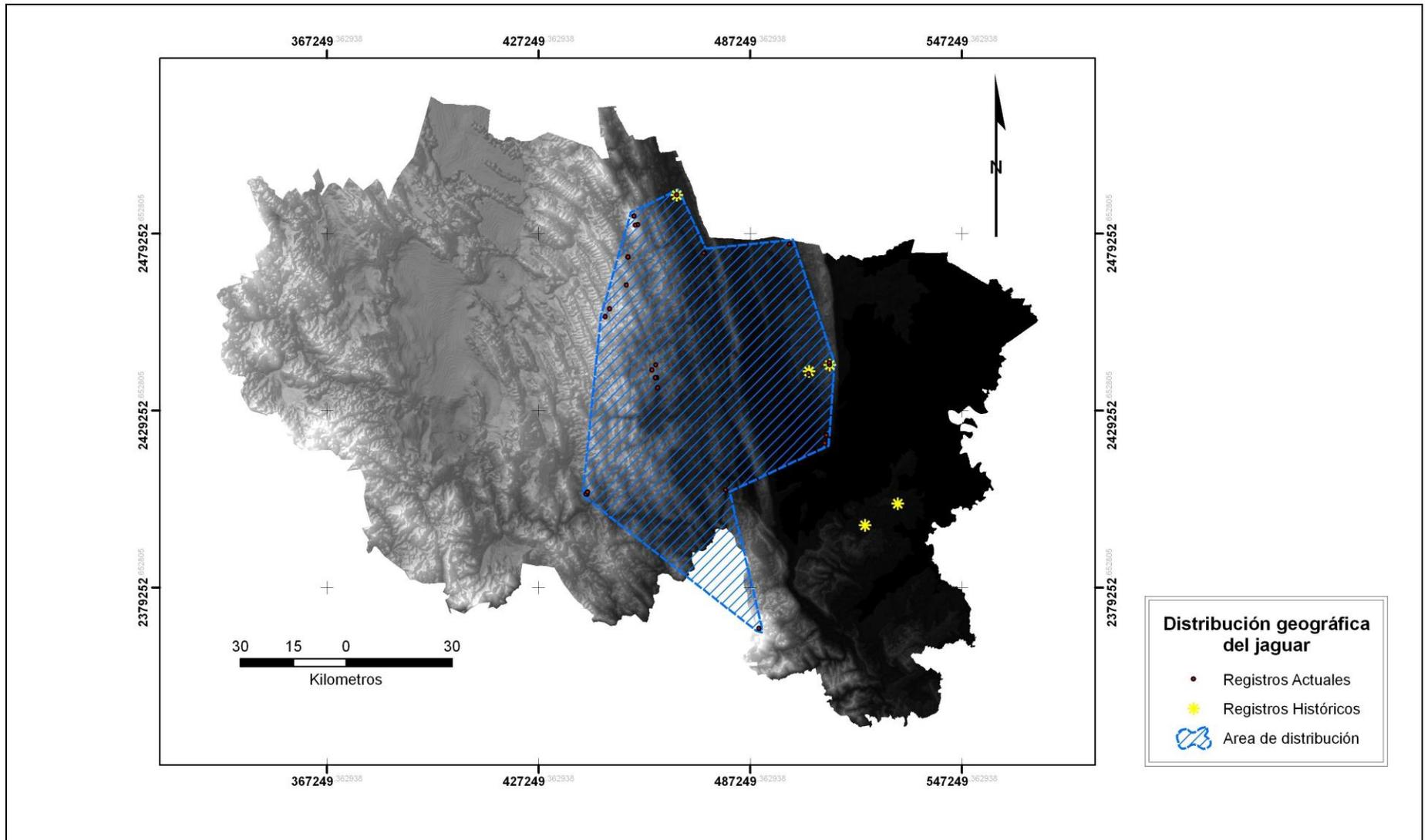


Gráfica 1. Porcentaje de registros de jaguar (*Panthera onca*) por tipo de vegetación en San Luís Potosí 2006-2008.

**Tabla 3.** Registros de jaguar, actuales e históricos obtenidos en San Luis Potosí.

Registro	Criterio	Tipo de Registro	Localidad	Tipo de Vegetación	Altitud (msnm)	Fecha
1	Clase I	Depredación a ganado	Ciudad Valles	Selva baja caducifolia	300	2006
2	Clase I	Excreta	Ciudad Valles	Selva baja caducifolia	520	2006
3	Clase I	Craneo (1986)	Ciudad Valles	Selva baja caducifolia	270	2006
4	Clase I	Foto	Ciudad Valles	Selva baja caducifolia	520	2006
5	Clase I	Huella	Ciudad Valles	Selva baja caducifolia	190	2006
6	Clase II	Depredación a ganado	Ciudad Valles	Selva baja caducifolia	150	2006
7	Clase I	Huella	Ciudad Valles	Selva baja caducifolia	300	2006
8	Clase I	Excreta	Ciudad Valles	Selva baja caducifolia	300	2006
9	Clase II	Depredación a ganado	Aquismón	Selva Mediana	370	2006
10	Clase I	Foto	Xilitla	Bosque de Pino-Encino	2400	2006
11	Clase I	Huella	Rayón	Matorral Sub-Montano	950	2006
12	Clase I	Depredación a ganado	Rayón	Matorral Sub-Montano	900	2006
13	Clase I	Jaguar macho atropellado (2003)	Rayón	Matorral Sub-Montano	800	2007
14	Clase I	Excreta	Ciudad del Maíz	Bosque de Encino	1700	2007
15	Clase I	Huella	Ciudad del Maíz	Bosque de Encino	1800	2007
16	Clase II	Depredación a ganado	Ciudad del Maíz	Bosque de Encino	1650	2006
17	Clase II	Depredación a ganado	Ciudad del Maíz	Bosque de Encino	1000	2007
18	Clase I	Excreta	Ciudad del Maíz	Bosque de Encino	1620	2006
19	Clase I	Foto de jaguar cazado (2005)	Ciudad del Maíz	Bosque de Encino	1310	2006
20	Clase I	Craneo de Jaguar hembra (2005)	Ciudad del Maíz	Bosque de Encino	1250	2006
21	Clase II	Depredación a ganado	El Naranjo	Bosque mesofilo de montaña	615	2007
22	Clase I	Piel de Jaguar macho (2004)	El Naranjo	Bosque mesofilo de montaña	690	2007
23	Clase I	Piel Jaguar hembra (2004)	El Naranjo	Bosque mesofilo de montaña	650	2007
24	Clase I	Piel de Jaguar (1970)	El Naranjo	Bosque mesofilo de montaña	720	2007
25	Clase I	Huella	Tamasopo	Borde	360	2007
26	Clase I	Huella	Tamasopo	Bosque de Encino	820	2007
27	Clase I	Foto	Tamasopo	Bosque de Encino	920	2007
28	Clase I	Huella	Tamasopo	Bosque de Encino	830	2007
29	Clase I	Excreta	Tamasopo	Selva Mediana	770	2007
30	Clase I	Foto de Jaguar cazado (1970)	Tamasopo	Selva Mediana	846	2008
31	Clase II	Depredación a ganado (1960)	San Vicente Tancuayalab	Pastizal inducido	40	2008
32	Clase II	Piel de Jaguar (1955)	Tanquian	Pastizal inducido	110	2008
33	Clase I	Jaguar- California State University (1970) (Lopez 2003)	Ciudad Valles	Selva baja caducifolia	520	2008
34	Clase I	Huella	Tamasopo	Selva Mediana	792	2008

**Mapa 2.** Distribución geográfica del jaguar en San Luis Potosí.



## 6.2 Presas potenciales

Se recorrieron en campo 65 km lineales y 10 kilómetros cuadrados alrededor de cada registro de jaguar para registrar las presas potenciales existentes. Durante estos recorridos se confirmó la presencia de especies en un total de 99 registros (observaciones directas, huellas, fotografías) (Tabla 5), que han sido identificadas en otros lugares como presas del jaguar (Aranda y Sánchez Cordero, 1996; Núñez *et al.*, 2000; Rosas-Rosas *et al.*, 2008), como el venado temazate (*Mazama americana*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), tuza real o tepezcuintle (*Cuniculus paca*), mapache (*Procyon lotor*), ocofaisan (*Crax rubra*), guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), pecarí de collar (*Pecarí tajacu*) y coatí (*Nasua narica*). (Apéndice D). Las especies más comúnmente encontradas fueron el venado cola blanca con 31.3% de las observaciones, pecarí de collar con 24.2 % y la menos encontrada fue el guajolote silvestre con 3% (Tabla 4).

Especie	Observaciones	% total	Tipo de Registro
<i>O.virginianus</i>	31	31.31%	Huellas, fotos, Observación directa
<i>M.americana</i>	9	9.09%	Huellas, fotos, Observación directa
<i>P.tajacu</i>	24	24.24%	Huellas, fotos
<i>N.narica</i>	8	8.08%	Huellas, fotos
<i>P.lotor</i>	6	6.06%	Huellas, fotos
<i>D.novemcinctus</i>	5	5.05%	Huellas, fotos
<i>C.paca</i>	6	6.06%	Huellas, fotos
<i>C.rubra</i>	7	7.07%	Fotos
<i>M.gallopavo</i>	3	3.03%	Observación directa
Total	99	100.00%	

**Tabla 4.** Número de observaciones de algunas especies presa del jaguar.

Simultáneamente se confirmó la presencia de otros felinos fotografiados en las trampas cámara como ocelotes (*Leopardus pardalis*) y margays (*Leopardus wiedii*). Durante las entrevistas también se mencionaron jaguarundis (*Puma yaguarundi*), gato montés (*Lynx rufus*) y puma (*Puma concolor*) (Apéndice E), los cuales además de ser fotografiados se confirmaron eventos de depredación en potros y venados, de acuerdo a los rastros asociados a la depredación característica de la especie (Rosas-Rosas 2006).

**Tabla 5.** Localización de 56 presas potenciales encontradas en el área de estudio.

Registro	Especie	Tipo de Registro	Localidad	Tipo de Vegetación	Altitud (msnm)	Fecha
1	Venado	Foto	Ejido Papagayos, Cd. del Maíz	Bosque de encino	1000	2007
2	Venado	Foto	Las Gavias, Cd. del Maíz	Bosque de encino	1310	2007
3	Venado	Foto	Sierra Grande Papagayos, Cd. del Maíz	Bosque de encino	1700	2006
4	Venado	Huella	Sierra Grande Papagayos, Cd. del Maíz	Bosque de encino	1800	2006
5	Venado	Huella	Sierra Grande Papagayos, Cd. del Maíz	Bosque de encino	1650	2006
6	Venado	Excreta	Sierra Grande Papagayos, Cd. del Maíz	Bosque de encino	1750	2006
7	Venado	Observacion directa	Sierra Grande Papagayos, Cd. del Maíz	Bosque de encino	1820	2006
8	Venado	Huella	Sierra Grande Papagayos, Cd. del Maíz	Bosque de encino	1734	2006
9	Venado	Depredación	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	840	2008
10	Venado	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	820	2007
11	Venado	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	920	2007
12	Venado	Huella	Paso Prieto, Rayón	Matorral submontano	950	2006
13	Venado	Observacion directa	Paso Prieto, Rayón	Matorral submontano	900	2006
14	Venado	Huella	Los Sabinos, Cd. Valles	Selva baja caducifolia	300	2006
15	Venado	Observacion directa	Los Sabinos, Cd. Valles	Selva baja caducifolia	520	2006
16	Venado	Foto	Los Sabinos, Cd. Valles	Selva baja caducifolia	270	2006
17	Venado	Huella	Ejido López Mateos, Cd. Valles	Selva baja caducifolia	190	2007
18	Venado	Huella	Laguna del Mante, Cd. Valles	Selva baja caducifolia	300	2007
19	Pecari	Huella	Ejido López Mateos, Cd. Valles	Selva baja caducifolia	150	2007
20	Pecari	Huella	Sierra Grande Papagayos, Cd. del Maíz	Bosque de encino	1600	2007
21	Pecari	Foto	Ejido Papagayos, Cd. del Maíz	Bosque de encino	1000	2007
22	Pecari	Foto	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	920	2007
23	Pecari	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	830	2007
24	Pecari	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	960	2008
25	Pecari	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Selva mediana	840	2008
26	Pecari	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	940	2008
27	Pecari	Foto	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	820	2008
28	Pecari	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	920	2008
29	Pecari	Foto	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	830	2007
30	Pecari	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Selva Mediana	770	2007
31	Pecari	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	840	2007
32	Armadillo	Foto	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	810	2007
33	Armadillo	Depredación	Ejido Papagayos, Cd. del Maíz	Bosque de encino	1000	2006
34	Armadillo	Foto	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	770	2007
35	Armadillo	Depredación	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	800	2008
36	Armadillo	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	880	2007
37	Temazate	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Selva Mediana	830	2007
38	Temazate	Foto	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	925	2008
39	Temazate	Observacion directa	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Selva Mediana	750	2008
40	Temazate	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	830	2007
41	Temazate	Foto	Minas Viejas, El Naranjo	Bosque mesofilo	615	2007
42	Temazate	Huella	Minas Viejas, El Naranjo	Bosque mesofilo	615	2007
43	Tuza real	Foto	Minas Viejas, El Naranjo	Bosque mesofilo	650	2007
44	Tuza real	Huella	Minas Viejas, El Naranjo	Bosque mesofilo	650	2007
45	Tuza real	Huella	Minas Viejas, El Naranjo	Bosque mesofilo	720	2007
46	Tuza real	Foto	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Selva Mediana	810	2007
47	Tuza real	Huella	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Selva Mediana	860	2007
48	Coati	Huella	Los Sabinos, Cd. Valles	Selva baja caducifolia	520	2006
49	Coati	Foto	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Selva Mediana	840	2007
50	Coati	Foto	Laguna del Mante, Cd. Valles	Selva baja caducifolia	300	2007
51	Ocofaisan	Foto	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Selva Mediana	835	2008
52	Ocofaisan	Foto	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Selva Mediana	780	2008
53	Ocofaisan	Foto	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Selva mediana	715	2008
54	Ocofaisan	Foto	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Selva mediana	715	2008
55	Guajolote	Observacion directa	San Nicolás de los Montes, Tamasopo	Bosque de encino	900	2007
56	Guajolote	Observacion directa	La Trinidad, Xilitla	Bosque de Pino-Encino	2600	2006

### 6.3 Depredación sobre ganado doméstico

Como resultado de los reportes atendidos, se confirmaron 8 depredaciones causadas por jaguar. De estos registros se pudieron comprobar 5 depredaciones de jaguar sobre el ganado (Imágen2) los cuales mostraron haber sido subyugadas con mordida en la base del cráneo, inicialmente consumidas generalmente por la parte del pecho y no fueron encontradas cubiertas con ramas u hojarasca lo cual representa el patrón de depredación característico de la especie (Rosas-Rosas 2006). Las otras 3 depredaciones fueron confirmadas por medio de entrevistas realizadas a ganaderos con experiencia (registros Clase II), los cuales describieron perfectamente la depredación. En algunos casos fue posible determinar que el ataque lo habían realizado otros depredadores principalmente coyotes y perros ferales.



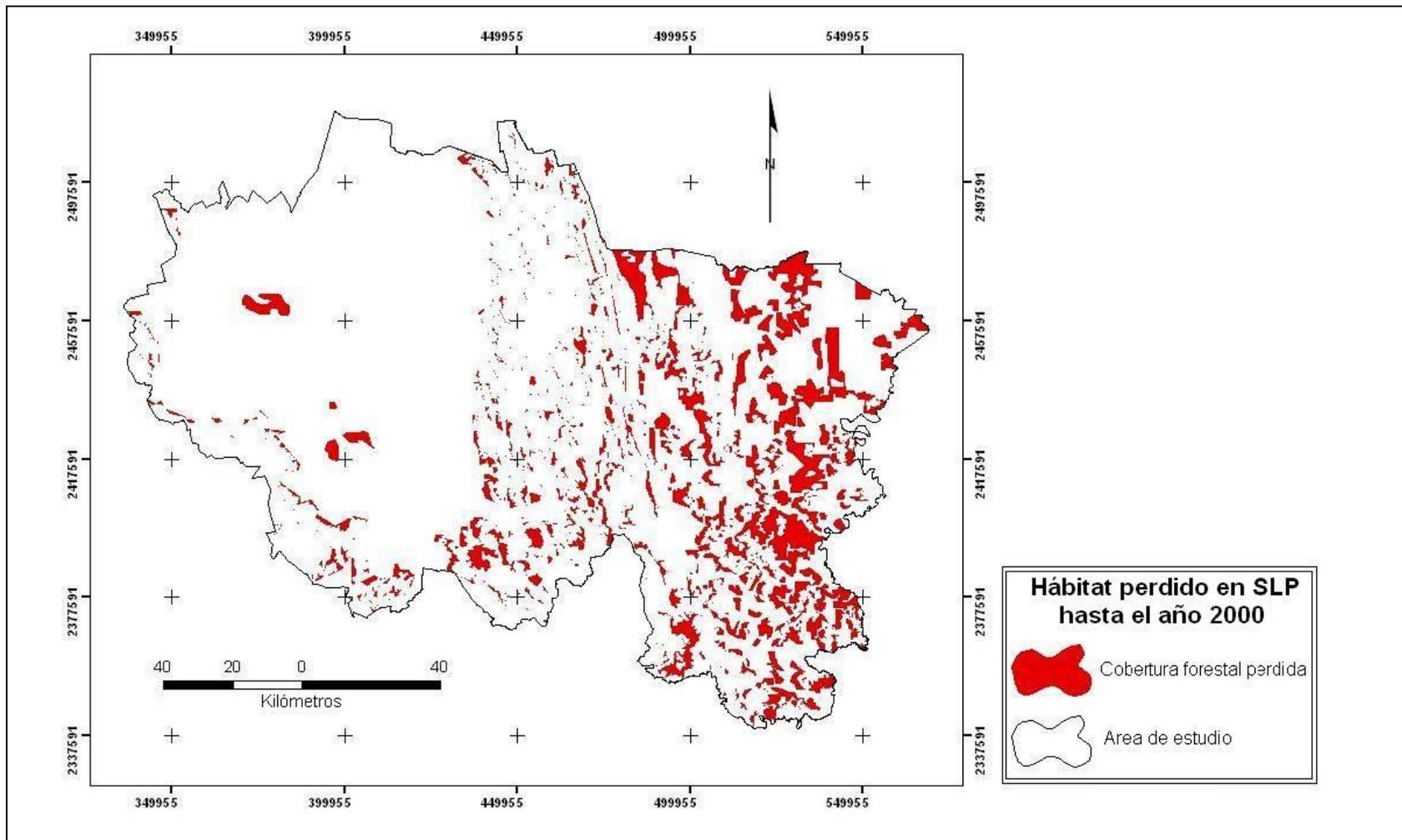
**Imágen2.** Depredación confirmada por jaguar en el Municipio de Rayón

#### **6.4 Hábitat perdido**

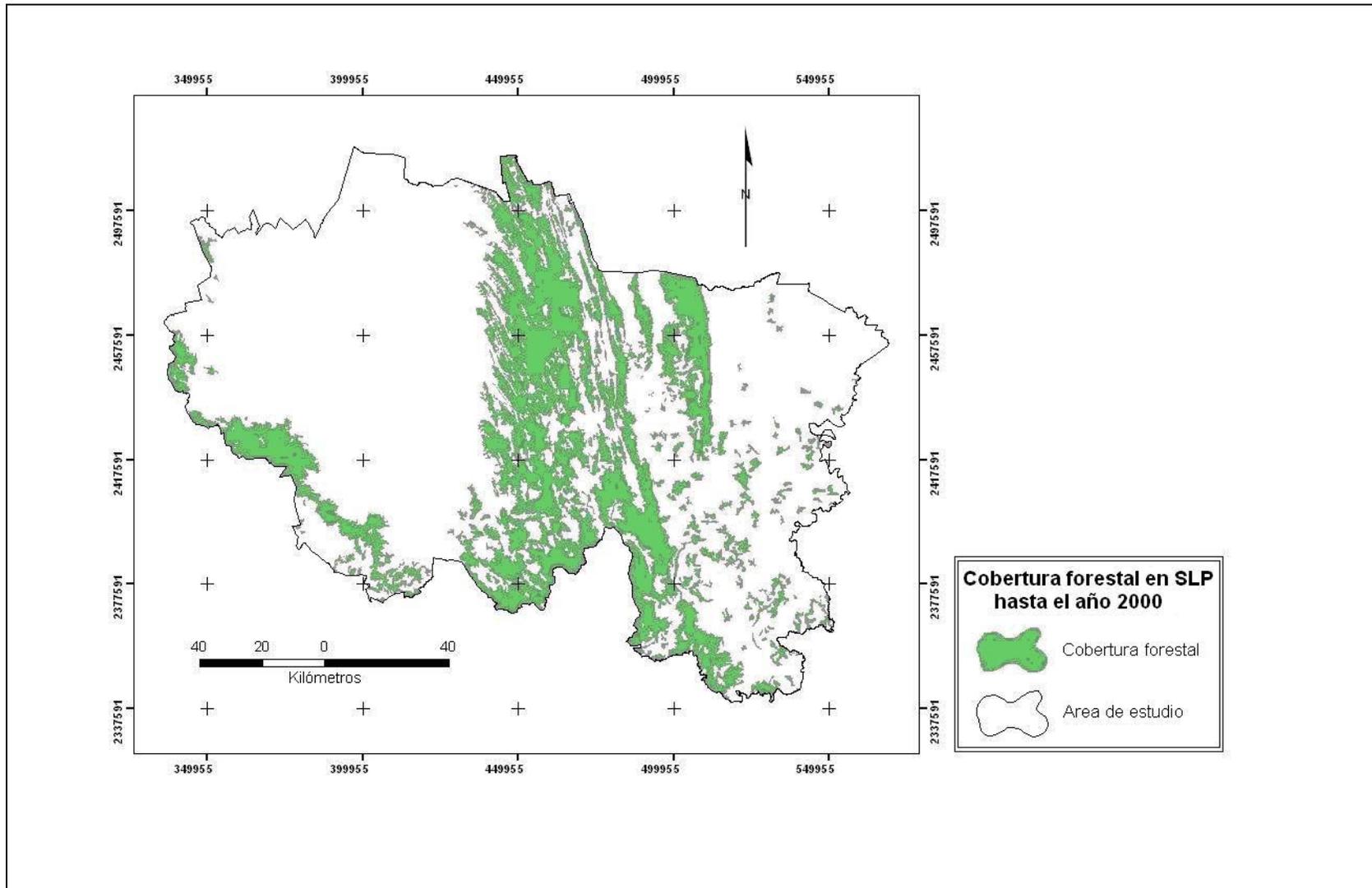
El hábitat perdido (cobertura forestal) en el periodo de 1976 al 2000 (24 años), en el área de estudio fue de 428,809 ha como resultado de las actividades antropogénicas principalmente agricultura y ganadería resultando en una fragmentación y pérdida de la conectividad del hábitat para muchas especies (Mapa 3). Similarmente, Leyequien y Balvanera (2007) mencionan que en la última década se han perdido 10,000 hectáreas de bosques en la Huasteca Potosina. En una década, la población humana se incrementó de 824,291 (INEGI 1995) a 858,227 habitantes (INEGI 2005) en el área de estudio.

A pesar de esto, aún queda hábitat disponible principalmente en la Gran Sierra Plegada con vegetación de bosque de encino, selva mediana, selva baja caducifolia, porciones de bosque mesófilo y matorral submontano (Mapa 4).

**Mapa 3.** Hábitat perdido en San Luis Potosí durante el periodo 1976 al 2000.



**Mapa 4.** Hábitat de calidad aun disponible para el jaguar en el estado de San Luis Potosí.

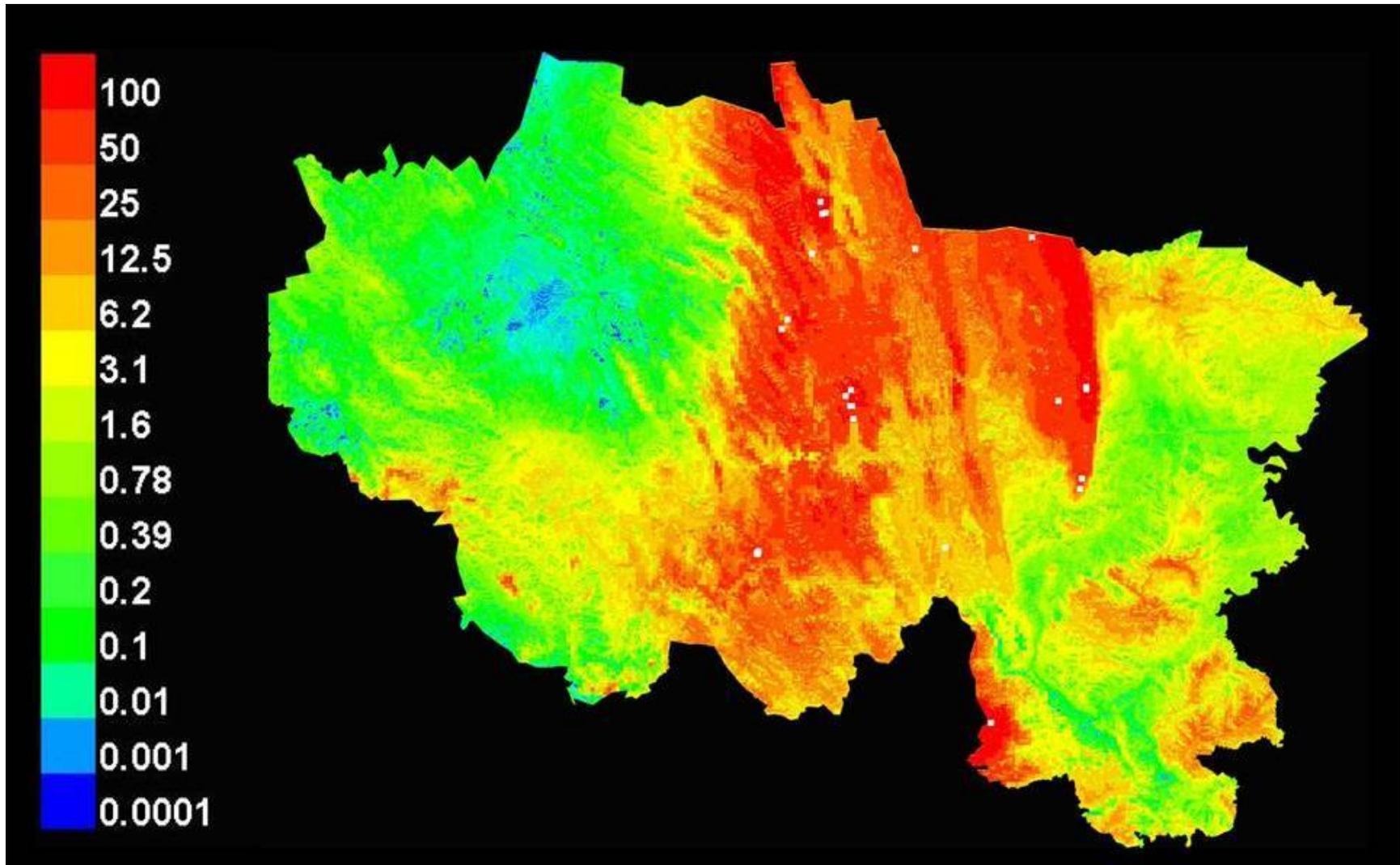


## 6.5 Hábitat potencial del jaguar

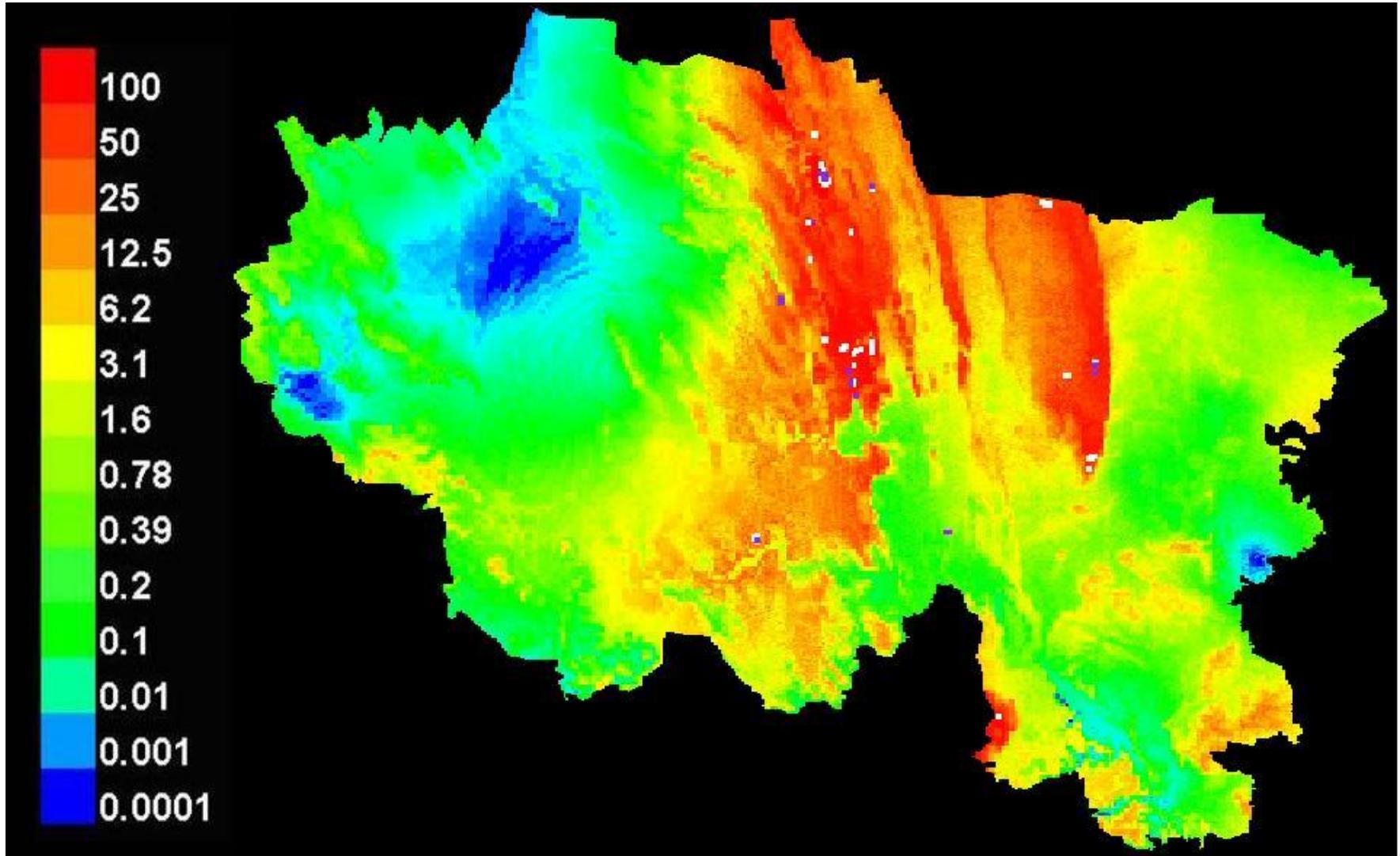
Se generaron dos mapas de hábitat potencial en el que cada celda (Pixel 30x30m) posee un valor de probabilidad que varía entre 0 y 100 por ciento donde se expresa el valor de idoneidad del hábitat para la especie en función de las variables ambientales consideradas para generar el modelo (Imágenes 3 y 4). Los valores altos (tonos rojos) indican que esa zona presenta condiciones adecuadas para la presencia de la especie, mientras que un valor bajo (tonos azules) indican lo contrario (Phillips *et al.*, 2006; Jasso, 2008). Los puntos blancos muestran los registros de presencia utilizados para entrenamiento del modelo mientras que los violeta muestran los registros utilizados (25% del total) para probar la precisión del modelo.

Con la información generada a partir de los modelos, se realizaron dos mapas de hábitat y posible distribución potencial del jaguar en ArcMap 9.2 (ESRI 2007). El primer mapa creado con 26 registros confirmados de jaguar, define que las zonas con mayor hábitat potencial disponible para jaguares es la Subprovincia de la Sierra Plegada dentro de la Sierra Madre Oriental, particularmente en los Municipios de Tamasopo, Ciudad del Maíz, El Naranjo, con presencia de bosque de encino tropical (*Quercus oleoides*), selva mediana y bosque mesófilo y también la Sierra del Abra Tanchipa en el Municipio de Ciudad Valles con vegetación de selva baja caducifolia, en Xilitla en una pequeña porción de bosque de pino encino, bosque mesófilo y selva mediana y en menor probabilidad en porciones del Carso Huasteco en los Municipios de Aquismón, Lagunillas, Santa Catarina y Rayón (Mapa 5). Esas regiones definidas como hábitat potencial para el jaguar presenta una vegetación densa y una escasa densidad de población humana.

En este primer modelo (Imagen 3) se utilizaron los mismos datos de presencia para el entrenamiento y para correr el modelo ya que no se tuvieron datos suficientes de sitios de presencia para la especie con los cuales poder tomar el 25% de los datos y ver la significancia del mismo. Debido a esto las líneas azul y rojas de la gráfica resultante para la curva operada por el receptor ROC son iguales (Gráfica 2). A pesar de esto, con base a lo observado en trabajo de campo, aún con pocos registros de jaguar (para el modelo), el Mapa 5 concuerda con las áreas aparentemente más propicias de hábitat disponible y posible distribución de jaguar en SLP.

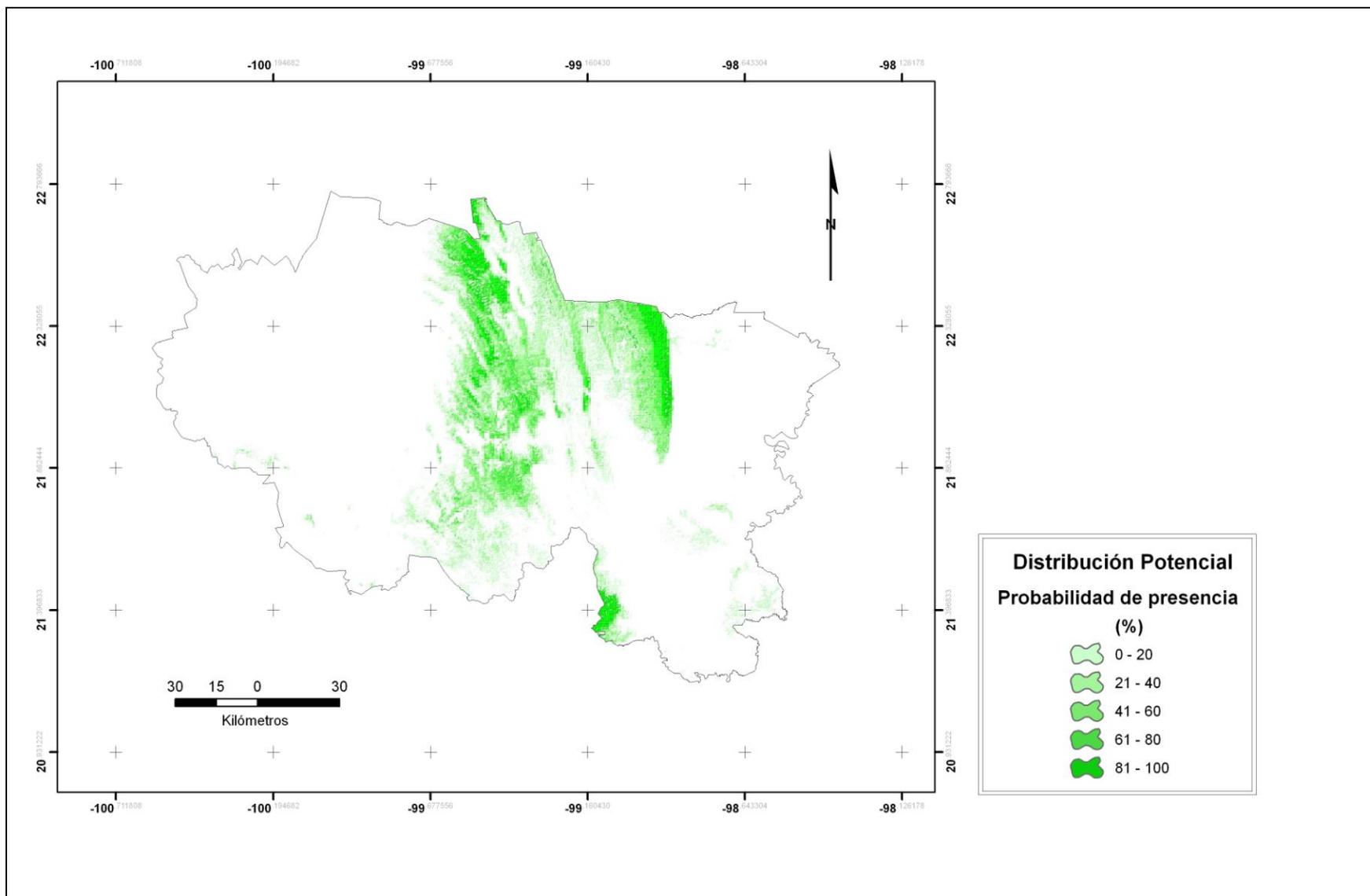


**Imagen 3.** Valores del modelo 1 de hábitat potencial del jaguar en San Luis Potosí obtenido con 26 registros confirmados de jaguar

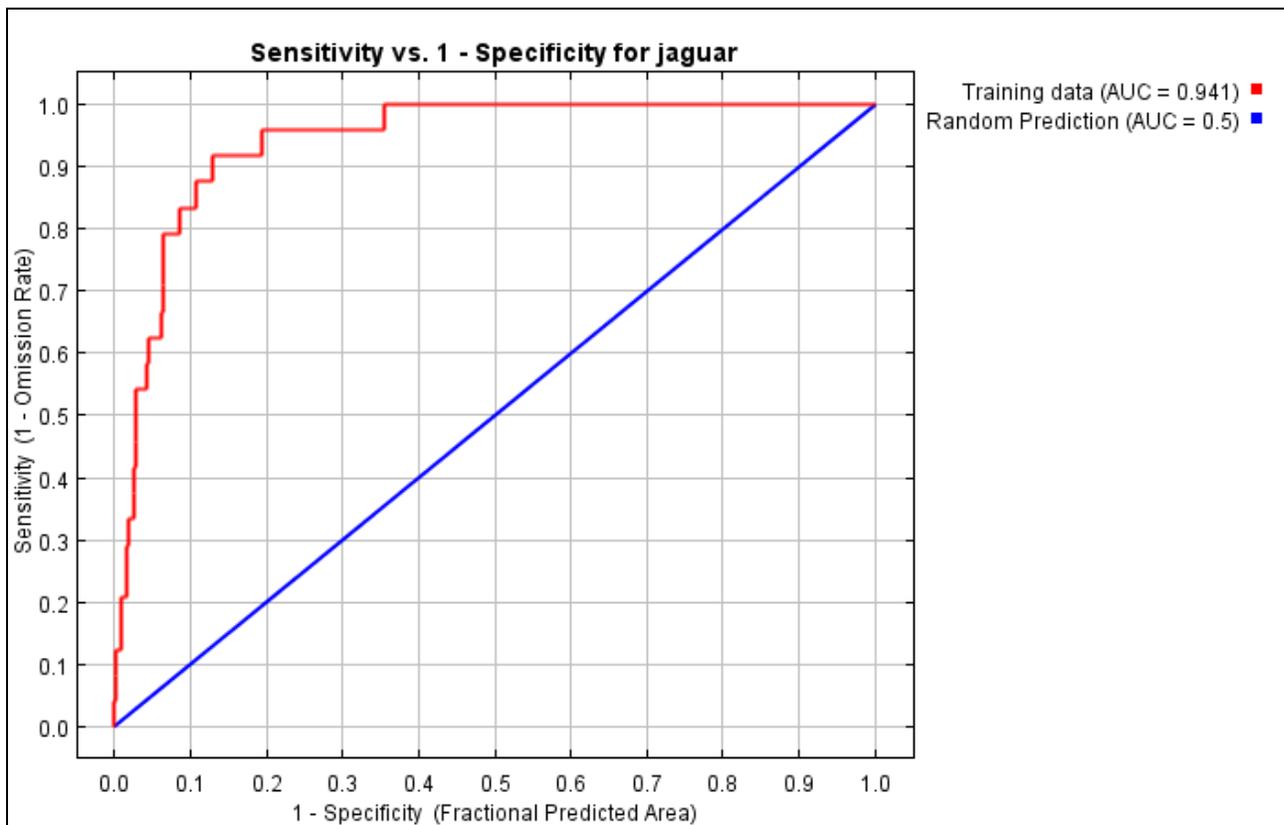


**Imagen 4.** Valores del modelo de hábitat potencial del jaguar en San Luis Potosí obtenido con 61 registros confirmados de jaguar y sus presas.

**Mapa 5.** Distribución potencial del jaguar en San Luis Potosí de acuerdo al Modelo MaxEnt, originado a partir de 26 registros de jaguar confirmados.



Las variables que mas contribuyeron en la creación de este Modelo 1 fueron la temperatura máxima del mes de enero con 36.6%, la precipitación máxima promedio del mes de octubre con 23.3%, la precipitación máxima promedio del mes de noviembre con 15.8% y el modelo digital de elevación con 6.7%. Sin embargo esto no quiere decir que la presencia del jaguar se deba a la temperatura máxima del mes de enero o la precipitación máxima de octubre, simplemente estas variables fueron las que contribuyeron más en la creación del modelo. Esto se explicará mas a detalle utilizando el Modelo 2.



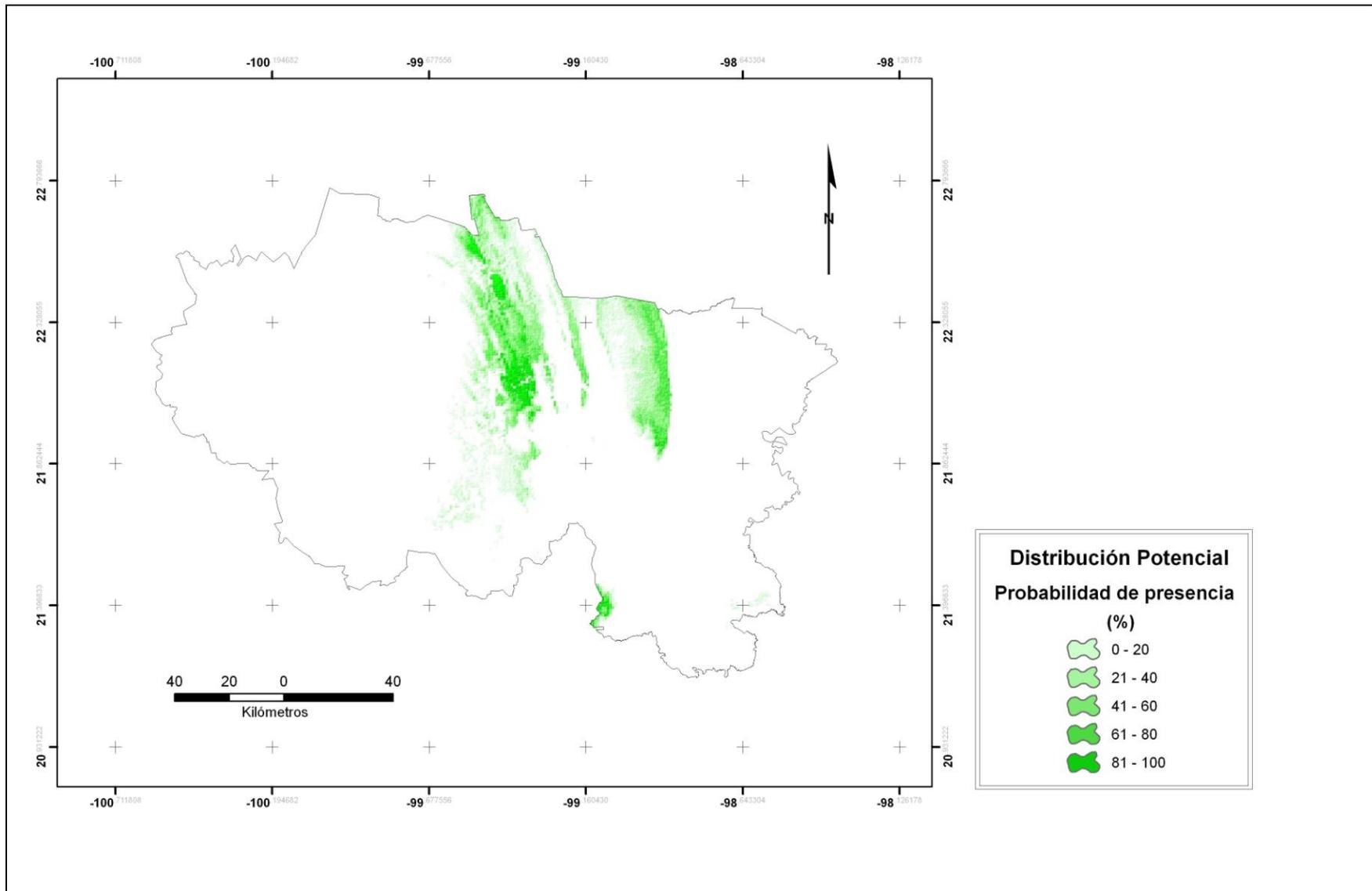
**Gráfica 2.** Gráfica mostrando la curva ROC y el AUC obtenidas en el Modelo 1.

En el segundo mapa generado (Imagen 4) se utilizaron 61 registros (46 para entrenamiento y 15 para probar el modelo). Este nuevo modelo resultó muy parecido al primero solo que éste muestra un área de distribución y hábitat potencial más restringida, abarcando porciones más pequeñas de la Subprovincia de la Gran Sierra Plegada con bosques de encino en los Municipios de Ciudad del Maíz, El Naranjo y Tamasopo, Sierra del Abra Tanchipa con selva baja caducifolia en el Municipio de Valles y una pequeña porción de bosque de pino-encino y selva mediana en el Municipio de Xilitla, al sur del Estado (Mapa 6).

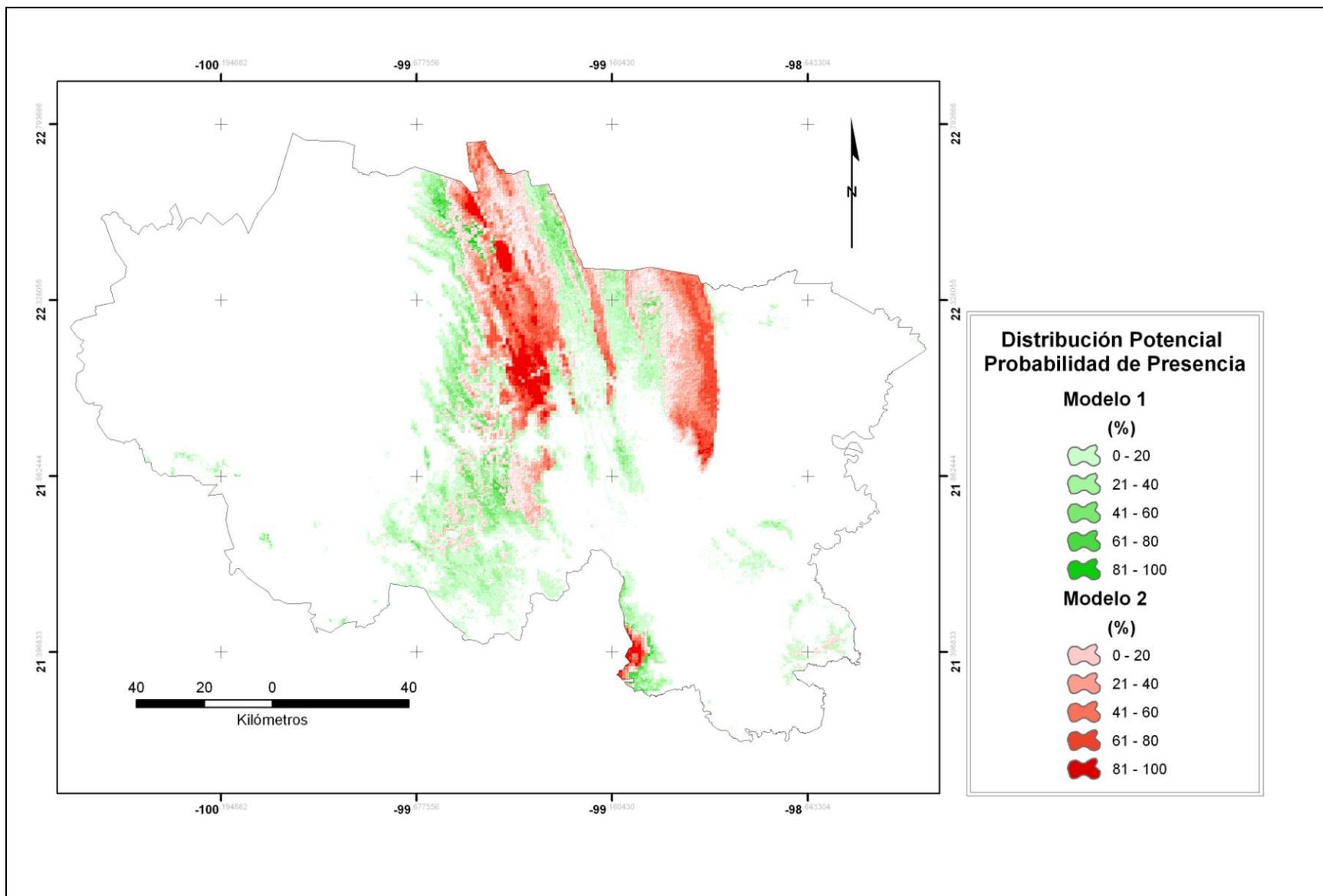
En este modelo las curvas ROC fueron diferentes ya que fue posible tomar el 25% de los sitios de presencia para probar el modelo. En la Gráfica 3, se muestran las curvas ROC, así como el valor obtenido del área bajo la curva (AUC) de 0.889 lo cual nos indica que el modelo tiene una muy buena significancia y capacidad de predicción (precisión). Este modelo elimina algunas porciones del Carso Huasteco con probable hábitat en los Municipios como Rayón, Lagunillas y Aquismón donde presentan poca o ninguna probabilidad de presencia para la especie. Particularmente lo que sucedió en este segundo mapa fue que al contar con mayor información (registros de presencia) en algunas áreas, se eliminaron o descartaron zonas que en el primer mapa aparecían con probabilidades de presencia que iban del 0 al 40 % (Mapa 7).

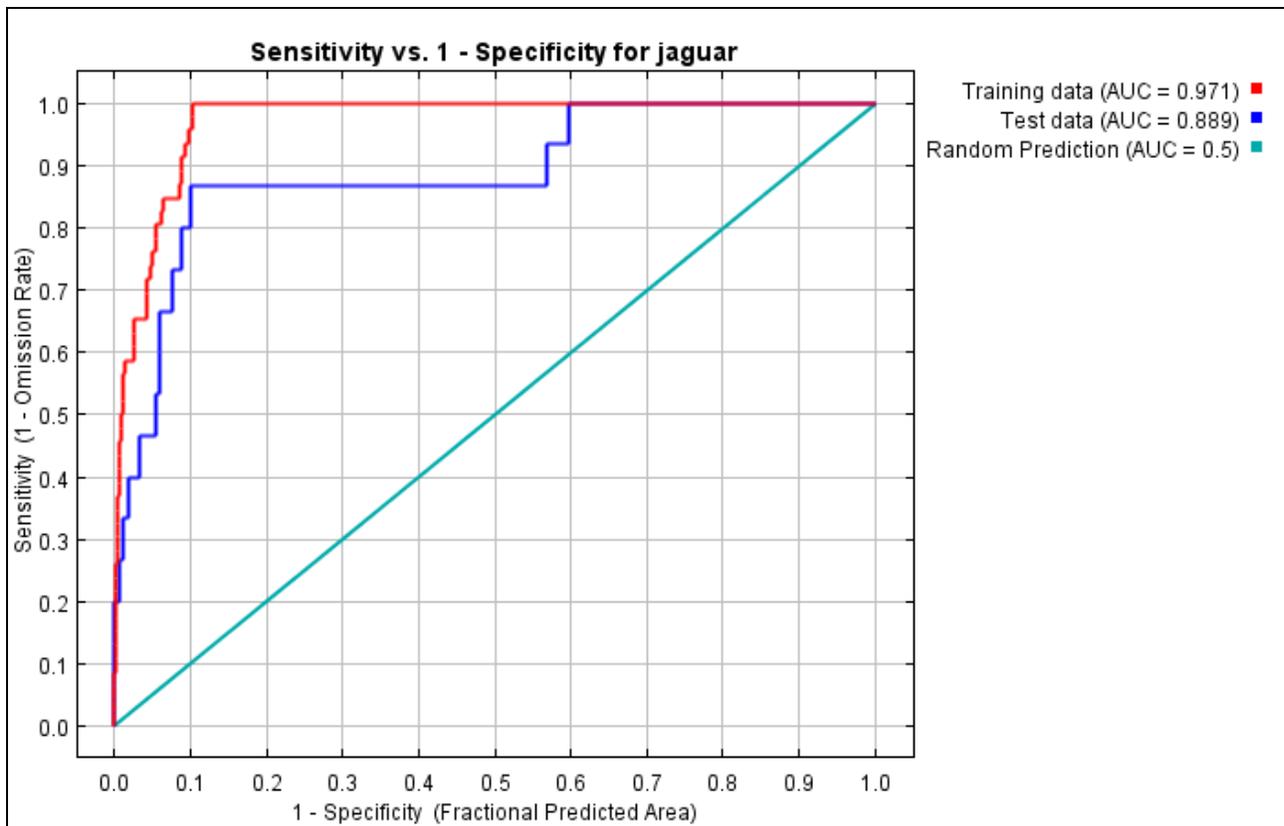
Con esta nueva información contenida, el modelo le dio mayor significancia a zonas que compartían más sitios de presencia con características similares (presentando las mismas variables) lo que podría traducirse en una menor fragmentación, vegetaciones densas y por consiguiente menor presencia humana lo cual biológicamente parecieran ser algunas de las características que definen mejor la probabilidad de presencia de la especie.

**Mapa 6.** Distribución potencial del jaguar en San Luis Potosí de acuerdo al Modelo MaxEnt, originado a partir de 61 registros de jaguar confirmados y sus presas.



**Mapa 7.** Comparación de los modelos obtenidos para la distribución y hábitat potencial del jaguar en San Luis Potosí.





**Gráfica 3.** Gráfica mostrando las curvas ROC y la AUC obtenidas en el Modelo 2.

Las variables que mas influyeron en el modelo fueron las temperaturas máximas promedio del mes de Febrero con 29.2%, la precipitación máxima promedio del mes de Noviembre con 16.2%, la precipitación máxima promedio del mes de Octubre con 11%, la temperatura máxima promedio del mes de Enero con 10.4% y la vegetación con 7.9% (Tabla 6).

Variable	Contribución porcentual
tmax_2mx	29.2
prec_10mx	16.2
prec_9mx	11
tmax_1mx	10.4
veget_leo_geo	7.9
prec_5mx	6.6
dem	3.7
tmax_12mx	3.5
prec_8mx	3.2
prec_12mx	2.3
prec_6mx	2
tmin_6mx	1.4
prec_2mx	1.1
prec_3mx	0.6
tmin_4mx	0.4
prec_11mx	0.1
tmax_9mx	0.1
prec_4mx	0.1
tmin_7mx	0.1
tmax_11mx	0
prec_7mx	0

**Tabla 6.** Contribuciones porcentuales de las variables en el Modelo 2

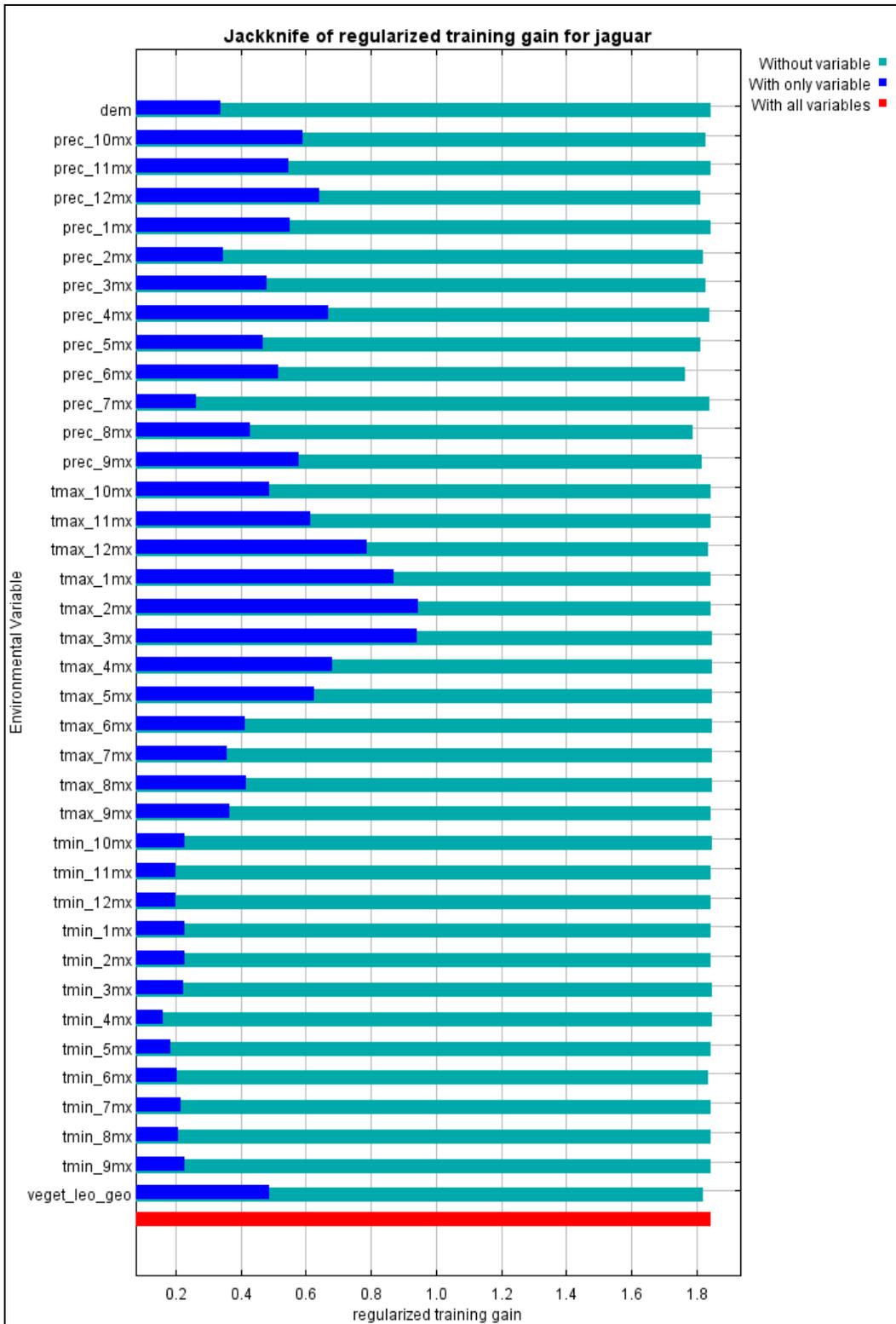
Aunque pareciera que MaxEnt usó la variable “temperatura máxima de Febrero” más que cualquier otra y por ejemplo unas de las menos utilizadas fue la de precipitación máxima de Julio, esto no necesariamente implica que la temperatura de Febrero sea mucho más importante para la especie que la precipitación de Julio, ya que estos valores de contribución porcentual únicamente están definidos de manera heurística (manera de buscar la solución de un problema mediante métodos no rigurosos, como por tanteo, reglas empíricas, etc.) y dependen de la ruta particular que usa el código MaxEnt para obtener la solución óptima y un algoritmo diferente podría obtener la misma solución por medio de una ruta distinta, lo cual resultaría en valores de contribución porcentual diferentes.

Más aún, cuando hay variables ambientales altamente correlacionadas, las contribuciones porcentuales deberían ser interpretadas con precaución (Phillips *et al.*, 2004).

Para estimar cuales son las variables más importantes en el modelo, es posible realizar una prueba de “jackknife” creando un conjunto de modelos de las variables. En cada oportunidad se excluye una variable y se crea un modelo con las restantes utilizando cada variable de manera aislada. Adicionalmente, se crea un modelo usando todas las variables (barras rojas), tal y como se hizo anteriormente. Los resultados de la prueba de “jackknife” aparecen como tres gráficos de barras (Phillips *et al.*, 2004).

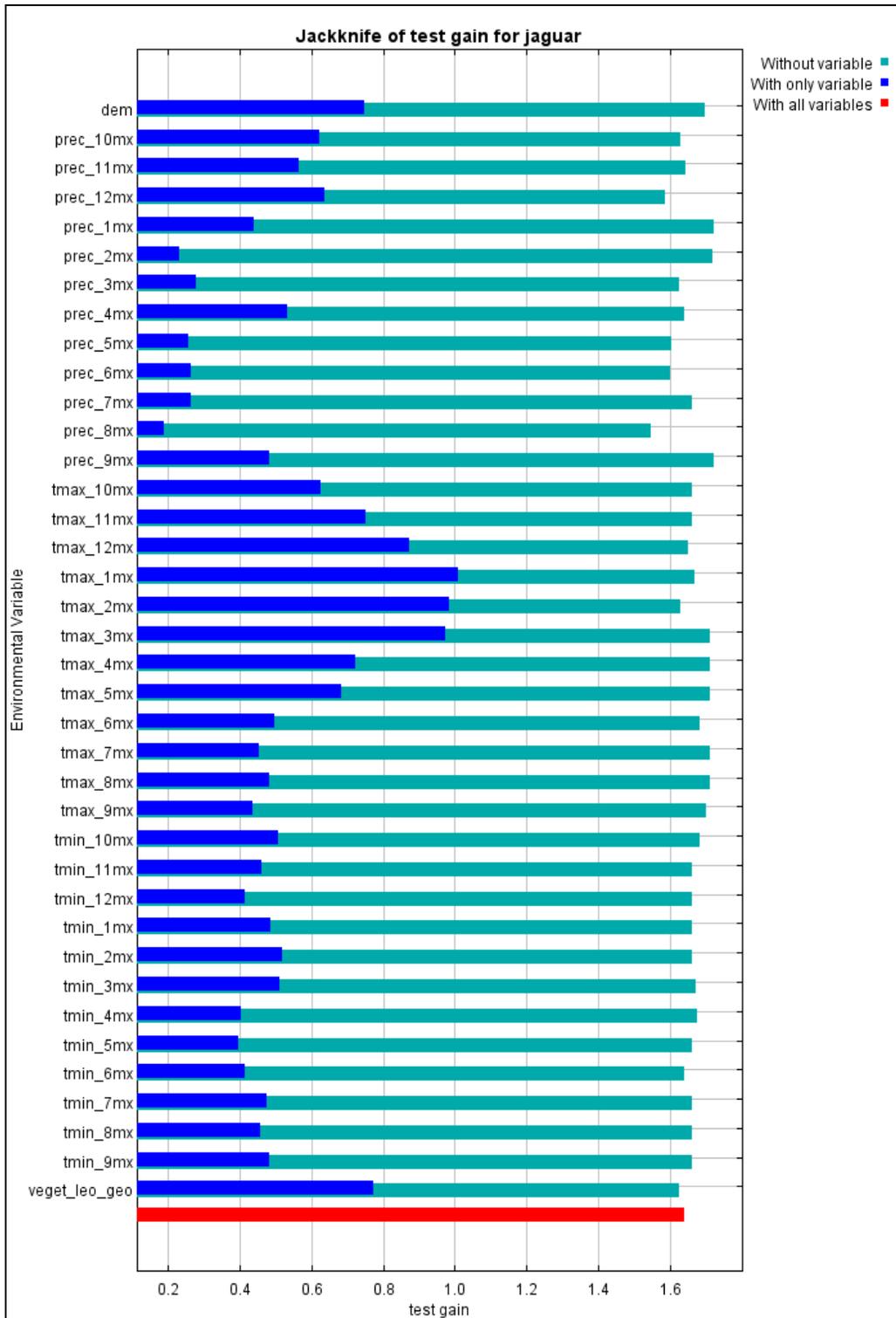
El primer gráfico muestra la ganancia de cada variable en el entrenamiento del modelo, la segunda gráfica muestra la ganancia de la prueba del modelo y la tercera gráfica muestra la ganancia de cada variable para el área bajo la curva (AUC). Las barras azul claro sugieren que ninguna variable contiene una cantidad sustancial de información útil, que no esté contenida en las otras variables, dado que no decrece de manera considerable la ganancia del entrenamiento cuando se omite una variable dada (Phillips *et al.*, 2004).

En el primer gráfico, se observa que si MaxEnt utiliza solamente tmin\_4mx (temperatura mínima promedio de Abril) casi no obtiene ganancia, así que la variable no es (por sí misma) útil para estimar la distribución de jaguar. Por otra parte, la temperatura máxima promedio de Febrero (tmax\_2mx) permite un ajuste razonablemente bueno a los datos de entrenamiento (Gráfica 4).



**Gráfica 4.** Resultados gráficos de la prueba “jackknife” para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento para el Modelo2 de distribución potencial del jaguar.

En el segundo gráfico se muestra la misma prueba ahora para la ganancia en la prueba del modelo, aquí se observa que nuestras conclusiones al respecto de cual variable era mas importante puede cambiar ahora que se analizan los datos de la corrida de prueba. En este caso, prec\_8mx (precipitación máxima promedio del mes de Agosto), resulta ser la variable menos útil para estimar la distribución de jaguar mientras que tmax\_1mx (temperatura máxima promedio del mes de Enero) permite un ajuste razonable a los datos de prueba (Gráfica 5).



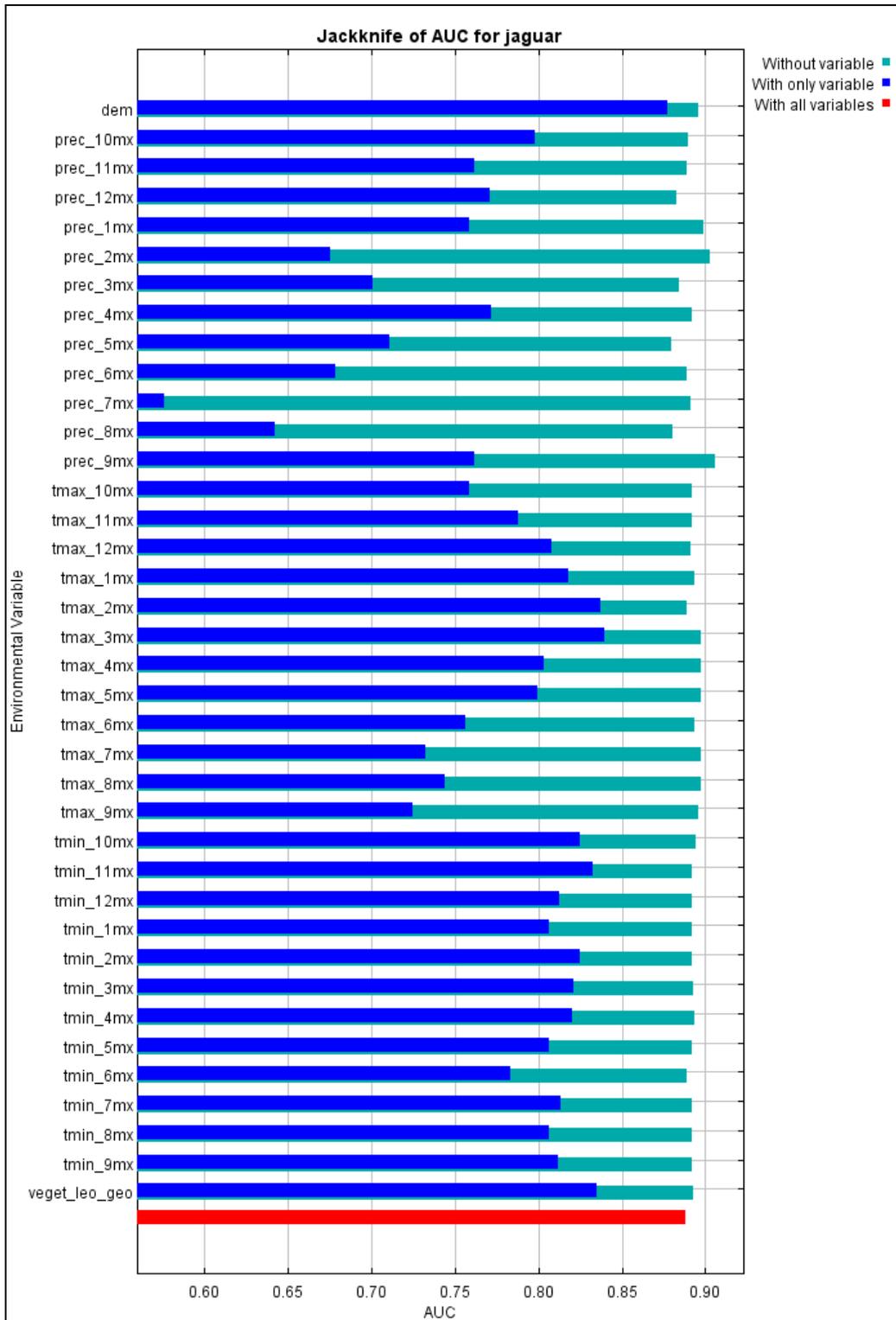
**Gráfica 5.** Resultados gráficos de la prueba “jackknife” para estimar las variables más importantes en la corrida de prueba para el Modelo2 de distribución potencial del jaguar.

La gráfica correspondiente al AUC muestra que el Modelo Digital de Elevación (MDE) es la variable que por sí sola predice de manera más efectiva la distribución de los datos de frecuencia que fueron utilizados como prueba, cuando el desempeño para la predicción es medido mediante el AUC, aun cuando apenas fue usado por el modelo construido usando todas las variables. La importancia relativa del modelo digital de elevación también incrementa en la gráfica de la ganancia de la prueba (Gráfica 6). Adicionalmente, en las gráficas de la ganancia de la prueba y de AUC, algunas de las barras azules de la mayoría de las variables son más largas que la barra roja, indicando que el desempeño para la predicción mejora cuando las variables correspondientes no son usadas.

Esto indica que la información de conjunto de estas variables (promedios mensuales de 30 años) ayuda a que MaxEnt obtenga un buen ajuste a los datos de entrenamiento, pero la variable (MDE) generaliza mejor, dando resultados comparativamente mejores sobre los datos de prueba. Esto es importante si nuestro objetivo es transferir el modelo, por ejemplo aplicándolo a variables climáticas futuras a fin de predecir su distribución bajo el escenario actual de cambio climático.

Es necesario aclarar nuevamente que la presencia del jaguar no se debe a la importancia de “X” variable como tal (por ejemplo: temperatura máxima de Enero) que fue una de las variables que tuvo una contribución porcentual mayor en la creación del modelo, simplemente fueron variables que se ajustaron mejor (de acuerdo a las pruebas independientes “jackknife” de cada variable), para predecir el modelo. Definitivamente, la presencia del jaguar está determinada por la interacción de todas las variables que se ingresaron al modelo (temperaturas, precipitaciones y tipo de vegetación), asociadas a un sitio o registro de presencia de la especie. El programa MaxEnt busca esas coincidencias entre las variables y los sitios de presencia y las representa en un mapa de probabilidades. Es evidente que estas variables están relacionadas ecológicamente entre sí, es decir, la presencia de una determinada vegetación es el resultado de una altura, precipitación y temperatura dada.

Las regiones dentro del área de estudio que presentaron estas características fueron las que el modelo seleccionó como mayor probabilidad de encontrar a la especie, si esto lo interpretamos como características necesarias que debe presentar el hábitat para la presencia del jaguar entonces estas áreas se caracterizan por presentar un determinado tipo de vegetación densa en particular (bosque de encino, selva mediana o selva baja caducifolia), presencia de presas potenciales y poca perturbación o afectaciones por actividades antropogénicas.



**Gráfica 6.** Resultados gráficos de la prueba “jackknife” para estimar las variables más importantes de AUC para el Modelo2 de distribución potencial del jaguar.

## 7 DISCUSIÓN

A partir de las salidas a campo se pudo documentar la presencia de por lo menos 12 jaguares vivos (8 machos y 4 hembras).

La distribución actual del jaguar en SLP comprende la Sub provincia de la Gran Sierra Plegada, Sierra del Abra Tanchipa y Carso Huasteco con vegetaciones de bosque de pino-encino, bosque de encino, selva mediana, selva baja caducifolia, bosque de niebla, y matorral submontano principalmente. La Gran Sierra Plegada constituye el hábitat de mayor calidad y extensión aún disponible en el Estado (Mapa 7). Dentro de esta área encontramos una base de presas diversa para los jaguares incluyendo sus presas preferenciales como el pecarí de collar, venado cola blanca, coatí, armadillo y ganado, las cuales han sido identificadas como componentes importantes en la dieta de jaguares en México y America Central (Rosas-Rosas *et al.*, 2008; Núñez *et al.*, 2002; Aranda, 1994; Rabinowitz y Nottingham, 1986). La presencia del jaguar estuvo asociada con un buen estado de conservación del hábitat, una base de presas diversa y en elevaciones que varían de los 100 a los 2,400 msnm.

Los registros históricos de Dalquest (1953) y los encontrados durante este trabajo de investigación indican que otras regiones de SLP estuvieron ocupadas por el jaguar (Sureste de la Huasteca Potosina) en las décadas de los 50's y 60's; sin embargo, dichas áreas se encuentran severamente fragmentadas actualmente (Mapa 3) y con una densidad humana de 858,227 (INEGI 2005). Mientras que originalmente la distribución del jaguar comprendía incluso la Provincia de la Planicie Costera (Leopold, 1983; Seymour 1989), actualmente de acuerdo a los datos obtenidos se sugiere que la población residente de jaguares se encuentre restringida exclusivamente a las zonas montañosas de la Sierra Madre Oriental en SLP.

Leyequien y Balvanera (2007) mencionan avistamientos recientes de jaguar (2 y 5 años anterior a su investigación) en el sureste de la Huasteca, sin embargo, durante este trabajo de investigación no se encontró evidencia verificable que apoyara la presencia del jaguar en la zona por lo que se duda de la veracidad de sus resultados. Aunado a esto, durante esta investigación se observó que particularmente el sureste de la Huasteca ha sido altamente alterado con la conversión de bosques a pastizales para actividades agrícolas y ganaderas.

En consecuencia, la zona carece de presas debido a la pérdida de hábitat, cacería ilegal y altas densidades de caminos asociadas a una gran densidad de población humana (Mónico González, Ex - Presidentes Municipal de Tampamolón, comunicación personal). Zarza *et al.*, (2007) mencionan que los poblados tienen un profundo impacto sobre la distribución espacial del jaguar en la península de Yucatán, y la mayor ocurrencia de jaguares se localizó a una distancia  $> 6.5$  Km. de los poblados, donde el paisaje alrededor de los poblados se caracteriza por campos de cultivos, pastizales, carreteras, pequeños fragmentos de selva madura y vegetación secundaria. Similarmente a la península de Yucatán, en este estudio se encontraron las mismas características en el Sureste de la Huasteca. En entrevistas con autoridades y pobladores locales mencionan que los jaguares fueron erradicados del sureste (municipios de San Vicente Tancuayalab, Tanquián de Escobedo y Tampamolón) en los años 60's debido al control ilegal de depredadores del cual fueron objeto y la pérdida de hábitat por los cambios de uso de suelo. En el área persisten algunos relictos de selvas bajas y medianas en manchones las cuales posiblemente por su grado de fragmentación sean inadecuados para mantener una población residente de jaguares e incluso individuos de la especie. La diferencia entre la distribución actual e histórica del jaguar refleja la pérdida de hábitat causada principalmente por la deforestación y el incremento de la presencia humana en algunas áreas (Ortega-Huerta 2004), situación que se pudo comprobar mediante el uso de un modelo para determinar distribuciones potenciales que será discutido mas adelante.

Se tuvieron reportes de la presencia de jaguar en otros Municipios del Estado indicando la presencia de jaguar en las proximidades de las comunidades de Ebano y Matlapa; sin embargo, no se pudieron obtener evidencias de su presencia en esas zonas por lo cual estos supuestos registros no fueron incluidos en el análisis. Encontramos algunos sitios con vegetación y rango de elevaciones similares a los asociados con la presencia del jaguar; sin embargo, durante los recorridos en campo y entrevistas realizadas no fue posible constatar la presencia de jaguar debido a las condiciones de hábitat no aptas para el jaguar por estar más expuestas a la influencia del ser humano y a la carencia de una base de presas abundante.

En el área natural protegida del Abra Tanchipa se obtuvieron 7 registros de jaguar. Dos de ellos en la parte sur la cual esta siendo fuertemente afectada por las actividades humanas como la cacería furtiva del jaguar y sus presas, y la invasión de tierras por parte de algunos ejidos para crear nuevas áreas para actividades agropecuarias.

Los datos obtenidos durante este estudio sugieren que la fragmentación de hábitats ha provocado en gran medida la dispersión de depredadores como el jaguar hacia zonas de menor calidad (áreas borde), donde su potencial para mantener poblaciones estables se reduce significativamente poniendo en riesgo la sobrevivencia de la especie a largo plazo.

La información obtenida en esta investigación, similar a la encontrada por Rosas-Rosas y López-Soto (2002) y Caso (2007) sugieren que el estado de San Luis Potosí provee de hábitat y mantiene una población residente de jaguar asociada principalmente a la Sierra Madre Oriental. En base a esta evidencia, la designación de las áreas prioritarias para la conservación del jaguar en México (Sanderson *et al.*, 2002, Chávez 2006) deberían ser reconsideradas he incluir a la Sierra Madre Oriental la cual provee un corredor natural, uniendo poblaciones de jaguar en los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Nuevo León y Tamaulipas. Este corredor biológico requiere especial atención en la planeación futura del aprovechamiento y buen manejo de sus recursos para mantener estos hábitats críticos y asegurar la conservación del jaguar y otras especies asociadas en el Noreste de México.

Probablemente la Sierra Madre Oriental en San Luis Potosí represente el área núcleo de jaguares dispersantes hacia el norte a los estados de Tamaulipas y Nuevo León y al sur a los estados de Querétaro y posiblemente Veracruz e Hidalgo, por lo que su conservación es clave para mantener la continuidad de la población de jaguares en el noreste de México.

Para darle seguimiento y generar más información sobre la especie, es necesario realizar estudios complementarios sobre la dieta del jaguar, conocer sus patrones de movimiento al Norte y Sur del corredor. Adicionalmente, en otras áreas de SLP, la conversión del hábitat a zonas de cultivo puede afectar la abundancia y distribución de las especies presa; sin embargo, actividades antropogénicas como la agricultura puede incluso beneficiar las especies presa como el venado cola blanca, venado temazate, pecaríes, tepezcuintles y coatíes al proveerles alimento y cobertura por lo que es también necesario determinar la abundancia y disponibilidad de ellas.

Es importante evaluar la dinámica de la población de las presas para determinar el impacto que causa la cacería de subsistencia y la cacería ilegal sobre ellas ya que esta se realiza incluso en áreas naturales protegidas como la Reserva del Abra Tanchipa. A este respecto, además de la cacería existente particularmente en la Reserva es necesario evaluar su conectividad al norte para determinar su capacidad de albergar una población de jaguar a largo plazo debido a que presenta problemas graves de fragmentación en sus áreas periféricas al Sur, Este y Oeste.

El mantener y asegurar una comunidad diversa y viable de presas es una de las claves para la conservación del jaguar en la Gran Sierra Plegada, la cual ha sido impactada a gran escala por asentamientos humanos y cambios de uso de suelo remplazando la comunidad de vegetación forestal natural por plantaciones de agricultura intensiva y pastizales.

El eliminar jaguares en respuesta a la depredación sobre el ganado (a pesar de ser ilegal en México), las actividades de deforestación tradicional para generar tierras de cultivo o potreros (roza, tumba y quema) y la cacería ilegal de las presas del jaguar parecen ser las principales amenazas para la sobrevivencia de la especie a largo plazo en San Luis Potosí. Chávez y Ceballos (2005) igualmente mencionan que la deforestación y el control de depredadores ilegal son dos de las grandes amenazas que enfrentan los jaguares. A pesar de que la cacería del jaguar esta prohibida en México desde 1987, también se encontró un cazador local y 4 rancheros localmente conocidos como “Tigreros” que son contratados para eliminar a los jaguares que causan daños al ganado. Algunos registros obtenidos en este trabajo fueron a partir de las entrevistas realizadas a ellos, incluyendo información de alrededor de 15 jaguares muertos (cazados) durante los últimos 30 años.

A pesar de que Dalquest (1953) menciona pocos reportes de jaguares matando ganado en SLP, en el presente estudio se encontró que la depredación a animales domésticos existe y se confirmaron 8 de estos eventos. El proceso de verificación de daños al ganado resulta delicado dada la situación de la especie con algunos ganaderos los cuales culpan al jaguar de sus pérdidas y muchas veces esas pérdidas se deben a otras razones como lo encontrado por Rosas-Rosas *et al.*, (2008) en Sonora. Por ello es sumamente importante verificar si los daños son causados por un jaguar. Al verificar las depredaciones en compañía del afectado se “gana” su confianza e incluso mas tarde confiesan haber cazado un jaguar o conocer a alguien que podría tener una piel, dientes, cráneos o fotografías.

Es importante determinar realmente si el responsable de la depredación es un jaguar o si la muerte del ganado se debe a otras razones como mordeduras de víbora, caídas, malos partos, abandono de la cría, desnutrición o abigeato. El incremento de la presencia y actividades humanas, particularmente la ganadería en terrenos forestales incrementa los conflictos humano-jaguar (Rosas-Rosas *et al.*, 2008).

En la zona no existe un manejo del ganado o si existe es mínimo. Por lo general el ganado se encuentra de manera extensiva en zonas cerriles lo que facilita las depredaciones. Debido a que la mayoría de los registros de depredaciones actuales e históricas se relacionan con la época de sequía, es necesario implementar un verdadero manejo del ganado durante esta época, como el disminuir las unidades animales por hectárea, implementar corrales de manejo, evitar el establecimiento de potreros en zonas con vegetación densa y zonas de cañadas (Rosas-Rosas *et al.*, 2008).

Es también muy útil el enfocar las actividades de las comunidades que coexisten directamente con el jaguar hacia otras alternativas de ingresos como el turismo de aventura u otros esquemas de aprovechamiento de la flora y la fauna local.

El uso de un sistema de información geográfica y un modelo para determinar distribuciones potenciales (MaxEnt) constituyen ser herramientas muy importantes para estimar la distribución del jaguar e identificar las variables ambientales que la determinan como lo mencionan (Rodríguez-Estrella y Bojórquez-Tapia 2004) ya que la distribución potencial describe donde las condiciones son adecuadas para la sobrevivencia de la especie (Phillips *et al.*, 2006).

El modelado de la distribución y hábitat potencial del jaguar obtenida de los dos modelos realizados con MaxEnt, concuerda con las áreas que fueron visitadas en campo donde se encontró alguna evidencia del jaguar y que además presentaron hábitat disponible con vegetación densa y poca influencia del ser humano, características que definen la presencia de la especie.

Por lo tanto se considera que los resultados obtenidos en este estudio predicen las zonas más importantes para la distribución del jaguar y que esta información es valiosa para la toma de mejores decisiones de manejo, recuperación, conservación o aprovechamiento de especies en riesgo, amenazadas o susceptibles a aprovechamiento (Gross 2002).

De los dos modelos obtenidos, el modelo 1 describe la distribución potencial del jaguar en San Luis Potosí, misma que fue verificada en campo y el modelo 2, determina áreas clave de mayor importancia para conservar en la Gran Sierra Plegada ya que incluye otras especies que comparten el hábitat con el jaguar. Este modelo se sugiere como la base para determinar zonas núcleo si existiera en un futuro la intención de decretar esta región de la Sierra Madre Oriental como una zona protegida ya que fueron obtenidos tomando en cuenta al jaguar el cual es una especie clave o sombrilla (Miller y Rabinowitz 2002).

El modelado de la distribución de la fauna a través de algoritmos de inteligencia artificial es importante, ya que genera información biogeográfica útil mediante el uso de datos ambientales (Jasso-Gordoa 2008). Los modelos de distribución únicamente reflejan condiciones ambientales similares a donde la especie fue encontrada.

## 8 CONCLUSIONES

La conservación del corredor natural de hábitat en la Sierra Madre Oriental debe ser una prioridad en las agendas gubernamentales a nivel Municipal, Estatal y Federal. Las acciones de conservación deben aprovechar todos los programas y apoyos que actualmente existen e incorporar hábitats perdidos a través de un esquema de restauración. Es necesario llevar a cabo un estudio de estimación de poblaciones de jaguar que generen elementos para justificar de una manera más específica la conservación del corredor en la Sierra Madre Oriental y su papel en la supervivencia a largo plazo de la especie.

Conservar el jaguar en San Luis Potosí y a lo largo de su rango de distribución en México implica un cambio significativo en las actividades de manejo tradicionales de las comunidades que coexisten con las poblaciones de jaguar en su hábitat. Este cambio debe darse gradualmente mediante esfuerzos como la organización de los lugareños, la realización de talleres de educación ambiental, talleres de diagnóstico así como proponer y difundir esquemas alternativos de producción. Algunas de estas acciones ya se han iniciado en San Luis Potosí con el diagnóstico participativo sobre actitudes de las comunidades hacia el jaguar, educación ambiental en escuelas rurales con el apoyo del programa de Vida Silvestre sin Fronteras del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los EU (USFWS). Los planes de manejo y conservación de los recursos naturales en el área de estudio deben de considerar el involucramiento activo de los miembros de las comunidades rurales. Por tal motivo, es fundamental saber que las nuevas políticas del uso del suelo y uso racional de los recursos naturales solo funcionan cuando los valores tradicionales y actividades de las comunidades rurales se conservan y sus necesidades básicas son cubiertas.

Es necesario demostrarle a las comunidades la viabilidad de otras alternativas de producción agropecuarias, de aprovechamiento de los recursos naturales y por tanto económicas para asegurar que las comunidades cooperen en la conservación de la especie. Sin estos nexos y acuerdos de colaboración, los programas de conservación tendrán poca probabilidad de éxito (Rosas-Rosas *et al.*, 2007; Rosas-Rosas *et al.*, 2008). Considerando el número de registros de jaguar obtenidos y la conectividad de hábitat de buena calidad disponible determinado durante este estudio en la Sierra Madre Oriental, se recomienda que el Noreste de México se incluya como una región con Prioridad I para la conservación del jaguar y especies asociadas a largo plazo (Sanderson *et al.*, 2002).

## 9 LITERATURA CITADA

- AL-JOHANY. 2007. Distribution and conservation of the Arabian Leopard *Panthera pardus nimr* in Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments*. 68, 20-30.
- ARANDA, M. 1994. Diferenciación entre las huellas de jaguar y puma: Un análisis de criterios. *Acta Zoológica Mexicana* 63: 75-78.
- ARANDA, M. 1996. Distribución y abundancia del jaguar (*Panthera onca*) en el Estado de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*. Pp. 45-52
- ARANDA, M. Y V. SÁNCHEZ-CORDERO. 1996. Prey spectra of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in tropical forest of Mexico. *Studies of Neotropical Fauna and Environment* 31:65-67.
- ARANDA, M. 1998 Densidad y estructura de una población del jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 75:199-201
- ARANDA, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología de Xalapa, A. C. Veracruz, México.
- AZUARA, D., Y R. MEDELLIN. 2007. Fototrampeo como herramienta para el estudio del jaguar y otros mamíferos en la selva Lacandona, Chiapas. Pp. 143-153 en: *Conservación y manejo del jaguar en México: estudios de caso y perspectivas*. (G. Ceballos, C. Chávez, R. List y H. Zarza, eds.). Conabio-Alianza WWF/Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BARTEL, R. 2008. Effects of Disturbance on Habitat Dynamics of a Rare Species. North Carolina State University. PhD Dissertation.
- CARBONE, C., S. CHRISTIE, K. CONFORTI, T. COULSON, N. FRANKLIN, J.R. GINSBERG, M. GRIFFITHS, J. HOLDEN, K. KAWANISHI, M. KINNAIRD, R. LAIDLAW, A. LYNAM, D.W. MACDONALD, D. MARTYR, C. MACDOUGAL, L. NATH, T. O'BRIEN, J. SEIDENSTICKER, D.J.L. SMITH, M. SUNQUIST, R. TILSON Y W. N.WAN SHANHRUDDIN 2001. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal conservation*. 4: 75 – 79.
- CARROLL, C. Y D. MIQUELLE. 2006 Spatial viability analysis of Amur tiger *Panthera tigris altaica* in the Russian Far East: the role of protected areas and landscape matrix in population persistence. *Journal of Applied Ecology*. 43, 1056-1068.
- CASO, A. 2007. Situación del jaguar en el estado de Tamaulipas. Pp., en: *Conservación y manejo del jaguar en México: estudios de caso y perspectivas*. Conabio-Alianza WWF Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- CEBALLOS, G., C. CHÁVEZ, H. ZARZA Y C. MANTEROLA. 2005. Ecología y conservación del jaguar en la región de Calakmul. *Biodiversitas*, 62: 1 – 7.
- CEBALLOS, G Y O. GRISSELE. 2005. Los Mamíferos Silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fondo de Cultura Económica. 986 p.
- CHAPA-VARGAS, L., Y K. MONZALVO-SANTOS. (En prensa). Mapa de vegetación de San Luis Potosí.
- CHÁVEZ, C. Y G. CEBALLOS (EDS). 2005. Memorias del Primer Simposio El Jaguar Mexicano en el Siglo XXI: Situación Actual y Manejo. Conabio-Alianza WWF Telcel-Universidad nacional Autónoma de México, México D.F.

- CHÁVEZ, C. 2006. Ecología y conservación del jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. Tesis Maestría en Ciencias (Ecología y ciencias ambientales). Instituto de Ecología, UNAM. México, D. F.
- CORSI F., J. DE LEEUW, A. SKIDMORE. 2000. Modelling species distribution with GIS. In: Research Techniques in Animal Ecology: Controversies and Consequences. 2000. Boitani, L. y T. K. Fuller. 2ª ed. USA. Pag. 389-434.
- CRAWSHAW, P. G. Y H. B. QUIGLEY. 2002. Hábitos alimentarios del jaguar y el puma en el Pantanal, Brasil, con implicaciones para su manejo y conservación. pp. 223-236. En Medellín, R. A., C. Equihua, C. L. B. Chetkiewics, P. G. Crawshaw, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. W. Sanderson y A. B. Taber (eds.). El jaguar en el Nuevo Milenio. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México y Wildlife Conservation Society.
- DALQUEST, W. 1953. Mammals of the Mexican State of San Luis Potosí. Louisiana State University Press. Pp. 199-200. United States.
- ESCAMILLA, A., M. SANVICENTE, M. SOSA Y C. GALINDO-LEAL. 2000. Hábitat Mosaic, Wildlife Availability, and Hunting in the Tropical Forest of Calakmul, México. Conservation Biology. Vol 14, No. 6.
- ESRI. 1998. Environmental System Research Institute, Inc, ArcView/ArcGIS. GIS and mapping Software, Redlands, CA, USA. www.esri.com
- ESRI. 2007. Environmental Systems Research Institute, Inc. ArcGIS 9.2. GIS and mapping Software, Redlands, CA, USA. www.esri.com.
- FALLER, J.C., T. URQUIZA-HASS, C. CHÁVEZ, S. JOHNSON Y G. CEBALLOS. 2005. Registros de mamíferos en la Reserva Privada el Zapotal en el Noreste de la Península de Yucatán. Revista Mexicana de Mastozoología, 9:128-140
- GALLARDO, P. 2004. Huastecos de San Luis Potosí. Pueblos indígenas del México contemporáneo. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Primera edición. México
- GIOVANELLI, J., C. HADDAD, Y J. ALEXANDRINO. 2008. Predicting the potential distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil. Biological Invasions 10:585-590
- GROSS, J., M.C. KEELANDA, D.F. REED Y R.M. REICH. 2002. GIS-Based habitat models for mountain goats. Journal of Mammalogy. 83(1):218-228
- HALL, E.R. 1981. The Mammals of North America I y II, John Wiley & Sons, Nueva York.
- HATTEN R., A. AVERRILL-MURRAY Y W.B. VAN PELT. 2005. A Spatial Model of Potential Jaguar Habitat in Arizona. Journal of Wildlife Management. 69(3):1024-1033.
- HERKT, M. 2007. Modelling Habitat Suitability To Predict The Potential Distribution of Erhard's Wall Lizard *Poarcis erhardii* On Crete. Master of Science Thesis.
- HIJMANS, R., S. CAMERON, J.L. PARRA, P.G. JONES Y A. JARVIS. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of climatology. 25: 1965 – 1978
- HIJMANS, R. J., Y C. GRAHAM. 2006. The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. Global Change Biology 12:2272-2281.

- HOOGESTEIJN, R., E. O. BOEDE Y E. MONDOLFI. 2002. Observaciones de la depredación de bovinos por jaguares en Venezuela y los problemas gubernamentales de control. Pp. 183-198. en: *Jaguares en el nuevo milenio: Una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América.* (Medellín, R.A., C. Chetkiewicz, A. Rabinowitz, K.H. Redford, J.G. Robinson, E. Sanderson, y A. Taber, Eds.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México/Wildlife Conservation Society. México D. F.
- INEGI. 1995. Censo de población y vivienda [http://www.inegi.gob.mx/lib/olap/general\\_ver3/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=11884](http://www.inegi.gob.mx/lib/olap/general_ver3/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=11884)
- INEGI. 2005. Censo de población y vivienda 2005. <http://www.inegi.gob.mx/lib/olap/general/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=10401>
- INEGI. 2008. Tipos de Climas de San Luis Potosí <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/slp/clim.cfm?c=444&e=28>
- INEGI. 2008. Agricultura y vegetación de San Luis Potosí. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/slp/agri.cfm?c=444&e=32>
- JASSO GORDOA, MA. DEL CARMEN. 2008. Distribución potencial de las aves del altiplano potosino. Tesis de Maestría. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
- KARANTH, K.U. Y J.D. NICHOLS. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* 79: 2852–2862.
- KUSHWAHA, S.P.S. Y R. HAZARIKA. 2004. Assessment of habitat loss in Kameng and Sonitpur Elephant Reserves. *Current Science* Vol. 87. No. 10.
- LEOPOLD, A.S. 1983. *Fauna Silvestre de México.* Pax-Mexico, Mexico.
- LEYEQUIEN, L. Y R.M. BALVANERA. 2007. El jaguar en el Este de la Huasteca Potosina. Pp. 51-58, en: *Conservación y manejo del jaguar en México: estudios de caso y perspectivas.* (G. Ceballos, C. Chávez, R. List y H. Zarza, eds.). Conabio-Alianza WWF/Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- LINKIE, M., G. CHAPRON, D.J. MARTYR, J. HOLDEN Y N. LEADER-WILLIAMS. 2006. Assessing the viability of tiger subpopulations in a fragmented landscape. *Journal of Applied Ecology* 43: 576-586
- LÓPEZ-GONZÁLEZ, C. Y D.E. BROWN. 2002. Distribución y estado de conservación actuales del jaguar en el noroeste de México. Pp. 379-392. en: *Jaguares en el nuevo milenio: Una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América.* (Medellín, R.A., C. Chetkiewicz, A. Rabinowitz, K.H. Redford, J.G. Robinson, E. Sanderson, y A. Taber, Eds.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México/Wildlife Conservation Society. México D. F.
- LÓPEZ, J.A Y ELOSUA O.P, 2004. Estimaciones bootstrap para el coeficiente de determinación: un estudio de simulación. *Revista Electrónica de Metodología Aplicada.* Vol.9 No. 2. pp. 1-14
- LÓPEZ, W. R. 2003. Base de datos de los mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. <http://investigacion.izt.uam.mx/mamiferos/>
- MARTÍNEZ-MENDOZA, A. 2000 Jaguar occurrence in northeastern Sonora, Mexico. Tesis de Licenciatura, New Mexico State University, Las Cruces, New Mexico, E.U.A.

- MARTÍNEZ, R., H. JAIRÓ Y A.M. SANABRIA. 2006. Cálculo eficiente del estimador jackknife para mínimos lineales de rango completo. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 30 (116): 361-365.
- MILLER, B., Y A. RABINOWITZ. 2002. ¿Por qué conservar al jaguar? Pp. 303-315, en: *Jaguares en el nuevo milenio: Una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América.* (Medellín, R.A., C. Chetkiewicz, A. Rabinowitz, K.H. Redford, J.G. Robinson, E. Sanderson, y A. Taber, Eds.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México/Wildlife Conservation Society. México D. F.
- MONROY-VILCHIS, O., O. SÁNCHEZ, U. AGUILERA-REYES Y P. SUÁREZ. 2005 First record of *Panthera onca* in the state of Mexico, Central Mexico. [www.ua.ws/en/areaa/ebtna/articulos/13\\_monroy\\_et\\_al\\_anim\\_cons.pdf](http://www.ua.ws/en/areaa/ebtna/articulos/13_monroy_et_al_anim_cons.pdf)
- NAVARRO-SERMENT C. J., C. A. LÓPEZ GONZÁLEZ Y J. P. GALLO-REYNOSO. 2005. Occurrence of jaguar (*Panthera onca*) in Sinaloa, México. *The Southwestern Naturalist.* 50(1): 102-106.
- NÚÑEZ, R., B. MILLER Y F. LINDZEY. 2000. Ecology of jaguars and pumas in Jalisco, Mexico. *Journal of Zoology,* 252:373-379.
- NÚÑEZ, R., B. MILLER Y F. LINDZEY. 2002. Ecología del jaguar en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. Pp. 107–126, en: *Jaguares en el nuevo milenio: Una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América.* (Medellín, R.A., C. Chetkiewicz, A. Rabinowitz, K.H. Redford, J.G. Robinson, E. Sanderson, y A. Taber, Eds.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México/Wildlife Conservation Society. México D. F.
- ODDEN, J., J. C. LINNELL, P. F. MOA, I. HERFINDDAL, T. KVAM Y R. ANDERSEN. 2002. Lynx depredation on domestic sheep in Norway. *Journal of Wildlife Management* 66:98-105.
- ORDÓÑEZ CABEZAS GIOMAR. Pases. Pueblos indígenas del México contemporáneo. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Primera edición 2004. México
- ORTEGA-HUERTA, M.A. Y K.E. MEDLEY. 1999. Landscape analysis of jaguar (*Panthera onca*) habitat using sighting records in the Sierra de Tamaulipas, Mexico. *Environmental Conservation,* 26(4):257-269.
- ORTEGA-HUERTA, M.A. Y A.T. PETERSON. 2004. Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in North-eastern Mexico. *Diversity and Distributions.* 10: 39-54
- ORTEGA-URRIETA, A. 2005. Distribución y uso de hábitat del jaguar (*Panthera onca*) y el puma (*Puma concolor*) en la reserva de la biosfera Sierra Gorda, Querétaro, México. Tesis Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro, México.
- PARRISH, J.D., D. P. BRAUN Y R. S. UNNASCH. 2003. ¿Estamos conservando lo que decimos? Midiendo la integridad ecológica dentro de las áreas protegidas. *Bioscience* 53 (9):851-860
- PEROVIC, P Y M. HERRÁN. 1998. Distribución del jaguar *Panthera onca* en las provincias de Jujuy y Salta Noreste de Argentina. *Mastozoología Neotropical.* 5(1):47-52
- PHILLIPS, S., M. DUDIK, R. SCHAPIRE. 2004. A Maximum Entropy Approach to Species distribution Modelling. *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning.* Pp 655-622. Canada.

- PHILLIPS, S., R. ANDERSON, R. SCHAPIRE. 2006. Maximum entropy modelin of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190:231-259
- PUIG, H. 1991. Vegetación de la Huasteca, México. Estudio fitogeográfico y ecológico. MAEFM, ORSTOM, Instituto de Ecología, A. C. & CEMCA. México. 625 P.
- RABINOWITZ, A. Y B.G. NOTTINGHAM. 1986 Ecology and Behavior of the Jaguar (*Panthera onca*) in Belize, Central America. *Journal of Zoology*, 210:149-159
- RAMÍREZ-BRAVO O. ERIC. 2007. Desarrollo de un modelo predictivo para la determinación de viabilidad de hábitat a 200 años para poblaciones de jaguar (*Panthera onca*) en la Sierra Madre Oriental. Tesis Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro, México.
- RODRÍGUEZ-ESTRELLA R. Y L. A. BOJÓRQUEZ. 2004. Spatial análisis in raptor ecology and conservation. CIBNOR-CONABIO. México. 212 pp.
- ROSAS-ROSAS, O. C. Y J. H. LÓPEZ-SOTO. 2002. Distribución y estado de conservación del jaguar en Nuevo León. Pp. 393-402, en: *Jaguares en el nuevo milenio: Una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América.* (Medellín, R.A., C. Chetkiewicz, A. Rabinowitz, K.H. Redford, J.G. Robinson, E. Sanderson, y A. Taber, Eds.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México/Wildlife Conservation Society. México D. F.
- ROSAS-ROSAS, O. C., R. VALDEZ, L. BENDER, Y D. DANIEL. 2003. Food habits of pumas in northwestern Sonora, Mexico. *Wildlife Society Bulletin* 31:528-535.
- ROSAS-ROSAS, O. C. 2006. Ecological status and conservation of jaguar in NE Sonora, Mexico. Dissertation. New Mexico State University, Las Cruces, NM, USA.
- ROSAS-ROSAS, O.C., R. VALDEZ Y L.C. BENDER. 2007. La conservación del jaguar (*Panthera onca*) en el Noreste de Sonora, México. Pp., en: *Conservación y manejo del jaguar en México: estudios de caso y perspectivas.* (G. Ceballos, C. Chávez, R. List y H. Zarza eds). Conabio, Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- ROSAS-ROSAS, O. C., L. C. BENDER, Y R. VALDEZ. 2008. Jaguar and Puma predation on cattle calves in northeastern Sonora, Mexico. *Rangeland Ecology and Management* 61: 554-560.
- SANDERSON E., C. CHETKIEWICZ, R. MEDELLÍN, A. ROBINOWITZ, K. REDFORD, J. ROBINSON, E. SANDERSON Y A. TABER. 2002. Un análisis geográfico del estado de conservación y distribución de los jaguares a través de su área de distribución. Pag. 551-600. en: *Jaguares en el nuevo milenio: Una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América.* (Medellín, R.A., C. Chetkiewicz, A. Rabinowitz, K.H. Redford, J.G. Robinson, E. Sanderson, y A. Taber, Eds.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México/Wildlife Conservation Society. México D. F.
- SEMARNAT. 2002. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial 6 de marzo de 2002. México D.F.
- SEYMOUR, K.L. 1989. *Panthera onca*. *Mammalian Species*, 340:1-9
- STOCKWELL, D. Y D. PETERS. 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 13, 143-158.
- SWANK, W.G. Y J.G. TEER. 1989. Status of the Jaguar 87. *Oryx*, 23:14-21.

- TÉLLEZ-GIRON, G. Y W. LÓPEZ-FORMENT. 1995. *Panthera onca veraecruzis* (CARNIVORA;FELIDAE) en Querétaro, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 1:73-65.
- TEWES, M Y D. EVERETT. 1986. Status and distribution of the endangered ocelot and jaguarondi in Texas. En *Cats of the World: Biology, Conservation, and Management* (eds S. Miller y D. Everett), pp. 147-158. National Wildlife Federation, Washington, DC, USA.
- TEWES, M Y D. SCHMIDLY. 1987. The Neotropical Felids: Jaguar, Ocelot, Margay, and Jaguarundi, en *Wild Furbearer Management and Conservation in North America* (Novak, J.A. Baker, M.E. Obbard y B. Malloch, eds.), pp.697-712, Ministry of Natural Resources, Ontario.
- VALDEZ, R., A. MARTÍNEZ-MENDOZA, Y O.C. ROSAS-ROSAS, 2002. Componentes históricos y actuales del hábitat del jaguar en el noroeste de Sonora, México. Pp. 367-377, en: *El Jaguar en el Nuevo Milenio: una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América*. (R.A. Medellín, C. Equihua, C. Chetkiewics, A. Rabinowitz, P. Craswshaw, A. Ravinowitz, K. Redford, J. G. Rovinson, E. Sanderson y A. Taber, eds.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México y Wildlife Conservation Society. México D.F.
- VALLE, J. 2004. Nahuas de la Huasteca. Pueblos indígenas del México contemporáneo. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Primera edición. México.
- VARGAS, V. 2006. Modelaje de los patrones de riqueza y endemismo de la avifauna del estado de San Luis Potosí, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México.
- VILLORDO-GALVÁN, J.A., O.C. ROSAS-ROSAS, F. CLEMENTE-SÁNCHEZ, J.F. MARTÍNEZ-MONTOYA, L.A. TARANGO-ARAMBULA, G. MENDOZA-MARTÍNEZ, M.D. SANCHEZ HERMOSILLO Y L.C. BENDER. (En prensa). Present status of the jaguar (*Panthera onca*) in San Luis Potosi, Mexico
- ZARZA, H., C. CHAVEZ Y G. CEBALLOS. 2007. Uso de hábitat del jaguar (*Panthera onca*) en un paisaje influenciado por actividades humanas en el sur de la Península de Yucatán. Pp. 101-110, en: *Conservación y manejo del jaguar en México: estudios de caso y perspectivas*. (G. Ceballos, C. Chávez, R. List y H. Zarza, eds.). Conabio-Alianza WWF/Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México, México.

## 10 APÉNDICES

### A. FORMATO DE ENTREVISTA

<i>CUESTIONARIO</i>	
Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí	
Distribución y Estado de Conservación del Jaguar ( <i>Panthera onca</i> ) en San Luis Potosí, México	
No. _____	Aplicador: _____
Fecha _____	Entrevistado: _____
Localidad: _____	
1.- Que tipo de animales silvestres (aves, mamíferos, reptiles) hay en la Sierra?	
2.- Conoce al “tigre” o jaguar (es de color amarillo-leonado)?	
3.- Conoce al “león” o puma (es manchado)?	
4.- En que regiones ha visto estos animales?; bosques pino-encino, selva, ríos, cañadas.	
5. En que época del año se observa el “tigre” con más frecuencia?	
6.- El “tigre” y el “león” hacen daño a sus animales domésticos (cuáles)?	
7.- En caso de ser positivo, en que época del año sucede (lluvias o secas)?	
8.- Desde hace cuanto tiempo conocen al “tigre”?	
9.- Que representa para usted el “tigre”?	
10.- Cazan al tigre y a otros animales (razón principal)?	
11.- Que uso le da al animal que caza?	
Observaciones:	

## B. FORMATO DE CAMPO

Localidad:

Fecha:

1. Tipo de evidencia:

- a) Piel
- b) Huellas
- c) Fotografía de trampa-cámara
- d) Fotografía de animal cazado
- e) Observación directa
- f) Restos de depredación
- g) Otros (rascaderas, árboles marcados y excretas)

2. Especies:

- a) Jaguar
- b) Puma
- c) Ocelote
- d) Jaguarundi
- e) Margay
- f) Otros

3. Coordenadas UTM o geográficas:

4. Clase del sitio del hallazgo: cañada, río/arroyo, lagunas, montaña, cueva, puerto entre montañas, vereda, loma, valle, etc.

Rugosidad:

- a) Plano
- b) Casi plano con ondulaciones
- c) Levemente rugoso ondulado (lomeríos)
- d) Rugosidad intermedia (lomeríos-cerros)
- e) Rugosidad moderada
- f) Altamente rugoso
- g) Extremadamente rugoso

5. Descripción del hábitat: tomar fotografías en cada sitio.

a) Vegetación dominante:

a.1) Porte (arbórea, arbustiva, herbácea).

a.2) Cobertura arbórea/arbustiva (muy densa, densa, media, abierta) contar el número de árboles y arbustos que se encuentren en los primeros 200 m de cada uno de los transectos, en tramos de 25 m.

Densa: > 95% de cobertura horizontal

Moderada: 75-95% = como de 85%.

Abierta: < 75%

a.3) Grado de perturbación (alta, media, baja, ninguna)

a.4) Especies dominantes (cuando menos nombre regional, de ser posible coleccionar las tres especies más abundantes):

- a) Altitud
- b) Pendiente
- c) Exposición
- d) Tipo de suelo – erosión, delgado/profundo, color, húmedo/seco
- e) Geología

- f) Cercanía a fuente o cuerpo de agua perenne o estacional (corrientes, río, lago, manantial), y distancia aproximada al registro de jaguar o puma
  - g) Estado del tiempo: nublado, despejado, lluvioso, etc.
  - h) Uso del suelo: forestal, ganadero, agrícola/frutícola
  - i) Población más cercana al registro de jaguar, anotando la distancia aproximada
6. Si se hallaron huellas describir:
- a) Patrón de desplazamiento
  - b) Colección de huellas por foto y/o moldes de yeso
7. Si se hallaron restos de animales depredados:
- a) Huellas relacionadas a la matanza
  - b) Especie depredada
  - c) Fecha de la matanza (aproximada)
  - d) Patrón de depredación (si es visible)
  - e) Hábitat
8. Si se hallaron excretas:
- a) Rastros relacionados
  - b) Diámetro de la excreta
  - c) Estimación de la defecación
  - d) Se colectó
9. Presas potenciales presentes:
10. Número estimado de habitantes de la región:
11. Número de depredaciones reclamadas por los propietarios de la tierra y pérdida económica.
12. Número de depredaciones de animales domésticos confirmados:

### C. REGISTROS FOTOGRÁFICOS



**Imagen 5.** Jaguar hembra fotografiada en la Reserva del Abra Tanchipa, municipio de Ciudad Valles.



**Imagen 6.** Jaguar macho fotografiado en el municipio de Xilitla.



**Imagen 7.** Jaguar macho fotografiado en el municipio de Tamasopo.



**Imagen 8.** Piel de jaguar macho encontrada en la comunidad de El Naranjo, municipio de El Naranjo.



**Imagen 9.** Piel de jaguar hembra encontrada en la comunidad de El Naranjo, municipio de El Naranjo.



**Imagen 10.** Jaguar hembra cazado en la comunidad de las Gavias, municipio de Ciudad del Maíz en el año 2005.

## D. PRESAS POTENCIALES



**Imagen 11.** Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*)



**Imagen 12.** Temazate (*Mazama americana*)



**Imagen 13.** Pecarí de Collar (*Pecari tajacu*)



**Imagen 14.** Armadillo (*Dasypus novemcinctus*)



**Imagen 15.** Coatí (*Nasua narica*)



**Imagen 16.** Tuza Real (*Cuniculus paca*)



**Imagen 17.** Ocofaisán (*Crax rubra*)



**Imagen 18.** Pavo cojolite (*Penelope purpurascens*)

## E. OTRAS ESPECIES DE FELINOS



**Imagen 19.** Puma (*Puma concolor*)



**Imagen 20.** Ocelote (*Leopardus pardalis*)



**Imagen 21.** Tigrillo o Margay (*Leopardus wiedii*)



**Imagen 22.** Jaguarundi (*Puma yaguarundi*)  
Foto: Jesús Martínez