

Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

**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**

**Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ciencias**

Presenta

Biól. Osvaldo Eric Ramírez Bravo

Director de Tesis

Dr. Carlos A. López González

Santiago de Querétaro, Qro., Marzo 2007



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

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

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestro en Ciencias (Recursos Bióticos)

Presenta

Oswaldo Eric Ramírez Bravo

Dirigido por

Dr. Carlos A. López González

Sinodales

Dr. Carlos A. López González
Presidente

Dr. Marco Antonio Sánchez Ramos
Secretario

Dr. Humberto Suzán Azpiri
Vocal

Dr. José Antonio González Oreja
Suplente

Dr. Octavio C. Rosas Rosas
Suplente

Prof. Jaime Angeles Angeles
Director de la Facultad
De Ciencias Naturales


Firma


Firma


Firma


Firma


Firma

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval
Director de Investigación y
Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Marzo de 2007
México

Resumen

Debido a la destrucción acelerada de los hábitats, es necesario identificar zonas de alta viabilidad para especies amenazadas. En el caso del jaguar (*Panthera onca*), se sabe poco para las regiones extremas de su distribución. Sin embargo, es necesario crear zonas protegidas que aseguren la supervivencia de la especie a largo plazo en estas áreas. Con esta finalidad se utilizó un modelo de población espacialmente explícito para determinar las zonas que permitirán la supervivencia de la especie a largo plazo. Se utilizaron los modelos estáticos desarrollados previamente y un conjunto de parámetros poblacionales para determinar hábitat prioritario en los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y Guanajuato. De la misma manera, se calcula la posibilidad de supervivencia a largo plazo mediante el aumento a 15 años en las densidades de carreteras y población humana. Los resultados arrojan que para estos estados, el hábitat favorable para la especie se encuentra en las zonas montañosas y se asegura la supervivencia a lo largo de 200 años. Sin embargo, existe una presión humana muy alta en la periferia de las zonas potenciales. Los modelos con incremento en las densidades de población y de carreteras provocan la extinción de la especie en la zona a lo largo de 50 años. Como sugerencia para la conservación se recomienda brindar protección, o crear ciertos corredores a lo largo del sureste de San Luis Potosí y el norte de Hidalgo. De esta manera, a pesar de los aumentos en la población y en las carreteras, se asegura la supervivencia de la especie. Además, los resultados obtenidos en este trabajo pueden servir como indicador para futuros estudios ya que indica las regiones prioritarias para la especie a largo plazo.

Palabras clave: Jaguar, *Panthera onca*, conservación, viabilidad de hábitat, regresión lineal

Summary

Due to habitat loss, it is necessary to identify areas with potential viability for endangered species. In the case of jaguar (*Panthera onca*) little is known for extreme distributional areas, making it necessary to create conservation strategies to assure long term survival. For this purpose, a spatial dynamic model (PATCH) was used to determine priority areas in the Sierra Madre Oriental, México. It was developed, with a static model created estimating mortality (human population density and paved road density) and survival (vegetation index and physiographic aspects) probability. Demographic information used, was previously published. Three scenarios were considered: actual conditions, human population growth in 15 years, and paved road density increase in 15 years. Results show that actual conditions provide sufficient habitat for jaguar survival in a 200 year span. However, increase in human population and road density will result in species extinction in a 50 year span with an increase in possible conflicts. The results of this model will help to concentrate resources into certain areas to assure long term survival for jaguar populations.

Índice

	Página
Resumen	1
Summary	2
Capítulo I	7
Introducción	7
OBJETIVO	12
JUSTIFICACIÓN	12
Capitulo II	13
ANÁLISIS DE FACTORES QUE AFECTAN LA ABUNDANCIA DE JAGUAR (<i>PANTHERA ONCA</i>) A LO LARGO DE SU DISTRIBUCIÓN	13
Resumen	13
Capitulo III	23
DESARROLLO DE UN MODELO PREDICTIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE HÁBITAT EFECTIVO PARA JAGUAR (<i>PANTHERA ONCA</i>) EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL	23
Resumen	23
Capitulo IV	40
Determinación de áreas críticas para la supervivencia del jaguar (<i>Panthera onca</i>) en la Sierra Madre Oriental	40
Resumen	40
Capitulo V	56
Índice de Figuras	5

Índice de Cuadros

Cuadro	Página
1.1 Estudios utilizados en el análisis	21

Índice de Figuras

FIGURA	Página
1.1 Representación de jaguar en templo prehispánico	5
1.2 Pasos para lograr una conservación óptima (Ramírez Bravo, 2005)	6
1.3 Metodología a usar en el presente trabajo	7
2.1 a) Registros por año \log_{10} graficado contra temperatura \log_{10} , b) Registros por año \log_{10} graficado contra precipitación \log_{10} , c) Registros por año \log_{10} graficado contra área de estudio \log_{10} d) Registros por año \log_{10} graficado contra duración del estudio \log_{10} , e) Duración \log_{10} graficado contra área de estudio \log_{10}	15
2.2 Registros de jaguar por año respecto a un gradiente latitudinal	17
2.3 Tiempo de estudio respecto a un gradiente latitudinal	32
3.1 (a) Metodología para clasificar hábitat con una aproximación bidimensional, (b) Aplicación del modelo para grandes carnívoros, se puede apreciar una diferencia clara entre los factores que afectan la reproducción y la supervivencia (Naves et.al, 2003)	32
3.2 Área de estudio	33
3.3 Modelo general, utilizando el índice NDVI con casillas de 10 km ²	33
3.4 Modelo general, utilizando el índice TASS CAP con casillas de 10 km ²	34
3.5 Efectividad del hábitat para jaguar con casillas a 10 km ²	34
3.6 Modelo a 2 vías, utilizando el índice NDVI con casillas de 10 km ²	35
3.7 Modelo a 2 vías, utilizando el índice NDVI con casillas de 10 km ²	35
3.8 Aproximación para la zona a 10 km ²	36
4.1 Procedimiento del modelo PATCH a) Proceso de simulación, b) relación entre el hábitat y la historia de vida, c) Forma en la que se asignan los valores a cada hábitat (Carroll, 2006)	52
4.2 Zonas ocupadas por hembras de jaguar en un lapso de 200 años con las condiciones actuales y casillas de 10 km ²	52
4.3 Zonas ocupadas por hembras de jaguar en un lapso de 200 años con incremento simulado a 15 años en la densidad de carreteras y casillas de 10 km ²	53

4.4 Zonas ocupadas por hembras de jaguar en un lapso de 200 años con incremento simulado a 15 años en la densidad de población y casillas de 10 km ²	54
4.5 Zonas de hábitat para jaguar proyectadas a 15 años con las tendencias a de población actuales	55
4.6 Zonas ocupadas por hembras de jaguar, con protección en zonas donde disminuye la población	55
4.7 Comparación en la cantidad de zonas identificadas en los diferentes modelos	56

Capítulo I

Introducción

Debido a la gran demanda que existe de recursos naturales y de tierras con fines agrícolas y de urbanización; especie con requerimientos especiales se encuentran amenazadas o en peligro de extinción. Dentro de los Carnívoros esta tendencia es clara ya que, requieren de grandes extensiones de tierra y en gran parte de sus territorios conviven con el hombre. Tal es el caso de los grandes felinos que, suelen estar dentro de alguna categoría de riesgo a nivel nacional o internacional. En el continente Americano esta situación se presenta con el puma (*Puma concolor*) y con el jaguar (*Panthera onca*) ya que, debido a la pérdida de su hábitat entran en conflicto en zonas ganaderas. Tal vez, el jaguar puede ser considerado como el más amenazado ya que, al ser el felino más grande en el continente (Miller y Rabinowitz, 2002) se le buscaba como trofeo deportivo (Marshall, 1961; Navarro-Serment et.al, 2005) y además, durante la década de los sesenta sufrió una gran persecución por parte de la industria peletera (Nowak, 2005). Así, a pesar de tener una distribución histórica que comprendía zonas desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Argentina se le considera en serio peligro de extinción en algunas zonas (Sanderson, 2002; Nowak, 2005). En la actualidad, se llevan a cabo varios planes tanto a nivel nacional (Nom- ECOL- 094) como internacional (CITES) para poder recuperar y proteger a la especie en las áreas donde todavía es abundante.

De esta manera, muchos de los proyectos se valen de las características de la especie para poder atraer la atención de las comunidades. Tal vez, el más utilizado, es la fascinación que despierta en el ser humano (Quammen, 2003), lo cual queda claro al revisar la mitología de las culturas prehispánicas que lo consideraban como ser divino (Fig. 1) (Dagget & Henning, 1974; Davis, 1996 en Redford, 2005; Saunders, 2005).



Fig. 1.1 Representación de jaguar en templo prehispánico

Sin embargo, las funciones que lleva a cabo el jaguar dentro del ecosistema son sumamente importantes y ayudan a conservar la integridad del mismo. Al ser un depredador tope, ejerce un control sobre las poblaciones de presas y otros depredadores teniendo una gran influencia en las cadenas tróficas (Miller y Rabinowitz, 2002). En el caso del jaguar, este control es extenso ya que, su dieta consta de una amplia gama de presas que van desde mamíferos grandes hasta pequeños reptiles (Garla et.al., 2001, Nuñez et. al, 2000, Zuercher, 2002). Pero, se pone especial énfasis en su capacidad para regular poblaciones de mamíferos grandes cumpliendo así una función similar a la que tienen ciertas especies de climas templados (Starker, 2000). Debido a estas funciones ecológicas, es necesario brindar protección a la especie en su área de distribución

Sin embargo, de acuerdo a algunos modelos de conservación actuales, para brindar protección de forma íntegra es necesario conocer la ecología de la especie (Fig. 2). De esta manera, se podrán predecir de forma adecuada los patrones de dispersión y establecimiento. Además, de esta forma se pueden evaluar los usos o conflictos que pueda tener con las comunidades locales. En el caso del jaguar, se desconoce su estatus y distribución en 17% de su área de distribución histórica (Sanderson et.al, 2002). Por lo anterior, es sumamente difícil establecer medidas que puedan traer beneficios a largo plazo para la población a nivel continental. No solo existe el desconocimiento de la distribución si no que dentro de las distintas compilaciones acerca de la especie (Aranda, 2000; Nowak, 2005), hacen falta muchos datos acerca de la historia natural (Miller y Rabinowitz, 2002). Esto en parte a que la carnivoría es un proceso difícil de explicar debido a los impactos difusos que tiene en el espacio y en el tiempo



Fig. 1.2 Pasos para lograr una conservación óptima (Ramírez Bravo, 2005)

(Steneck, 2005). Además, en muchos casos las poblaciones que pueden ser sujetas a estudio se encuentran en zonas de difícil acceso y los individuos tienen territorios extensos (Miller y Rabinowitz 2002, Núñez et al. 2002, Sanderson et al. 2002, Sunquist 2002).

Debido a lo anterior, se han tratado de generar planes de conservación para toda el área de distribución de la especie con el fin de generar mayor información y asegurar la supervivencia a largo plazo. Dentro de este aspecto se han logrado identificar 51 áreas prioritarias para la especie pero, solo esta protegido el 3% de este territorio (Sanderson et. al, 2002). Al considerar que; esta especie necesita de territorios extensos y con poca o nula actividad humana; el mapa de la huella humana indica que cada vez hay menos refugios capaces de cumplir esta función (Sanderson et.al., 2002). Lo previamente mencionado dificulta la creación de reservas que aseguren el flujo de genes de resistencia contra parásitos y enfermedades (Thompson, 1996). Así, han surgido estrategias de conservación mediante reproducción *ex-situ* con poblaciones en cautiverio enfocadas a la futura reintroducción. Sin embargo, estos programas presentan una tasa de reproducción más baja de lo normal (Swanson et.al., 2003) debido a que los ejemplares en cautiverio presentan características seminales inferiores a los individuos silvestres (Morato et.al, 2001). Es por esto que, se deben de priorizar estrategias enfocadas a generar reservas dentro de las zonas donde se distribuye la especie.

Las poblaciones dentro de la República Mexicana se consideran como prioritarias debido a que conforman la distribución extrema al norte del continente. Sin embargo, en la mayor parte del territorio hacen falta estudios que comprueben la presencia y viabilidad de las posibles poblaciones existentes. Este tipo de trabajos es de especial importancia en algunos estados del norte del país como Sinaloa (Navarro-Serment et.al., 2005), partes de la Sierra Madre Oriental dentro de los estados de Tamaulipas (Ortega-Huerta y Medley, 1999), Nuevo León (Rosas-Rosas y López-Soto, 2002), San Luis Potosí (Rosas-Rosas y López-Soto, 2002) y Querétaro (Ortega Urrieta 2005, Rosas-Rosas y López-Soto, 2002) donde se tienen registros recientes de la especie. Dentro de estos últimos estados, existe una discrepancia con respecto a la distribución ya que, en algunos casos no se tiene bien definida dentro de las recopilaciones revisadas (Aranda, 2000; Chetkiewicz, 2002). Pero, la existencia de una población en Querétaro, San Luis Potosí y en caso de existir en Hidalgo es de suma importancia debido a que garantizaría el intercambio de individuos entre las poblaciones existentes en Veracruz y Nuevo León (Aranda, 2000). Asegurando así la permanencia y conectividad de una región prioritaria identificada en el taller “El Jaguar en el Nuevo Milenio” (2000). Lamentablemente, no se ha llevado a cabo un análisis con la finalidad de determinar la posibilidad de la supervivencia de una población a largo plazo, o de la existencia de territorios potenciales. Por este motivo, y para aportar al modelo de conservación presentado anteriormente, en este proyecto se identificarán zonas que puedan servir como fuentes para la población de jaguares existente a lo largo de 200 años dentro los estados de San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, e Hidalgo.

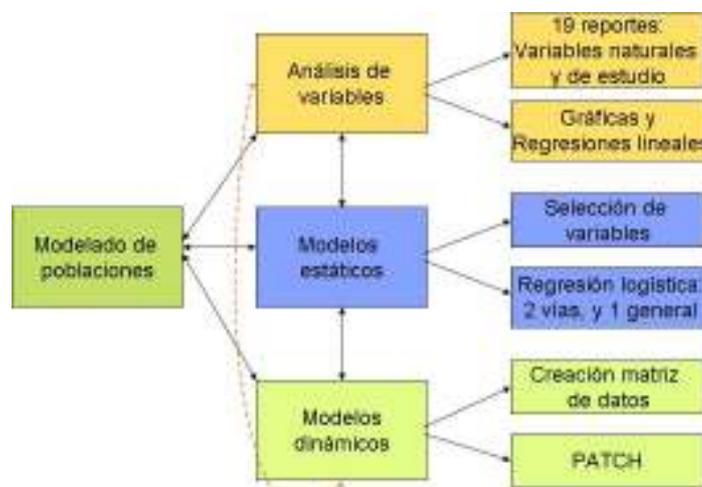


Fig. 1.3 Metodología a usar en el presente trabajo

Dicha identificación, se hará en base a un modelo computacional debido a la eficacia que han mostrado en otros proyectos. Entre estos ejemplos podemos encontrar los modelos que se han hecho con Lince ibérico (*Lynx pardinus*) para la toma de decisiones en el Parque de Doñana (Ferrerías et.al, 2001), y para determinar territorios adecuados para la conservación de oso grizzly (*Ursus arctos*) en la Columbia Británica (Wielgus, 2002). El modelo utilizado en este estudio es un modelo de población espacialmente explícito (SEPM) y se le conoce como PATCH (Program to Assist in Tracking Critical Habitat, Schumaker, 1998). Se ha utilizado para determinar zonas de importancia para la conservación de otros carnívoros (Carroll,2003; Carroll, 2005, Carroll et.al, 2006). Mediante el uso del programa PATCH se tratan de identificar áreas a nivel de ecosistema para prevenir los problemas de intercambio génico y de permanencia en el ámbito evolutivo (Eizirik et.al; 2001); además de determinar las relaciones espaciales entre los diferentes parches de hábitat (Fahrig & Merriman, 1994).

Este trabajo, se estructura en tres partes, a lo largo de las cuales, se desarrollan diferentes aspectos relativos a la ecología y a la selección de hábitat del jaguar. En la primera parte, se hace una revisión de los factores que afectan la distribución del jaguar a lo largo del continente Americano. La segunda parte, consiste en la elaboración de un modelo estático en base a registros y a evaluaciones previas del hábitat con el fin de localizar zonas de importancia. La última consiste en el desarrollo de un modelo espacialmente explícito en el cual se localizan áreas donde se puedan mantener territorios viables de jaguar a lo largo de 200 años.

OBJETIVO

Modelar las poblaciones de jaguar (*Panthera onca*) en una zona comprendida entre los estados de San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, e Hidalgo para identificar zonas prioritarias para la conservación de la especie y comprender la dinámica poblacional

JUSTIFICACIÓN

Los planes de reproducción *ex-situ* enfocados a la reintroducción del jaguar, se han visto afectados por una tasa de reproducción más baja de lo normal (Swanson et.al., 2003) ya que, se ha demostrado que los ejemplares en cautiverio tienen características seminales inferiores (Morato et.al, 2001). Es por esto que se deben de priorizar estrategias de conservación de las zonas donde se distribuye la especie.

Sin embargo, la falta de información acerca de *P. onca* dificulta el modelado del hábitat (Ortega- Huerta, Medley, 1999) en las áreas naturales. Además, los planes regionales de uso de suelo se hacen en base a parcelas sin tomar en cuenta el impacto ecológico en la zona (Ortega- Huerta, Medley, 1999). Esto dificulta el mantenimiento de metapoblaciones que ayuden a la preservación de genes de resistencia contra parásitos y enfermedades (Thompson, 1996). Esto nos lleva a estudiar el estado de las poblaciones en entre los estados de San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, e Hidalgo para determinar su estado y posibilidades de conservación.

Debido a que la tesis se basa en el diagrama mostrado en la fig. 2, esta tesis se presentará en la forma de artículos. Se tratarán los temas de forma que los resultados del primero ayuden al desarrollo del segundo y así sucesivamente. Por lo tanto, el artículo presentado al final, será la finalización de todo el trabajo realizado.

Capítulo II

ANÁLISIS DE FACTORES QUE AFECTAN LA ABUNDANCIA DE JAGUAR (*PANTHERA ONCA*) A LO LARGO DE SU DISTRIBUCIÓN

Resumen

Han sido pocos los estudios donde se trate de determinar la densidad del jaguar (*Panthera onca*) y los disponibles muestran una gran variación entre las áreas de estudio. Sin embargo, algunos reportes consideran que existe una densidad similar a lo largo del área de distribución de la especie. De esta manera, el presente estudio hace una revisión acerca de los factores que pueden afectar esta diferencia. Se analizaron 19 reportes utilizando el número de registros para evitar sesgos de metodología y aumentar la muestra ya que, estos van a estar relacionados con la densidad. Para el caso de recolección de rastros, se tomaron en cuenta solo animales cazados para evitar sobreestimaciones. Se analizaron dos tipos de factores, los ambientales (temperatura y precipitación) y los de estudio (área y tiempo) mediante una regresión logística. Además, se graficaron los registros de manera latitudinal para observar su comportamiento a lo largo del continente. Se demostró que la temperatura y la precipitación influyen poco en la distribución sin embargo, esto puede deberse a que la mayoría de los estudios fueron llevados a cabo en zonas con características similares. El área de estudio y el tiempo en el que se lleva a cabo influyen de manera significativa en el número de registros. De la misma forma, el tiempo de estudio se relaciona con el área en la que se lleva a cabo, siendo mayor en zonas donde se esperaría un bajo número de registros. Se observa una concentración de los registros de la especie a lo largo de un gradiente latitudinal. Lo cual indica una distribución metapoblacional por lo que es necesario determinar que propicia estas concentraciones y sus dinámicas temporales. Así, se podría proponer una serie de reservas que aseguren la supervivencia de la especie a lo largo del tiempo.

Palabras clave: Jaguar, Hábitat, Área de distribución, Patrones espaciales

Introducción

A pesar de que el jaguar (*Panthera onca*) es el felino más grande del continente americano, se desconoce gran parte de su ecología (Miller y Rabinowitz, 2002). La mayoría de los estudios existentes se han enfocado a descubrir los hábitos alimenticios y a compararlos con los del puma (*Puma concolor*) (Sunquist, 2002). Esto y el desconocimiento de su estatus y distribución en 17% del hábitat histórico de la especie (Sanderson et al, 2002) impide conocer los factores que afectan la existencia de la especie en diferentes paisajes. Una de las justificaciones que se le da a este vacío es que en muchos casos las poblaciones que pueden ser sujetas a estudio se encuentran en zonas de difícil acceso y a que los individuos tienen territorios extensos (Miller y Rabinowitz 2002, Núñez et al. 2002, Sanderson et al. 2002, Sunquist 2002).

Las poblaciones que han sido sujetas a estudio, también presentan dificultades debido al seguimiento de los ejemplares. Dentro de algunos de estos, se han calculado los aspectos del ámbito hogareño y densidad en diferentes hábitats; lo cual puede servir como indicador para determinar zonas de importancia para la conservación. Pero, estos estudios no mencionan algunas características medioambientales que puedan estar afectando a dichos parámetros y que nos ayuden a escoger zonas prioritarias. Lo anterior sería de suma importancia debido a que, existen grandes diferencias entre los datos publicados. Esto se le ha atribuido a la falta de información en algunas zonas, y al poco conocimiento de las mismas (Sanderson, 2002). Sin embargo, se ha propuesto que estas variaciones pueden originarse en agrupaciones de la especie ó como lo proponen Smallwood y Schonewald (1996), puede existir un sesgo en los estudios debido al área en la que se llevan a cabo. Es decir, se seleccionan zonas con alta densidad para poder realizar los estudios por lo que, los resultados tenderán a ser muy altos.

Por lo anterior, en el presente trabajo se determinará si las diferencias en las densidades publicadas anteriormente se deben a factores ambientales ó si existe un sesgo debido a la selección del área de estudio. Para evitar problemas debido a la forma en la que se calcula la densidad en los diferentes reportes, se utilizan los individuos observados relacionados directamente con la densidad de la especie en determinada zona. En el caso de que las

variables ambientales sean significativas, se podrían predecir la cantidad de registros y por lo tanto las densidades en cada sitio.

Metodología

Se llevo a cabo la revisión de 19 trabajos donde se mencionan registros de jaguar, que hayan sido publicados dentro del periodo de 1990 hasta 2004 (Cuadro 1). Debido a que existía una gran diferencia entre todos estos (4 telemetría, 3 cámaras, 12 registros), se estandarizaron los datos mediante el uso del número de individuos observados. En el caso de telemetría, además de los involucrados en el estudio se tomó en cuenta a los jaguares que se reportaban como cazados en las cercanías. En el caso de los estudios llevados a cabo con registros históricos, se utilizó la cantidad de jaguares reportados como cazados durante los años previamente mencionados con el fin de evitar duplicidad. Se ajusto el número de registros mediante la división de los mismos entre el número de años de los que se tenía información. En el caso de estudios menores a un año de duración, se tomo el número de animales reportado para evitar una sobreestimación.

Los parámetros evaluados se dividen en factores climáticos (temperatura promedio y precipitación promedio) y factores propios del estudio (duración y área de estudio). En el caso de variables faltantes, se determinaron a partir de las páginas meteorológicas de cada país en base a la región o ciudades más cercanas. A pesar de que los datos para las elevaciones estaban disponibles no se analizaron debido a que; la mayoría de los estudios realizados se han llevado a cabo en lugares a menos de 700 msnm.

Se llevaron acabo transformaciones logísticas de cada una de las variables con el fin de probar la relación lineal existente con el número de registros:

$$\text{Log}_{10}(\text{número de registros}) = a + b \times \text{log}_{10}(\text{variable}) \quad (1)$$

Donde las letras son los coeficientes a ser calculados mediante la regresión lineal múltiple. Se considero como significativo cuando F era menor a .05 y la relación se baso en R.

Autores	País	Región	Registros/año
Crawshaw (2002)	Brasil	Iguaçu	1.80
Perovic y Hernan (1998)	Argentina	Jujuy y Salta	7.2
Quigley y Crawshaw (2002)	Brasil	Pantal	4.67
Silver, et.al (2004)	Bolivia	Cerro Cortado	7.00
Maffei, et.al. (2004)	Bolivia	Ravelo	5.00
Silver, et.al (2004)	Bolivia	Tucavaca	7.00
Silver, et.al (2004)	Bolivia	Madidi	9.00
Crawshaw (2002)	Brasil	Acurizal	5.00
Maxit, et.al (2000)	Venezuela	Los Llanos	2.73
Sáenz y Carrillo (2002)	Costa Rica	Costa Rica	2.63
Silver, et.al (2004)	Belice	Cockscomb	11.00
Silver, et.al (2004)	Belice	Chiquibul	7.00
Novack (2003)	Guatemala	Maya	4.00
Ceballos, et.al. (2002)	México	Calakmul	2.67
Nuñez y Miller (2002)	México	Jalisco	3.50
Ortega (2004)	México	Jalpan	1.00
Ortega y Huerta (1996)	México	Tamaulipas	5.00
Rosas-Rosas y López-Soto (2002)	México	Nuevo León	2.00
Valdez, et.al. (2002)	México	Sonora	7.00
López-González y Brown (2002)	México	Noroeste	0.83
Hatten, et.al (2003)	E.U.	Arizona	0.50
Menke y Hayes (2003)	E.U.	Nuevo México	0.43

Cuadro 1.1 Estudios utilizados en el análisis

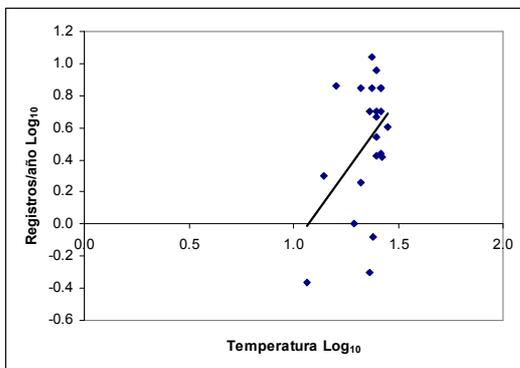
Resultados

Existe una gran diferencia entre los datos analizados ya que, el lugar con mayor número de registros por año (Belice) representa poco más del lugar con menor número (Nuevo México). Pero, una buena parte de los datos tiene valores altos, en muchas áreas de estudio. Lo anterior debido a que existe una gran tendencia a realizar los mismos en zonas consideradas de alta productividad para la especie. Debido a esto, los valores de temperatura y de precipitación no varían tanto entre los distintos lugares.

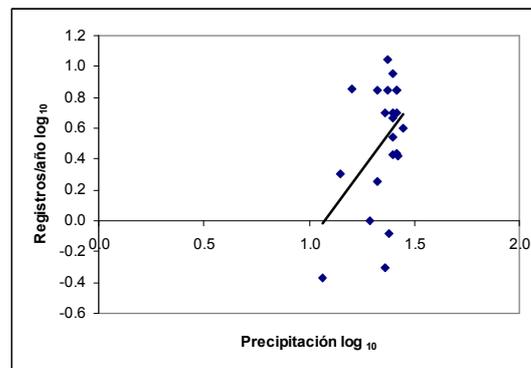
La temperatura muestra un rango muy estrecho en la mayoría de los estudios, siendo de entre 25 °C y 28 °C. Debido a lo anterior, la variable no es significativa ($F=.2068$) ni tiene una gran

relación con respecto a la distribución de la especie ($r^2=.0784$). Sin embargo, los pocos reportes existentes para las áreas de distribución extrema muestran que existe una leve tendencia al aumento de registros con respecto a esta variable (Fig. 4(a)). La precipitación muestra un patrón similar a la temperatura, siendo no significativa ($F=.3705$) ni con una relación significativa ($r^2=.0402$). Más, al graficar los resultados en las porciones más extremas, se muestra una tendencia al aumento (Fig. 4(b)).

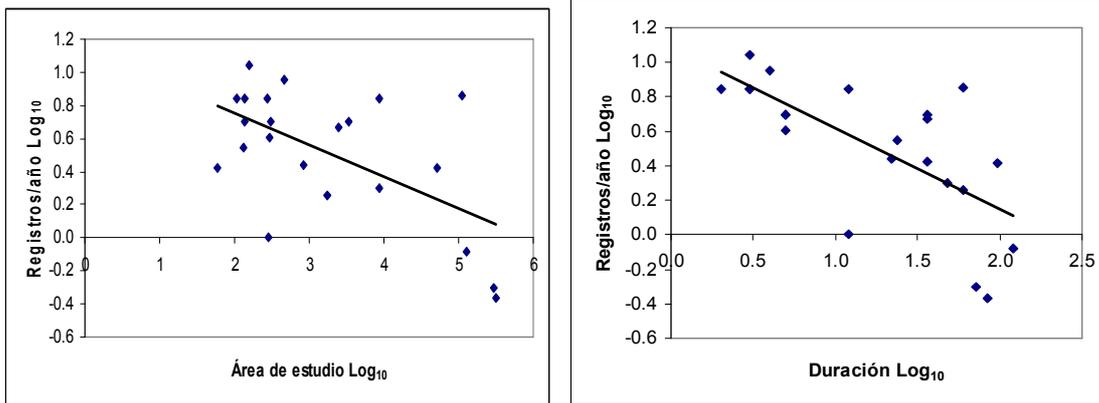
El área y el tiempo de estudio resultaron ser significativos, con una F de .0279 y de .0004 respectivamente (Fig. 4(c) y (d)). Y muestran una relación significativa, siendo el tiempo de estudio el que tiene un mayor peso dentro de la explicación de los datos. A su vez, se determino la relación de área de estudio con respecto al tiempo y resulto ser significativa ($F=.0063$) y a su vez tienen una gran relación entre ellas ($r^2=.4129$) (Fig. 4(e)). Al graficar se observa como el log10 de registros por año disminuye linealmente con el log10 de área de estudio, y de la misma forma con el tiempo de estudio. A pesar de esta relación existe un umbral dentro del cual no se explicarían los resultados, tal es el caso del estudio llevado a cabo en Misiones (Schiaffino et.al, 2002) donde, el área es de cerca de 1 Km², y solo se obtiene el registro de un jaguar.



(a)

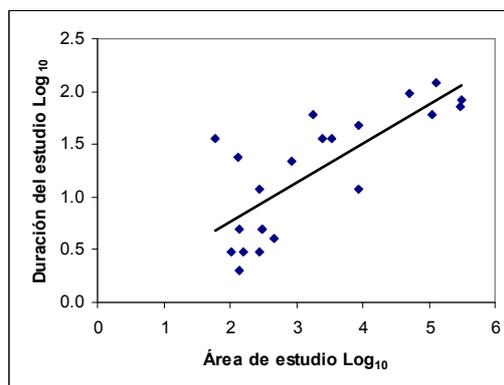


(b)



(c)

(d)



(e)

Fig 2.1 a) Registros por año log10 graficado contra temperatura log10, b) Registros por año log10 graficado contra precipitación log10, c) Registros por año log10 graficado contra área de estudio log10 d) Registros por año log10 graficado contra duración del estudio log10, e) Duración log10 graficado contra área de estudio log10

Discusión

Se podría pensar que a mayores temperaturas y a mayor precipitación se tendrá un mayor número de registros, lo cual se puede traducir en una mayor densidad. Más, debido a que la mayoría de los estudios se han realizado en zonas tropicales donde se puede tener una mayor abundancia los datos muestran una gran uniformidad. Sin embargo, se observa como en zonas extremas de la distribución con menores temperaturas y precipitaciones promedio tiende a haber un menor número de registros al año, lo que indica una menor densidad. De esta forma, se ha pensando que por medio de la protección de grandes áreas en las zonas tropicales se pueden proteger poblaciones viables en el tiempo. Sin embargo, los resultados demuestran que existe una gran variación dentro de los estudios analizados es decir, zonas con características similares muestran densidades o registros muy dispares.

A pesar de que el número de registros/año esta claramente influenciado por el tamaño del área de estudio, en lugares como Costa Rica que; podrían considerarse de alta productividad se presentan de manera poco significativa para su extensión. Con esta inquietud, se graficó el número de registros al año de acuerdo a un gradiente latitudinal (Fig. 5). Se muestra como claramente existen lugares en los que hay una concentración alta de esta especie y otros donde existe una baja densidad a pesar de que se podrían considerar altamente productivos. Esto también se demuestra al ver los mapas de los estudios que se han publicado, los registros o jaguares cazados tienden a concentrarse en un área pequeña. En el caso de Costa Rica que se muestran los registros para todo el país, se ve como se tienden a agrupar en ciertas zonas como en la región de la Costa del Caribe. En el resto de los casos, se puede observar un patrón similar sin embargo, estos corresponden a zonas de distribución extrema. De esta forma, se puede decir que esta especie se tiende a agrupar en zonas que pueden ser altamente productivas. Debido a la dinámica natural dichas zonas pueden sufrir un cambio a lo largo del tiempo (Smallwood y Schonewald, 1996).

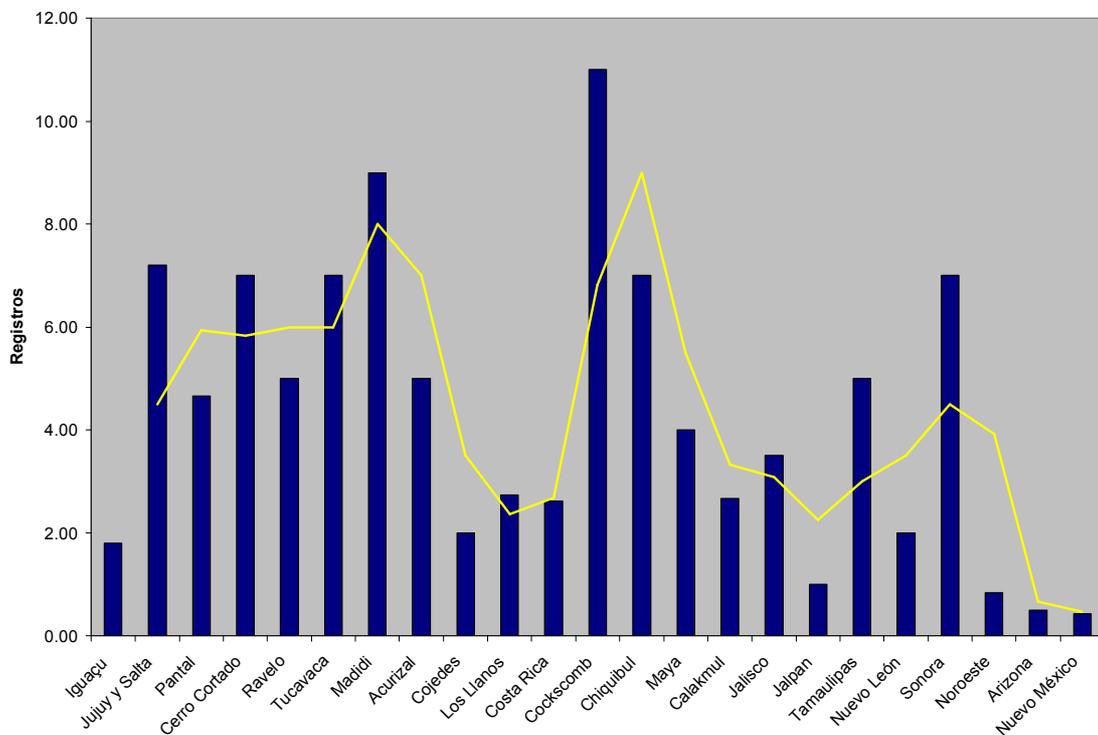


Fig 2.2 Registros de jaguar por año respecto a un gradiente latitudinal

Lo anterior se refuerza al graficar el tiempo en meses de cada estudio en el mismo gradiente latitudinal (Fig. 6). Las zonas de distribución extremas tienden a requerir de un tiempo mayor para poder producir resultados. Es decir, se necesita de mayor tiempo en zonas donde se presume hay una densidad baja y al contrario para zonas con altas densidades. Lo anterior se observa claramente al sobreponer las dos gráficas ya que, se presenta una complementación como se menciona anteriormente. Esta distribución se puede deber a la concentración de recursos en el paisaje y a su cambio en el área geográfica mencionada por Smallwood y Schonewald, (1996).

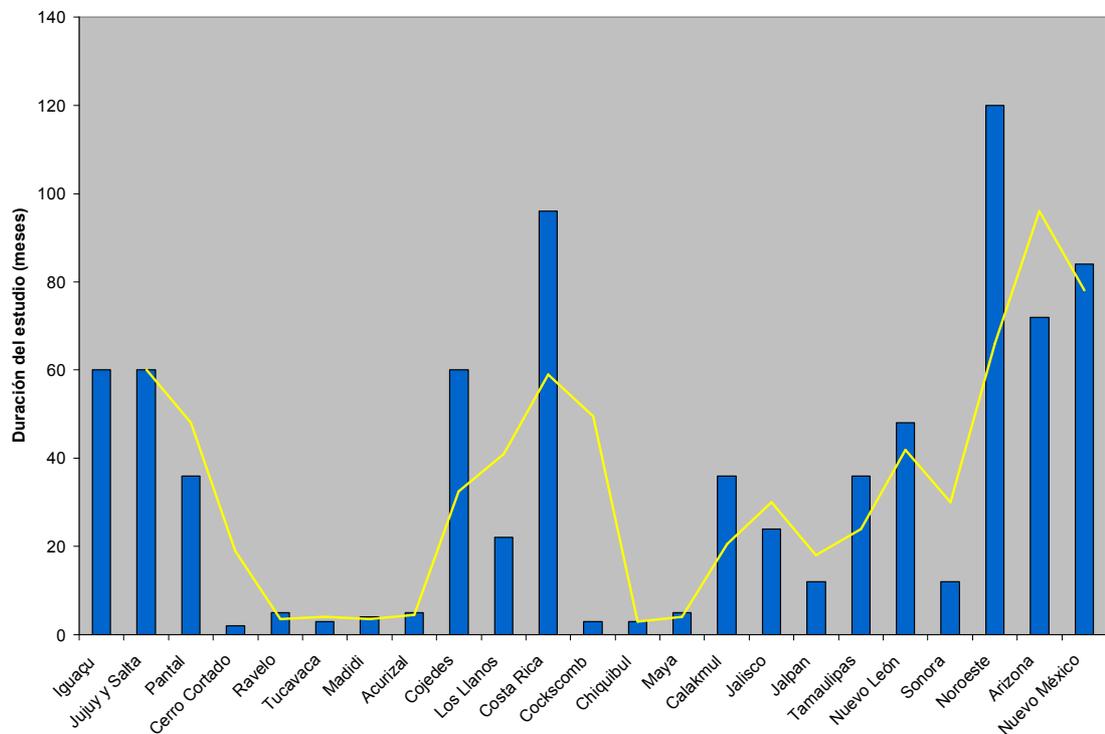


Fig. 2.3 Tiempo de estudio respecto a un gradiente latitudinal

Así, podemos ver como la densidad cambia con la escala espacial y de cierta forma esta influenciada por el método de estudio. Los casos en los que se trabaja con cámaras tienden a reportar densidades más altas que los llevados a cabo con telemetría. Esto debido a que son un poco más discretos y no intrusivos. Sin embargo, como se ve en los resultados de Cockscomb, Belice ambos sirven para darnos una idea de la densidad de animales dentro de nuestra área de estudio. Además, al utilizar el número de animales atrapados en lugar de la

densidad se disminuyen las posibilidades de error en las que se incurriría al utilizar las densidades. Lo que se puede concluir de la mayoría de los estudios a pequeña escala es que se llevan a cabo en lugares donde se tiene conocimiento a priori de la existencia de una alta densidad. A su vez, los estudios dentro de áreas más grandes y que trabajan con registros nos pueden dar una idea de cuales son las zonas donde se concentran las poblaciones. No obstante, se tienen que hacer diferentes censos para conocer como van cambiando estas zonas a lo largo del tiempo y de ser posible identificar que factores las determinan.

Ya en otras publicaciones se considera la existencia de concentraciones de población a lo largo de la distribución sin embargo, se atribuyen al poco conocimiento de las distintas zonas y la falta de investigación entre otros factores (Sanderson, 2002). Es necesario evaluar los lugares que se mencionan en dicho estudio y sus características para determinar que es lo que influye la abundancia. De esta manera se pueden hacer cálculos más reales de la población en una escala mayor. En estudios anteriores, se han hecho aproximaciones acerca de la capacidad de carga de distintas reservas a lo largo de Centro América. Estos se han estimado en base a estudios previos llevados a cabo en Belice, lo cual puede no ser aplicable a estas áreas. Esto se demuestra en los datos analizados donde se ve que zonas relativamente cercanas muestran diferencia significativa de hasta 4 veces la densidades calculadas. Por lo anterior, es prioritario conocer la densidad de la especie a lo largo de su distribución para identificar zonas donde este siendo extirpado (Sanderson, 2002). A su vez, es necesario conocer los factores que delimitan las zonas con altas concentraciones para determinar si la baja densidad puede deberse a causas naturales o inducidas. Uno de los aspectos que podría influenciar estas diferencias es la dieta del jaguar en los diferentes sitios. A pesar de que puede consumir una amplia gama de presas que van desde mamíferos grandes hasta pequeños reptiles (Garla et.al., 2001, Nuñez et. al, 2000, Zuercher, 2002) la densidad de los mismos puede afectar las poblaciones de este félido.

Otra de las implicaciones para la conservación es la de brindar conectividad entre estas zonas para asegurar un intercambio genético entre ellas. Los resultados obtenidos por Eizirik et. al. (2001) demostraron que no existen barreras geográficas importantes para el mismo y que

existe una uniformidad relativa entre las poblaciones. A pesar de lo anterior, habría que determinar las diferencias existentes entre las diversas "fuentes" que existen a lo largo del continente. De esta manera se podrían identificar las vías más importantes para que exista este intercambio y asegurar la preservación de las mismas.

Conclusión

Se comprobó que la temperatura y la precipitación no influyen en la distribución del jaguar, a pesar de que son factores que nos pueden indicar la productividad del hábitat. Al contrario, lo que ha influido en el número de registros en cada estudio ha sido el tamaño del área y en algunos casos el tiempo. Sin embargo, existen algunos casos que deben de ser tratados más a fondo para determinar las diferencias entre zonas cercanas y como se ven conectadas. Además, se observa que la población de jaguares en el continente no tiene una distribución uniforme si no que, sigue la estructura de las llamadas metapoblaciones. Se podría decir que existen varios centros importantes para la especie a lo largo del continente. Dichas concentraciones de individuos dependen de la agregación de recursos a través del tiempo y de la presión que se ejerce sobre los mismos. Se recomienda investigar que características presentan estas zonas de alta densidad a lo largo del continente para poder predecir zonas prioritarias para la conservación de la especie. Estos parámetros pueden ser de utilidad para poder crear reservas y áreas protegidas que garanticen la supervivencia del jaguar mediante la selección de refugios de hábitats con una alta capacidad de carga y baja mortalidad (Ferrerías et.al, 2001). Además, se pueden generar proyectos ecoturísticos como en el caso de Belice donde los visitantes pagan por la oportunidad de ver a un jaguar en su medio natural (Crawshaw Jr, 2002).

Asimismo, al saber que factores afectan estas zonas se evitaría el extrapolar las densidades obtenidas en otras zonas de estudio relativamente pequeñas a otros lugares. Lo anterior ha traído como consecuencia una sobre estimación que puede traer graves consecuencias en los proyectos de conservación.

Capítulo III

DESARROLLO DE UN MODELO PREDICTIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE HÁBITAT EFECTIVO PARA JAGUAR (*PANTHERA ONCA*) EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL

Resumen

Debido a la destrucción acelerada de los habitats, es necesario identificar zonas de alta viabilidad para especies amenazadas. En el caso del jaguar (*Panthera onca*), se sabe poco para las regiones extremas de su distribución. Sin embargo, es necesario crear zonas protegidas que aseguren la supervivencia de la especie a largo plazo en estas áreas. Con esta finalidad se desarrollaron modelos estáticos mediante el uso de SIG, para determinar hábitat prioritario en los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y Guanajuato. Lo anterior se logró en base a datos de presencia/ausencia y a caracterizaciones de hábitat previas. Se seleccionaron variables que han sido reportadas como importantes para la especie, así como aquellas que pueden originar altas tasas de mortalidad. Mediante una regresión logística, se obtuvieron un modelo general y dos representando las tasas de fecundidad y supervivencia. En el caso del modelo general, se observa que tiene una baja probabilidad de detección, obviando gran parte de los territorios disponibles para la especie. El mapa que indica la fecundidad se obtuvo utilizando un índice de vegetación y aspectos fisiográficos. El mapa de supervivencia, se deriva de la densidad de población y de carreteras en la zona. Al unir ambos modelos, se observa una división entre las fuentes, refugios, vertederos atractivos, y vertederos. Al comparar con los tipos de vegetación, se nota como la mayoría de los cuadrantes coinciden con aquella seleccionada por la especie. Los resultados arrojan que para estos estados, el hábitat favorable para la especie se encuentra en las zonas montañosas de la Sierra Madre. Sin embargo, existe una presión humana muy alta en la periferia de las zonas potenciales. Este modelo puede servir como indicador para futuros estudios y para establecer zonas de protección.

Palabras clave: Jaguar, *Panthera onca*, conservación, viabilidad de hábitat, regresión lineal

Introducción

En el caso de especies amenazadas, es indispensable tomar acción mediante la protección de grandes extensiones de tierra y la elaboración de planes estratégicos a nivel nacional e internacional. En el caso de los carnívoros, la mayoría de las decisiones de conservación y de manejo son tomadas a pesar de que existe poca o ninguna información detallada acerca de las especies en la zona (tasas de reproducción y supervivencia). Además, se desconoce como algunos factores antropogénicos ó naturales, como densidad de caminos y cubierta forestal influyen a la variación espacial y temporal de las variables antes mencionadas (Merrill, 1999). Sin embargo, para determinar estos efectos de manera veraz sería necesario invertir muchos recursos y tiempo que, en su mayoría no están disponibles. Debido a lo anterior se ha propuesto el uso de modelos que ayuden a comprender la biología de diversas especies en peligro. Ya sea para hacer recomendaciones enfocadas a la recuperación como, el caso del Lince ibérico (*Lynx pardinus*) (Ferrerías et.al, 2001), para la implementación de reservas como en el caso del oso grizzly (*Ursus arctos*) en la Columbia Británica (Wielgus, 2002). Dentro de este campo, el uso de modelos lineales ha servido para identificar la probabilidad de la existencia de una especie a lo largo del paisaje (Jiménez, 2005). Así, el modelado predictivo se ha transformado en un campo importante dentro de la biología de la conservación ya que; incrementa la comprensión de los factores que determinan la distribución de los mismos (Naves et.al, 2003).

Sin embargo, hacen falta estudios que determinen zonas de importancia para algunos grandes depredadores como, el jaguar. Que a pesar de que tener una gran distribución histórica, se encuentra seriamente amenazado en gran parte de la misma. Debido a la falta de recursos para conservación, es necesario determinar mediante el modelado de hábitat que regiones cuentan con una alta probabilidad de existencia de la especie para poder asegurar la supervivencia a largo plazo. Lo anterior se ha logrado con otras especies mediante el calculo de estos sitios de manera indirecta mediante la relación de factores que afectan las tasas de mortalidad y de reproducción de las poblaciones en el área (Naves et.al, 2003). Woodroffe & Ginsberg (1998) determinaron que la primer tasa mencionada esta claramente relacionada con factores antropogénicos mientras que Merrill et.al, (1999) determinaron que la segunda esta claramente relacionada con la productividad del hábitat. Por lo anterior, es posible determinar la

probabilidad de existencia de la especie en los distintos hábitats mediante la elaboración y suma de mapas con ambos factores (Naves et.al, 2003) (Fig. 7).

Dentro de la República Mexicana existen varias zonas que pueden considerarse como prioritarias para jaguar sin embargo; es necesario elaborar un análisis de este tipo para determinar la probabilidad de existencia de cada hábitat. Se puede mencionar el caso de algunos estados en el norte del país en los que sabemos que existe jaguar pero no existen datos disponibles acerca de las poblaciones o el hábitat que ocupan como en Sinaloa (Navarro-Serment et.al., 2005), partes de la Sierra Madre Oriental dentro de los estados de Tamaulipas (Ortega-Huerta y Medley, 1999), Nuevo León (Rosas-Rosas y López-Soto, 2002), San Luis Potosí (Villordo y Rosas-Rosas en proceso) y Querétaro (Ortega Urrieta, 2006).

En el caso del extremo noreste de su distribución, donde se sabe de la existencia de la especie pero no del estado de sus poblaciones. Dentro de esta región, los estados de Querétaro, San Luis Potosí e Hidalgo son de suma importancia por que garantizan el intercambio entre individuos de poblaciones aledañas. En casos como este, donde existe una gran incertidumbre se ha propuesto el uso de modelos predictivos para identificar la probabilidad de existencia de una especie (Jiménez, 2005).

El modelado predictivo de hábitats se ha transformado en un campo importante dentro de la biología de la conservación ya que; incrementa la comprensión de los factores que determinan la distribución de los mismos en el paisaje (Naves et.al, 2003). Así, se han hecho recomendaciones para la recuperación del Lince ibérico (*Lynx pardinus*) (Ferrerías et.al, 2001), y para la implementación de reservas de oso grizzly (*Ursus arctos*) en la Columbia Británica (Wielgus, 2002). En el caso del jaguar, es necesario determinar la idoneidad del hábitat en el noroeste de México como primera aproximación para determinar la importancia de dichas zonas y la posibilidad de supervivencia a largo plazo.

Sin embargo, no se ha llevado a cabo un análisis con la finalidad de determinar la existencia de territorios potenciales. Por lo anterior, se determinará el arreglo espacial del hábitat disponible en dichos estados para identificar la posibilidad de que exista la especie en la región. De esta manera, se pueden identificar lugares potenciales para la conservación y aquellos donde es posible que surjan conflictos con el hombre.

Métodos

Área de estudio

El área de estudio se delimitó en base a la Confluencia de las Huastecas, a la provincia mastogeográfica de la Sierra Madre Oriental y a los límites geográficos de los estados de San Luis Potosí e Hidalgo. Tiene una extensión total de 56,486.9 Km² y abarca una serie de hábitats como bosque mesófilo, y selva baja caducifolia, entre otros que podrían ser utilizados por la especie.

La zona abarca los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato, e Hidalgo. De acuerdo al Sistema Nacional de Información Municipal (SNMI), se cuenta con una densidad de población humana promedio de 62.26 habitantes/ km² y tiende a ser mayor en zonas urbanas. Además, cerca de la mitad de la población se dedican a alguna actividad que ocasiona efectos directos sobre el medio ambiente (Fig.8).

Los datos de presencia utilizados fueron los registrados por (Ortega Urrieta, 2005) y como datos de ausencia se utilizaron las celdas que indicaban una mayor actividad humana (ciudades) o que se sabía previamente que no tenían hábitat adecuado. Estos datos se utilizaron como la variable dependiente en las regresiones logísticas siendo 1 presencia y 0 ausencia.

Selección de variables

Trabajos previos que involucran el uso de este programa (Carroll, 2003; Carroll, 2005; Carroll et.al, 2006), recomiendan el uso de 2 modelos estáticos (tasa de supervivencia y fecundidad) para calcular el índice de idoneidad del hábitat (Fig. 9). Este se calculo utilizando 30 datos de presencia/ ausencia para determinar los índices mediante el método usado por Jiménez, (2005).

De acuerdo a Woodroffe & Ginsberg, (1998) una gran parte de las muertes de grandes carnívoros se debe a factores antropogénicos o sus efectos en el ambiente. Por lo anterior, es posible obtener un aproximado a la tasa de mortalidad mediante el uso de las densidades de

población y de carreteras pavimentadas. Lo anterior se observa en otros modelos previamente realizados (Ferrerías et.al, 2001; Glenz et al, 2001; Merrill et.al, 1999; Naves et.al, 1999).

En el caso de la fecundidad, se calculó con la orientación, la pendiente y la elevación y tipo de vegetación (Ortega-Huerta y Medley, 1999). Esta última esta basada en la productividad calculada mediante dos índices de cobertura vegetal (NDVI y TASS CAP) a partir de imágenes de satélite. Los dos se valen de las imágenes obtenidas a partir de las diferentes bandas existentes en dichas imágenes. El primero utiliza el rojo y el rojo lejano, para diferenciar entre zonas con vegetación y las que no. El segundo se vale de 6 bandas para determinar índices de humedad, brillo y de verdor (Brun, 2004).

Las capas utilizadas para estos cálculos fueron obtenidas de la Comisión Nacional para el uso de la Biodiversidad (CONABIO 2006). Los valores de orientación, pendiente y elevación se obtuvieron con un modelo de elevación digital. El índice NDVI se obtuvo a partir de imágenes LANDSAT de 7 bandas obtenidas libremente de la NASA. Los índices del TASS CAP se elaboraron en base a las imágenes distribuidas por la Universidad de Maryland en la Interfase de Datos para Ciencias de la Tierra (Earth Science Data Interface). Todo el análisis se llevó a cabo en una escala 1:250 000, debido a que era la resolución más detallada disponible dentro de los bancos de datos. El análisis fue realizado con cuadrículas de 10 km² debido que es el ámbito hogareño de menor tamaño reportado (Crashaw y Quigley, 2002).

Análisis

La presencia y ausencia, se indicó mediante el conjunto de los valores indicados en artículos anteriores de forma que se tuvieran alrededor de “30 registros”. Se realizaron diversos análisis de hábitat en base a un modelo estocástico basado en regresiones logísticas lineales. Debido a que se utilizó una fórmula logit(P) se hizo la transformación para obtener todos los datos en una escala de 0 a 1.

Para poder discernir entre la forma de tratar los datos, se elaboraron 2 modelos diferentes. En el primero, se utilizó la metodología antes mencionada en el cual se tratan las variables diferenciando entre naturales y humanas. De esta forma, se calculan dos valores que nos indicarán la fecundidad y la supervivencia respectivamente. Al sumar ambos valores, nos

indicará un índice de viabilidad del hábitat; así valores altos de supervivencia y de fecundidad, indicarán una mayor probabilidad. Así, se pueden llegar a identificar zonas que pueden tener una gran calidad de hábitat pero que funcionan como zonas periféricas (Naves et.al, 2003).

Como segunda aproximación se construyó un modelo general con las 6 variables explicativas. La principal diferencia consiste en el uso de las anteriores en su totalidad o en conjuntos. Para comprobar los resultados del modelo, se hizo una aproximación dándoles valores de 0, 5 ó 10 a cada una de las variables de acuerdo a las características previamente reportadas. Para poder compararlo con los otros modelos, se escalo a valores entre 0 y 100.

Al obtener cada uno de estos modelos, se procedió a clasificarlos en fuentes / vertederos de acuerdo a los valores obtenidos y a compararlos con los tipos de vegetación existentes en la zona de acuerdo al Inventario Nacional Forestal (CONAFOR, 2000). De esta forma, se puede obtener una idea de la eficacia de los modelos ya que, se pueden comparar con la escala de vegetación obtenida anteriormente.

Resultados

Modelo General

Se puede apreciar como la elevación, densidad de carreteras y la densidad de población se relacionan negativamente con la presencia de la especie. Se incluyen todas las variables utilizadas por lo que se espera que tenga una alta precisión.

Modelos generales con índice NDVI

La fórmula general que se obtuvo con este índice fu la siguiente:

$$\text{Modelo general NDVI} = \frac{1}{\text{eslope}(0.0417) + \text{elev}(-0.218) + \text{aspect}(0.005) + \text{veg} (0.04) + \text{carr}(-0.0657) + \text{pob}(-0.0162) + 1}$$

Ambos modelos nos indican la importancia de los estados de San Luis Potosí, norte de Querétaro e Hidalgo. Con respecto a la capacidad para determinar zonas favorables, se observa como tiene una gran efectividad para localizar lugares propicios para la especie de acuerdo al tipo de vegetación (11.46%). Muestra poca fiabilidad con respecto a la selección de sitios ya que, muchos de los valores corresponden a lugares poco propicios (Fig. 10)

Modelo general utilizando TASS CAP

La fórmula general que se obtuvo con este índice fue la siguiente:

$$\text{Modelo} = \frac{1}{\text{eslope}(0.0437) + \text{elev}(-0.1414) + \text{aspect}(0.0102) + \text{Verdor}(0.3464) + \text{Humedad}(0.1183) + \text{carr}(-0.0211) + \text{pob}(-0.001) + 1}$$

TASS CAP

Se demuestra poca efectividad debido a que identifica un gran número de casillas sin vegetación como de alta efectividad para la especie (Fig. 11).

Modelo 2 vías

Al modelar de esta forma, se obtiene una mejor apreciación de cómo afectan las variables a la distribución de la especie. De lo que se puede observar en el modelo de supervivencia, es que la densidad de caminos influye más en la distribución de la especie que la densidad poblacional. El modelo de efectividad a las dos escalas muestra valores pequeños en todas las zonas que están bajo la influencia humana, siendo el valor más alto de 0.437. Sin embargo, también son apreciables zonas donde no existen caminos ni una densidad humana importante pero, tienden a estar localizadas en zonas áridas. Para poder simular la supervivencia, se tienen que restar estos valores de uno para obtener un mapa de mayor valor interpretativo (Fig. 12).

En cuanto al modelo de fecundidad, existe un sesgo a las partes montañosas debido a que el estudio previo se realizó en una zona similar. Esto puede representar la realidad ya que, las

extensiones que están a una menor altitud ó que están en terrenos planos sufren de una gran presión humana. A pesar de que el lado oeste tiene valores altos de productividad, la presencia de la especie en este lugar es poco probable debido a que corresponde a zonas muy perturbadas. Estos valores se deben a la presencia de extensas zonas de baja altitud y pendiente poco pronunciada.

Modelos de 2 vías utilizando el NDVI

Las fórmulas utilizadas para determinar los mapas para el modelo de 2 vías con el índice NDVI fueron:

$$\text{Índice de Supervivencia: } \frac{1}{e^{\text{Slope}(0.0114) + \text{Elev}(-0.2320) + \text{Aspect}(0.0393) + \text{Veg}(0.4121) + 1.2986} + 1}$$

$$\text{Índice de Mortalidad: } \frac{1}{e^{\text{Carr}(-0.1158) + \text{Pob}(0.0384) + 0.9632} + 1}$$

Se observa como existe una mayor definición con un rango de valores muy grande, identificando las cuatro categorías anteriormente mencionadas. Sin embargo, la suma de ambos mapas provoca que los valores tiendan a ser bajos en ambos modelos. En ambos modelos se identifican correctamente zonas no aptas para la especie, algunas de estas corresponden a vegetación apta para la especie, lo cual puede indicar una alta influencia humana (Fig. 13).

Modelos de 2 vías, utilizando TASS CAP

Las fórmulas utilizadas para determinar los mapas para el modelo de 2 vías con el índice TASS CAP fueron:

$$\text{Índice de Supervivencia: } \frac{1}{e^{\text{Slope}(0.0151) + \text{Elev}(-0.1525) + \text{Aspect}(0.0135) + \text{Verdor}(-0.3243) + \text{Humedad}(-0.3448) + 4.073} + 1}$$

$$\text{Índice de Mortalidad: } \frac{1}{1}$$

$$e \text{ Carr}(-0.1158) + \text{Pob}(0.0384) + 0.9632 + 1$$

Solo da valores bajos por lo que no es fiable para identificar zonas efectivas para jaguar (Fig. 14).

Aproximación

Dentro de esta aproximación, los valores pudieron ser clasificados en 4 categorías. De esta forma, se puede ver que tipo de hábitats pueden servir como fuentes, refugios, vertederos atractivos, y vertederos. Se puede ver como los cuadros que tienen los valores más altos se encuentran localizados al noreste de la región. Estas zonas se encuentran rodeadas por hábitat que puede considerarse como refugio en la mayoría de los casos. Al sur de la región, se pueden apreciar grandes zonas que funcionan como vertederos que pueden considerarse como atractivos de acuerdo a la clasificación de dos vías. Sin embargo, puede considerarse que todas las zonas con valores entre 0 y 50 pueden considerarse como vertederos. En su mayoría, estas regiones están relacionadas con zonas agrícolas, o urbanas.

Ya que esta aproximación esta basada en observaciones previas, se puede considerar como la más confiable. Se localizaron 44 casillas con porcentaje mayor a 76%, de los cuales solo 4 no coincidían con vegetación relacionada a la especie. Este método identificó en un 90% de los casos las casillas correspondientes a cuadros con vegetación y de poca actividad humana (Fig. 15).

Se obtienen las casillas de mayor valor en la zona de San Luis Potosí y el norte de Querétaro e Hidalgo. Al contrario, las zonas con alta densidad de carreteras tienen una probabilidad muy baja. El resto de la zona, presenta una probabilidad muy baja, lo cual corresponde a las zonas áridas.

Discusión

Se puede apreciar como existe una clara diferencia entre los modelos elaborados siendo el más exacto aquel basado en la información identificada por Ortega-Huerta y Medley, (1998). El modelo de 2 vías goza de exactitud pero no con la precisión que se desearía. Esto debido a que al sumar los mapas obtenidos solo identifica zonas de refugios, lo cual podría indicar que no existe hábitat efectivo para la especie. Sin embargo, la aproximación demuestra que existen

áreas que pueden soportar una población reproductora y otras que pueden servir como refugio. Además, en este modelo se observa como existen corredores efectivos situados en los estados de San Luis Potosí, y el norte de Querétaro e Hidalgo lo cual sirve para unir poblaciones existentes en los estados de Veracruz, Tamaulipas y Nuevo León. A pesar de que esta tendencia también se muestra en el modelo de dos vías, no es tan obvio ya que muchos cuadros están relativamente aislados. Sin embargo, como se representa el promedio de hábitat por cuadrante, puede haber zonas que permitan el paso entre las zonas.

Existe una gran diferencia entre los resultados obtenidos en modelo general y de 2 vías a esta escala. Dentro del modelo general, la mayoría da valores muy altos, sin reconocer vertederos y vertederos atractivos. No es posible utilizar este índice debido a los valores binarios que generan. En cuanto al NDVI, el general da un amplio margen de valores, solo que no identifica los vertederos, que como se ha visto en los modelos a mayor escala son numerosos. En cuanto a los tipos de vegetación, hace una buena estimación con respecto a los que están asociados a vegetación que prefiere la especie. Sin embargo, como habíamos comentado la existencia de valores altos hace que muchas zonas sean identificadas como favorables siendo que han perdido la vegetación natural. Como se puede observar, el índice NDVI aporta una mayor definición a comparación del índice TASS CAP.

En los modelos de 2 vías, se puede observar la similitud de las casillas de baja probabilidad que no están relacionadas con la vegetación. Identifican de manera similar este tipo de casillas siendo de 43.50% para el NDVI y de 43.72% para el modelo utilizando TASS CAP. Sin embargo, con respecto a las de mayor probabilidad el TASS falla en identificar los valores del NDVI agrupándolos en una sola categoría. Con respecto a las casillas con vegetación asociada pero de baja probabilidad son parecidos 7.09% y 7.93% respectivamente. Se aprecia una mayor definición o utilidad en los modelos a 2 vías que en los modelos generales, esto debido a que se identifican los factores de fecundidad y mortalidad por separado dando mayor calidad en el dato. Sin embargo debido a la metodología utilizada, fallan en identificar valores altos, y solo da aquellos clasificados como vertederos y vertederos atractivos.

Para obtener una mayor definición, se tienen que graficar los mapas poniendo en un eje los valores de fecundidad y en el otro los de supervivencia. Con el fin de obtener una mayor definición dentro del modelo, se graficaron los valores del modelo utilizando el índice NDVI debido a que es el que nos puede apoyar una mayor definición de la zona. De esta manera, se obtienen una gran cantidad de valores que dan una amplia gama de casillas. De esta manera, se observa que se identifican 8.4253% de las casillas como fuentes y que a su vez están relacionadas con vegetación considerada como de alta probabilidad. Solo existen 0.8015% cuadrantes correspondientes a refugios relacionados con vegetación considerada como de probabilidad media. De las casillas consideradas como de asociadas y de baja productividad, 1.0865% y 1.6387% corresponden a refugios atractivos y a matriz respectivamente. Los valores que llaman la atención son aquellos que no se asociación con la vegetación de la zona. De esta manera, el 21.2682% de los valores corresponden a zonas con alto valor. Al utilizar esta metodología, nos da un porcentaje muy pequeño de valores de matriz (0.0712%) y de refugios (0.4631%) asociados a vegetaciones de alta productividad. Sin embargo, el porcentaje de refugios atractivos asociados a vegetación de alta productividad corresponden a 1.9237% del total. El resto de los valores obtiene una amplia gama de valores, esto se debe a que a pesar de que se indique el tipo de vegetación correspondiente, la presión humana puede ser lo suficiente como para evitar la presencia de la especie. Por otro lado, algunos cultivos, pueden favorecer la presencia en caso de estar rodeadas por vegetación que favorezca a las presas del jaguar.

Conclusión

Como se puede observar, este tipo de acercamientos considerando varios factores ayuda a seleccionar la mejor metodología para futuras investigaciones. En este caso, el utilizar el índice NDVI nos brinda los mejores resultados para esta zona. Así mismo, en el caso del jaguar es necesario determinar los modelos a 10 km² y a 100 km² debido a que no se tienen datos acerca del ámbito hogareño de la especie. Además, la metodología a seguir que brinda una mayor definición de resultados es el elaborar modelos de fecundidad y de supervivencia y obtener el valor de las casillas por medio de un gráfico. Acerca de los tipos de vegetación, se

observa que existe una gran definición en algunos de los modelos. Sin embargo, muchas zonas de agricultura obtienen probabilidades muy altas lo cual puede deberse a que están rodeadas de zonas aptas para el jaguar y sus presas pueden hacer uso de las primeras. Lo cual indica los posibles puntos de conflicto para la especie, ya sea por el ganado o por miedo entre los habitantes.

Así, se puede apreciar como los modelos pueden servir para potenciar la conservación de una especie en distintas zonas. Sin embargo, se debe de tener la mayor información posible para poder hacer modelos exactos y significativos. Al hacer el acercamiento de este tipo, podemos decidir en que zonas se pueden llevar a cabo estudios, o brindar protección especial. En este caso, los modelos elaborados nos ayudan a localizar varios de los puntos que pueden servir para la supervivencia del jaguar a largo plazo. Al comparar los mapas, se observa como se repiten las zonas en San Luis Potosí, el norte de Querétaro e Hidalgo en todos los modelos elaborados. De esta forma, vemos como todas las zonas montañosas tienen áreas donde puede existir el jaguar. Sin embargo, se necesitan de más observaciones para poder llevar a cabo una mejor identificación y mejorar los modelos elaborados.

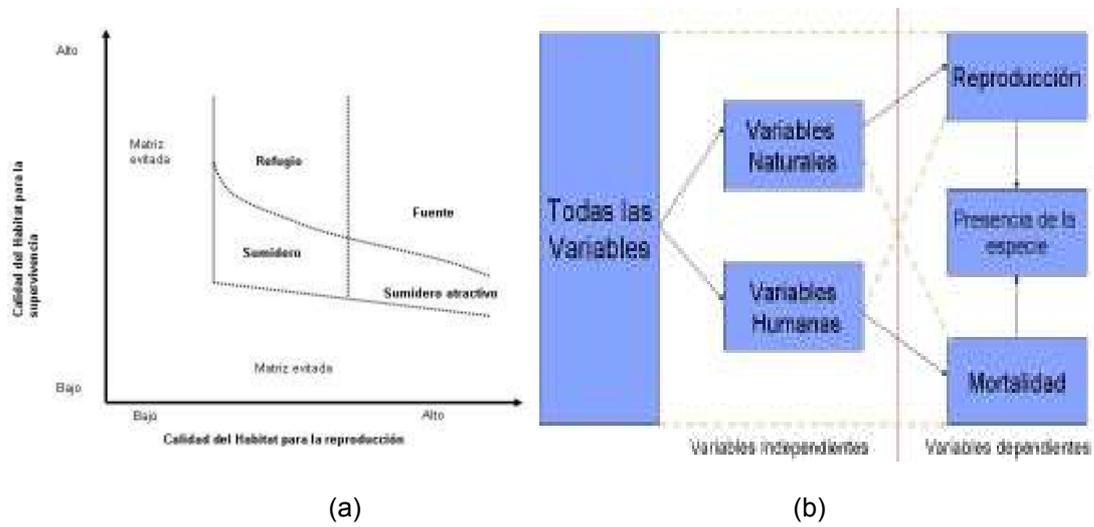


Fig. 3.1 (a) Metodología para clasificar hábitat con una aproximación bidimensional, (b) Aplicación del modelo para grandes carnívoros, se puede apreciar una diferencia clara entre los factores que afectan la reproducción y la supervivencia (Naves et.al, 2003)



Fig. 3.2 Área de estudio

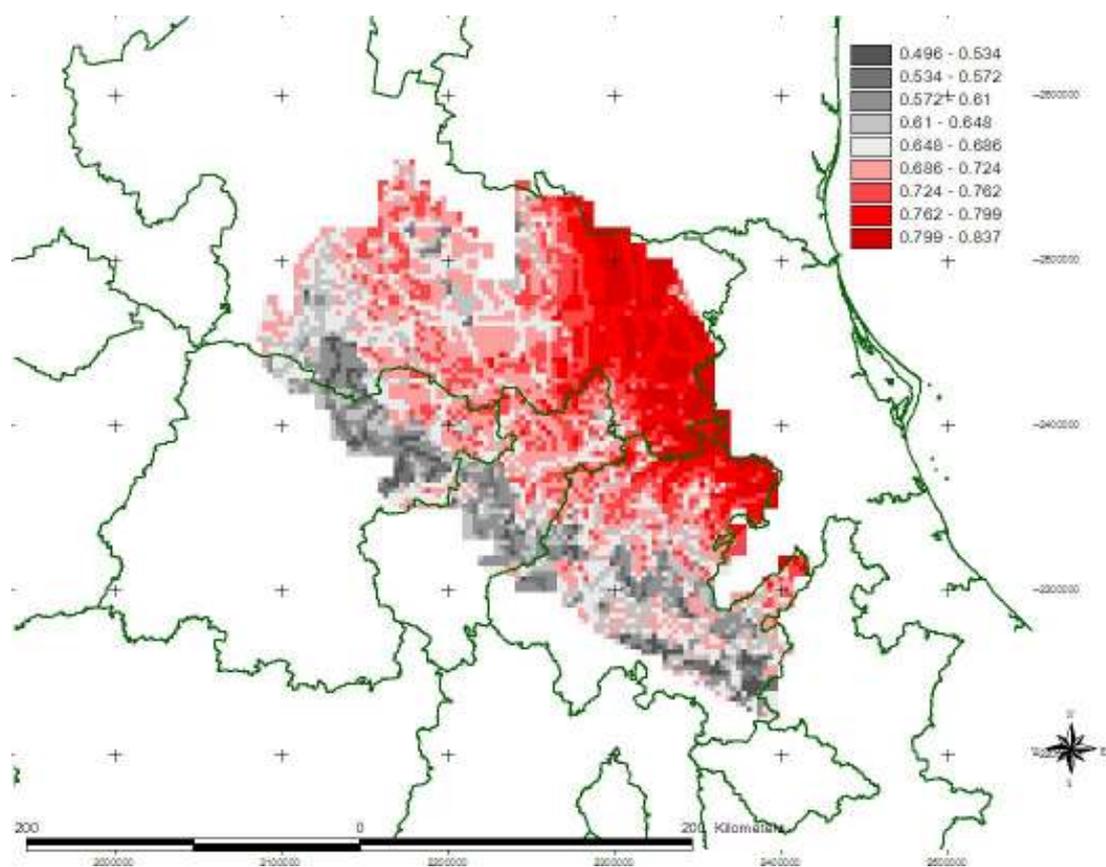


Fig. 3.3 Modelo general, utilizando el índice NDVI con casillas de 10 km²

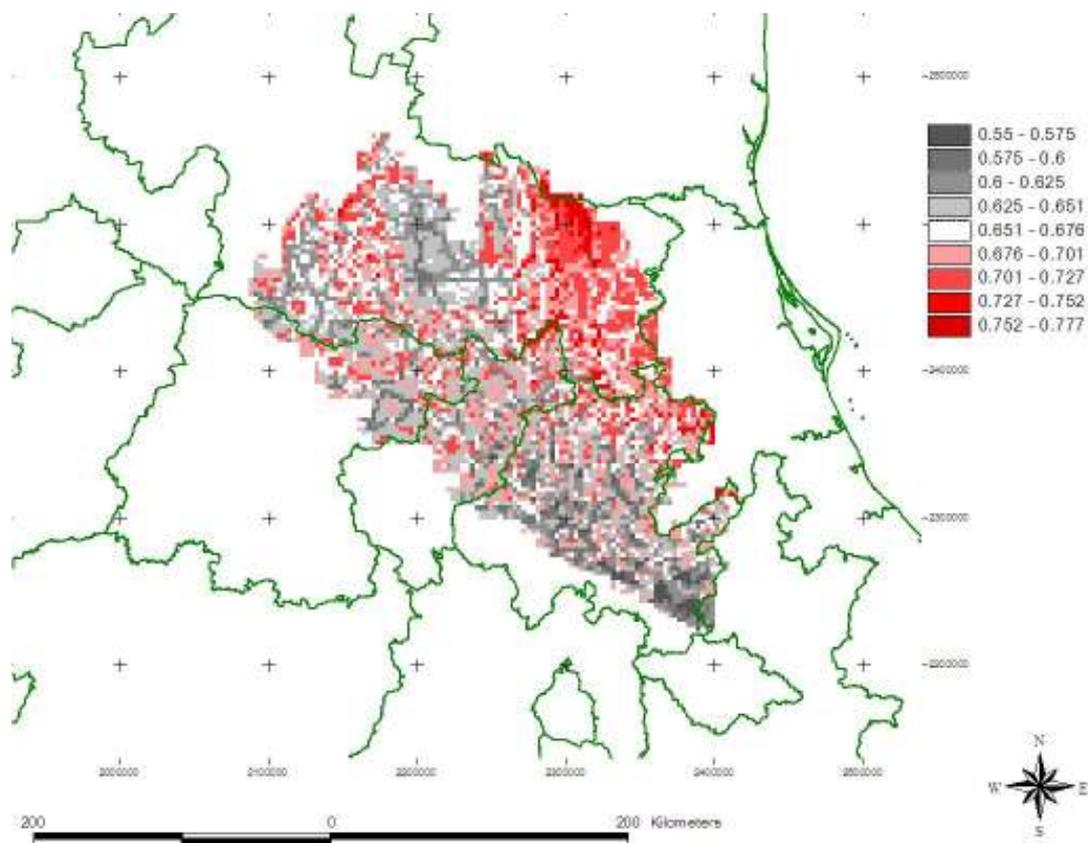


Fig. 3.4 Modelo general, utilizando el índice TASS CAP con casillas de 10 km²

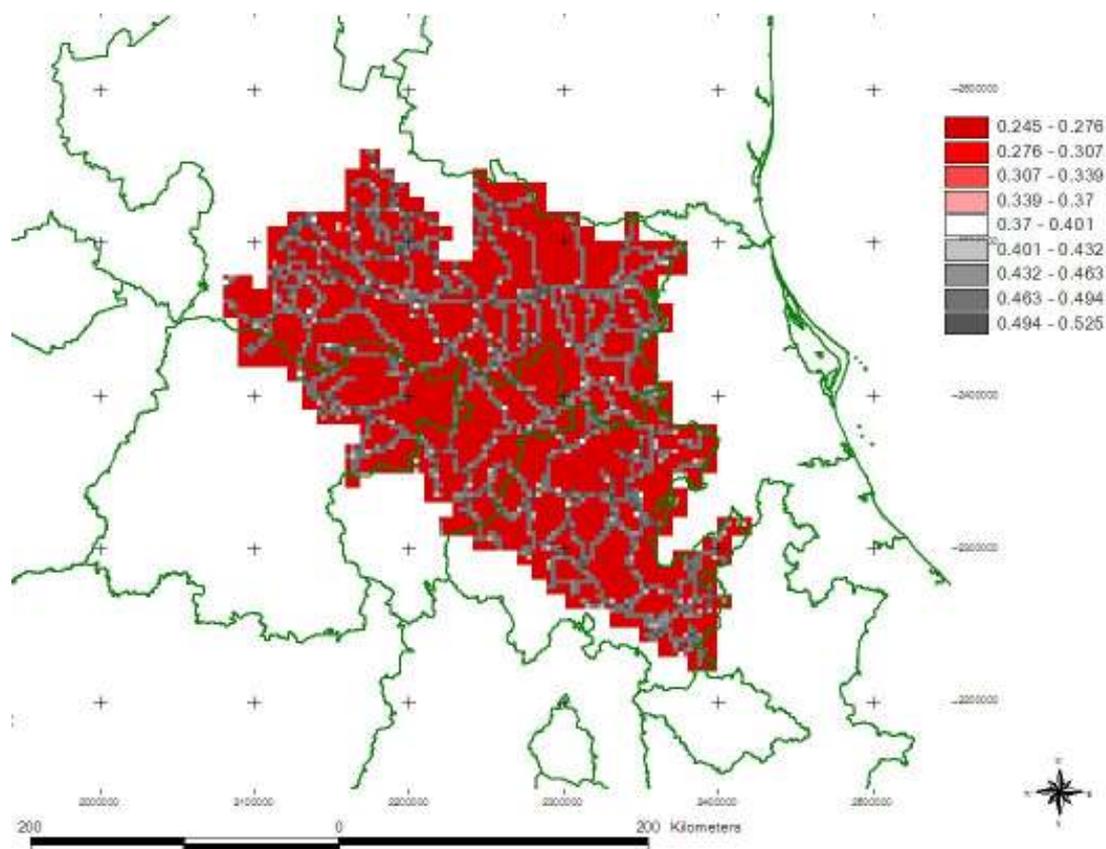


Fig. 3.5 Efectividad del hábitat para jaguar con casillas a 100 km²

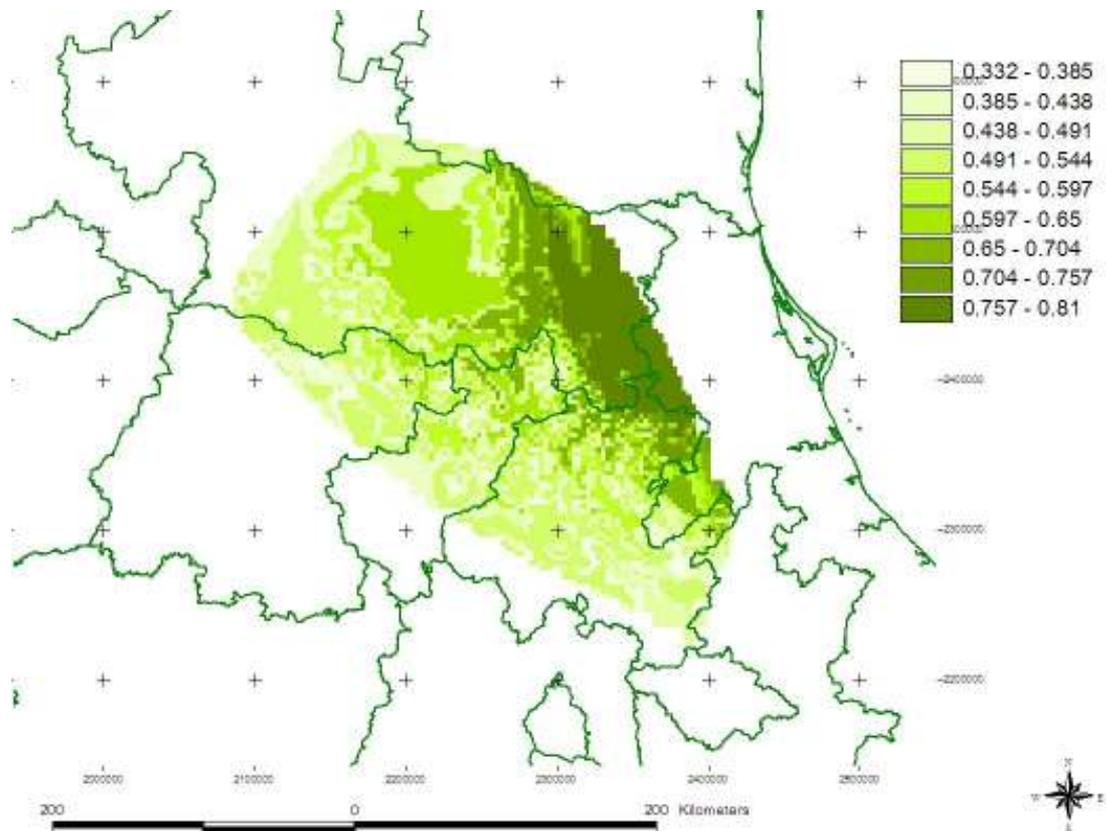


Fig. 3.6 Efectividad del hábitat para jaguar con casillas a 10 km²

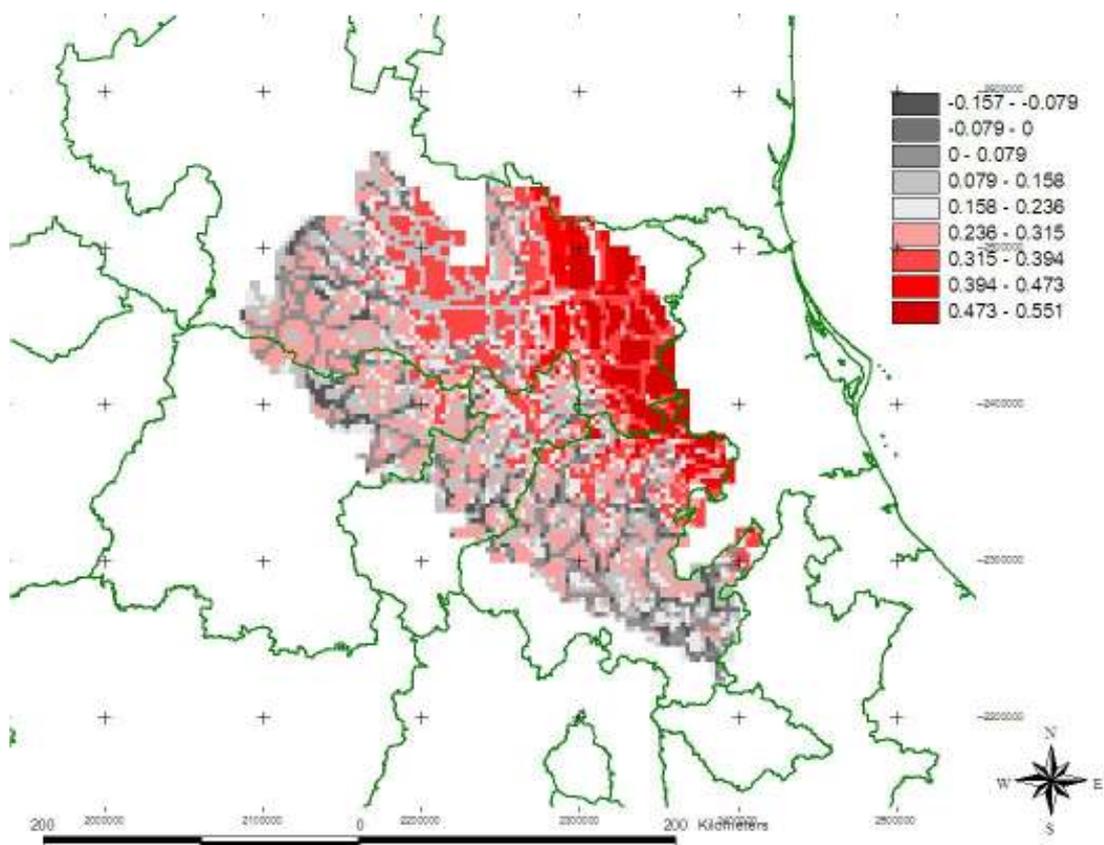


Fig. 3.7 Modelo a 2 vías, utilizando el índice NDVI con casillas de 10 km²

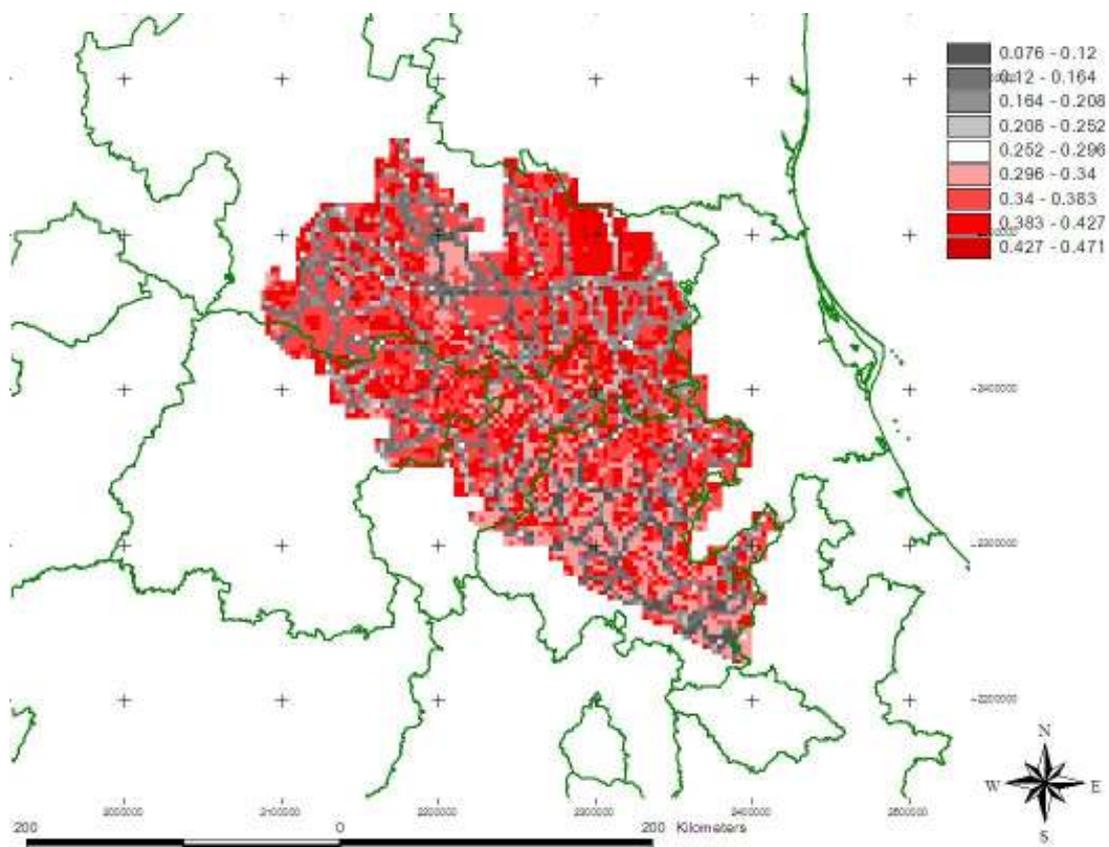


Fig. 3.8 Modelo a 2 vías, utilizando el índice NDVI con casillas de 10 km²

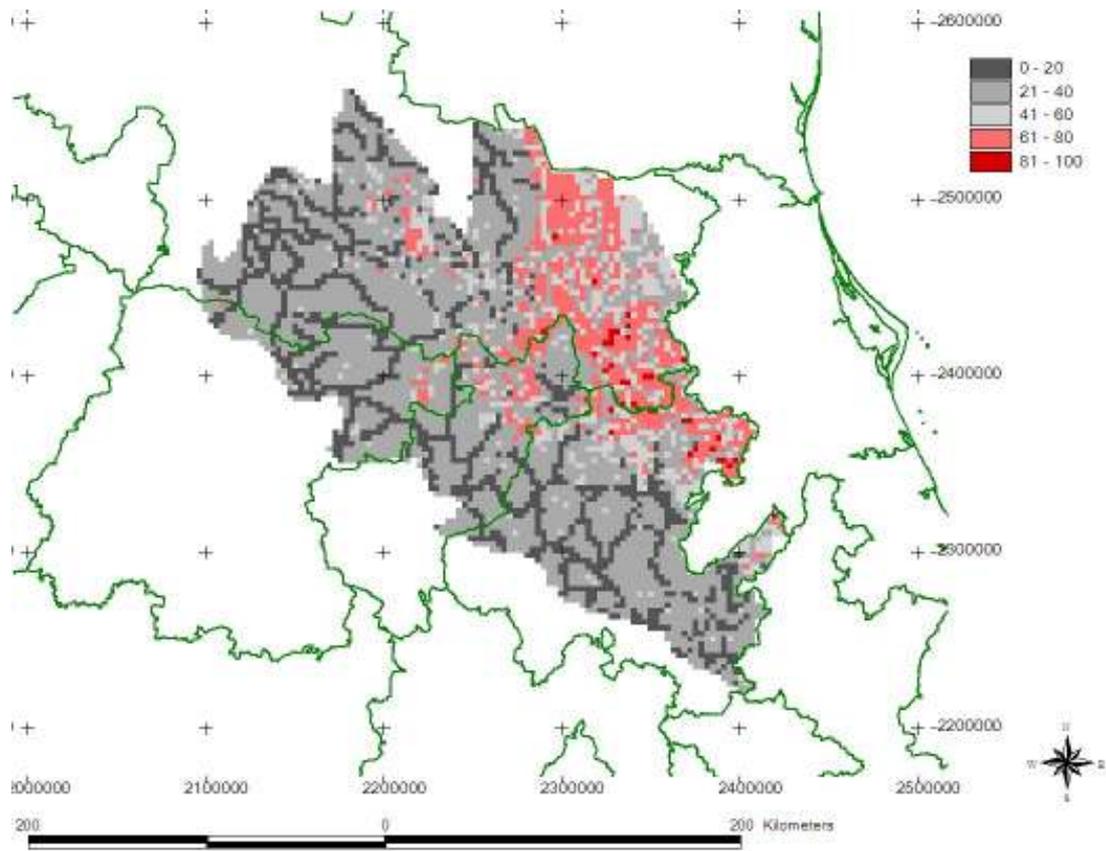


Fig. 3.9 Aproximación para la zona a 10 km²

Capítulo IV

DETERMINACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS PARA LA SUPERVIVENCIA DEL JAGUAR (*PANTHERA ONCA*) EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL

Resumen

Debido a la destrucción acelerada de los hábitats, es necesario identificar zonas de alta viabilidad para especies amenazadas. En el caso del jaguar (*Panthera onca*), se sabe poco para las regiones límites de su distribución. Sin embargo, es necesario crear zonas protegidas que aseguren la supervivencia de la especie a largo plazo en estas áreas. Con esta finalidad se utilizó un modelo de población espacialmente explícito para determinar las zonas que permitirán la supervivencia de la especie a largo plazo. Se elaboró un índice de aptitud del hábitat para conjuntarlo con parámetros poblacionales para determinar hábitat prioritario en los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y Guanajuato. De la misma manera, se calculó la posibilidad de supervivencia a largo plazo mediante el aumento a 15 años en las densidades de carreteras y población humana. Los resultados arrojan que para estos estados, el hábitat que puede considerarse como fuente para la especie se tiende a encontrar en las zonas montañosas. Sin embargo, existe una presión humana muy alta en la periferia de las zonas potenciales. Los modelos con incremento en las densidades de población y de carreteras provocan la extinción de la especie en la zona en 50 años. Como sugerencia para la conservación se recomienda brindar protección, o crear ciertos corredores a lo largo del sureste de San Luis Potosí y el norte de Hidalgo para asegurar la supervivencia de la especie.

Palabras clave: Jaguar, *Panthera onca*, conservación, Aptitud de hábitat, regresión lineal

Introducción

En el caso de especies amenazadas, es indispensable tomar acción mediante la protección de grandes extensiones de tierra y la elaboración de planes estratégicos a nivel nacional e internacional. En el caso de los carnívoros, la mayoría de las decisiones de conservación y de manejo se toman a pesar de que existe poca o ninguna información detallada acerca de las

especies en la zona. En el caso del jaguar (*Panthera onca*), existe información para áreas muy limitadas y, en la mayoría de los casos no involucra datos poblacionales. Sin embargo, es sumamente necesario la creación de áreas de protección ya que su área de distribución se ha visto reducida drásticamente y en muchos lugares se le considera como extinto (Sanderson et.al, 2002; Nowak, 2005). Además, algunos estudios que evalúan el impacto a nivel mundial, establecen que cada vez existen menos zonas que ofrezcan la protección necesaria para la especie (Sanderson et.al, 2002).

Dentro de la República Mexicana existen varias regiones que pueden considerarse como prioritarias para el jaguar pero, no existen estudios acerca de la existencia de poblaciones o de hábitat favorable. Este es el caso del extremo noreste de su distribución, donde se sabe de la existencia de la especie pero no del estado de sus poblaciones. Dentro de esta región, los estados de Querétaro, San Luis Potosí e Hidalgo son de suma importancia por que garantizan el intercambio entre individuos de poblaciones aledañas. En casos como este, donde existe una gran incertidumbre se ha propuesto el uso de modelos predictivos para identificar la probabilidad de existencia de una especie (Jiménez, 2005).

El modelado predictivo de hábitats se ha transformado en un campo importante dentro de la biología de la conservación ya que; incrementa la comprensión de los factores que determinan la distribución de los mismos en el paisaje (Naves et.al, 2003). Así, se han hecho recomendaciones para la recuperación del Lince ibérico (*Lynx pardinus*) (Ferrerías et.al, 2001), y para la implementación de reservas de oso grizzly (*Ursus arctos*) en la Columbia Británica (Wielgus, 2002). En el caso del jaguar, es necesario determinar la idoneidad del hábitat en el noroeste de México como primera aproximación para determinar la importancia de dichas zonas y la posibilidad de supervivencia a largo plazo.

En el presente trabajo, el modelo utilizado es denominado como Modelo de Población Espacialmente Explicito (MPEE) debido a que conjunta información sobre el arreglo espacial de hábitat con información del comportamiento de la especie ante diferentes tipos de vegetación (Carroll et al. 2003b).

En este estudio se eligió el Programa para Asistir en la Identificación de Hábitat Crítico, PATCH por sus siglas en ingles (Program to Assist in Tracking Critical Habitat,) (Schumaker, 1998). Se

ha utilizado previamente para determinar zonas de importancia para la conservación de otros carnívoros como lobos y lince (Carroll, 2003; Carroll, 2005, Carroll et al., 2006).

De los estudios de Ortega Urrieta (2006) y Villordo Galvan & Rosas Rosas (en proceso) arrojan que existe hábitat donde pueda habitar la especie en la región. Mediante el uso del programa antes dicho se identificaron zonas que pueden servir como fuentes para que exista una población de jaguares viable en un plazo de 200 años en los estados de San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, e Hidalgo.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio se delimitó en base a la Confluencia de las Huastecas, a la provincia mastogeográfica de la Sierra Madre Oriental y a los límites geográficos de los estados de San Luis Potosí e Hidalgo. Tiene una extensión total de 56,486.9 Km² y abarca una serie de hábitats como bosque mesófilo, y selva baja caducifolia, entre otros que podrían ser utilizados por la especie.

La zona abarca los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato, e Hidalgo. De acuerdo al Sistema Nacional de Información Municipal (SNMI), se cuenta con una densidad de población humana promedio de 62.26 habitantes/ km² y tiende a ser mayor en zonas urbanas. Además, cerca de la mitad de la población se dedican a alguna actividad que ocasiona efectos directos sobre el medio ambiente (Fig.16).

Modelo

El programa PATCH funciona mediante la unión de información recabada mediante la elaboración de un sistema de información geográfica, y variables demográficas. Esto se logra mediante el procesamiento de variables ambientales en el programa ArcView 3.2 (ESRI) para poder crear un índice de idoneidad del hábitat (HSI) usando el índice de supervivencia y el de mortalidad (Fig. 17(a)). Con esta información, el programa crea una cuadrícula hexagonal sobre la imagen para poder realizar los análisis. Acto seguido, se procede a asignar valores obtenidos mediante el HSI a los diferentes hábitats existentes en la zona a analizar, y los valores máximos y mínimos registrados de ámbito hogareño de la especie al igual que la

distancia de dispersión promedio. Posteriormente se introducen las tasas de supervivencia y fecundidad de estudios previos en forma de una matriz de Leslie. Así el programa calcula los valores para otros hábitats por medio de extrapolaciones. De esta forma, se ligan los valores del HSI obtenidas por medio de los SIG y la historia de vida, en caso de que el programa encuentre una casilla de hábitat con un valor de HSI diferente, adapta los valores para que el individuo actúe de acuerdo a las condiciones de la zona (Fig. 18).

Selección de variables

Trabajos previos que involucran el uso de este programa (Carroll, 2003; Carroll, 2005; Carroll et.al, 2006), recomiendan el uso de 2 modelos estáticos (tasa de supervivencia y fecundidad) para calcular el índice de idoneidad del hábitat (Fig. 18). Este se calculo utilizando 30 datos de presencia/ ausencia para determinar los índices mediante el método usado por Jiménez, (2005).

De acuerdo a Woodroffe & Ginsberg, (1998) una gran parte de las muertes de grandes carnívoros se debe a factores antropogénicos o sus efectos en el ambiente. Por lo anterior, es posible obtener un aproximado a la tasa de mortalidad mediante el uso de las densidades de población y de carreteras pavimentadas. Lo anterior se observa en otros modelos previamente realizados (Ferrerias et.al, 2001; Glenz et al, 2001; Merrill et.al, 1999; Naves et.al, 1999).

En el caso de la fecundidad, se calculó con la orientación, la pendiente y la elevación y tipo de vegetación (Ortega-Huerta y Medley, 1999). Esta última esta basada en la productividad calculada mediante un índice de cobertura vegetal (NDVI) a partir de imágenes de satélite. Este índice se vale de las bandas de luz capturadas en las imágenes para poder discernir entre áreas cubiertas por vegetación y aquellas sin cobertura aparente (Brun, 2004).

Las capas utilizadas para estos cálculos fueron obtenidas de la Comisión Nacional para el uso de la Biodiversidad (CONABIO 2006). Los valores de orientación, pendiente y elevación se obtuvieron con un modelo de elevación digital. El índice NDVI se obtuvo a partir de imágenes LANDSAT de 7 bandas obtenidas libremente de la NASA. Todo el análisis se llevó a cabo en una escala 1:250 000, debido a que era la resolución más detallada disponible dentro de los bancos de datos. El análisis fue realizado con cuadrículas de 10 km² debido que es el ambito hogareño de menor tamaño reportado (Crashaw y Quigley, 2002).

Parámetros poblacionales

Se utilizaron los parámetros poblacionales tomados en cuenta por (Eizirik et.al, 2002) para modelar una población en Sudamérica. Estos datos fueron obtenidos a través de la revisión de varios estudios llevados a cabo con diferentes especies de grandes felinos. Para elaborar la matriz de Leslie, se agrupó a los individuos de acuerdo a las 6 categorías encontradas en el cuadro 1. La tasa de supervivencia de los dispersores está basada en la calculada para pumas por Beier (1993).

Para determinar el cambio en el ámbito hogareño del jaguar se analizaron los datos de estudios llevados a cabo en Chamela-Cuixmala, Jalisco (Núñez y Miller, 1998; Núñez et.al, 2002), los llanos Venezolanos (Hoogesteijn et.al, 2002; Scognamillo, et.al, 2002); Pantanal, Brasil (Quigley y Crawshaw Jr, 1992; Quigley y Crawshaw Jr, 2002), Belice (Rabinowitz y Nottingham, 1986) y Calakmul, Campeche (Ceballos et.al, 2002).

Análisis

Se analizaron 3 escenarios diferentes basados en las siguientes variables:

- 1) Situación actual
- 2) Situación a futuro a 15 años con crecimiento positivo en la densidad de caminos de cada municipio (en base a datos del INEGI)
- 3) Situación a futuro a 15 años con crecimiento positivo de densidad de población humana en base a los registros de los 15 años anteriores para cada municipio (en base a datos del SNIM)
- 4) Situación a futuro a 15 años con las tendencias en la densidad de población humana en base a los registros de los 15 años anteriores para cada municipio (en base a datos del SNIM)

Se efectuaron, 100 replicas de 200 años cada una para los modelos a probar y se analizarán los resultados a partir del año 101 para mayor confiabilidad.

Resultados

Modelo estático

Para este modelo, la fórmula obtenida a partir de la regresión lineal para cada uno de los índices fue la siguiente:

$$\text{Índice de Supervivencia: } \frac{1}{e^{\text{Slope}(0.0114) + \text{Elev}(-0.2320) + \text{Aspect}(0.0393) + \text{Veg}(0.4121) + 1.2986} + 1}$$

$$\text{Índice de Mortalidad: } \frac{1}{e^{\text{Carr}(-0.1158) + \text{Pob}(0.0384) + 0.9632}}$$

Donde: Slope: pendiente, Elev: elevación, Aspect: Orientación, Veg: Índice de vegetación NDVI, Carr: Densidad de carreteras, Pob: Densidad de Población

Se puede apreciar la clasificación de las zonas en el mapa de la fig (19); cada celda muestra una probabilidad diferente de encontrar a la especie en cada celda. La probabilidad de encontrar hábitats favorables para jaguar en el área de estudio fue mejor en la Huasteca potosina, e hidalguense.

Modelo dinámico

Situación actual

Este modelo nos indica que la zona puede albergar poblaciones de jaguar a largo plazo, en el estado de San Luis Potosí y el norte de Hidalgo. Lo anterior se debe a una gran zona de hábitat considerado como fuente y que permite el establecimiento de 130 individuos hembras y un número indeterminado de machos, crías y dispersores. Lo anterior podría permitir una interacción entre las poblaciones de Tamaulipas y Nuevo León en el norte con Veracruz al sur (Fig. 20).

Incremento en la densidad de Carreteras y de Población Humana

Los mapas de efectividad del hábitat nos indican que se reduce considerablemente el hábitat debido a estos factor. En el caso de las simulaciones, nos indican que la supervivencia del

jaguar no es posible con el aumento de la densidad de carreteras o de población humana. En ambos modelos, el tiempo de supervivencia de la población de jaguares se reduce a 50 años. Las fuentes indicadas en los mapas corresponden a las zonas identificadas como importantes para la supervivencia en un lapso de 50 años (Fig. 21).

Tendencias poblacionales actuales

En los municipios en los que, la población aumenta la caza ocasional de individuos provocará que no se regeneren las poblaciones de jaguar como se ha visto con otras especies (Lindzey et.al, 1992, Kenney, 1995). En contraste, los municipios donde baja la densidad de población permiten que el hábitat pueda regenerarse y permita el establecimiento de nuevos ejemplares.

En este caso, el modelo estático identifica solo una parte del territorio como hábitat idóneo (Fig. 22). Se ubican otras zonas en las que la población baja pero el hábitat no es tan idóneo para la especie. Por lo anterior, se tomaron dos escenarios, suministrando el modelo con las tendencias actuales y otro aumentando la protección en las zonas donde baja la densidad poblacional. En el primero, se extingue la población en un periodo similar al modelo con aumento en la densidad poblacional debido a la falta de conexión entre los hábitats disponibles. En cambio, aumentando la protección en zonas donde baja la densidad poblacional, se mantiene la población de la especie a largo plazo (Fig. 23). Al elaborar la comparación entre el número de zonas disponibles entre los diferentes modelos, se observa una disminución en el número de las diferentes áreas comparadas (Fig. 24).

Discusión

Es necesario generar una metodología que ayude a evaluar el hábitat para carnívoros de forma precisa en Latino América. Una buena aproximación a las tasas de reproducción estaría dada por la densidad de presas en el área sin embargo, no se cuenta con dichos datos. En el caso del jaguar debido a que, cumple una función similar a los depredadores en zonas templadas al depender de presas grandes (Starker, 2000); tiene una amplia gama de presas (Garla et.al., 2001, Nuñez et. al, 2000, Zuercher, 2002) y este índice estaría subestimando los valores. De acuerdo a los datos obtenidos por Villordo- Galvan y Rosas- Rosas (en proceso) el modelo estático ha demostrado ser fiable por lo que, se recomienda esta aproximación para Latino América.

A partir del modelo estático se observa como la zona de la Huasteca, tiene hábitat adecuado para la existencia de jaguar sobre todo en el estado de San Luis Potosí. Sin embargo, la presión que ejercen los poblados circundantes es un factor decisivo para la supervivencia de la especie. Lo anterior debido a que las zonas con un alto potencial están rodeadas de zonas que pueden ser consideradas como buffers con una alta actividad antropogénica. En ciertos casos, estas áreas podrían ser zonas agrícolas ya que, en ciertos casos incrementan la densidad de presas dentro de la región (Rosas Rosas comunicación personal). Contrario a lo que se piensa acerca de la viabilidad de la Reserva de la Biosfera de Sierra Gorda para la especie, el modelo no la considera como de alta probabilidad. Lo anterior se puede comprobar a partir de la baja cantidad de registros obtenidos en la zona (Ortega Urrieta, 2006). Al comparar los resultados del modelo estático y dinámico se observa que, Querétaro no asegura la supervivencia de hembras reproductoras a largo plazo pero, tiene hábitats que pueden servir para dispersores. Se puede deducir que la baja densidad de la especie se debe a que, en caso de existir, los territorios tenderán a ser muy grandes y la frecuencia de avistamientos será baja. Por el contrario, los estados de Hidalgo y San Luis Potosí que están perfectamente reconocidos como territorios de jaguar contienen áreas de suma importancia y la densidad tenderá a ser mayor. Lo anterior concuerda con lo encontrado para la pantera de Florida que al mejorar la calidad de hábitat disminuye su territorio, y viceversa (Maher & Deason, 2002). De esta manera, se predice que la zona de la Huasteca es la que podrá contener una población de mayor tamaño debido a que, contiene la mayor cantidad de hábitat adecuado actualmente. Así, se identifican áreas a nivel de ecosistema que con un manejo adecuado, pueden prevenir los problemas de intercambio génico y de permanencia en el ámbito evolutivo (Eizirik et.al; 2001); además se observan determinan las relaciones espaciales entre los diferentes parches de hábitat (Fahrig & Merriman, 1994).

Al correr el modelo espacialmente explícito, se comprueba la importancia de la zona para la especie a largo plazo. Sin embargo, los resultados deben de ser tomados con reserva debido a la incertidumbre que existe acerca de los parámetros poblacionales de la especie. Lo obtenido en base a los mapas con las condiciones actuales identifica un gran número de fuentes dentro de la zona. Es por esto que, se puede considerar a este modelo como el optimista y el preferible dentro de la zona. Al revisar la ubicación de dichos territorios, se observa que están

agrupados en la sierra montañosa que, es de difícil acceso y el cambio de uso de suelo no es tan sencillo. De esta manera, se demuestra la importancia de la conservación de las sierras del estado de San Luis Potosí; además, se observa como existen áreas consideradas de importancia en el norte de Hidalgo. Por otro lado, se identifican algunas celdas con hábitat disponible en el estado de Guanajuato pero, no se han realizado estudios para determinar la presencia de la especie en dicha región. Esto se debe a la existencia de una pequeña zona aislada con hábitat adecuado para la especie pero, es poco probable que exista en esta zona debido a la falta de conexión con otras poblaciones.

Los modelos que incluyen el aumento en la densidad de carreteras y de aumento en la densidad en la población humana en 15 años generan mapas de ocupación solo a un plazo de alrededor de 50 años. Lo anterior debido a que, la presión se incrementa y la población viable se extingue de la zona. El comportamiento de otros grandes felinos en zonas fragmentadas; como el caso de la pantera de Florida; puede ser similar al que se da en las poblaciones de jaguares en el lapso en que se extingue la especie. Ante el aumento de la fragmentación, los individuos pueden responder con un aumento en su ámbito hogareño al verse afectada la productividad del hábitat (Maehr et.al, 1992). A pesar de que, el aumento de la densidad de carreteras aumenta las muertes por colisiones con autos en Florida, el principal factor de mortalidad lo explican las causas naturales debidas a la competencia intraespecífica. En el caso de animales atropellados, se debe sobre todo a factores del paisaje que influyen en los movimientos de los individuos (Maher et.al, 1991). En el caso de los dispersores en zonas fragmentadas, las distancias recorridas tienden a ser menores que en otras áreas y los movimientos suelen ser circulares debido a que los factores antropogénicos limitan la colonización. Además, se da el fenómeno de dispersión frustrada que ocurre cuando no existe el hábitat vacante para acomodar a los dispersores, o cuando los territorios vacantes no tienen individuos del sexo opuesto (Maehr et.al, 2002). Además, cuando una población llega a la capacidad de carga; se puede presentar el caso observado por Lidicker, (1962 en Maehr et.al, 2002); las crías alcanzan la independencia a una edad más temprana. Lo anterior se une a los factores antes mencionados y al no existir hábitat vacante estos individuos se quedan cerca de, o regresan a los territorios maternos aumentando el riesgo de conflictos con machos residentes. Todo lo antes mencionado, resulta insuficientes para prevenir la endogamia en

poblaciones de felinos en zonas altamente fragmentadas. Sin embargo, se ha registrado que en este tipo de poblaciones, la colonización podría mejorarse por medio de un buen manejo de la especie (Maehr et.al, 2002). Lo anterior podría darse con un sistema de captura selectiva de ejemplares viejos, o problemáticos, como lo han sugerido algunos autores (Rosas, comunicación personal).

Recomendaciones de manejo

Debido a las condiciones de la zona y a que se puede considerar como una población crítica para la especie; es necesario llevar a cabo una estrategia que cubra las necesidades de desarrollo de la población sin afectar la supervivencia del jaguar. Además, se ha recomendado que para poder llevar a acabo la planeación y desarrollo y recuperación de este tipo de poblaciones en su territorio; es necesario entender factores como la preferencia del hábitat, los patrones del paisaje, la conectividad de los bosques y la demografía de las poblaciones (Maher & Deason, 2002). Lo anterior requiere invertir una gran cantidad de recursos y de tiempo, lo cual muchas veces no es posible para este tipo de poblaciones en alto riesgo. Con esta preocupación, se hacen una serie de recomendaciones para la elaboración de una estrategia de manejo en la zona:

1. Es necesario considerar la diferencia en la tendencia poblacional entre los diferentes municipios ya que, los que tienden a agrupar una mayor densidad poblacional tienden a ser los que ofrecen mayores oportunidades. De esta manera, se puede crear una serie de áreas naturales protegidas con diferentes designaciones y a diferentes niveles de gobierno. De esta manera, se evitará el cambio de uso de suelo en las zonas con una alta densidad poblacional y se podrá dar cierta flexibilidad donde sea necesario implementar planes de desarrollo rural. Por otro lado, se asegura la existencia de financiamiento para los distintos programas a través de los diferentes fondos gubernamentales existentes además de que obtener el apoyo integral de las autoridades.

2. De forma paralela, en las zonas que presenten una mayor tasa de migración y rezago se pueden generar proyectos ecoturísticos aprovechando los atractivos de la región. Así mismo, el establecimiento de UMAS que permitan el aprovechamiento de productos no maderables asegurando un ingreso adicional y evitar cualquier cambio en el uso de suelo. En el caso de

estos proyectos, es necesario generar una estrategia que evite la dependencia del dinero generado a través de estas actividades.

3. En el caso de las zonas con un gran crecimiento poblacional, se necesita estructurar el crecimiento urbano de forma que se evite la expansión a zonas poco perturbadas. Además, el establecimiento de un buffer que evite la explotación desmedida en zonas adyacentes a áreas naturales con poca perturbación. Estos lugares podrían ser considerados como parques urbanos y servir para actividades de educación ambiental.

4. Fomentar el conocimiento de la existencia de la especie en la región entre los pobladores. Al acercar a la población a la fauna nativa, puede ser más fácil la protección de la misma.

5. Se recomienda el establecimiento de un fondo a nivel regional para poder llevar a cabo proyectos sin depender de donaciones externas. De esta manera, se podrían empezar programas de vigilantes ambientales dentro de las distintas comunidades.

6. Buscar fuentes de ingreso alternas utilizando productos no maderables en zonas ejidales ya que, en su mayoría ven a la tala como la opción mejor remunerada. En los lugares donde se decida por la tala, vigilar que no sea sobreexplotada y que no se presenten irregularidades.

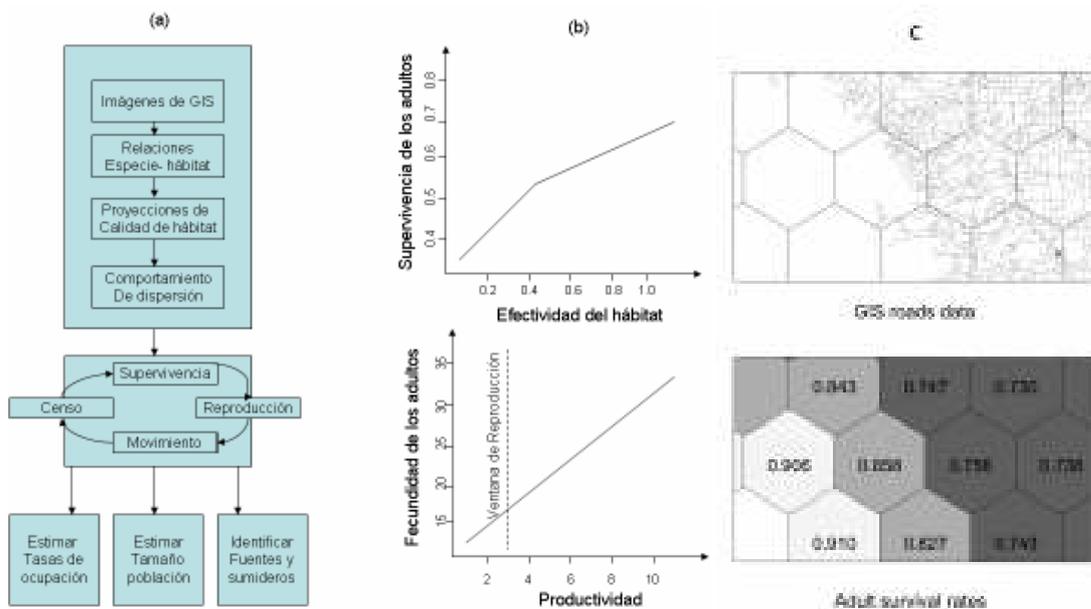


Fig 4.1. Procedimiento del modelo PATCH a) Proceso de simulación, b) relación entre el hábitat y la historia de vida, c) Forma en la que se asignan los valores a cada hábitat (Carroll, 2006)

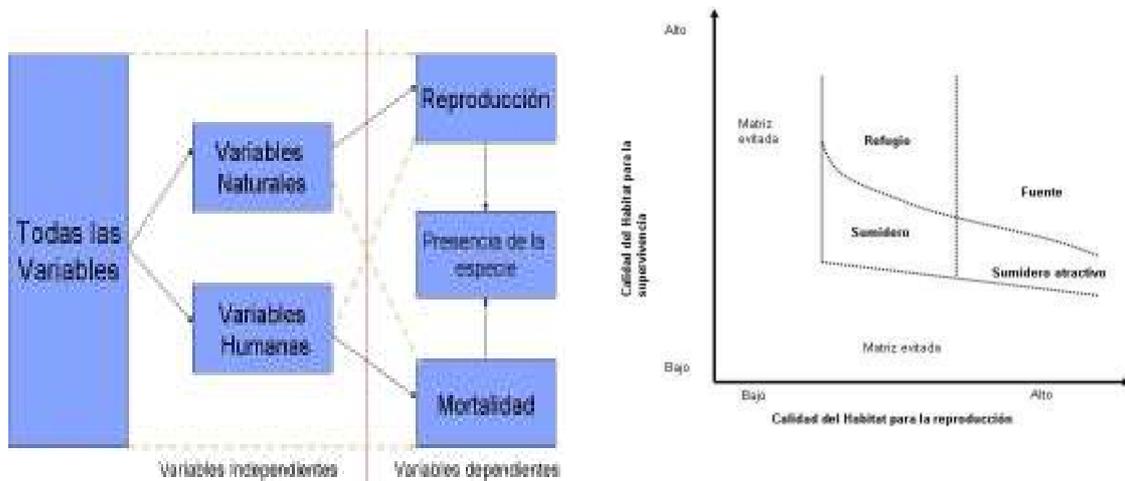


Fig. 4.2. Identificación de tipos de hábitat mediante la superposición de mapas de supervivencia y fecundidad

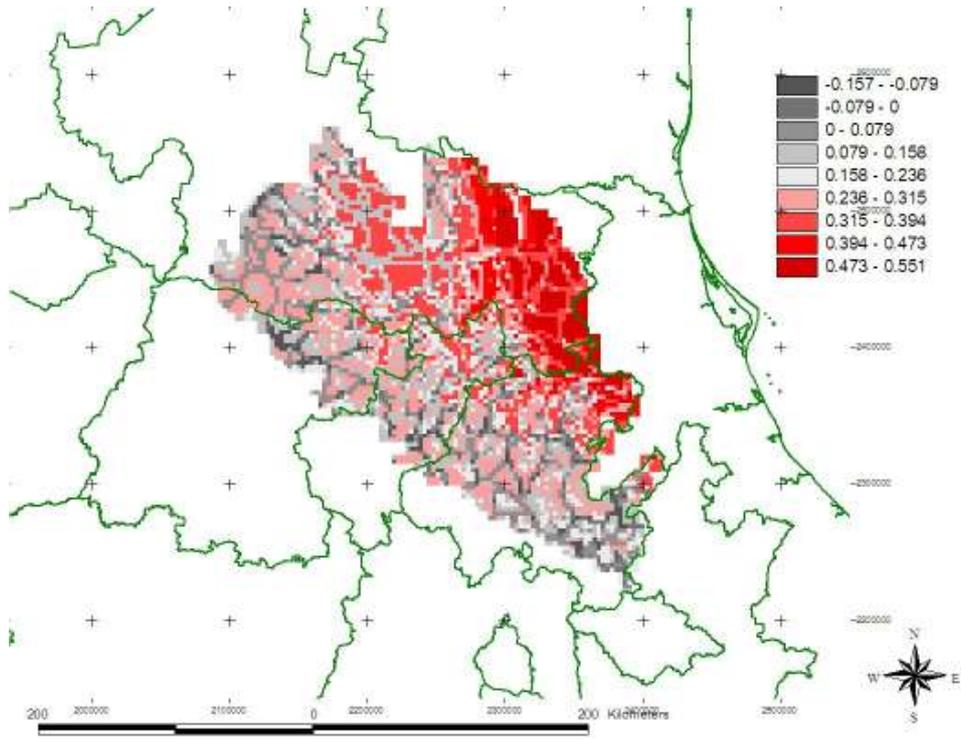


Fig. 4.3 Mapa indicando las probabilidades de la existencia del jaguar en el área de estudio

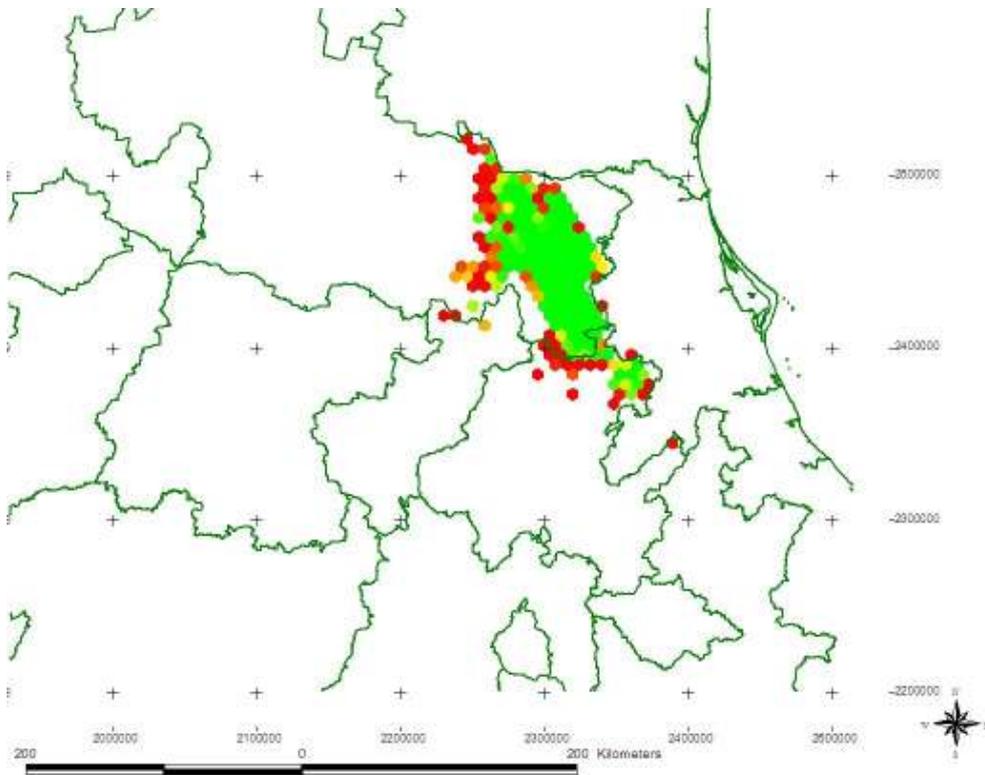


Fig. 4.4 Zonas ocupadas por hembras de jaguar en un lapso de 200 años con las condiciones actuales

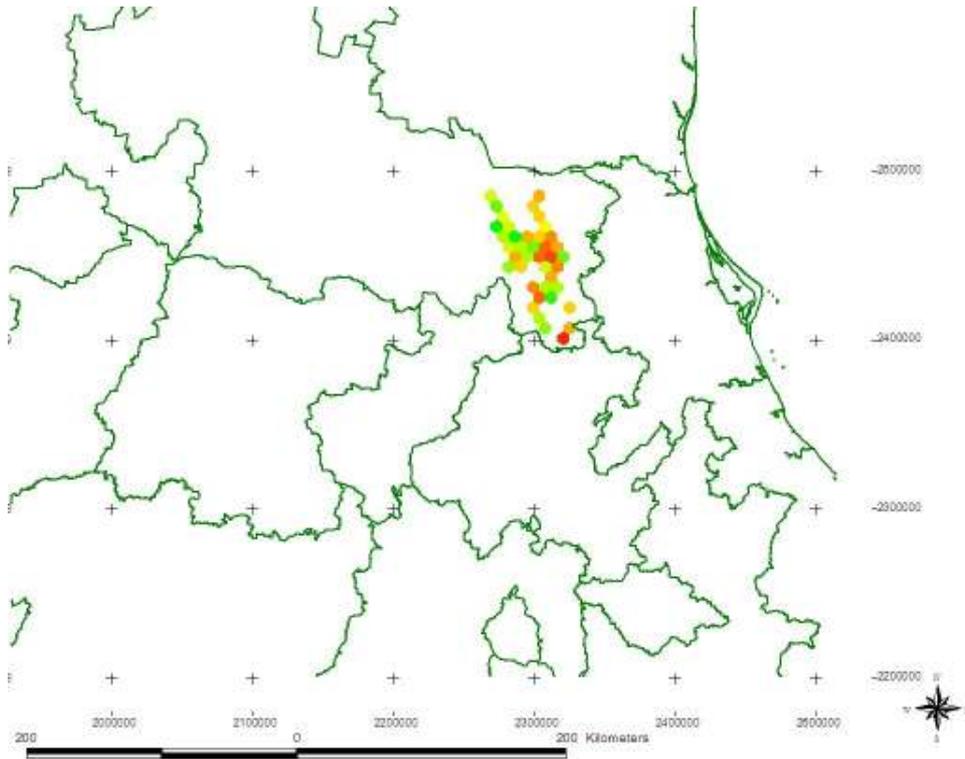


Fig. 4.5 Zonas ocupadas por hembras de jaguar en un lapso de 200 años con incremento simulado a 15 años en la densidad de carreteras

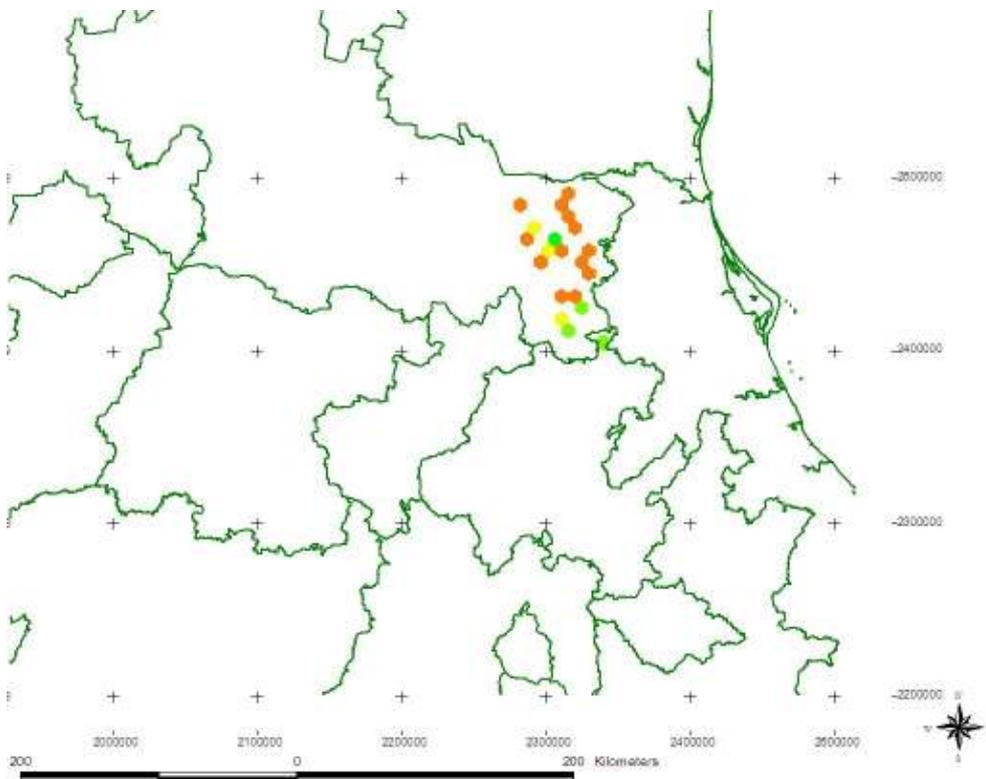


Fig. 4.6 Zonas ocupadas por hembras de jaguar en un lapso de 200 años con incremento simulado a 15 años en la densidad de población

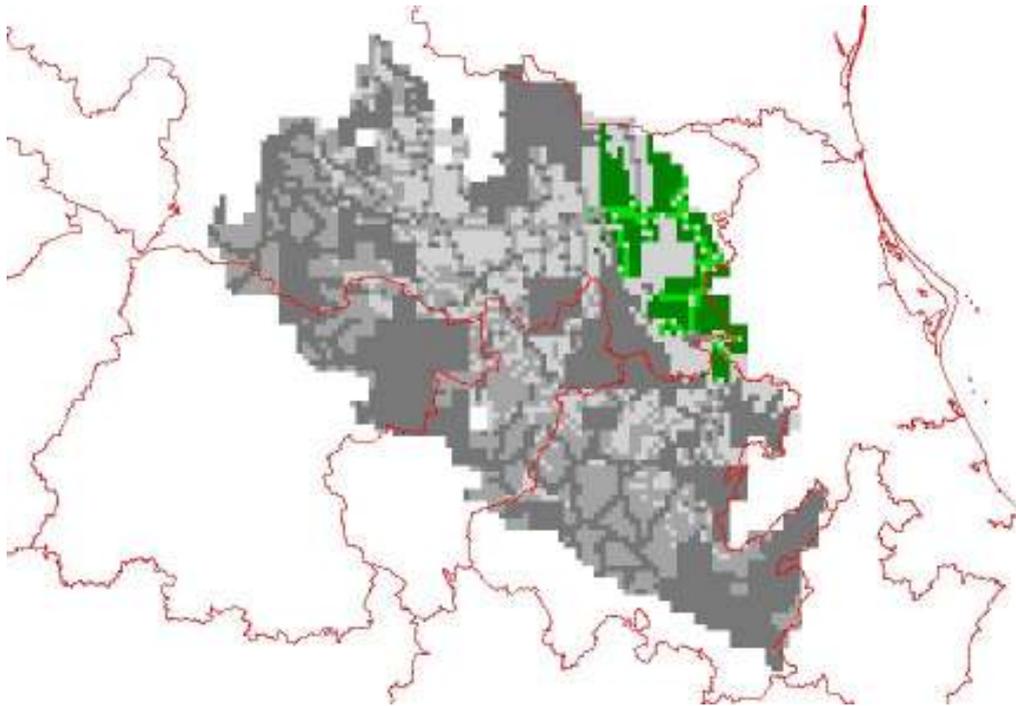


Fig. 4.7 Zonas de hábitat para jaguar proyectadas a 15 años con las tendencias a de población actuales

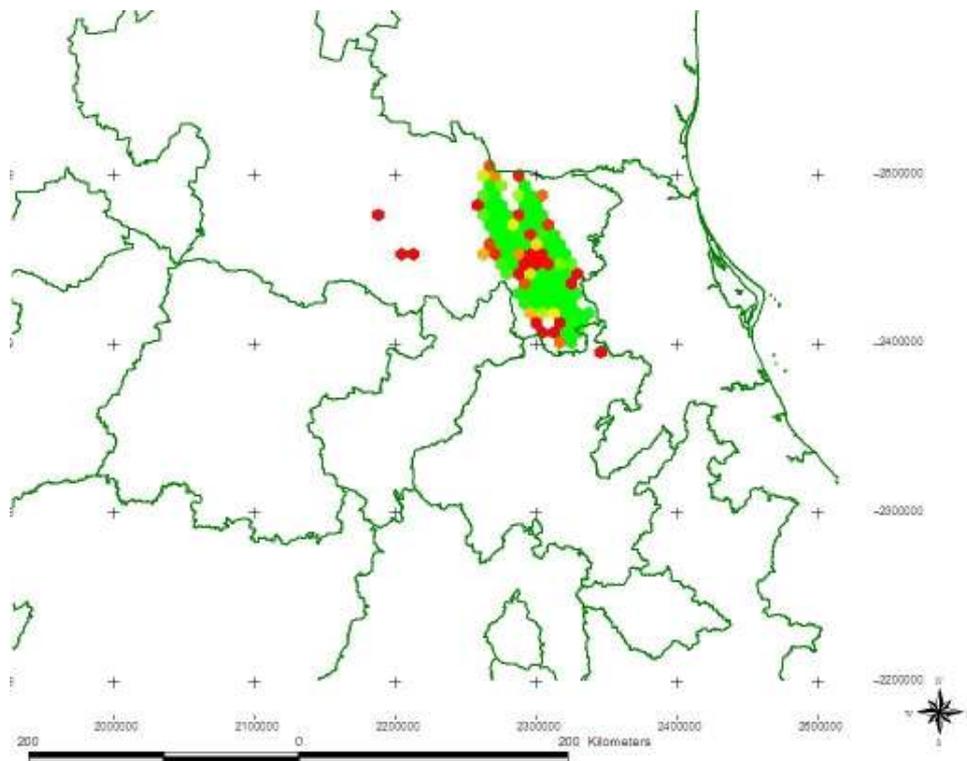


Fig. 4.8 Zonas ocupadas por hembras de jaguar, con protección en zonas donde disminuye la población

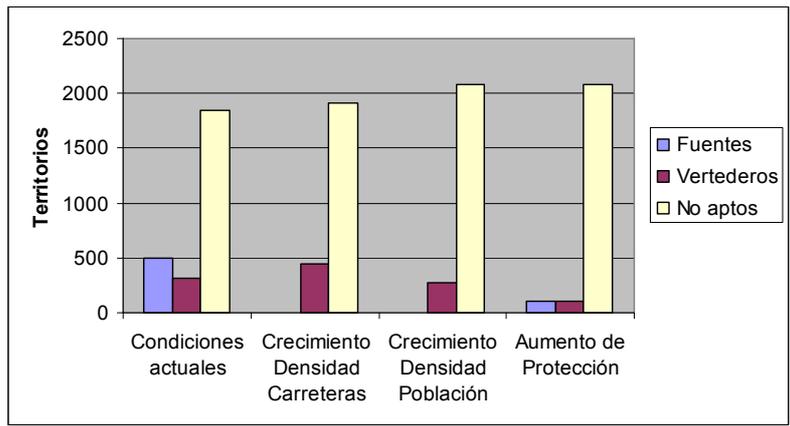


Fig. 4.9 Comparación en la cantidad de zonas identificadas en los diferentes modelos

Capítulo V

Conclusiones

El presente trabajo nos ayuda a comprender como se distribuye el jaguar en esta zona. Se demostró que la temperatura y la precipitación no son factores importantes para la distribución de la especie a lo largo de su distribución. Es necesario investigar que factores son los que determinan la distribución a lo largo del continente para poder generar iniciativas de conservación concretas y fiables. Lo anterior debido a que a lo largo del continente la distribución tiende a ser desigual y estar determinada por distintos factores.

En el caso de la región estudiada, se comprobó como las características relacionadas a la elevación del terreno determinan la distribución. Lo anterior debido a que las zonas más bajas han sido transformadas a tal grado que la supervivencia de la especie es muy baja. Esto se puede apreciar dentro del modelo estático elaborado para la región ya que, las zonas con mayor probabilidad tienden a estar en la zona montañosa. Además, se observa como la especie tiene sus principales núcleos en los estados de San Luis Potosí y el norte de Hidalgo. A Querétaro se le puede considerar como zona marginal debido a que solo existen reportes al norte del mismo. De las zonas localizadas como potenciales en el resto de la región, se debe de determinar la presencia histórica para concluir si su ausencia se debe a factores geográficos o al exterminio en esas zonas.

En cuanto al modelo dinámico, predice que el estado del jaguar dentro de esta zona es muy delicado. El incremento desmesurado en la tasa de caminos pavimentados significaría la extinción de las poblaciones existentes en un lapso menor a 50 años. Por lo mismo, se deben de crear zonas de protección a lo largo de los cuadrantes marcados poniendo especial énfasis en zonas de San Luis Potosí y el norte de Hidalgo. Además, asegurar la protección en las zonas actualmente destinadas a la conservación.

Bibliografía

1. Aranda M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, México. pp: 72-75
2. Beir P. 1993. Determining minimum habitat areas and habitat corridors for cougars. *Conservation Biology*. 7: 94-108
3. Carroll, Carlos. 2003. Impacts of Landscape Change on Wolf Viability in the Northeastern U.S. and Southeastern Canada: Implications for Wolf Recovery. *Wildlands Project Special Paper No. 5*. Richmond, VT: Wildlands Project. 31 pp.
4. Carroll, Carlos. 2005. Carnivore Restoration in the Northeastern U.S. and Southeastern Canada: A Regional- Scale Analysis of Habitat and Population Viability for Wolf, Lynx, and Marten (Report 2: Lynx and Marten Viability Analysis). *Wildlands Project Special Paper No. 6*. Richmond, VT: Wildlands Project. 46 pp.
5. Carrol C. Phillips MK. Gonzalez-Lopez C. and Schumaker NH. 2006. Defining Recovery Goals and Strategies for Endangered Species: The Wolf as a Case Study. *BioScience*. 56. 1: 25- 37
6. Ceballos, G. C. Chávez, A. Rivera, C. Manterola and B. Wall. 2002. Tamaño poblacional y conservación del jaguar en la Reserva de la Biosfera Calakmul Campeche, México. pp 403-418. 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
7. Crawshaw Jr. PG. 2002. Mortalidad inducida por humanos y conservación de jaguares: el Pantanal y el parque nacional Iguazu en Brasil, en *El jaguar en el nuevo milenio*, compiladores: Medellín RA, Equihua C, Chetkiewicz CLB, Crawshaw Jr. PG, Rabinowitz A, Redford KH, Robinson JG, Sanderson EW, Taber AB, Fondo de Cultura Económica, México pp 451- 464
8. Crawshaw, P. G. and 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
9. Dagget PM and Henning DR. 1974. The jaguar in North America, *American Antiquity*. 39 3: 465- 469
10. Davis, W. 1996. *One River*, Simon and Schuster, New York, New York, USA en Redford KH, Chapter I, Introduction: How to value large carnivorous animals en Ray JC, Redford KH, and Berger J, 2005, *Large carnivores and the conservation of biodiversity*, Island Press, Washington DC, USA
11. Eizirik E, Kim JH, Menotti-Raymond M, Crawshaw PG, O'Brien SJ, Johnson WE. 2001. Phylogeography, population history and conservation genetics of jaguars (*Panthera onca*, Mammalia, Felidae). *Molecular Ecology*. 10 1: 65-79
12. Eizirik E, Indrusiak CB, Jhonson WE. 2002. Análisis de viabilidad de las poblaciones de jaguar: evaluación de parámetros y estudios de caso en tres poblaciones remanentes de sur de Sudamérica, en *El jaguar en el nuevo milenio*, compiladores: Medellín RA, Equihua C, Chetkiewicz CLB, Crawshaw Jr. PG, Rabinowitz A, Redford

KH, Robinson JG, Sanderson EW, Taber AB, Fondo de Cultura Económica, México pp 501 - 518

13. Fahrig L, & Merriman G. 1994. Conservation of Fragmented Populations. *Conservation Biology*. 8 1: 50 - 59
14. Ferreras P, Gaona P, Palomares F, Delibes M. 2001. Restore habitat or reduce mortality? Implications from a population viability analysis of the Iberian lynx. *Animal Conservation*. 4: 265- 274
15. Garla, Ricardo C. Setz, Eleonore Z. F. Gobbi, Nivar. 2001. Jaguar (*Panthera onca*) food habits in Atlantic rain forest of southeastern Brazil. *Biotropica* 33: 691-696
16. Glenz C, Massolo A, Kuonen D, Schlaepfer. 2001. A Wolf habitat suitability prediction study in Valais (Switzerland). *Landscape and Urban Planning*. 55: 55-65
17. Hatten, J.R, A. Averill-Murray, and W.E. Van Pelt. 2002. Characterizing and mapping potential jaguar habitat in Arizona. Nongame and Endangered Wildlife Program Technical Report 203. Arizona Game and Fish Department, Phoenix, Arizona.
18. Hoogestein R, Boede EO y Mondolfi E. 2002. Observaciones de la depredación de bovinos por jaguares en Venezuela y los programas gubernamentales de control, pp. 183 – 197 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.
19. Jiménez I. 2005. Development of predictive models to explain the distribution of the West Indian manatee *Trichechus manatus* in tropical watercourses. *Biological Conservation*. 125: 491 - 503
20. Kenney JS, Smith JLD, Starfield AM, McDougal CW. 1995. The long- term effects of tiger poaching on population viability. *Conservation Biology*. 9 5: 1127 - 1133
21. Lindzey FG, Van Sickle WD, Laing SP, Mecham CS. 1992. Cougar population responses to manipulation in southern Utah. *Wildlife Society Bulletin*. 20: 224 - 227
22. Lindzey FG, Van Sickle WD, Ackerman BB, Barnhurst D, Hemker TP, Laing SP. 1994. Cougar population dynamics in southern Utah. *Journal of Wildlife Management*. 58 4: 619- 624
23. López-González, C. y E. D. Brown. 2002. Distribución y estado de conservación actuales del jaguar en el Noroeste de México. pp. 379-392. 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.
24. Lovallo MJ, Anderson EM. 1996. Bobcat movements and home ranges relative to roads in Wisconsin. *Wildlife Society Bulletin*. 24 1: 71 - 76
25. Maehr DS, Roof JC, Land ED, McCown JW, McBride RT. 1992. Home range characteristics of a panther in south central Florida. *Florida Field Naturalist*. 20 4: 97 - 103
26. Maffei L, Cuellar E, Noss A. 2004. One thousand Jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's Chaco? Camera trapping in the Kaa- Iya National Park. *Journal of Zoology London*. 262: 295-304

27. Marshall, R. 1961. The onza. The story of the search for the mysterious cat of the Mexican highlands. Exposition Press, New York, New York, USA.
28. Maxit IE, Scognamillo D, Sunquist M. 2000. Coexistence of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in a mosaic landscape in the Venezuelan Llanos, Department of Wildlife Ecology and Conservation. University of Florida
29. Menke KA, Hayes CL. 2003. Evaluation of the relative suitability of potential jaguar habitat in New Mexico, Report of State of New Mexico, Department of Game & Fish 30 pp
30. Merrill T, Mattson DJ, Wright RG, Quigley HB. 1999. Defining landscapes suitable for restoration of grizzly bears *Ursus arctos* in Idaho. *Biological Conservation* 87: 231-248
31. Miller B, Rabinowitz A. 2002. ¿Por qué conservar al jaguar? 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
32. Morato RG, Conforti VA, Azevedo FC, Jacomo ATA, Silveira L, Sana D, Nunes ALV, Guimaraes MABV, Barnabe RC. 2001. Comparative analyses of semen and endocrine characteristics of free-living versus captive jaguars (*Panthera onca*). *Reproduction*. 122 5: 745-751
33. Navarro- Serment JC, Lopez-Gonzalez CA and Gallo-Reynoso JP. 2005. Occurrence of Jaguar (*Panthera onca*) in Sinaloa, México. *The Southwestern Naturalist*. 50 1: 102-106
34. Naves J, Wiegand T, Revilla E, Delibes M. 2003. Endangered species constrained by natural and human factors: the case of brown bears in northern Spain. *17 5: 1276-1289*
35. Nowak, Ronald M. 2005. *Walker's Carnivores of the World*. The Johns Hopkins University Press. 267- 268
36. Novack, A.J. 2003. Impacts of subsistence hunting on the foraging ecology of jaguar and puma in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. MSc Thesis, University of Florida
37. Nuñez R y Miller B. 1998. Reporte final, Ecología de jaguares y pumas en el oeste de México, Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 26 pag.
38. Nuñez,R.; Miller,B.; Lindzey,F. 2000. Food habits of jaguars and pumas in Jalisco, Mexico. *Journal of Zoology*. 252: 373-379
39. Nuñez R, Miller B, Fred Lindzey. 2002. Ecología del jaguar en la reserva de la biosfera Chamela- Cuixmala, Jalisco, México, 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
40. Ortega-Huerta Miguel A and Medley Kimberly E. 1999. Landscape análisis of jaguar (*Panthera onca*) habitat using sighting records in the Sierra de Tamaulipas, Mexico. *Environmental Conservation*. 26 4: 257-269
41. Ortega Urrieta. 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. Universidad Autónoma de Querétaro.

42. Perovic PG y Herrán M. 2002. Distribución del jaguar *Panthera onca* en las provincias de Jujuy y Salta, Noroeste de Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 5 1: 47-52
43. Quammen D. 2003. *Monster of god: the man-eating predator in the jungles of history and the mind*, Norton, USA
44. Quigley HB, Crawshaw Jr PG. 1992. A conservation plan for the jaguar *Panthera onca* in the Pantanal region of Brazil. *Biological Conservation* 61: 149-157
45. Quigley HB, Crawshaw Jr PG. 2002. Reproducción, crecimiento y dispersión del jaguar en la región del Pantanal de Brasil, 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
46. Rabinowitz AR & Nottingham B. 1986. Ecology and behavior of the jaguar *Panthera onca* in Belize, Central America. *Journal of zoology*, London. 210: 149 - 159
47. Ramírez-Bravo OE. 2005. Anatomical studies and development of a suitable technique for different *Agave* species propagation and conservation. Tesis de licenciatura, Universidad de las Américas, Puebla
48. Redford KH, Chapter I, Introduction: How to value large carnivorous animals en Ray JC, Redford KH, and Berger J, 2005, *Large carnivores and the conservation of biodiversity*, Island Press, Washington DC, USA
49. Retana BJA, Villalobos FR. 2000. Caracterización pluviométrica de la fase cálida de ENOS en Costa Rica con base en probabilidades de ocurrencia de eventos en tres escenarios: seco, normal y lluvioso. *Top Meteor Oceanog*. 7 2: 124-131
50. Rosas-Rosas, C. O. y J. H. López-Soto. 2002. Distribución y estado de conservación del jaguar en Nuevo León. pp. 393-402. 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.
51. Saenz JC & Carrillo E. 2002. Jaguares depredadores de ganado en Costa Rica: ¿un problema sin solución?, pp. 127 – 137 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.
52. Sanderson EW, Chetkiewicz CLB, Medellín RA, Rabinowitz A, Redford KH, Robinson JG, Taber AB, 2002a. Un análisis geográfico del estado de conservación y distribución de los jaguares a través de su área de distribución, en *El jaguar en el nuevo milenio*, compiladores: Medellín RA, Equihua C, Chetkiewicz CLB, Crawshaw Jr. PG, Rabinowitz A, Redford KH, Robinson JG, Sanderson EW, Taber AB, Fondo de Cultura Económica, México pp 551- 600
53. Sanderson EW, Jaiteh M, Levy MA, Redford KH, Wannebo AV, Woolmer G. 2002b. The human footprint and the last of the wild. *Bioscience*. 52 10: 891- 904
54. Saunders NJ. 2005. El ícono felino en México: fauces, garras y uñas. *Arqueología mexicana*. 12 72: 20-27

55. Schiaffino K, Malmierca L, Perovic PG, 2002, Depredación de cerdos domésticos por jaguar en un área rural vecina a un parque nacional en el noroeste de Argentina, pp. 251 – 263, 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
56. Scognamillo D, Maxit IE, Sunquist M, Farrell L, 2002, Ecología del jaguar y el problema de la depredación de ganado en un hato de Los Llanos venezolanos, 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
57. Sillver SC, Ostro LET, Marsh LK, Maffei L, Noss AJ, Kelly MJ, Wallace RB, Gomez H, Ayala G. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx*. 38 2: 148 - 154
58. Smallwood KS, Schonewald C. 1996. Scaling population density and spatial pattern for terrestrial mammalian carnivores. *Oecologia*. 105: 329-335
59. Schumaker NH. 1998. A User's Guide to the PATCH Model. Corvallis (OR): US Environmental Protection Agency. EPA/600/R-98/135.
60. Starker Leopold A. 2000. Fauna Silvestre de México, 2º edición, Ed. Pax México, 600 pag.
61. Steneck RS. 2005. Why big fierce animals are rare: top- down vulnerability and chronically sliding baselines en Large carnivores and the conservation of biodiversity, edited by Justina Ray, Redford KH, Steneck RS, Berger J, Island press, pp. 26-29
62. Sunquist, M. 2002. Historia de la investigación sobre el jaguar en el continente americano. pp. 535-550. 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.
63. Swanson WF, Johnson WE, Cambre RC, Citino SB, Quigley KB, Brousset DM, Morais RN, Moreira N, O'Brien SJ, Wildt DE. 2003. Reproductive status of endemic felid species in Latin American Zoos and implications for ex-situ conservation. *Zoo Biology*. 22 5: 421 -441
64. Thompson JN. 1996. Evolutionary ecology and the conservation of biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution*. 11 7: 300 - 303
65. Valdez R, Martínez-Mendoza A, Rosas-Rosas OC, 2002, Componentes históricos y actuales del hábitat del jaguar en el noroeste de Sonora, México, pp. 367 – 377 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
66. Wielgus RB. 2002. Minimum viable population and reserve sizes for naturally regulated grizzly bears in British Columbia. *Biological Conservation*. 106: 381 – 388
67. Woodroffe R and Ginsberg JR. 1998. Edge effects and the extinction of populations inside protected areas. *Science*. 280 5372: 2126 - 2128

68. Zuercher G. 2002. Jaguar Diets in Eastern Paraguay: Peccaries, Livestock and Other Carnivores. DOW Carnivores 2002 - From the Mountains to the Sea: A Conference on Carnivore Biology and Conservation, Monterey, 2002, consultado en www.carnivoreconservation.org