



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Maestría en Ciencias

**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DEL PUMA
(*Puma concolor*) EN SIERRA LA GIGANTA, BAJA
CALIFORNIA SUR**

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
Orientación Ecología de Zonas Áridas

Presenta

IARA MINJAREZ VELASCO

La Paz, Baja California Sur, Noviembre de 2013.

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 11 horas del día 19 del Mes de noviembre del 2013, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Análisis de la distribución del puma (*Puma concolor*) en Sierra La Giganta, Baja California Sur"

Presentada por el alumno:

Iara Minjarez Velasco

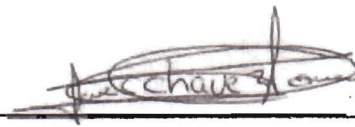
Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN Ecología de Zonas Áridas

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

LA COMISION REVISORA



GUSTAVO ARNAUD FRANCO
DIRECTOR DE TESIS



JOSÉ CUAUHTÉMOC CHÁVEZ TOVAR
CO-TUTOR



HOMERO LÓPEZ SOTO
CO-TUTOR



JORGE RAMÍREZ ACOSTA
CO-TUTOR



DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CONFORMACIÓN DE COMITÉS

COMITÉ TUTORIAL

Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco

Dr. José Cuauhtémoc Chávez Tovar

Dr. Juan Homero López Soto

Dr. Jorge Ramírez Acosta

COMITÉ REVISOR DE TESIS

Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco

Dr. José Cuauhtémoc Chávez Tovar

Dr. Juan Homero López Soto

Dr. Jorge Ramírez Acosta

JURADO DE EXAMEN

Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco

Dr. José Cuauhtémoc Chávez Tovar

Dr. Jorge Ramírez Acosta

Dra. Sara Cecilia Díaz Castro (suplente)

RESUMEN

Puma concolor es el felino con mayor distribución en México, pues se le ha registrado en todos los estados del país. En la península de Baja California, y en particular en Baja California Sur, se asume que se encuentra en todos los hábitats montañosos, sin embargo esto es cuestionable debido a la modificación del hábitat ocasionado principalmente por los asentamientos humanos y sus actividades, tales como la introducción de especies exóticas y la práctica de la ganadería extensiva. En este sentido, en el presente estudio se analiza la distribución potencial del puma en Sierra La Giganta, generada a partir de modelos de nicho ecológico, considerando su relación con la altitud y la pendiente, la distribución potencial de sus presas, actividades antrópicas, así como su inclusión en las áreas destinadas para la conservación. Se utilizaron 67 registros de puma obtenidos de colecciones científicas, literatura especializada y trabajo de campo, de los cuales 11 resultaron del análisis de fotografías, 4 de la identificación de excretas y huellas, 3 de pieles y cráneos en posesión y 2 de restos de presas. La superficie que ocupa la distribución potencial actual del puma en Sierra La Giganta es de 21,571 km², equivalente al 27% de la superficie de Baja California Sur. Dicha distribución potencial presenta una relación inversa a la altitud y la pendiente. En relación a la distribución potencial de sus presas, la especie con la que el puma se encuentra más relacionado es *Sylvilagus bachmani*, seguido por *Lepus californicus* y *Odocoileus hemionus*. Por otra parte la superficie, de la distribución potencial del puma, ocupada por actividades antrópicas, es de 6,496 km². De la distribución potencial del puma en la península de Baja California, el 34% está incluida en las Áreas Naturales Protegidas, el 13% en Sitios Ramsar y el 9% en las Regiones Terrestres Prioritarias. A pesar de esto, es necesario realizar estudios que llenen los vacíos en el conocimiento y conservación de la especie, pues este es el primero en Baja California Sur.

Palabras clave: *Puma concolor*, distribución potencial, conservación, manejo.

ABSTRACT

Puma concolor is the most widely distributed cat in Mexico because the species has been recorded in all the states in the country. In the Baja California peninsula, and particularly in the state of Baja California Sur, it is assumed to be found in all mountain habitats; it is, however, questionable due to habitat modification caused mainly by human settlements and their activities, such as the introduction of exotic species and ranching. In this sense, we analyzed the potential distribution for *P. concolor* in Sierra La Giganta generated from ecological niche models and considering its relationship with altitude and slope, potential distribution of its prey, human activities, and its inclusion in the areas assigned for conservation. We used a total of 67 cougar records obtained from scientific collections, literature, and fieldwork, of which 11 were analyzed photographs; 4 were from tracks and scats; 3 were from skulls and skins; and 2 were from prey remains. The current potential distribution area for cougars in Sierra La Giganta is 21,571 km², almost 27% of the total area of Baja California Sur. The potential distribution of *P. concolor* has an inverse relationship to altitude and slope. In relation to the potential distribution of its prey, the species most closely related with the cougar are *Sylvilagus bachmani*, followed by *Lepus californicus*, and *Odocoileus hemionus*. Moreover, the potential distribution area of *P. concolor* occupied by human activities is 6,496 km²; its potential distribution in the peninsula of Baja California is within conservation areas, 34% in Protected Natural Areas, 13% in Ramsar Sites, and 9% in Terrestrial Priority Regions. Nevertheless, more research is needed to fill the gaps in knowledge and conservation because it is the first study of this species in Baja California Sur.

Key words: *Puma concolor*, potential distribution, conservation, management.

DEDICATORIA

Aunque no hacen falta explicaciones...

A ti, porque a donde voy estás conmigo, por ser mi mayor fuerza y razón para seguir en este camino en el que hay tanto que aprender... gracias por ser mi luz, mi paz, mi motivo... gracias por darme la oportunidad...

A mi mamá

A mi hermana

A mi papá

Por su apoyo incondicional, por transmitirme el amor por la naturaleza, por enseñarme que con esfuerzo, constancia y dedicación siempre es posible conseguir un poco más...

A mis amigos

Por compartir conmigo su alegría, tristeza, preocupaciones, experiencias... todos esos tesoros intangibles que me hacen crecer como persona y me enseñan a amar y respetar a los demás...

A Roler †

Pif †

Bigo †

Shelby †

Duffy †

Blue †

Cookie

Ron

Rufus

Damila

Moesha

...y las tortugas...

Por enseñarme que no hacen falta palabras para comunicarse, todos forman parte de mi familia.

... Gracias por compartir este momento conmigo... los amo.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, por permitirme llevar a cabo mis estudios de Maestría en sus instalaciones y al CONACyT por la beca 413344 otorgada para realización de la misma.

A mi director, el Dr. Gustavo Arnaud, por la asesoría, disposición, conocimiento y por el tiempo y las facilidades otorgadas durante las diferentes etapas del presente trabajo.

A mi co-tutor, el Dr. Jorge Ramírez, por el apoyo, el conocimiento, la paciencia y las facilidades otorgadas en el presente trabajo y durante mi estancia en Mexicali.

A mi co-tutor, el Dr. Cuauhtémoc Chávez, por el apoyo, la asesoría y por sus atinados comentarios para la realización del presente trabajo.

Al Grupo Ecologista Antares, por compartir conmigo un poco de lo que hacen, por la información y por permitirme ser parte de esta ardua pero agradable labor que es la conservación.

A Doña Locha y Don Guillermo, por abrirme la puerta de su casa, por permitirme conocer un poco de la vida en la sierra.

A la M. C. Diana Dorantes, por la edición del resumen en inglés.

Al personal del laboratorio de Ecología Animal del CIBNOR, por la ayuda brindada en el análisis de las muestras.

Al personal del laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del CIBNOR, especialmente a Rocío Coria, Joaquín Rivera y Gil Ceseña por la asesoría y ayuda brindada en la elaboración de los mapas.

A la Lic. Osvelia Ibarra y a Tania Núñez por la atención brindada.

A la Lic. Leticia González Rubio y a Claudia Olachea, por las atenciones y gestoría brindadas en el trámite de las becas.

Al personal del laboratorio de cómputo (Horacio Sandoval) y de biblioteca (Susana Luna) por las facilidades y atenciones prestadas durante mi estancia en el CIBNOR.

A mis compañeros de maestría por los buenos momentos compartidos, por regalarme sonrisas y experiencias que hicieron agradable mi estancia en La Paz y sobre todo por los consejos y el apoyo moral que me brindaron.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Características generales del puma	3
2.2. Presencia de la especie en diferentes hábitats.....	3
2.3. Modelos de nicho ecológico	5
2.3.1. <i>Técnicas de obtención de registros actuales</i>	5
2.4. Trabajos realizados	6
2.5. Conflicto humano-puma	8
3. JUSTIFICACIÓN.....	11
4. OBJETIVOS.....	12
4.1. General.....	12
4.2. Específicos	12
5. HIPÓTESIS.....	13
6. MATERIALES Y MÉTODOS	14
6.1. Descripción del área de estudio	14
6.1.1. <i>Ubicación geográfica</i>	14
6.1.2. <i>Geología</i>	14
6.1.3. <i>Edafología</i>	15
6.1.4. <i>Hidrología</i>	15
6.1.5. <i>Clima</i>	15
6.1.6. <i>Flora</i>	15
6.1.7. <i>Fauna</i>	16
6.2. Obtención de registros	19
6.2.1. <i>Trampas cámara</i>	19
6.2.2. <i>Identificación de rastros</i>	20
6.2.3. <i>Revisión de colecciones científicas</i>	21
6.3. Modelado de nicho ecológico.....	22
6.4. Inclusión en áreas destinadas para la conservación en la península de Baja California	26
6.5. Distribución potencial del puma en relación a la altitud y la pendiente	28
6.6. Distribución potencial del puma en relación a sus presas potenciales	28
6.7. Influencia de las actividades antrópicas en la distribución del puma	28
6.8. Índice de abundancia relativa del puma.....	29
7. RESULTADOS	30
7.1. Obtención de registros	30
7.2. Distribución potencial histórica y actual del puma en la península de Baja California	33
7.3. Inclusión de la distribución potencial actual en áreas destinadas para la conservación en la península de Baja California.....	38

7.4.	Distribución potencial actual del puma en Sierra La Giganta	43
7.5.	Distribución potencial actual del puma en relación a la altitud y la pendiente en Sierra La Giganta	45
7.6.	Relación de la distribución potencial actual del puma con sus presas potenciales en Sierra La Giganta	49
7.7.	Distribución potencial del puma en relación a las actividades antrópicas.....	56
7.8.	Utilización de los cuerpos de agua por los pumas en Sierra La Giganta.....	59
7.9.	Índice de abundancia relativa del puma.....	59
8.	DISCUSIÓN	65
8.1.	Obtención de registros	65
8.2.	Distribución potencial histórica del puma	66
8.3.	Distribución potencial actual del puma	67
8.3.1.	<i>Inclusión en áreas protegidas.....</i>	<i>68</i>
8.3.2.	<i>Relación con la altitud y la pendiente</i>	<i>69</i>
8.3.3.	<i>Presas potenciales</i>	<i>70</i>
8.3.4.	<i>Actividades antrópicas.....</i>	<i>71</i>
8.4.	Utilización de cuerpos de agua	72
8.5.	Índice de abundancia relativa	73
9.	CONCLUSIONES	76
9.1.	Recomendaciones	77
10.	LITERATURA CITADA	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sierra La Giganta, Baja California Sur.	18
Figura 2. Zona de estudio en Sierra La Giganta, Baja California Sur. Los puntos indican la ubicación de las trampas cámara.	20
Figura 3. Rastros de puma. a) dos huellas, b) excreta, c) cráneo.....	21
Figura 4. Ecorregiones definidas para la península de Baja California.....	25
Figura 5. Áreas de conservación en la península de Baja California.	27
Figura 6. Distribución del puma en relación a la altitud en la península de Baja California. 33	
Figura 7. Distribución geográfica histórica del puma en la península de Baja California (gris). Registros de 1914 a 2013 utilizados para el modelado de nicho ecológico de la especie (círculos).	35
Figura 8. Distribución geográfica potencial del puma en la península de Baja California (gris). Registros de 2001 a 2013, utilizados para el modelado de nicho ecológico (círculos). 37	
Figura 9. Superficie de la distribución potencial actual de puma incluida en las áreas destinadas para la conservación en la península de Baja California.....	39
Figura 10. Distribución potencial actual del puma (tono claro) representada en las Áreas Naturales Protegidas en la península de Baja California (tono oscuro). Área achurada: 1 Parque Nacional Sierra San Pedro Mártir; 2 Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios; 3 Reserva de la Biosfera El Vizcaíno; 4 Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna.	40
Figura 11. Distribución potencial actual del puma (tono claro) representada en los Sitios Ramsar en la península de Baja California (tono oscuro). Área achurada: 1 Humedal de la Sierra de Guadalupe; 2 Humedal Los Comondú; 3 Oasis de la Sierra de la Giganta; 4 Oasis de la Sierra El Pilar; 5 Sistema Ripario Cuenca y Estero de San José del Cabo.	41
Figura 12. Distribución potencial actual del puma (tono claro) representada en las Regiones Terrestres Prioritarias en la península de Baja California (tono oscuro). Área achurada: 1 Sierra Juárez; 2 Santa María-El Descanso; 3 Punta Banda-Eréndira; 4 Sierra de San Pedro Mártir; 5 San Telmo-San Quintín; 6 Sierra La Giganta; 7 Planicies de Magdalena; 8 Sierra El Mechudo.....	42
Figura 13. Distribución geográfica potencial actual (gris) del puma en Sierra La Giganta (línea punteada). Registros obtenidos de 2011 a 2013 (círculos negros).	44
Figura 14. Distribución potencial actual de puma en relación a la altitud en Sierra La Giganta.....	45
Figura 15. Distribución potencial actual de puma según la altitud en Sierra La Giganta. ...	46

Figura 16. Distribución potencial actual del puma en Sierra La Giganta (línea punteada) respecto a la pendiente.	48
Figura 17. Sobreposición de la distribución potencial de conejo del desierto (oscuro) con la del puma (claro) en Sierra La Giganta (línea punteada).	50
Figura 18. Sobreposición de la distribución potencial de cabra (oscuro) con la de puma (claro) en Sierra La Giganta (línea punteada).	51
Figura 19. Sobreposición de la distribución potencial de borrego cimarrón (oscuro) con la de puma (claro) en Sierra La Giganta (línea punteada).	52
Figura 20. Sobreposición de la distribución potencial de venado bura (oscuro) con la de puma (claro) en Sierra La Giganta (línea punteada).	53
Figura 21. Sobreposición de la distribución potencial de liebre (oscuro) con la de puma (claro) en Sierra La Giganta (línea punteada).	54
Figura 22. Sobreposición de la distribución potencial de conejo matorralero (oscuro) con la de puma (claro) en Sierra La Giganta (línea punteada).	55
Figura 23. Zona de influencia (círculos negros) de las localidades en Baja California Sur. 57 En gris se muestra la distribución potencial actual del puma en el estado.	57
Figura 24. Zona de influencia (círculos negros) de las actividades productivas en el área de distribución geográfica potencial del puma (gris) en Sierra La Giganta (línea punteada). ..	58
Figura 25. Fotografías de puma obtenidas en Sierra La Giganta.	60
Figura 26. Índice de abundancia relativa (IAR) del puma durante 2011.	62
Figura 27. Índice de abundancia relativa (IAR) del puma durante 2012.	62
Figura 28. Índice de abundancia relativa (IAR) del puma de enero a mayo de 2013.	63
Figura 29. Índice de abundancia relativa (IAR) del puma en 2011 respecto a la precipitación y temperatura.	63
Figura 30. Índice de abundancia relativa (IAR) del puma en 2012 respecto a la precipitación y temperatura.	64
Figura 31. Índice de abundancia relativa (IAR) del puma en 2012 respecto a la precipitación y temperatura.	64

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Variables climáticas y topográficas utilizadas para la obtención de modelos de distribución potencial.....	24
Tabla II. Registros obtenidos de diversas fuentes de información de las especies de estudio. 30	
Tabla III. Registros obtenidos de las colecciones científicas y literatura especializada.....	31
Tabla IV. Distribución potencial de las posibles presas que coincide con la distribución potencial actual del puma.	49
Tabla V. Registros de puma obtenidos mediante las trampas cámara e índice de abundancia relativa (IAR).....	61

1. INTRODUCCIÓN

El deterioro ambiental ocasionado principalmente por el incremento de la población humana y sus actividades, tales como introducción de especies exóticas, contaminación, sobreexplotación de los recursos naturales, la degradación y fragmentación del hábitat, tienen consecuencias directas sobre los organismos y su ambiente (Bustamante y Grez, 1994; Primack et al., 2001). Una de estas consecuencias es la modificación de la distribución y la disponibilidad de los recursos de los depredadores, como los felinos, lo que conlleva a la reducción de sus poblaciones debido a las restricciones energéticas y a la alteración de los patrones espaciales (Primack et al., 2001), lo que los hace particularmente vulnerables puesto que, como depredadores, tienden a vivir en bajas densidades y a ocupar áreas de actividad extensas (Nowak, 1999; Sunquist y Sunquist, 2001).

En México, se distribuyen seis especies de la familia Felidae, de éstos, el puma (*Puma concolor*) es la especie de mayor distribución (Chávez-Tovar, 2005). Los estudios que se han realizado acerca del puma, tratan principalmente la presencia en diferentes hábitats (Rodríguez Soto, 2007; González Saucedo, 2011; Hernandez Santin et al., 2012), densidad y abundancia (Laundré et al., 2009; Soria Díaz, 2010), hábitos alimentarios (Avila Villegas, 2000; Rosas Rosas et al., 2003; De la Torre y De la Riva, 2009; Rueda-Zozaya, 2010), uso del hábitat y patrones de actividad (González Sierra, 2006; Duarte Méndez, 2007). No obstante, en la península de Baja California es poco lo que se conoce acerca de este depredador, las únicas referencias disponibles son los trabajos de Ávila Villegas (2000) acerca del impacto de la depredación del puma en la actividad pecuaria y el de Duarte Méndez (2007) respecto a la caracterización del hábitat del puma en la Sierra de San Pedro Mártir.

La conservación de los grandes felinos como el puma, es de gran prioridad a nivel mundial debido a su importancia ecológica, pues es considerado como especie indicadora del estatus de su hábitat y como especie sombrilla, lo cual implica que con su conservación se puede favorecer a especies que se encuentran por debajo de él en la cadena trófica (Miller et al., 1999; Gittleman et al., 2001). Uno de los principales parámetros a conocer

para la conservación de los felinos es su distribución geográfica, ya que con base en ella se pueden establecer estrategias de manejo.

Actualmente existen múltiples herramientas que permiten conocer la distribución geográfica de las especies a través del manejo combinado de observaciones de campo y variables ambientales como clima, topografía, vegetación, entre otras, y que actúan como predictores (Naoki et al., 2006; Benito de Pando y Peñas de Giles, 2007). Una de estas herramientas es el algoritmo Genetic Algorithm for Rule-set Production (GARP) (Stockwell y Peters, 1999), que provee muchas de las variables (del nicho fundamental) que generalmente influyen en la distribución de las especies, generando un modelo de la distribución potencial proyectado en un mapa de la región de estudio (Anderson et al., 2003).

En la península de Baja California, uno de los representantes de la familia Felidae es el león de montaña o puma (*Puma concolor*) el cual habita predominantemente en las zonas donde se encuentra su principal alimento: el venado bura (Iriarte et al., 1990). En Sierra La Giganta, ubicada en Baja California Sur, debido a que no existe información previa, el uso de modelos de nicho ecológico para predecir su distribución potencial, representa una alternativa de gran utilidad.

El presente trabajo tiene como objetivo generar un modelo de distribución potencial basado en el nicho ecológico del puma en la Sierra La Giganta, utilizando como insumos datos provenientes de métodos no invasivos, ello se utilizará como una aportación para futuros estudios de planeación y conservación de los recursos naturales en la región.

2. ANTECEDENTES

2.1. Características generales del puma

La familia Felidae agrupa alrededor de 36 especies de felinos, incluyendo al gato doméstico, en México se distribuyen seis especies que representan a cuatro géneros (*Leopardus*, *Lynx*, *Panthera* y *Puma*) (Wilson y Reeder, 2005), de éstos el puma (*Puma concolor*) es la especie de mayor distribución ya que actualmente se le ha registrado en todos los estados de la República (Chávez-Tovar, 2005).

El puma es un felino de hábitos solitarios. En la época de celo se juntan machos y hembras para aparearse, separándose antes de los nacimientos. Sus madrigueras se encuentran en general en áreas abruptas y son, de manera regular, cuevas y otras oquedades naturales. Puede tolerar más la presencia humana, por lo cual puede vivir en regiones ya bastante transitadas, siempre que disponga de buenos escondites. En dichos lugares, permanece oculto durante el día y su actividad es nocturna. Se alimenta de roedores, venados y conejos, entre una gran variedad de presas. Ocasionalmente llega a alimentarse de algún cabrito, cordero o potro. Puede llegar a recorrer entre 5 y 40 km en 24 horas. Su área de actividad varía de 66 a 685 km² para las hembras y 152 a 826 km² para los machos. Por ser un depredador tope en la cadena trófica, su relación con otros organismos debe considerarse importante por su efecto sobre las poblaciones de presas y porque su presencia manifiesta el buen estado de conservación del ecosistema. Se desconoce la situación que guardan sus poblaciones en varios estados del país (Chávez-Tovar, 2005).

2.2. Presencia de la especie en diferentes hábitats

Al puma se le puede encontrar en el bosque tropical caducifolio, subcaducifolio o perennifolio, bosque espinoso, matorral xerófilo y bosque mesófilo de montaña, sin embargo, son más abundantes en los bosques de coníferas y de encinos del norte de la República. Habita desde el nivel del mar hasta 3500 msnm, pero está mejor representado entre 1500 y 2500 msnm (Chávez-Tovar, 2005).

Algunos estudios como el de Belden et al., (1988) y Meegan & Maehr (2002) concluyeron que en Florida, los bosques pantanosos, los bosques de lianas y los bosques de ciprés fueron usados más de lo esperado.

Estrada Hernández (2008) menciona que en Centroamérica el puma utilizó con mayor frecuencia el bosque alto, de acuerdo a la disponibilidad de hábitat y evitó el bosque bajo, refiriéndose a bosque alto como aquellos caracterizados por tener un dosel alto y cerrado y que se encuentran en áreas con mayor relieve y el bosque bajo es aquel con menor altura, dosel abierto y sotobosque espeso con inundaciones estacionales en algunas partes.

Monroy-Vilchis et al. (2009) menciona que en el estado de México, el puma prefiere los bosques de pino-encino, con altitudes mayores a los 1800 m, con distancias a caminos y carreteras entre 3500 y 4377 m, distancias a asentamientos humanos entre 2329 y 4650 m y distancias a pendientes muy escarpadas menores de 1047 metros.

Duarte Méndez (2007) encontró que en la Sierra de San Pedro Mártir, el puma se distribuye desde los 534 hasta los 2560 m de altitud media, en sitios con suficiente cobertura de dosel, presencia de chaparral, vegetación ribereña, matorral xerófilo y vegetación ribereña, aún en lugares donde la actividad humana fue mayor.

Las variables de mayor relevancia que influyen en la distribución del puma son, aparte de la actividad humana, la cobertura vegetal, pendientes, altitud, uso del suelo y presencia de caminos y cuerpos de agua, ya que dichas condiciones favorecen la presencia de presas y ofrecen camuflaje, refugio y eficacia para asegurar a sus presas y a su descendencia (Tiefenbacher y Teinert, ; LaRue y Nielsen, 2008; Monroy-Vilchis et al., 2009).

2.3. Modelos de nicho ecológico

En los últimos años el uso de los modelos de nicho ecológico para predecir la distribución geográfica potencial de las especies ha aumentado considerablemente (Peterson et al., 2005; Soberón y Peterson, 2005). Dichos modelos indican la idoneidad del hábitat para el desarrollo de poblaciones de una especie concreta o de una comunidad (Ferrier y Guisan, 2006) calculada a partir de observaciones de campo y una serie de variables ambientales como clima, topografía, vegetación, precipitación, temperatura, entre otros, que actúan como predictores (Naoki et al., 2006; Benito de Pando y Peñas de Giles, 2007).

Los modelos de nicho ecológico, al ser proyectados al espacio geográfico, pueden aportar información sobre la distribución geográfica potencial de las especies (Anderson et al., 2003; Martínez-Meyer, 2005; Soberón y Peterson, 2005), pues bosquejan en un mapa, las regiones parecidas (en términos abióticos), a las de los puntos de ocurrencia (determinados por el conjunto de condiciones bióticas y abióticas), de esta manera el algoritmo muestra una aproximación de la presencia de esas condiciones abióticas (Soberón y Peterson, 2005). Recientemente se ha investigado la eficacia de los distintos programas para obtener los modelos de distribución potencial, sin embargo aún no existe consenso sobre cuál es el que tiene el mejor desempeño (Naoki et al., 2006). Debido a su utilidad, se han empleado en estudios de ecología, en la cuantificación de hábitats degradados por las actividades humanas (Gontier et al., 2010), para la predicción de la distribución de diferentes especies (Cumming, 2000; Segurado y Araújo, 2004; Marmion et al., 2009), para predecir áreas de hibridación entre especies (Escobedo-Galván y González-Salazar, 2011), entre muchos otros estudios.

2.3.1. Técnicas de obtención de registros actuales

Gracias a la tecnología, las técnicas de muestreo se han diversificado y actualizado, de tal manera que resultan económicas, son aplicables a grandes áreas y tienen la capacidad de ser reproducibles. Dichas técnicas pueden clasificarse en dos grandes grupos: las

invasivas y las no invasivas. Las técnicas invasivas se basan en el uso de trampas tipo Sherman, Tomahawk, redes ornitológicas, gancho herpetológico, ligas anchas, cepos, lazadas, redes de corral, entre otros (Aranda, 1981; Martínez et al., 2006).

Las técnicas no invasivas se basan principalmente en la identificación, interpretación y análisis de rastros que dejan los animales durante sus actividades, como pelo, huellas, excremento, madrigueras, sitios de descanso, marcas, voces y sonidos, o bien por imágenes tomadas con trampas cámara (Aranda, 1981; Martínez et al., 2006).

La técnica de muestreo no invasiva más popular, en los últimos años, es la trampa cámara, ya que permite obtener un registro permanente del evento (O'Connell et al., 2011). Debido a sus múltiples aplicaciones, se ha utilizado para calcular abundancia y densidad (Kelly et al., 2008; Marnewick et al., 2008; Negrões et al., 2010; Soria Díaz, 2010; Bengsen et al., 2011), determinar la preferencia de hábitat (Kelly y Holub, 2008), en la identificación de individuos de la misma especie (Heilbrun et al., 2003; Mendoza et al., 2011), en estudios etológicos (Ridout y Linkie, 2009), en la evaluación del riesgo de depredación (Hernández et al., 2005), entre muchos otros usos.

La utilización de trampas de pelo, como un método no invasivo, se ha realizado con éxito en diversos estudios, principalmente para detectar la presencia de algunos mamíferos (Downey, 1994; McDaniel et al., 2000; Belant, 2003; Bremner-Harrison et al., 2006; Zielinski et al., 2006; Castro-Arellano et al., 2008; Pauli et al., 2008; García-Alaníz et al., 2010).

2.4. Trabajos realizados

El análisis de la distribución de las especies permite proponer planes o programas como alternativas para su conservación, además de que su estudio permite comprender la biodiversidad misma, pues ha sido usado en los últimos tiempos como uno de los criterios fundamentales para la creación de áreas protegidas y como determinante para definir si una

especie presenta algún riesgo en su conservación (International Union for Conservation of Nature, 2009; SEMARNAT, 2010).

El número de estudios relacionados con la distribución potencial y conectividad funcional de los felinos ha tenido un aumento considerable (Rodríguez Soto, 2007). El conocimiento del estado poblacional, ecología y la preferencia y calidad del hábitat de especies como el puma, como depredador, beneficia no solo a esta especie, sino también a aquellas que se encuentran por debajo en la cadena trófica (Beck et al., 2005; Thorne et al., 2006).

Chávez-Tovar (2005) menciona al puma como una de las especies de félidos con mayor distribución y una alta capacidad de adaptación a una gran cantidad de ambientes, sin embargo, desde ya hace varios años, debido al impacto de diversas actividades humanas, estos depredadores tope han sido extirpados de sus áreas naturales de distribución, forzados, en la mayoría de los casos, a desplazarse a lugares con menor calidad de hábitat (e.g. zonas escarpadas y remotas de las sierras o en pequeños parches causados por la fragmentación del hábitat) (Currier, 1983; Primack et al., 2001; Sunquist y Sunquist, 2001).

LaRue (2005) realizó un estudio en la parte central de Estados Unidos en el cual a través de imágenes de satélite evaluó el hábitat potencial y los corredores de dispersión de los pumas. Como resultado obtuvo que cerca del 8% del área de estudio presentara un hábitat altamente adecuado, sin embargo sólo 3% de ellas fueron contiguas y las demás se encontraron en pequeños parches separados. En este estudio las variables más importantes consideradas para definir la potencialidad del hábitat fueron la cobertura vegetal y la presencia de humanos.

Ceballos et al. (2006) elaboraron un modelo potencial de nicho a través del algoritmo GARP (Genetic Algorithm for Rule-Set Production). En este estudio, la mayoría

de los estados presentan un hábitat altamente adecuado para la presencia de pumas incluyendo a la península de Baja California.

González Saucedo (2011) elaboró un estudio en el cual evalúa la conectividad funcional del puma en el estado de Querétaro, a través de la ruta de menor costo. Para esto, con la ayuda de Sistemas de Información Geográfica y el programa Corridor Design, generó un modelo para identificar la potencialidad del hábitat en la zona de estudio y con base en esto identificó tres corredores potenciales para la dispersión de los pumas. El modelo de hábitat indicó que el 35% del área de estudio presenta un hábitat adecuado, el cual se concentró en las áreas protegidas. De esta superficie de hábitat adecuado, identificó un parche más grande para soportar una población viable de pumas, uno mediano con potencial para reproducción y pequeños parches que podrían servir como escalones para el desplazamiento de pumas. Posteriormente, con base en el modelo de hábitat potencial ubicó tres posibles corredores ubicados al sur, sureste y noroeste de la ANP Sierra Fría.

Hernandez Santin et al. (2012) predijeron la distribución potencial del puma en Texas y el norte de México (Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas), utilizando un modelo de nicho ecológico (MaxEnt). Las zonas en las que se encontró la mayor idoneidad del hábitat estuvieron relacionadas con la no presencia de actividades humanas y con la baja concentración de desarrollos humanos como carreteras o ciudades, y se encontró, mayormente, en los estados de Chihuahua y Coahuila; Nuevo León y Texas presentaron un menor porcentaje de hábitat adecuado. En este estudio la presencia de actividades humanas se consideró como la variable de mayor influencia en la distribución potencial del puma.

2.5. Conflicto humano-puma

El puma es un carnívoro oportunista que puede aprovecharse de cualquier presa disponible, sin embargo, basa su alimentación en mamíferos ungulados (Currier, 1983; Aranda, 1994; López-González y González Romero, 1998). No obstante a esto, el conflicto entre humanos y pumas originado por la depredación de estos sobre el ganado, han llevado

a las poblaciones de puma (como de otros felinos) a un serio problema de conservación (Treves y Karanth, 2003), pues son considerados erróneamente como animales perjudiciales y esto deriva generalmente en su eliminación, aún sin comprobar su culpabilidad (Hernández Saint Martín, 2006).

La interacción antagonica entre el puma y el ganado doméstico está basada en diversas condiciones tanto del depredador como de la presa, además del hábitat que ambos ocupan. El conocimiento de los tipos de presas disponibles en un área, las formas de operación de ganado y los hábitos especiales de los pumas en un sitio, son importantes en el análisis de la problemática (Shaw, 1983 citado por Avila Villegas, 2000).

En México, los estudios que se han realizado acerca de los hábitos alimentarios de los pumas resaltan el conflicto que existe entre los humanos y los pumas por la depredación al ganado. En 1995, en zonas áridas y semiáridas de México, se estimó que el 9% de las muertes de ganado fue causado por depredadores, sin embargo no existe un dato real de la cantidad de ganado depredado por los pumas, debido a la dificultad de realizar observaciones de este tipo (Avila Villegas, 2000).

McBride (1976) citado por Bueno Cabrera (2004), registró en cuatro estados que los pumas consumieron grandes proporciones de ganado (2%-100%), afirmando que las políticas agropecuarias y de tenencia de la tierra fueron factores primordiales para estos resultados.

Bueno Cabrera (2004), estudió el impacto de los pumas en ranchos ganaderos del Área Natural Protegida Cañón de Santa Elena, en Chihuahua, obteniendo que las pérdidas por depredación resultaron en un 8%, habiendo otras razones de mayor daño como la depredación por otros animales como el coyote (25%) y la presencia de enfermedades, la sequía y el robo de los animales (67%). En este estudio también se reconoce la necesidad de mejorar las prácticas ganaderas locales.

Luna Soria y López González (2005), en los ranchos El Pinito y Los Ojos, en Sonora, también se encontraron restos de ganado bovino en excretas de puma, sin embargo estas sólo contribuyeron con 13.8% de la biomasa consumida, en comparación con el venado cola blanca que contribuyó con el 43.8%. Como conclusiones mencionan que contrario a la creencia de los rancheros, los pumas no afectan considerablemente al ganado, asegurando que la práctica de manejo del ganado reduce la depredación por pumas.

Hernández Saint Martín (2006) en Sierra Nanchichitla, México, después de analizar excretas de puma, obtuvo que el ganado bovino aportó el 3.4% de la biomasa consumida por el puma. En sus conclusiones considera que el ganado puede morir por varias razones (e.g. caídas de terrenos accidentados), y que la práctica de la ganadería extensiva ocasiona que los ganaderos se den cuenta de sus pérdidas varios días después, por lo que, si los pumas acuden a alimentarse de los cadáveres, las huellas dejadas tanto en el cuerpo como alrededor, ocasionan que la gente atribuya injustificadamente la muerte del animal a los pumas.

En la península de Baja California, Avila Villegas (2000), en el ejido El Bramadero, en Baja California, estimó pérdidas de ganado por pumas en un 23%, donde otras variables como el robo y la sequía constaron el 77% restante. En sus conclusiones manifestó que tres factores fueron clave en sus resultados: la alta densidad de ganado presente, la baja densidad de venados y el manejo de local de la ganadería (extensiva). Este es el único antecedente en la región acerca de la depredación del puma sobre el ganado.

En Baja California Sur, y en particular en Sierra La Giganta, se practica la ganadería extensiva y, aunque no existe ningún estudio previo que mencione la depredación de los pumas sobre el ganado bovino y caprino, los habitantes de la región mencionan que es la principal razón de sus pérdidas. Por otro lado, también existe la caza ilegal del puma y de sus presas naturales, por lo que el número de individuos de ganado caprino y la invasión de estos en el hábitat del puma, los convierte en una especie susceptible de ser depredada.

3. JUSTIFICACIÓN

El puma (*Puma concolor*) es la especie de felino más ampliamente distribuida en México ya que se le ha registrado en todos los estados (Chávez-Tovar, 2005), sin embargo, esta área se ha reducido por la interferencia de los humanos, la falta de alimento (i.e. presas), falta de cobertura de acecho (Currier, 1983) y la pérdida de su hábitat por el cambio de uso de suelo (Sánchez-Cordero et al., 2001). En la península de Baja California y en particular Baja California Sur, la modificación del hábitat resultado de actividades antrópicas, la introducción de especies exóticas, la cacería no regulada de las presas naturales del puma, la caza furtiva de éste, aunado al desconocimiento de su situación ecológica hacen suponer la inminente reducción de su área de distribución y, en un futuro, su posible extirpación de Sierra La Giganta.

Considerando lo anterior, la importancia del estudio radica en la generación de conocimiento sobre la distribución del puma en Baja California Sur, en relación a los factores de riesgo (i.e. presencia de ranchos) en los lugares que ocupa en Sierra La Giganta, además como especie sombrilla que es considerado (Thorne et al., 2006), se espera que dicho conocimiento permita el diseño de estrategias para el manejo, protección y conservación de la especie y de las que se encuentran por debajo de esta en la cadena trófica, además de regular las actividades antrópicas (i.e. práctica de ganadería extensiva), que se desarrollan en la zona de estudio, lo cual es básico en la planeación del uso y manejo de los recursos naturales en zonas áridas como Sierra La Giganta.

4. OBJETIVOS

4.1. General

Analizar la distribución geográfica potencial actual del puma en Sierra La Giganta.

4.2. Específicos

- a) Analizar la distribución geográfica potencial histórica del puma en la península de Baja California.
- b) Determinar la influencia de la altitud y la pendiente en la distribución del puma en Sierra La Giganta.
- c) Analizar la distribución potencial del puma en relación a la de sus presas potenciales (e.g. venado bura) en Sierra La Giganta.
- d) Determinar la influencia de las actividades antrópicas (e.g. presencia de ranchos y ganado caprino) en la extensión del área de distribución del puma en Sierra La Giganta.
- e) Determinar la utilización del recurso agua por la especie en la zona de estudio.
- f) Estimar la abundancia relativa del puma en la zona de estudio.

5. HIPÓTESIS

1. El establecimiento de poblaciones y por consiguiente las actividades antrópicas que se desarrollan en Sierra La Giganta han modificado las condiciones ecológicas en las que habita el puma, debido a esto, la distribución geográfica potencial actual del puma será inversamente proporcional a la extensión de la superficie que ocupan las actividades antrópicas que se desarrollan en la zona de estudio y, a su vez, será menor que la distribución potencial histórica.

2. A pesar de que el puma es una especie con gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, las variables topográficas son las que más influyen en su distribución, debido a esto, la distribución del puma estará en función de la altitud y la pendiente en la zona de estudio.

3. La presencia y abundancia de las presas de los pumas pueden determinar el área ocupada por él, debido a esto, la distribución del puma está en función de la distribución de sus presas potenciales.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Descripción del área de estudio

6.1.1. Ubicación geográfica

En la península de Baja California recorre, de norte a sur, un sistema montañoso en el que las Sierras Juárez y San Pedro Mártir en el norte, la Sierra La Giganta en el centro-sur y Sierra La Laguna en el extremo sur, son las más importantes (Peinado y Delgadillo, 1990). Sierra La Giganta, localizada en Baja California Sur, no presenta límites geográficos definidos, al respecto, León de la Luz et al. (2008), con base en análisis florísticos y biogeográficos, la delimitaron desde las faldas del Cerro Giganta ($26^{\circ} 06' N$, $111^{\circ} 35' W$) hasta el Cerro El Mechudo ($24^{\circ} 47' N$, $110^{\circ} 43' W$), sin embargo, Arriaga et al. (2000) consideran que Sierra La Giganta se encuentra delimitada por los paralelos $25^{\circ} 31' 48''$ a $26^{\circ} 31' 12'' N$ y por los meridianos $111^{\circ} 12'$ a $112^{\circ} 03' 36'' W$, mientras que González-Abraham et al. (2010) consideran a Sierra La Giganta como el conjunto de sierras que van desde el Cerro El Mechudo ($24^{\circ} 45' N$) hasta el Volcán de las Tres Vírgenes ($27^{\circ} 30' N$). Con base en esto, para este trabajo consideramos Sierra La Giganta al conjunto de sierras que van desde Sierra San Francisco ($28^{\circ} N$, $113^{\circ} 55' W$) hasta Cerro Cabeza del Mechudo ($24^{\circ} 15' N$, $110^{\circ} 43' W$) (Figura 1).

Sierra La Giganta presenta altitudes desde los 100 a los 1850 m aproximadamente. La temperatura mensual promedio varía entre 19 y 22 °C. La precipitación tiene lugar principalmente a finales del verano (González-Abraham et al., 2010).

6.1.2. Geología

En la parte oriental es escarpada y se presenta cortada por profundos cañones, al poniente presenta declive suave. La costa del golfo es por lo general acantilada y está constituida por materiales que están en remoción constante por la acción meteorológica que impide la formación de suelos. La costa del pacífico es moderada, cortada por pequeñas cañadas o arroyos intermitentes con fondo plano gravoso (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2002).

6.1.3. Edafología

Los suelos predominantes son, de acuerdo con la FAO-UNESCO (1989), Vertisol éutrico (VRe), Arenosol háplico (ARh), Leptosol lítico (LPq) (Arriaga et al., 2000).

6.1.4. Hidrología

La Sierra de La Giganta constituye el parteaguas para una porción considerable del estado de Baja California Sur dividiéndolo en dos vertientes: la primera vierte sus aguas hacia el Océano Pacífico y la segunda hacia el Golfo de California. Las cuencas hidrológicas se constituyen por una delgada franja cuya característica principal es que están integradas por subcuencas de tamaño muy reducido con pocas posibilidades de obtener almacenamientos significativos de aguas subterráneas. Los arroyos que se forman se clasifican como corrientes efímeras, ya que sólo transportan agua después de un evento de lluvia (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2002).

6.1.5. Clima

Los climas predominantes en la SG son: BWh(x') muy árido, semicálido, temperatura entre 18° y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual y BWhw muy árido, semicálido, temperatura entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; lluvias de verano de 5% al 10.2% anual (Arriaga et al., 2000).

6.1.6. Flora

La vegetación es dominada por gran variedad de leguminosas leñosas como palo hierro (*Prosopis palmeri*), mesquite dulce (*Prosopis glandulosa*), palo blanco (*Lysiloma candidum*), mauto (*L. divaricatum*), palo hierro (*Ebenopsis confinis*), vinorama (*Acacia brandegeana*), palo chino (*A. peninsularis*), ojasén (*Senna polyantha*) y palo verde (*Parkinsonia microphylla*). Los cactus columnares están pobremente representados, pero la pitahaya dulce (*Stenocereus thurberi*), *Mammillaria* spp. y *Opuntia* spp. son especies

comunes. Oasis lineares son característicos de algunos cañones y arroyos, con presencia de palma de abanico (*Washingtonia robusta*) y palma de taco (*Brahea brandegeei*) (González-Abraham et al., 2010). La Sierra posee 259 especies endémicas entre las que se encuentran *Galium carterae*, *Agave gigantensis* y *Acacia kelloggiana*; el género *Carterothamnus* se encuentra desde la parte media y hacia el sur (Riemann y Ezcurra, 2005; León de la Luz et al., 2008; González-Abraham et al., 2010).

6.1.7. Fauna

Ornitofauna: representada por 135 especies de aves, entre las cuales se pueden encontrar especies endémicas como la mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*) endémica de los oasis y el colibrí (*Hylocharis xantusii*), entre muchos otros residentes y migratorios (Berlanga et al., 2008).

Herpetofauna: representada por 51 especies, entre las cuales se encuentran *Cnemidophorus catalinensis*, *Crotalus catalinensis*, *Callisaurus draconoides carmensensis*, *Cnemidophorus hyperythrus pictus*, *Crotalus enyo enyo*, *Eridiphas slevini slevini*, *Masticophis flagellum fuliginosus*, *Sauromalus ater ater*, *S. ater slevini*, *S. slevini*, *Phyllodactylus bugastrolepis*, *Coleonix variegatus*, *Chilomeniscus dorsalis catalinensis*, *Lampropeltis getulus catalinensis*, *Leptotyphlops humilis lindsayi*, *Phyllodactylus nocticolus coronatus*, *P. nocticolus nocticolus*, *P. xanti xanti*, *Hypsiglena torquata ochrorhyncha*, *H. torquata catalinae*, *H. torquata venusta*, entre otras (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2002).

Mastofauna: los mamíferos terrestres incluyen 45 especies, de las cuales, *Myotis vivesi* y *Microtus californicus* se encuentran en peligro de extinción, según la NOM059-SEMARNAT 2010. Las especies y subespecies que se encuentran en la SG son: ardillón (*Otospermophilus atricapillus*), juancito (*Ammospermophilus leucurus extimus*), Antrozous *pallidus minor*, gatilla (*Bassariscus astutus palmarius*), coyote (*Canis latrans peninsulae*), ratones *Chaetodipus arenarius arenarius*, *Chaetodipus bailey extimus*, *Chaetodipus spinatus broccus*, *Microtus californicus*, *Peromyscus eva eva*, *Peromyscus maniculatus*

coolidgei, murciélagos *Choeronycteris mexicana*, *Corynorhinus townsendii pallescens*, *Eptesicus serotinus peninsulae*, *Lasiurus blossevillii frantzii*, *Lasiurus cinereus cinereus*, *Lasiurus xanthinus*, *Leptonycteris yerbabuena*, *Myotis californicus stephensi*, *Myotis evotis micronyx*, *Myotis vivesi*, *Myotis volans volans*, *Myotis yumanensis*, *Nyctinomops femorosaccus*, *Pipistrellus hesperus hesperus*, *Tadarida brasiliensis mexicana*, rata canguro (*Dipodomys merriami brunensis*), ratas de campo *Neotoma lepida pretiosa*, *Neotoma lepida ravidia*, musarañas *Notiosorex crawfordi crawfordi*, tuza (*Thomomys bottae incomptus*), liebres *Lepus californicus martirensis*, *Lepus californicus xanti*, conejos *Sylvilagus audubonii arizonae*, *Sylvilagus bachmani peninsularis*, mapaches *Procyon lotor grinnelli*, mofetas *Spilogale gracilis lucasana*, *Spilogale gracilis martirensis*, tejón (*Taxidea taxus berlandieri*), venado bura *Odocoileus hemionus peninsulae*, borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*), la zorrita del desierto (*Vulpes macrotis*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus peninsularis*), gato montés (*Lynx rufus peninsularis*), puma (*Puma concolor improcera*) (Álvarez-Castañeda y Patton, 1999, 2000).

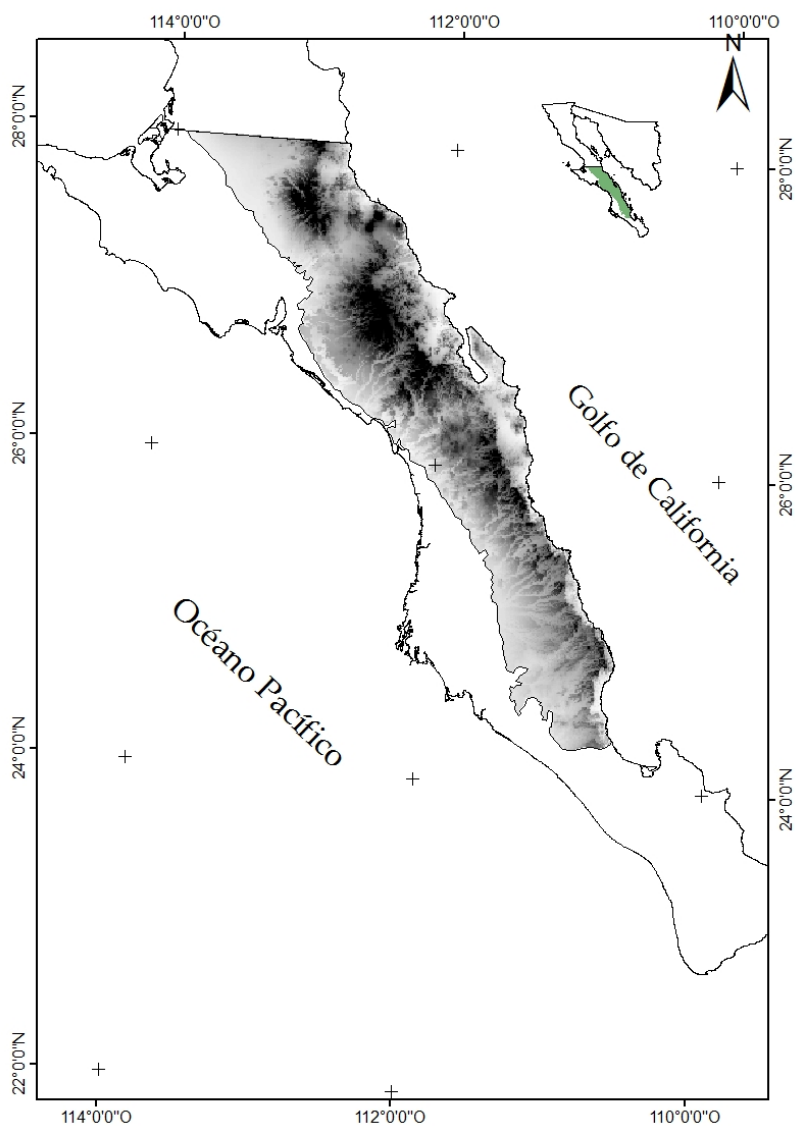


Figura 1. Sierra La Giganta, Baja California Sur.

El muestreo se realizó en una zona representativa de Sierra La Giganta, dicho sitio se ubica en el municipio de Loreto, B.C.S. Previo a la realización del muestreo se platicó con algunos rancheros acerca de la problemática existente entre el ganado caprino y los pumas, por lo que la zona de estudio se eligió con base en pruebas fehacientes de la presencia de dicho depredador. La mayoría de los registros encontrados correspondieron a la presencia de pequeños agujeros.

6.2. Obtención de registros

Se realizaron salidas trimestrales a la zona de estudio de mayo de 2012 a marzo de 2013, con una duración de 3 a 4 días cada ocasión. Durante éstas se hicieron recorridos por senderos y arroyos, para buscar rastros (huellas y excretas), se colocaron trampas de pelo con atrayentes para félidos (Hawbaker's Wildcat Lure No. 1, perfume Obsession de Calvin Klein y Super Catnip) y trampas cámara. Asimismo se consultaron colecciones científicas de libre acceso disponibles en internet y la revisión de literatura especializada.

Dada la temporalidad de los registros obtenidos, se convino para el puma, modelar puma, la distribución potencial histórica con los registros de las bases de datos de las colecciones científicas y la distribución potencial actual con datos encontrados en literatura especializada que datan de 2001 a 2003, aunado a la obtención de los registros en campo. No así para las presas potenciales, las cuales contaron sólo con datos históricos.

6.2.1. Trampas cámara

Se colocaron 38 estaciones de fototrampeo: 10 activas durante 2011, 16 durante 2012 y 12 durante 2013, distribuidas en la zona centro este y centro oeste de la Sierra La Giganta, en las localidades de El Sauce, San Francisco, Las Huertitas, Papiñí, La Hierbabuena, El Mezquitito, Los Pilares, Palo Chino y Llanos de San Julio (Figura 2). Todas estuvieron activas las 24 horas y únicamente se apagaron para cambiar baterías o el dispositivo de almacenamiento. Fueron revisadas por lo menos cada 15 días. Se sujetaron a una altura aproximada de un metro a troncos ubicados cerca de cuerpos de agua o a la orilla de senderos, con la finalidad de incrementar la probabilidad de registro de fauna.

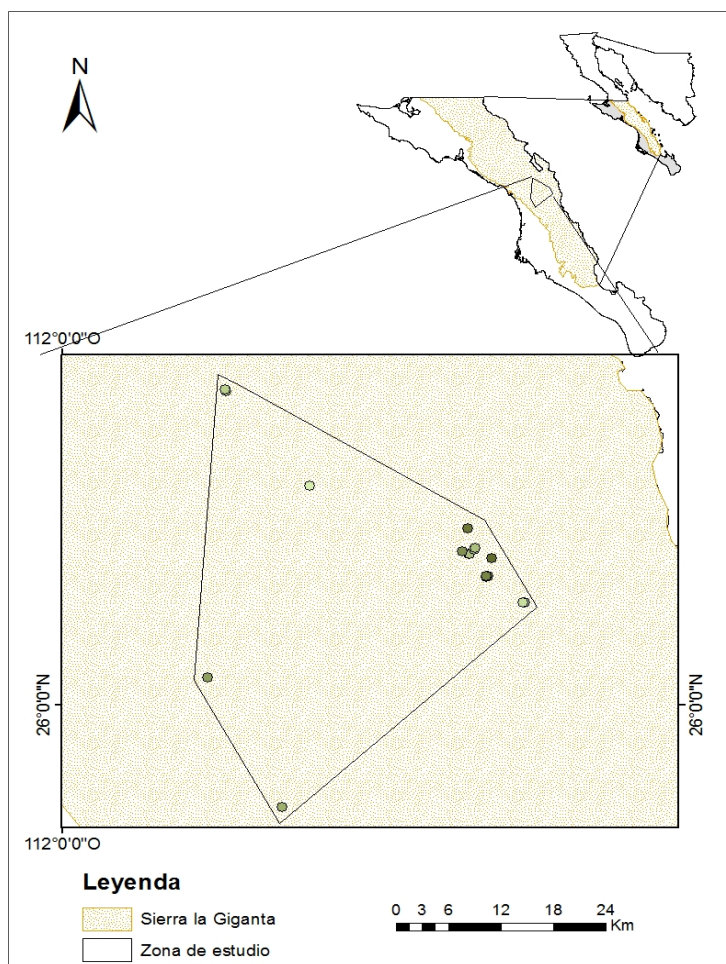


Figura 2. Zona de estudio en Sierra La Giganta, Baja California Sur. Los puntos indican la ubicación de las trampas cámara.

6.2.2. Identificación de rastros

Los rastros que se consideraron fueron huellas y excretas (Figura 3 a y b). Ambos fueron medidos y fotografiados y se identificaron con base en los criterios de Aranda (2000). Además consideramos como otro tipo de evidencia de la presencia de la especie en la zona de estudio las pieles y cráneos en posesión de los habitantes en la zona de estudio (Figura 3 c).



Figura 3. Rastros de puma. a) dos huellas, b) excreta, c) cráneo.

6.2.3. Revisión de colecciones científicas

La consulta de colecciones científicas disponibles en internet se hizo a través del Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org). Se obtuvieron registros históricos de presencia de puma (*Puma concolor*), así como de sus presas potenciales [cabra (*Capra hircus*), venado bura (*Odocoileus hemionus*), borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*), liebre de california (*Lepus californicus*), conejo del desierto (*Sylvilagus audunonii*) y conejo matorralero (*Sylvilagus bachmani*)] (Tabla I).

La elección de las presas potenciales se basó principalmente en el análisis de las excretas colectadas y en lo registrado en la literatura (Avila Villegas, 2000; Rosas Rosas et

al., 2003; De la Torre y De la Riva, 2009; Rueda-Zozaya, 2010). Los registros de colecciones y bibliografía que se consideraron fueron aquellos que tenían coordenadas geográficas, los que no presentaban dicha información pero contenían el nombre de la localidad en donde fueron registrados se buscaron en gaceteros digitales de acceso libre (<http://www.fallingrain.com>) y publicaciones especializadas (Duarte Méndez, 2007; Álvarez-Castañeda et al., 2008).

6.3. Modelado de nicho ecológico

Se modeló el nicho ecológico de cada especie utilizando el algoritmo Genetic Algorithm for Rule-set Production, GARP (<http://nhm.ku.edu/desktopgarp/index.html>) (Stockwell y Peters, 1999), que fue alimentado con los registros especie-localidad, en combinación con las variables climáticas obtenidas del proyecto WorldClim (<http://www.worldclim.org>) (Hijmans et al., 2005), la elevación, pendiente y el índice topográfico compuesto, que muestra la tendencia a formar embalses de agua, tomadas del proyecto Hydro1k (USGS, 2001; <https://lta.cr.usgs.gov/HYDRO1K>), todos a una resolución de 0.0083° ($\sim 1\text{km}^2$) (Tabla I).

Se generaron 100 modelos basados en un error óptimo de distribución para cada modelo individual, usando la opción “best subset” se definió el error de omisión y comisión (Anderson et al., 2003). Se eligieron los 10 mejores modelos de cada especie, los cuales fueron sumados con la herramienta map calculator de ArcView 3.2 para obtener un mapa de consenso, en el cual se muestran los valores 0 al 10 siendo el número de modelos que coincidieron, lo que nos muestra una aproximación al nicho ecológico de la especie (Soberón y Peterson, 2005). Posteriormente, con la herramienta reclasificar, se eligieron los cinco modelos con los valores más altos de coincidencia, es decir, con lo cual se obtuvieron mapas binarios, en los que el valor de 1 toma los valores de coincidencias más altas y el 0 los de las coincidencias bajas o nulas. Posteriormente, para validar las predicciones se sobrepusieron a los mapas de distribución potencial, datos de especie-localidad, buscando que el 90% de los puntos se encontrara dentro de la predicción (González Bernal, 2008; Ramírez Acosta, 2012).

Previo al modelado del nicho ecológico (i.e. mapas de distribución geográfica potencial), se eliminaron los registros duplicados y aquellos que no presentaron coordenadas ni referencias que posibilitaran su ubicación.

En el caso de los registros que no presentaron coordenadas pero incluyeron referentes válidos (i. e. nombre de la localidad) fueron buscados en gaceteros disponibles en internet (<http://www.fallingrain.com>), mapas y publicaciones especializadas. Además, debido a que la resolución de las variables ambientales a aproximadamente de 1 km², se eliminaron los registros que se encontraban a menos de 1 km de distancia entre ellos, buscando con esto evitar en lo posible la predisposición del programa a la sobrepredicción (Munguía et al., 2008).

En el caso del puma se obtuvieron los mapas de distribución potencial histórica y actual, para esto se dividió el total de registros en dos grupos. En el primero se incluyeron todos los registros que datan desde 1914 a 2013 y en el segundo únicamente se consideraron registros del 2001 al 2013 (registros obtenidos de Sierra San Pedro Mártir, Baja California y de Sierra La Giganta, Baja California Sur). Se asume que los datos representados en estos mapas se acercarán a la distribución actual de las especies. Sin dejar de considerar que la precisión de los mapas de distribución histórica y actual puede ser afectada por factores como la distancia entre sitios, la antigüedad de los registros y el total de registros utilizados para la elaboración de éstos (Scott et al., 1993; Rodríguez et al., 2004; Ramírez Acosta, 2012).

Tabla I. Variables climáticas y topográficas utilizadas para la obtención de modelos de distribución potencial.

Clave	Descripción	Clave	Descripción
BIO1	Temperatura media anual	BIO12	Precipitación anual
BIO2	Rango diurno medio (media mensual)	BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO3	Isotermalidad	BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO4	Estacionalidad de la temperatura	BIO15	Estacionalidad de la precipitación
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido	BIO16	Precipitación del cuarto trimestre más húmedo
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío	BIO17	Precipitación del cuarto trimestre más seco
BIO7	Rango de la temperatura anual	BIO18	Precipitación del cuarto trimestre más cálido
BIO8	Temperatura media del cuarto trimestre más húmedo	BIO19	Precipitación del cuarto trimestre más frío
BIO9	Temperatura media del cuarto trimestre más seco	TOPOIND	Índice topográfico
BIO10	Temperatura media del cuarto trimestre más cálido	SLOPE	Pendiente
BIO11	Temperatura media del cuarto trimestre más frío	DEM	Elevación

Con la finalidad de eliminar la sobrepredicción de la distribución geográfica potencial de cada especie, cada modelo se delimitó con base en las ecorregiones propuestas por CONABIO (www.conabio.gob.mx/2008) (Figura 4), debido a que éstas pueden determinar la distribución de las especies (González-Abraham et al., 2010) pues la predicción es resultado de la estimación del nicho ecológico y no considera factores que pueden limitar dichas distribuciones potenciales como barreras naturales, colonización,

extinciones locales, endemismos, especiación, entre otros (Peterson et al., 2002; Munguía et al., 2008; Ramírez Acosta, 2012). Sólo se consideraron las ecorregiones en las que hubiera por lo menos un registro de la especie (Rojas Soto et al., 2003).

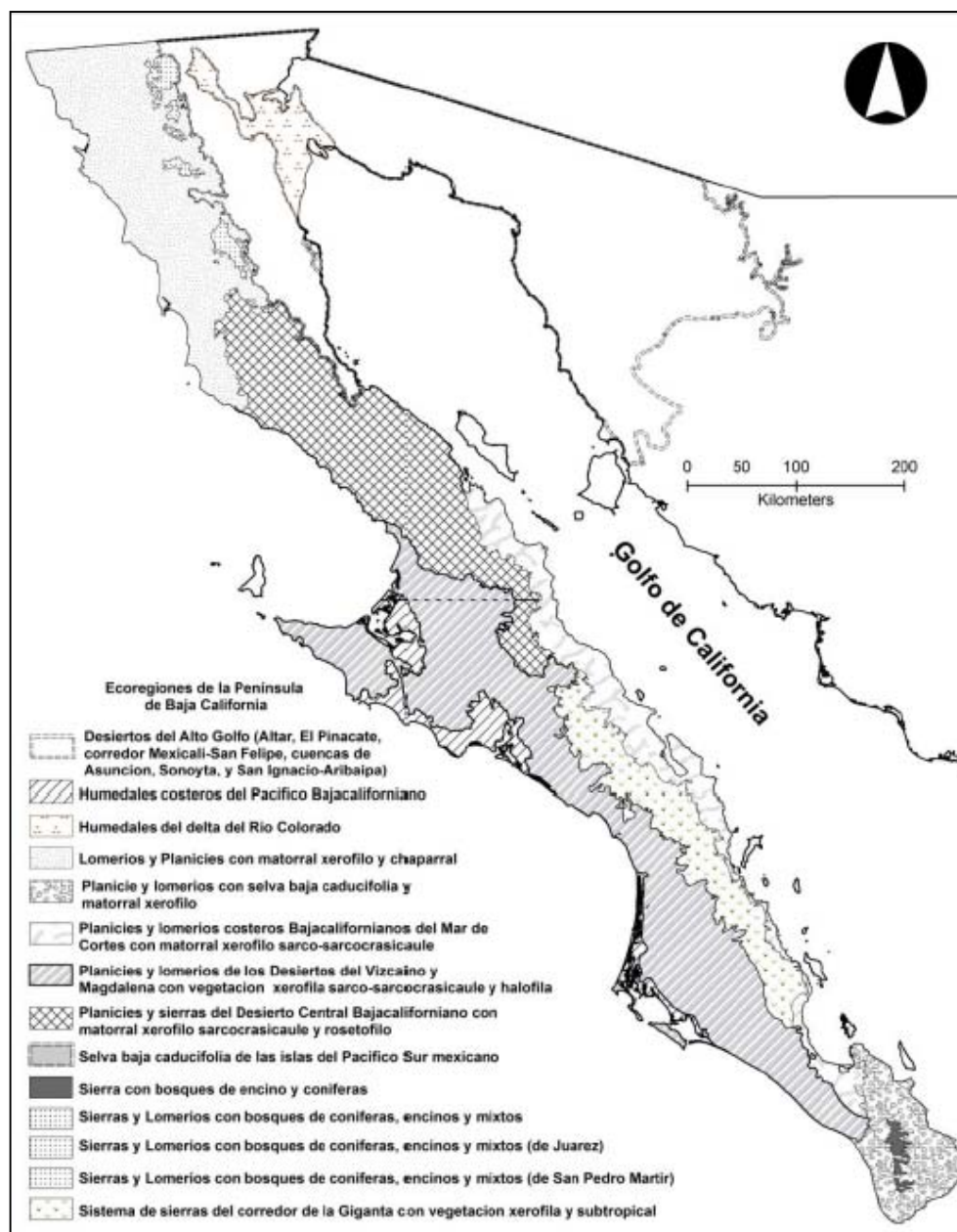


Figura 4. Ecorregiones definidas para la península de Baja California.

Tomado de Ramírez Acosta (2012). Fuente original: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)- Instituto Nacional de Ecología (INE). 2008. Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum: WGS84. Escala: 1:1000000.

Los modelos de nicho ecológico del puma se analizaron en tres escalas: en la península de Baja California, la cual se utilizó para analizar la distribución potencial histórica y la inclusión de la distribución potencial actual en las áreas destinadas para la conservación; en Sierra La Giganta, la cual se utilizó para el análisis de la distribución potencial actual en relación a la altitud y la pendiente, las presas potenciales y actividades antrópicas; y en la zona de estudio, la cual se utilizó para determinar la utilización del recurso agua y para estimar la abundancia relativa.

La superficie tanto del puma como de sus presas potenciales se obtuvo de cada uno de los mapas de distribución potencial, para la conversión a kilómetros cuadrados se consideró que el área aproximada de cada pixel fue igual a 0.86 km^2 y se multiplicó por el número total de pixeles del mapa en cuestión.

6.4. Inclusión en áreas destinadas para la conservación en la península de Baja California

Considerando que las Áreas Naturales Protegidas, los Sitios Ramsar y las Regiones Terrestres Prioritarias son áreas decretadas y propuestas para la conservación, se calculó la superficie de la distribución potencial actual del puma en la península de Baja California que se encuentra representada en cada una de estas (se calculó la superficie parcialmente protegida), para esto se sobrepuso el mapa de distribución potencial actual del puma en la península, al mapa de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), Sitios Ramsar (SR) y Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) y se calculó la superficie potencialmente protegida. Cabe mencionar que en el caso de que dos o más tipos de áreas protegidas se traslaparan, sólo se consideró la de mayor jerarquía. La figura de los polígonos de las ANP, SR y RTP se obtuvo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (www.conanp.gob.mx, consultado en mayo de 2013) (Figura 5).

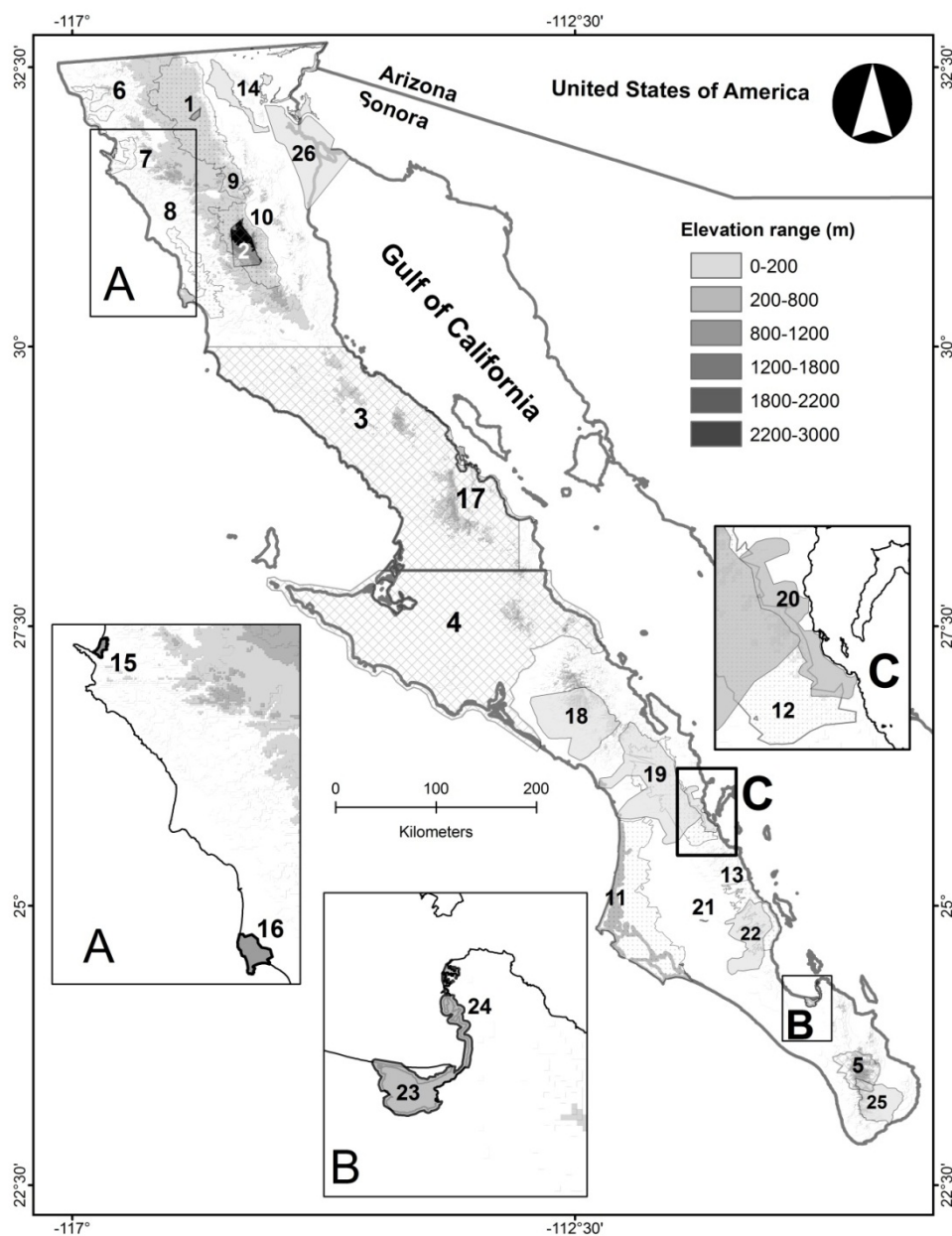


Figura 5. Áreas de conservación en la península de Baja California.

Tomado de Ramírez-Acosta et al. (2013) (en prep.). Áreas Naturales Protegidas: 1 Parque Nacional Constitución de 1857; 2 Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir; 3 Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios; 4 Reserva de la Biosfera El Vizcaíno; 5 Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna. Sitios Ramsar: 14 Sistema de Humedales Remanentes del Río Colorado; 15 Estero de Punta Banda; 16 Bahía San Quintín; 17 Corredor Costero La Asamblea-San Francisquito; 18 Humedal La Sierra de Guadalupe; 19 Humedal Los Comondú; 20 Oasis Sierra de La Giganta; 21 Baño de San Ignacio; 22 Oasis de la Sierra El Pilar; 23 Humedales El Mogote - Ensenada de La Paz; 24 Balandra; 25 Sistema Ripario de la Cuenca y Estero San José del Cabo; 26 Humedales del Delta del Río Colorado. Regiones Terrestres Prioritarias: 6 Santa María-El Descanso; 7

Punta Banda-Eréndira; 8 San Telmo-San Quintín; 9 Sierra de Juárez; 10 Sierra de San Pedro Mártir; 11 Planicies de Magdalena; 12 Sierra La Giganta; 13 Sierra El Mechudo.

6.5. Distribución potencial del puma en relación a la altitud y la pendiente

Se utilizó un mapa de altitud con intervalo de 200 m y un mapa de pendientes en porcentaje con un intervalo de 10% entre clases, el cual nos permitió hacer una representación del relieve. A cada mapa se le sobrepuso el de distribución potencial actual del puma para calcular la distribución potencial actual del puma que ocupa en cada intervalo tanto de altitud como de pendiente.

6.6. Distribución potencial del puma en relación a sus presas potenciales

Una vez obtenidos los mapas de distribución potencial de cada especie, se sobrepusieron por separado a la distribución potencial actual del puma. Para calcular la coincidencia de las especies presa con la distribución del puma, se consideró el número de píxeles que tenían en común ambos mapas y se convirtió a kilómetros cuadrados.

6.7. Influencia de las actividades antrópicas en la distribución del puma

Para determinar la influencia de las actividades antrópicas se utilizó el mapa de distribución potencial actual del puma y se le sobrepuso un mapa de localidades rurales en Baja California Sur (INEGI, 2007). Posteriormente se seleccionaron las localidades que se ubicaron dentro del polígono definido para Sierra La Giganta. Se consideraron todas las localidades de manera indistinta con el fin de establecer una zona potencial de uso para la ganadería, ya que la actividad productiva de los ranchos en Sierra La Giganta es la producción pecuaria, algunos de los cuales se dedican a la cría y engorda de ganado caprino y bovino.

Una vez seleccionadas las localidades, se definió una zona de influencia de 10 km² para cada punto-localidad, se consideró esta superficie acorde a lo establecido por Avalos et al. (2009) quienes mencionan, que es la superficie mínima aproximada a la que el ganado

caprino puede alejarse diariamente. Una vez hecho esto, se dibujó en Arcview 3.2 un buffer alrededor de cada una de las localidades, posteriormente se calculó la superficie de influencia del conjunto de localidades en la distribución potencial actual del puma, esta área de influencia se consideró como aquella que ha perdido sus condiciones ecológicas idóneas para la presencia del puma (Sánchez-Cordero et al., 2001).

6.8. Índice de abundancia relativa del puma

La estimación de la abundancia relativa se realizó respecto al número de individuos que fueron registrados por las trampas cámara, según el esfuerzo de muestreo. La unidad de medida del esfuerzo de muestreo fueron los días trampa (considerando un día trampa como 24 horas), el total de éstos fue la sumatoria de los días trampa de cada trampa cámara; es decir, el número de días que cada cámara permaneció funcionando o hasta la fecha de la última exposición, en los casos en que se terminó la batería o en que se apagaran debido a algún elemento estocástico. Para considerar un registro fotográfico válido se eligieron aquellos en los que había por lo menos un día de diferencia entre registros de pumas, en cada fotografía se anotó la fecha, hora, especie y el número de individuos observados (Soria Díaz, 2010). El índice de abundancia relativa (IAR) se calcula como sigue (O'Brien, 2011):

$$(1) \frac{\text{total de visitas por especie}}{\text{total de días operación}} \times 100$$

Una vez obtenido el índice de abundancia relativa, se analizó con respecto a la precipitación y la temperatura, tomando como referencia las variables climáticas obtenidas por García (1981).

7. RESULTADOS

7.1. Obtención de registros

Con base en la consulta de las diferentes fuentes de información se obtuvieron 872 registros válidos, de estos 67 (7.7 %) fueron de *Puma concolor* (puma), 50 (5.7 %) de *Ovis canadensis weemsi* (borrego cimarrón), 35 (4.0 %) de *Capra hircus* (cabra), 61 (7.0 %) de *Odocoileus hemionus* (venado bura), 137 (15.7 %) de *Sylvilagus audubonii* (conejo del desierto), 178 (20.4 %) de *Sylvilagus bachmani* (conejo matorralero) y 344 (39.4 %) de *Lepus californicus* (liebre de california) (Tabla II).

Tabla II. Registros obtenidos de diversas fuentes de información de las especies de estudio.

Tipo de registro	Especie						
	Puma	Borrego cimarrón	Cabra	Venado bura	Conejo del desierto	Conejo matorralero	Liebre
Trampas cámara	11	0	11	13	0	0	0
Rastros	6	0	6	0	0	0	0
Pieles y cráneos	3	0	0	0	0	0	0
Colecciones científicas y bibliografía	47	50	0	48	137	178	344
Observación directa	0	0	18	0	0	0	0

De la consulta a las colecciones científicas y literatura especializada, la colección más importante fue el National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, debido a que contiene la mayor de información de las especies en cuestión (Tabla III).

Tabla III. Registros obtenidos de las colecciones científicas y literatura especializada.

Especie	Colección	Registros obtenidos	Total
<i>Sylvilagus audubonii</i>	Arctos	46	137
	California Academy of Sciences	1	
	Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad	11	
	Field Museum	5	
	National Museum of Natural History, Smithsonian Institution	44	
	Natural History Museum of Los Angeles County	5	
	New Mexico Museum of Natural History and Science	6	
	San Diego Natural History Museum	14	
	UCLA-Dickey Collection (UCLA-Dickey)	1	
	UNIBIO, IBUNAM	4	
<i>Puma concolor</i>	San Diego Natural History Museum	1	47
	National Museum of Natural History, Smithsonian Institution	2	
	Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad	2	
	Arctos	1	
	Santa Barbara Museum of Natural History	1	
	California Academy of Sciences	1	
	Mamíferos de las Reservas de El Valle de los Cirios y El Vizcaíno	2	
	Caracterización del hábitat del puma (<i>Puma concolor</i>) en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California	37	
<i>Ovis canadensis weemsi</i>	Museum of Comparative Zoology, Harvard University	1	50
	National Museum of Natural History, Smithsonian Institution	8	
	UNIBIO, IBUNAM	41	
<i>Odocoileus hemionus</i>	American Museum of Natural History	3	48
	California Academy of Sciences	3	
	Museum of Vertebrate Zoology	14	
	National Museum of Natural History, Smithsonian Institution	25	
	UCLA-Dickey Collection (UCLA-Dickey)	2	
	UNIBIO, IBUNAM	1	

Continuación Tabla III.

Especie	Colección	Registros obtenidos	Total
<i>Sylvilagus bachmani</i>	American Museum of Natural History	23	178
	California Academy of Sciences	8	
	Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad	6	
	Field Museum	18	
	Museum of Comparative Zoology, Harvard University	11	
	Museum of Southwestern Biology	3	
	Museum of Vertebrate Zoology	26	
	National Museum of Natural History, Smithsonian Institution	27	
	Natural History Museum of Los Angeles County	3	
	San Diego Natural History Museum	50	
	Santa Barbara Museum of Natural History	1	
	UNIBIO, IBUNAM	2	
<i>Lepus californicus</i>	American Museum of Natural History	19	344
	California Academy of Sciences	7	
	Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad	25	
	Field Museum	19	
	Museum of Comparative Zoology, Harvard University	1	
	Museum of Southwestern Biology	17	
	Museum of Vertebrate Zoology	51	
	National Museum of Natural History, Smithsonian Institution	83	
	Natural History Museum of Los Angeles County	5	
	San Diego Natural History Museum	16	
	UCLA-Dickey Collection (UCLA-Dickey)	7	
	UNIBIO, IBUNAM	94	

De los 67 registros obtenidos de puma, 47 (70.0 %) fueron de las colecciones científicas y revisión de literatura, de éstos el más antiguo data de 1914 y los más recientes de 2003, los otros 20 registros fueron obtenidos del trabajo de campo, de éstos últimos 11 (39.3 %) resultaron del análisis de las fotografías, 4 (14.3 %) de la identificación de excretas y huellas, 3 (10.7 %) de pieles y cráneos en posesión y 2 (7.1 %) restos de presas.

Cabe mencionar que las trampas de pelo no fueron efectivas, por lo que no se consideraron. El análisis de los registros mostró que el intervalo de altitud en el que se podía encontrar a la especie va desde el nivel del mar hasta por encima de los 2000 m, sin embargo la mayor cantidad de los registros se concentró en el intervalo de los 500 a 600 m (20.9 %, n=14) (Figura 6).

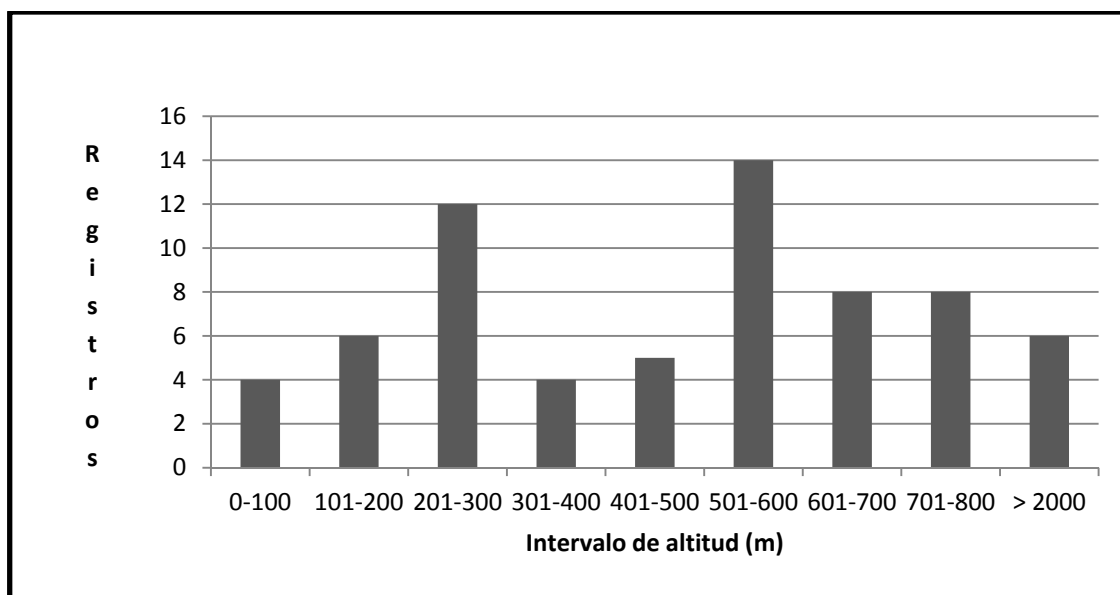


Figura 6. Distribución del puma en relación a la altitud en la península de Baja California.

7.2. Distribución potencial histórica y actual del puma en la península de Baja California

Con base en los registros obtenidos de 1914 a 2013, se puede decir que el puma se distribuía desde la localidad Tres Pozos, en Baja California, hasta Cabo san Lucas, en el extremo sur, ocupando una superficie aproximada de 85,682.82 km², equivalente al 52 % de la superficie total de la península. En el mismo sentido pero con base en el modelo de distribución geográfica potencial, la distribución histórica potencial del puma en la península se extendía a lo largo de la cadena montañosa que inicia al oeste de la Sierra Juárez, Baja California, la Sierra de San Juan de la Costa, Baja California Sur, el noreste de Sierra Las Cruces y Sierra La Trinidad. (Figura 7). Al igual que en la distribución potencial histórica, la actual se extiende desde el oeste de la Sierra Juárez en Baja

California hasta la Sierra de San Juan de la Costa, Baja California Sur, donde se interrumpe, así también en la Sierra Las Cruces y Sierra La Trinidad, considerando una pequeña parte de Sierra La Laguna. En este caso, la superficie aproximada es de 59,559.33 km², equivalente al 36 % de la superficie total de la península (Figura 8).

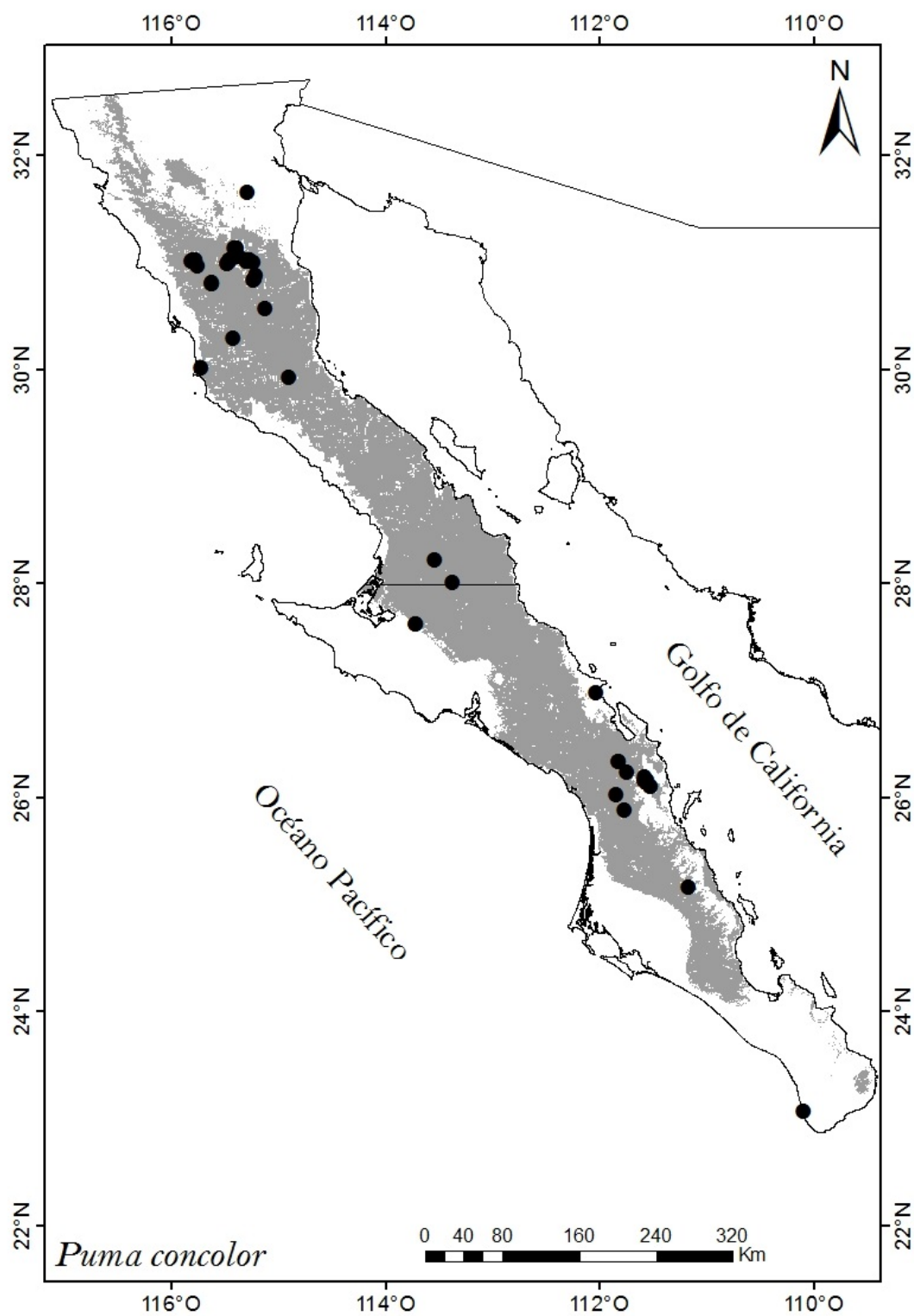


Figura 7. Distribución geográfica histórica del puma en la península de Baja California (gris). Registros de 1914 a 2013 utilizados para el modelado de nicho ecológico de la especie (círculos).

En Baja California Sur, la superficie aproximada que ocupaba el puma era de 38,347.86 km², lo equivalente al 48% de la superficie del estado. Actualmente dicha superficie es de 22,709.61 km², equivalente al 28%, por lo que se infiere se distribuía ampliamente.

Este análisis permite inferir que la distribución potencial del puma en la península de Baja California se ha reducido un 30% (25,797.40 km²), en tanto que en Baja California Sur los resultados sugieren una reducción del 41% (15,443 km²).

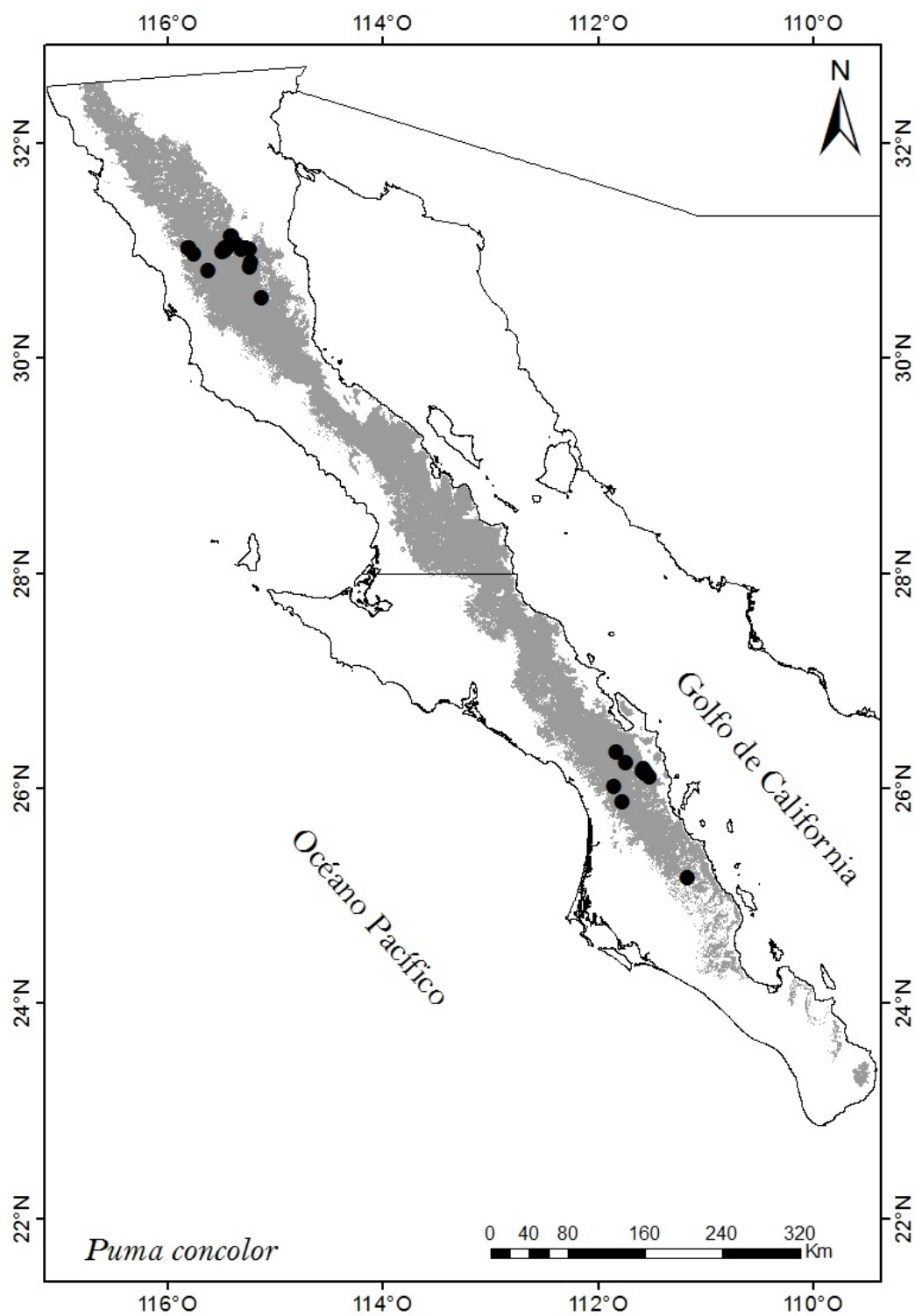


Figura 8. Distribución geográfica potencial del puma en la península de Baja California (gris). Registros de 2001 a 2013, utilizados para el modelado de nicho ecológico (círculos).

7.3. Inclusión de la distribución potencial actual en áreas destinadas para la conservación en la península de Baja California

Los resultados del análisis de inclusión en las áreas destinadas para la conservación muestran que la mayor extensión de la distribución geográfica potencial del puma en la península (19,948 km², aproximadamente el 34%), está incluida en las Áreas Naturales Protegidas (ANP) (Figura 9). Dicha superficie se encuentra en el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, el Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios, la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno y la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, no obstante, la mayor superficie se concentra en el centro de la península (Figura 10).

En cuanto a los Sitios Ramsar (SR), el 13% de la distribución potencial actual del puma (aproximadamente 7,853 km²) se encuentra incluida en el Humedal La Sierra de Guadalupe, Humedal Los Comondú, Oasis Sierra de la Giganta, Oasis de la Sierra El Pilar y el Sistema Ripario de la Cuenca y Estero de San José del Cabo, todos ubicados en Baja California Sur. (Figura 11).

Respecto a las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), aproximadamente 5,375 km² (9%) de la superficie de la distribución geográfica potencial actual del puma se encuentra incluida en Sierra de Juárez, Santa María-El Descanso, Punta Banda-Eréndira, Sierra de San Pedro Mártir, San Telmo-San Quintín, Sierra La Giganta, Planicies de Magdalena y Sierra El Mechudo. Dicha superficie se concentra en su mayoría en la parte norte de la península. (Figura 12).

Del total de los registros actuales obtenidos, el 85% se registraron al interior del Parque Nacional San Pedro Mártir en Baja California y en la Región Terrestre Prioritaria Sierra La Giganta, BCS.

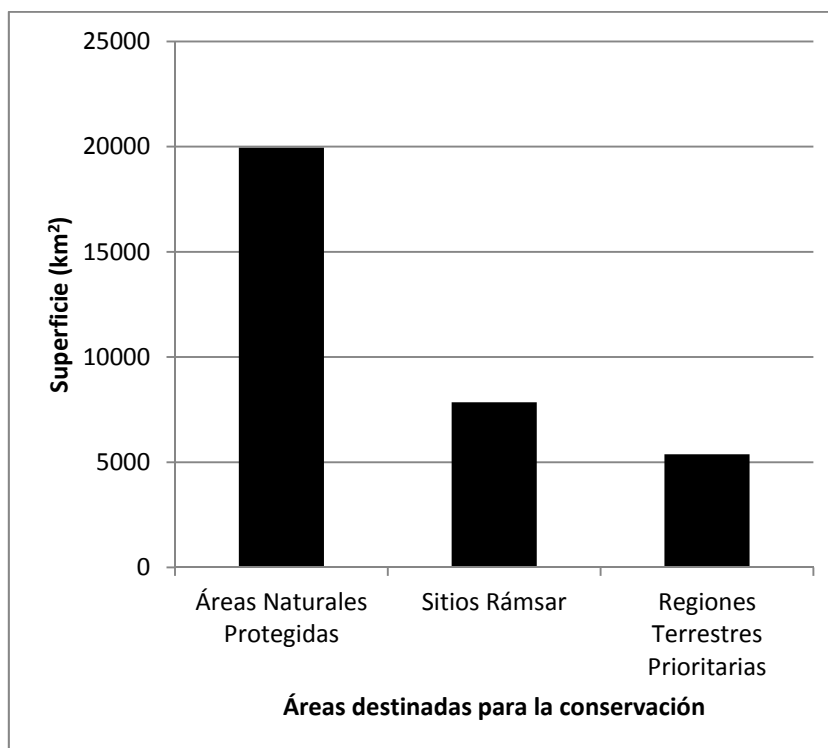


Figura 9. Superficie de la distribución potencial actual de puma incluida en las áreas destinadas para la conservación en la península de Baja California.

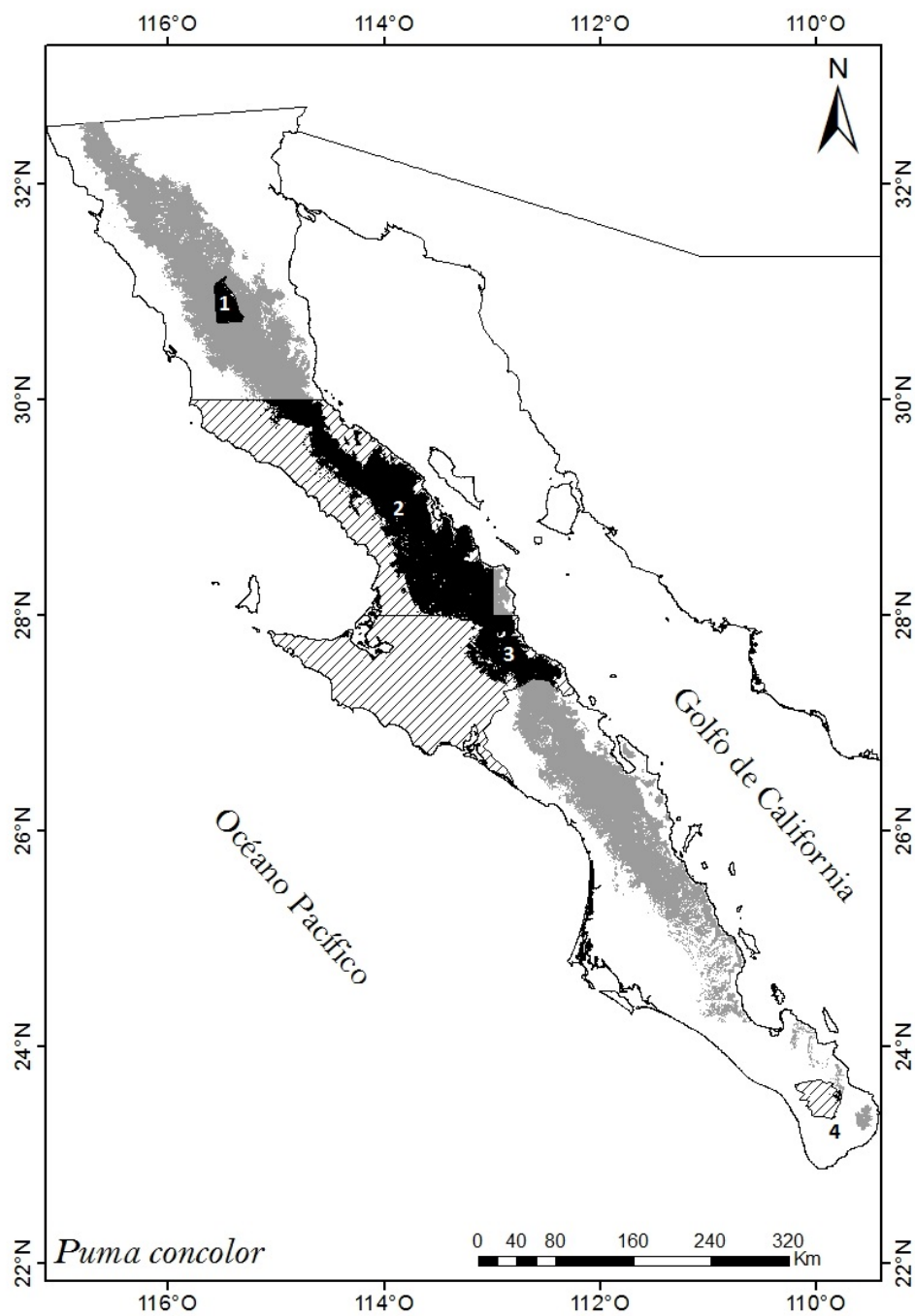


Figura 10. Distribución potencial actual del puma (tono claro) representada en las Áreas Naturales Protegidas en la península de Baja California (tono oscuro). Área achurada: 1 Parque Nacional Sierra San Pedro Mártir; 2 Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios; 3 Reserva de la Biosfera El Vizcaíno; 4 Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna.

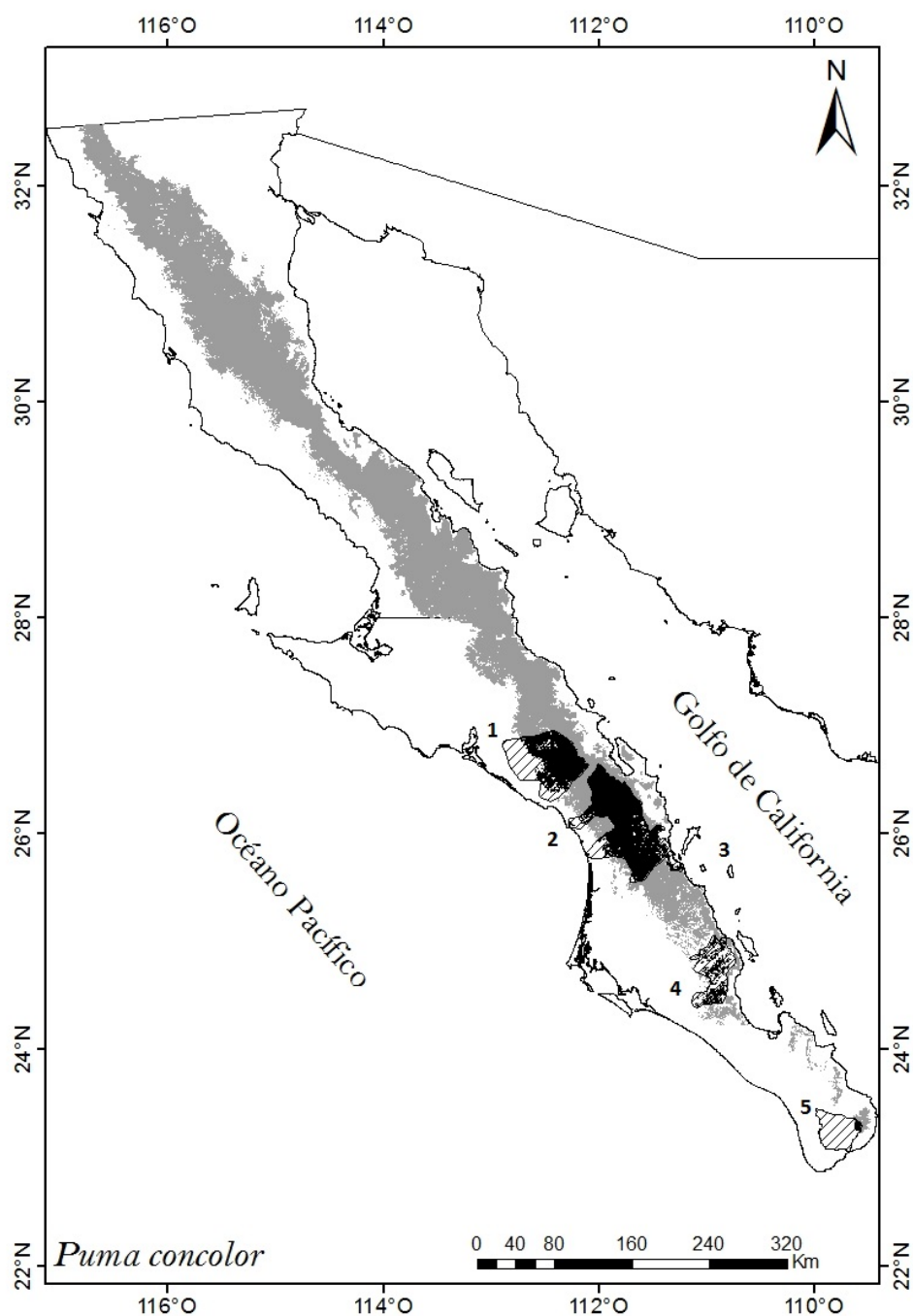


Figura 11. Distribución potencial actual del puma (tono claro) representada en los Sitios Ramsar en la península de Baja California (tono oscuro). Área achurada: 1 Humedal de la Sierra de Guadalupe; 2 Humedal Los Comondú; 3 Oasis de la Sierra de la Giganta; 4 Oasis de la Sierra El Pilar; 5 Sistema Ripario Cuenca y Estero de San José del Cabo.

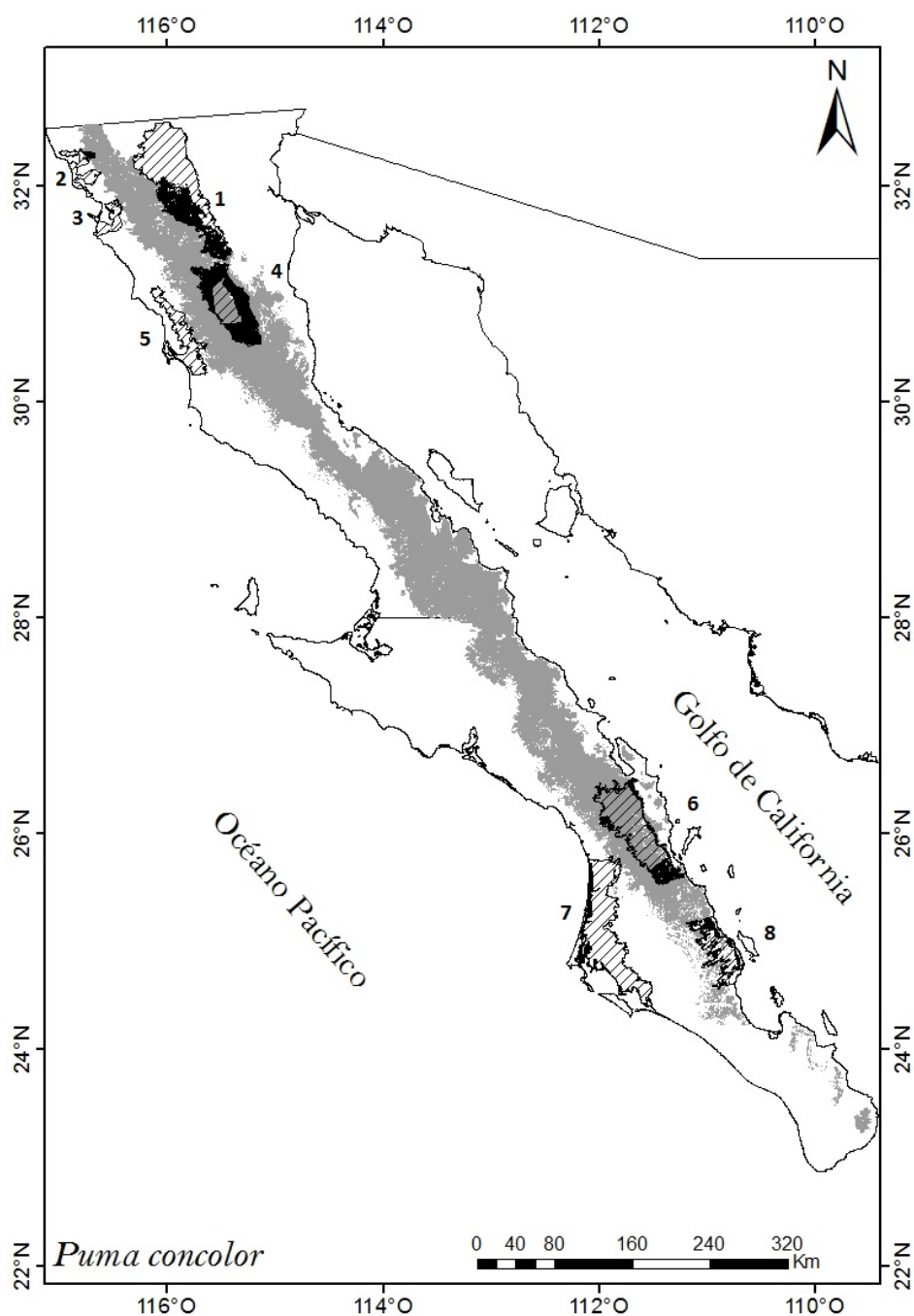


Figura 12. Distribución potencial actual del puma (tono claro) representada en las Regiones Terrestres Prioritarias en la península de Baja California (tono oscuro). Área achurada: 1 Sierra Juárez; 2 Santa María-El Descanso; 3 Punta Banda-Eréndira; 4 Sierra de San Pedro Mártir; 5 San Telmo-San Quintín; 6 Sierra La Giganta; 7 Planicies de Magdalena; 8 Sierra El Mechudo.

7.4. Distribución potencial actual del puma en Sierra La Giganta

Con base en el modelo de nicho ecológico, se calculó que la distribución geográfica potencial del puma actualmente es aproximadamente 21,571 km² en Sierra La Giganta, lo que equivale al 96% de la distribución potencial en el estado y al 27% de la superficie de Baja California Sur. De igual manera el modelo nos indica que posiblemente la especie se distribuye en el conjunto de elevaciones que van desde la Sierra de San Francisco hasta la Sierra de San Juan de la Costa, al norte del Itzmo de La Paz (Figura 13).

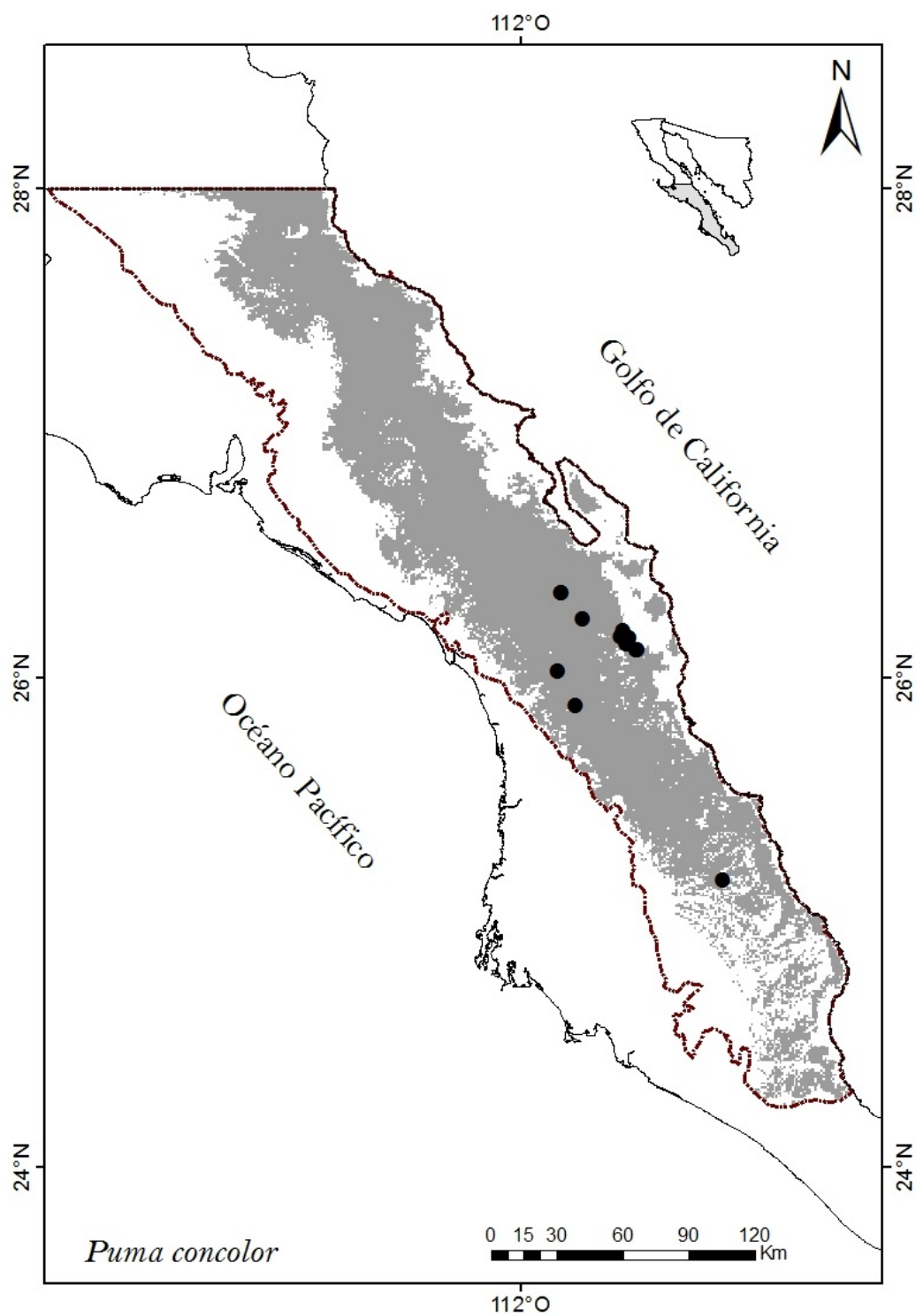


Figura 13. Distribución geográfica potencial actual (gris) del puma en Sierra La Giganta (línea punteada). Registros obtenidos de 2011 a 2013 (círculos negros).

7.5. Distribución potencial actual del puma en relación a la altitud y la pendiente en Sierra La Giganta

El intervalo de altitud que presentó la mayor superficie de la distribución potencial actual del puma en Sierra La Giganta fue entre 200 y 400 m (7,736 km²), seguido por el de 400 a 600 m (6,236 km²), en el mismo sentido, el modelo mostró que las condiciones ecológicas para que la especie se distribuya es hasta los 1,600 m (figuras 14 y 15). Cabe mencionar que el intervalo de 0 a 200 m no muestra diferencia con respecto al de 600 a 800 m. Como puede observarse, el puma cubre un amplio intervalo de altitud, sin embargo a mayor altitud, la distribución del puma disminuye.

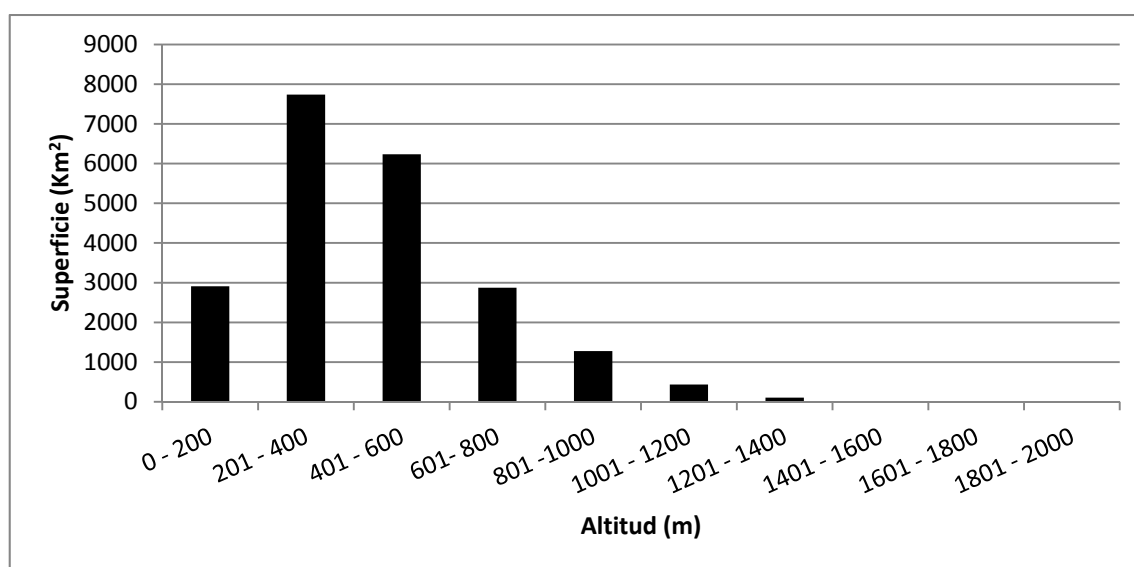


Figura 14. Distribución potencial actual de puma en relación a la altitud en Sierra La Giganta.

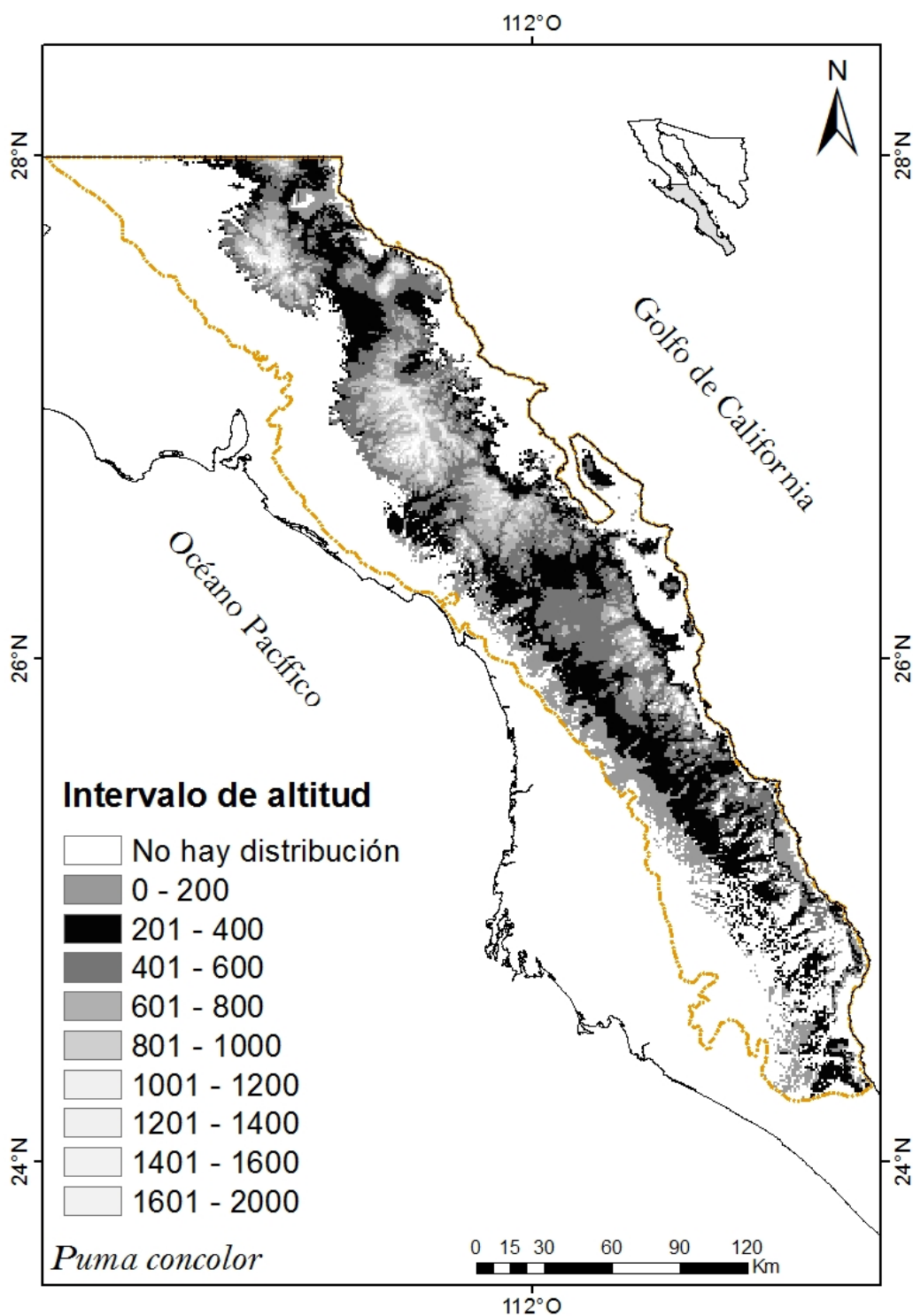


Figura 15. Distribución potencial actual de puma según la altitud en Sierra La Giganta. Los tonos oscuros muestran los intervalos en los que la distribución potencial de la especie tiene mayor posibilidad de ocurrencia.

Por otro lado, con base en el análisis del modelo de distribución geográfica potencial en relación a la pendiente en Sierra La Giganta, se puede apreciar que existe una relación inversa entre la distribución potencial del puma y ésta, pues la posibilidad de distribución de la especie se reduce a medida que se incrementa la pendiente, dado que el intervalo que presentó la mayor posibilidad de distribución de la especie (i.e. mayor superficie) fue el de 0 a 10%, contrario a las zonas con 40 a 50% de pendiente, las cuales presentaron la menor posibilidad de distribución de la especie en cuestión (Figura 16).

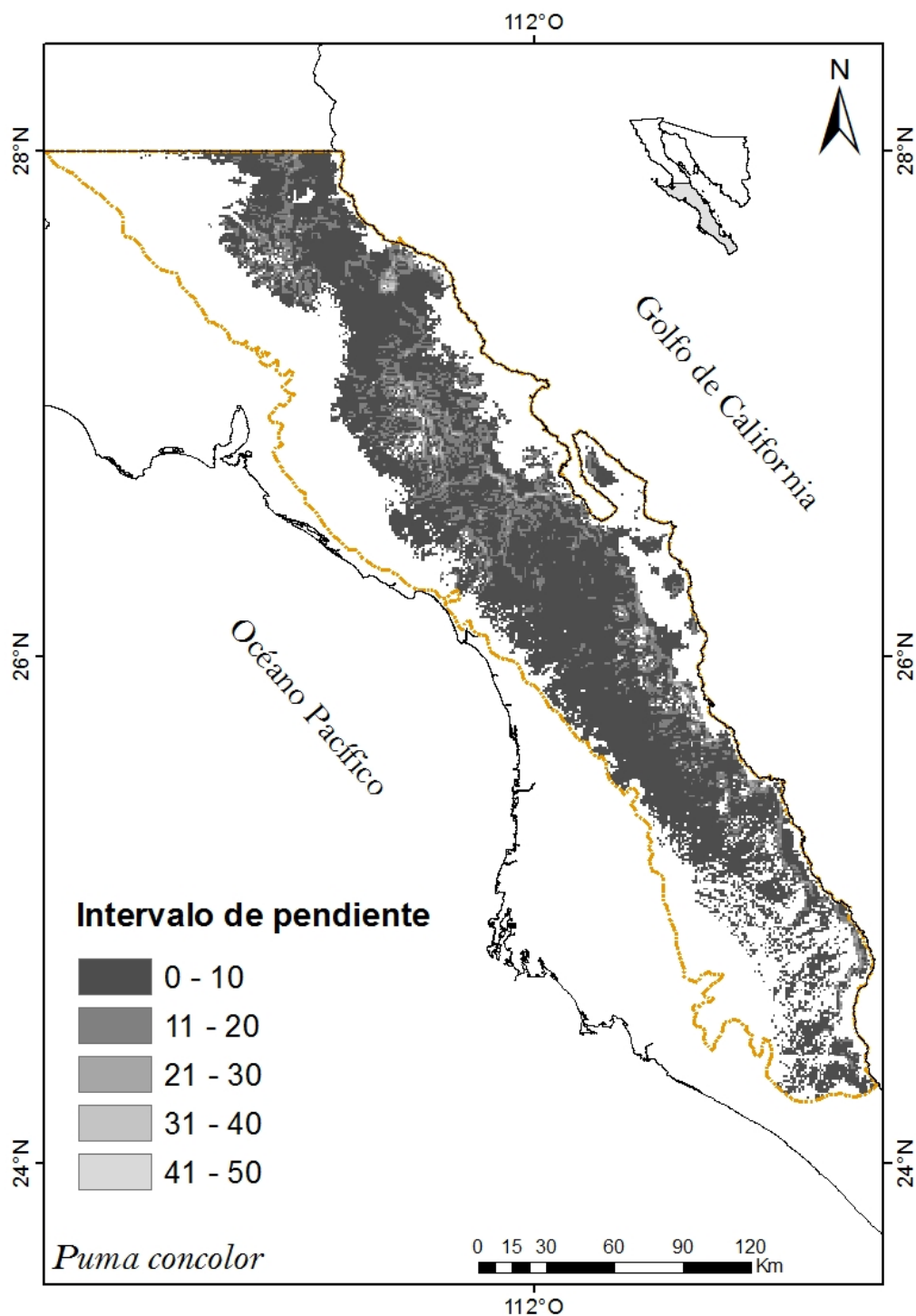


Figura 16. Distribución potencial actual del puma en Sierra La Giganta (línea punteada) respecto a la pendiente.

Los tonos más oscuros muestran el intervalo de pendiente en el que la distribución potencial actual del puma tiene mayor superficie, contrario a los tonos más claros en los que la distribución potencial de la especie tiene menor superficie.

7.6. Relación de la distribución potencial actual del puma con sus presas potenciales en Sierra La Giganta

Del total de registros de puma que se obtuvieron en la zona de estudio se pudo observar que el 100% (n=20) coincidieron con la presencia de cabra y el 55% (n=11) con la presencia de venado. En cuanto a las demás presas potenciales, no se tuvo evidencia en campo relacionada con la presencia de puma.

Con base en la sobreposición de los mapas de distribución potencial de cada una de las especies, se determinó la superficie de traslape entre la distribución del puma y cada una de sus presas potenciales (figuras 17- 22). De acuerdo a esto, la especie con la que el puma comparte la mayor superficie de distribución potencial es el conejo matorralero, seguido de la liebre de california y el venado bura (Tabla IV).

Tabla IV. Distribución potencial de las posibles presas que coincide con la distribución potencial actual del puma.

Presa potencial	Distribución potencial que coincide con puma (km²)	Proporción respecto a la de puma (%)
Conejo del desierto	8,675.6	40
Cabras	9,985.8	46
Borrego cimarrón	12,073.5	56
Venado bura	19,907.1	92
Liebre	19,920.9	92
Conejo matorralero	20,427.8	95

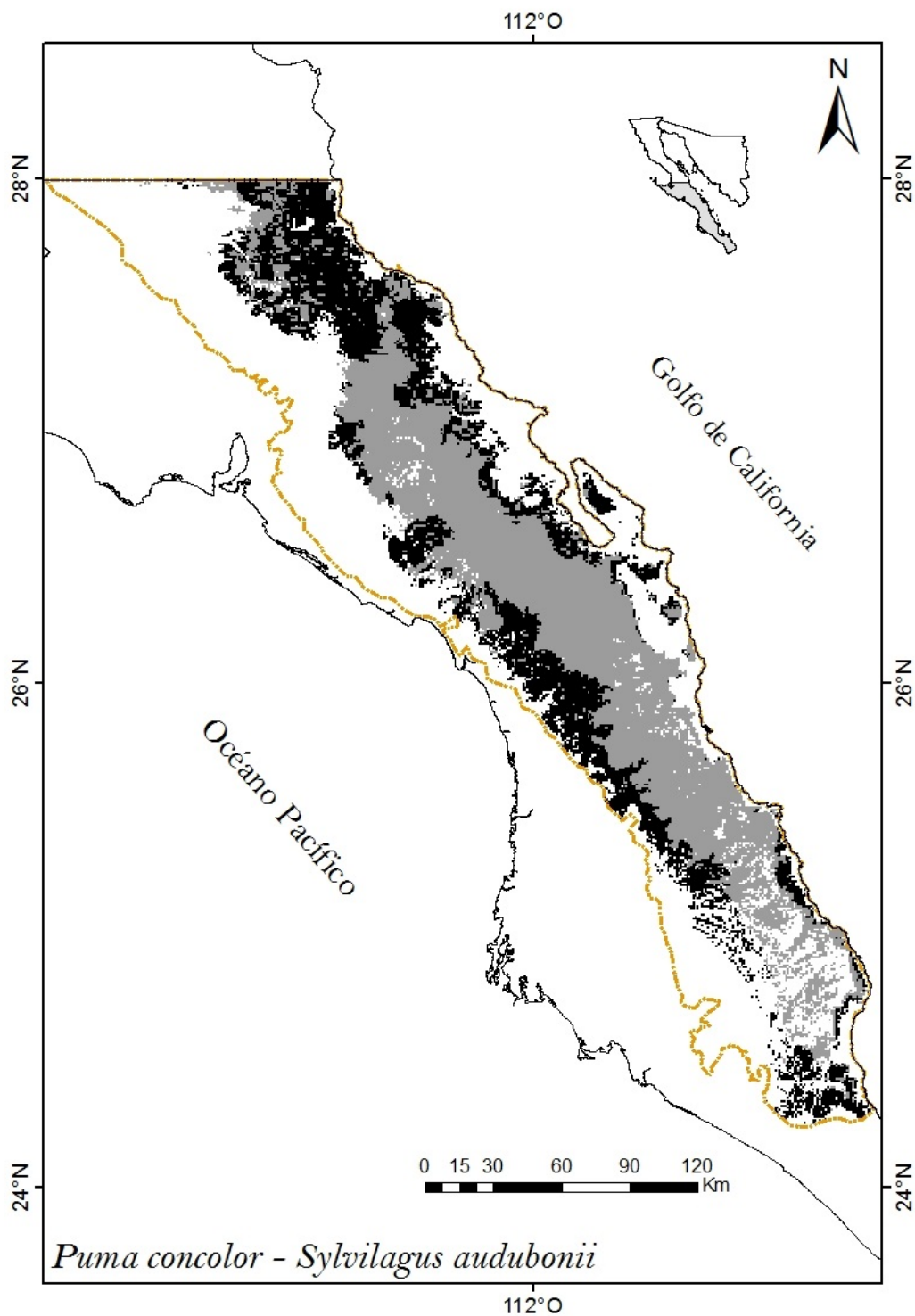


Figura 17. Sobreposición de la distribución potencial de conejo del desierto (oscuro) con la del puma (claro) en Sierra La Giganta (línea punteada).

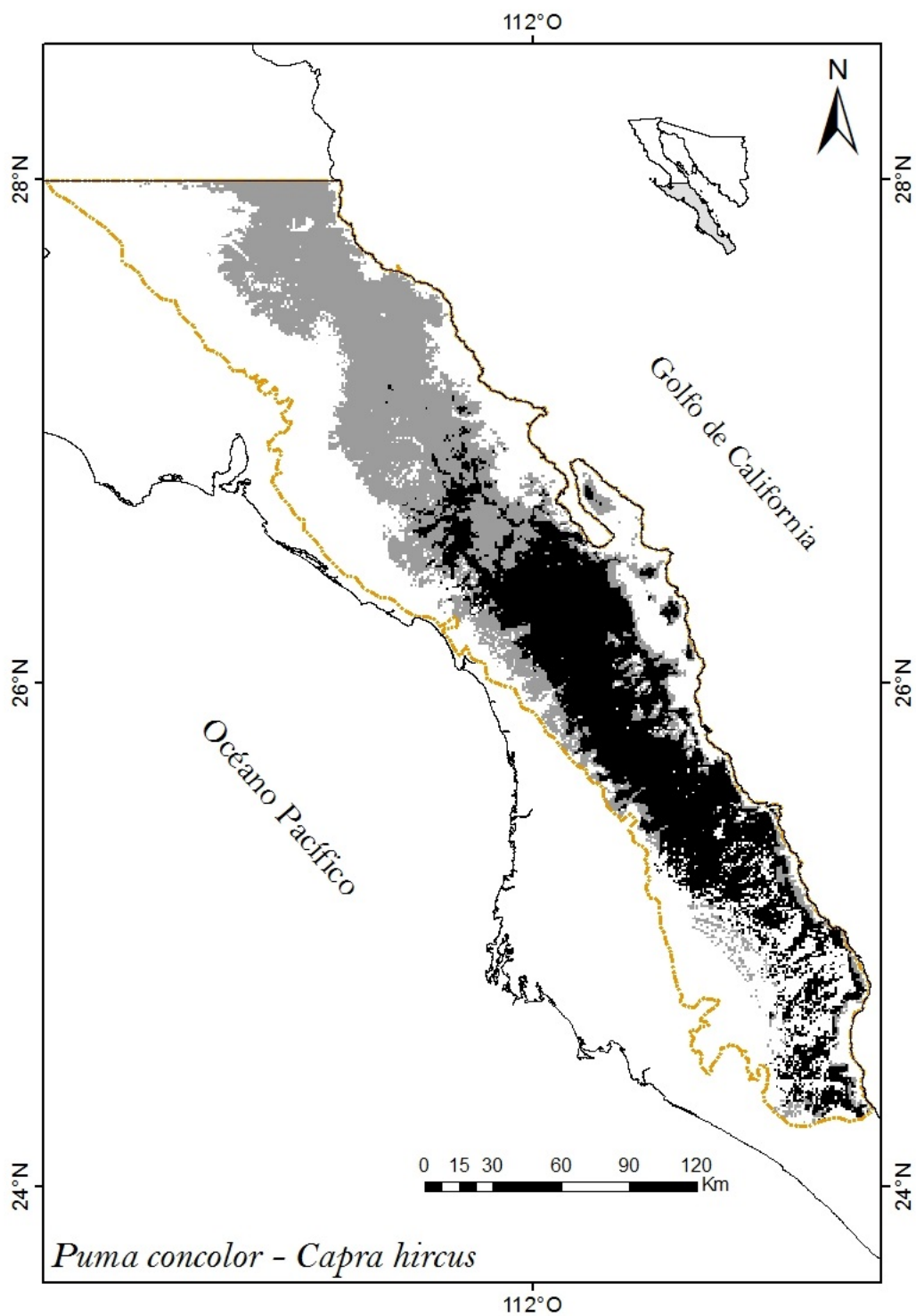


Figura 18. Sobreposición de la distribución potencial de cabra (oscuro) con la de puma (claro) en Sierra La Giganta (línea punteada).

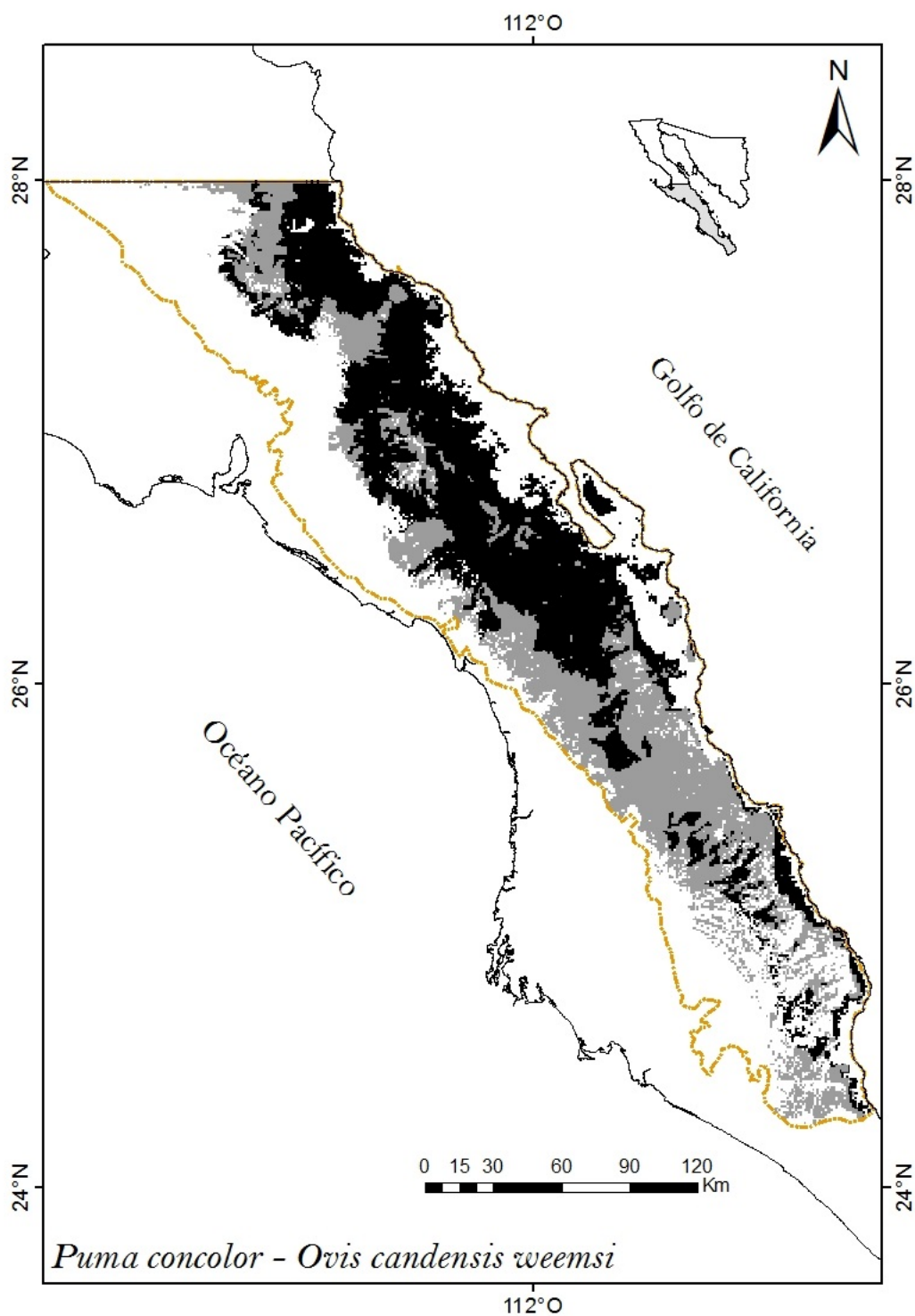


Figura 19. Sobreposición de la distribución potencial de borrego cimarrón (oscuro) con la de puma (claro) en Sierra La Giganta (línea punteada).

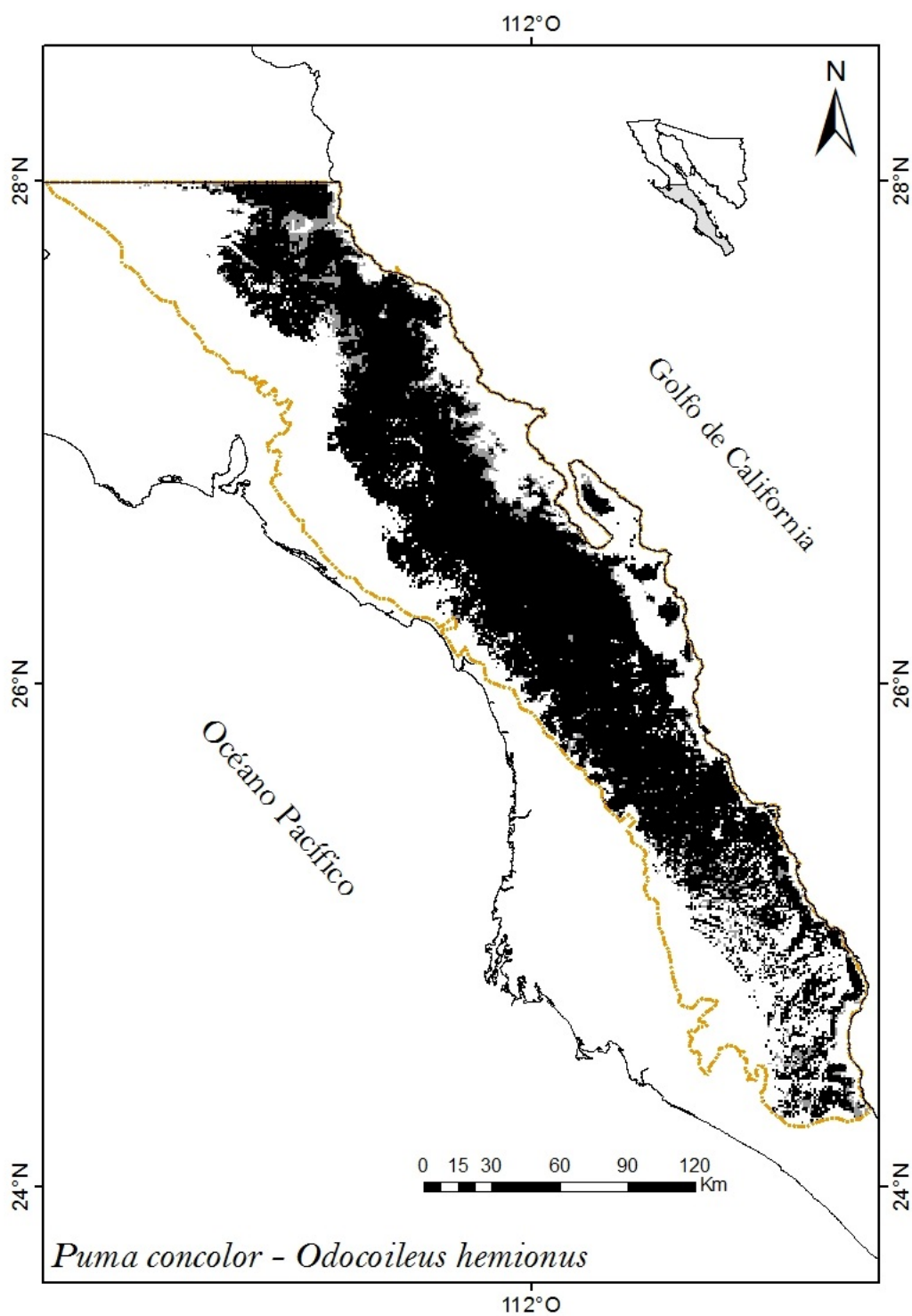


Figura 20. Sobreposición de la distribución potencial de venado bura (oscuro) con la de puma (claro) en Sierra La Giganta (línea punteada).

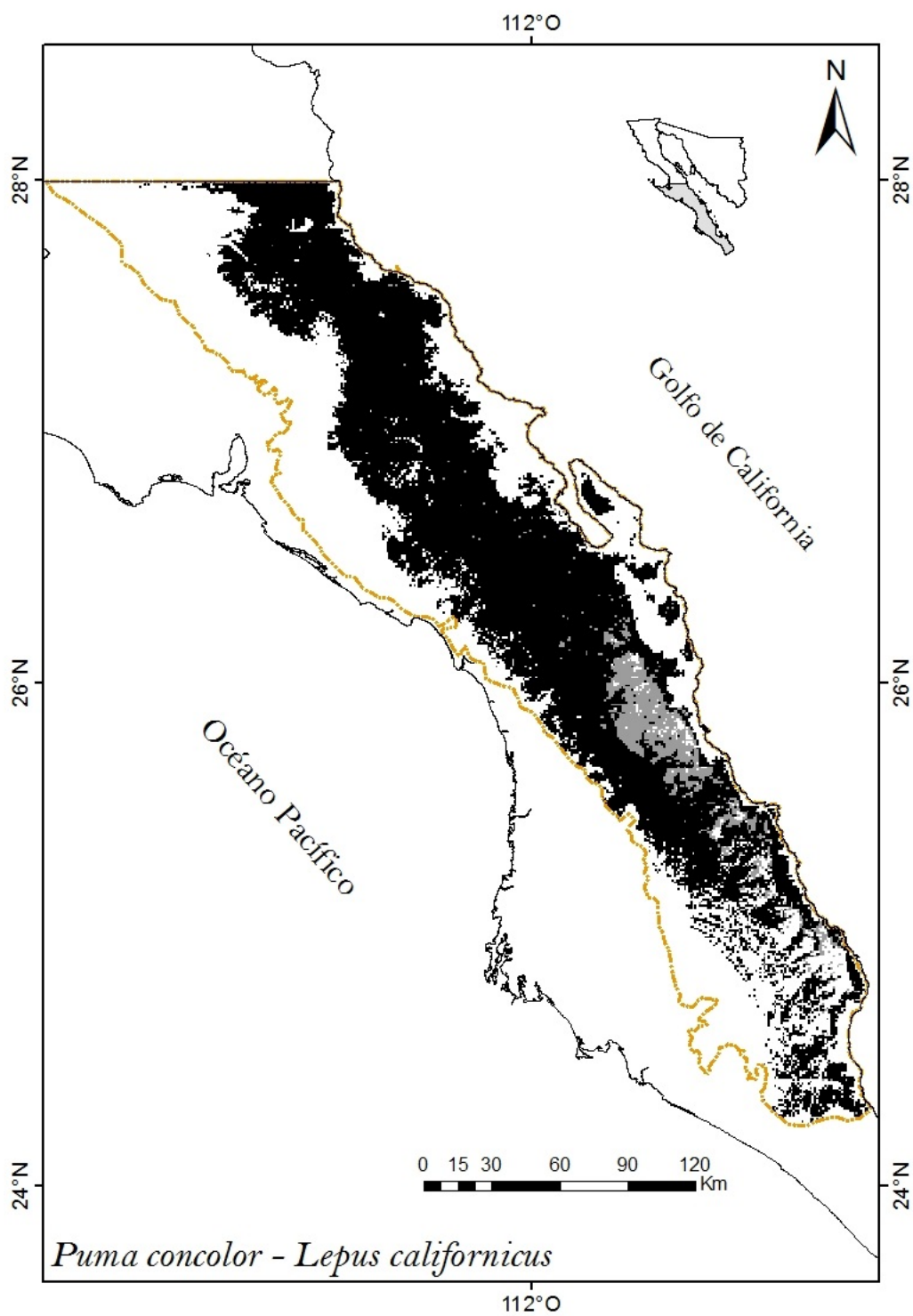


Figura 21. Sobreposición de la distribución potencial de liebre (oscuro) con la de puma (claro) en Sierra La Giganta (línea punteada).

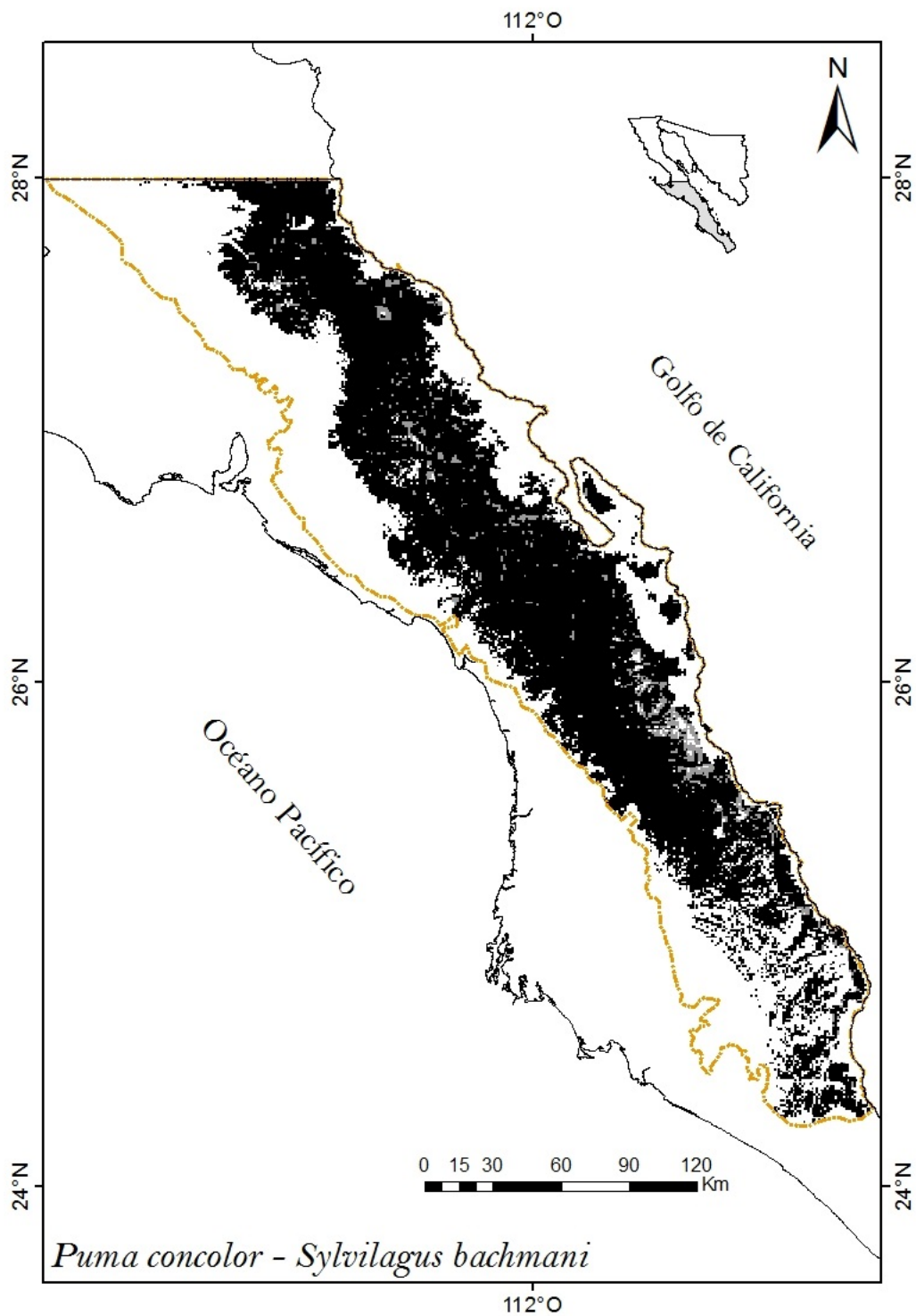


Figura 22. Sobreposición de la distribución potencial de conejo matorralero (oscuro) con la de puma (claro) en Sierra La Giganta (línea punteada).

7.7. Distribución potencial del puma en relación a las actividades antrópicas

Los resultados muestran que en Baja California Sur la superficie de la distribución geográfica potencial actual del puma que ocupan las localidades es de 14,680 km² (aproximadamente 65%) (Figura 23).

Por otra parte, considerando que existe comunicación entre las localidades y que cada una ejerce la ganadería extensiva para venta de carne, leche o sus derivados como actividad productiva principal, se calculó el área de influencia de las 931 localidades presentes en Sierra La Giganta, la cual es aproximadamente de 6,496 km², que representa el 11% de la distribución geográfica potencial actual del puma (Figura 24).

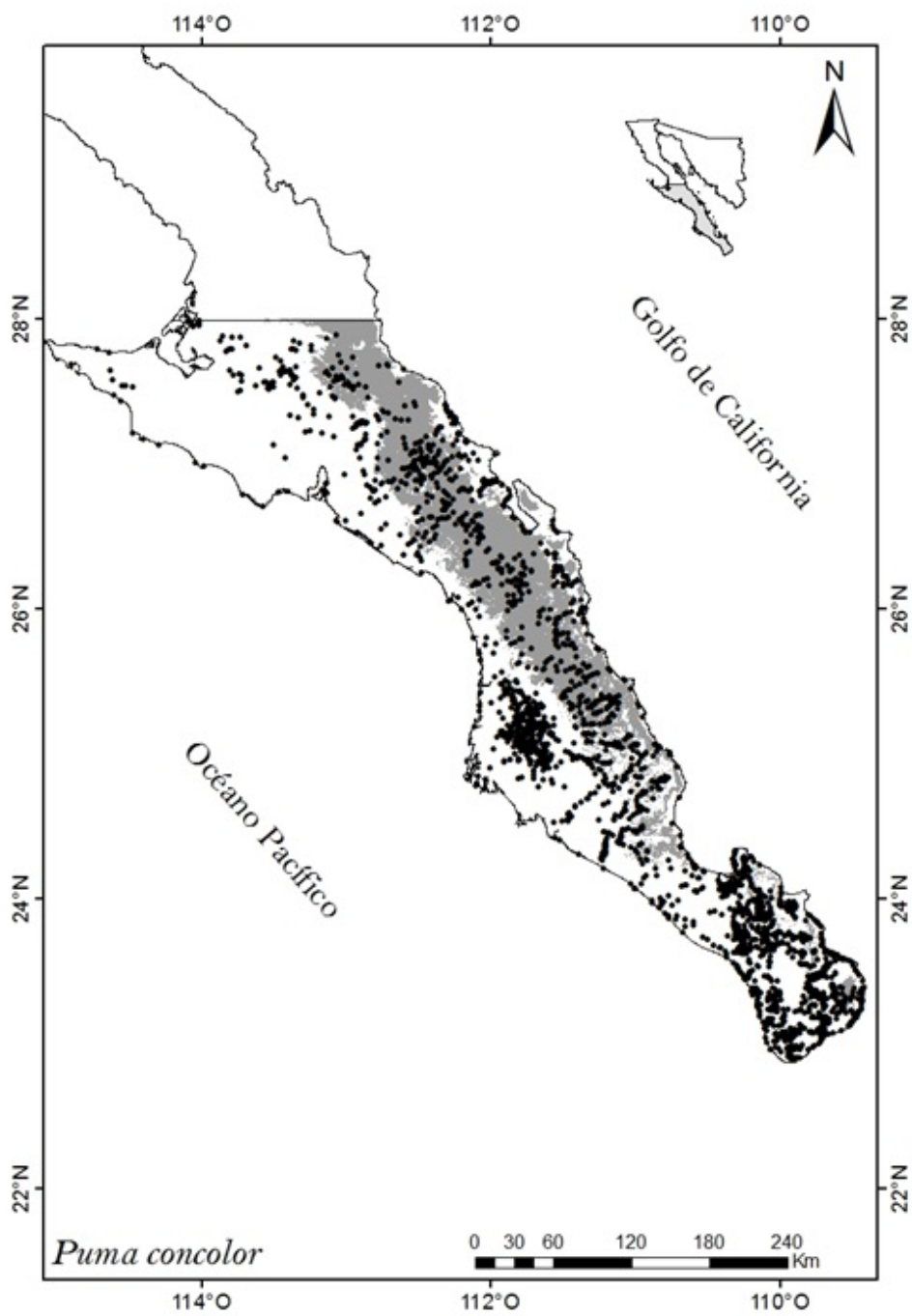


Figura 23. Zona de influencia (círculos negros) de las localidades en Baja California Sur. En gris se muestra la distribución potencial actual del puma en el estado.

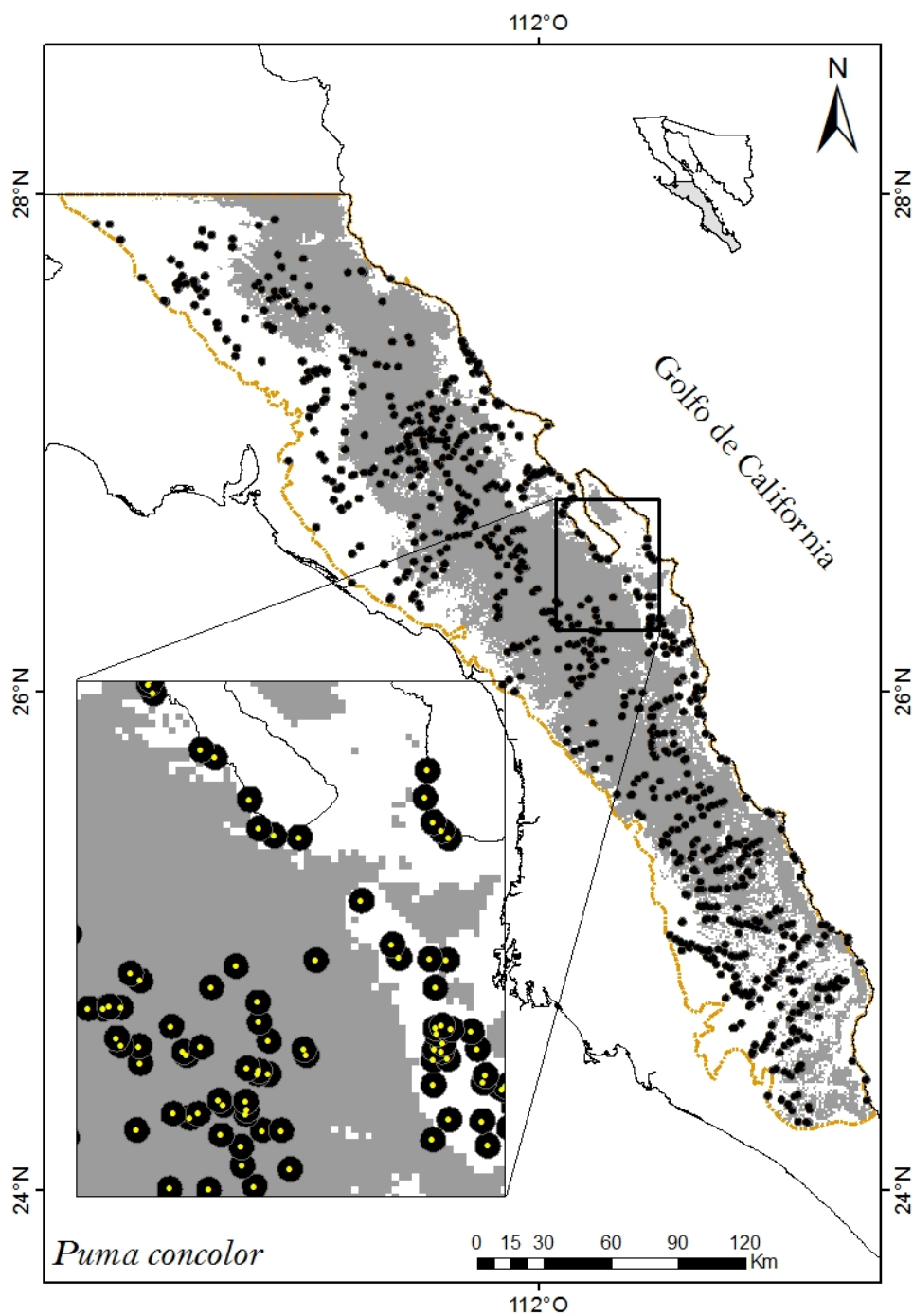


Figura 24. Zona de influencia (círculos negros) de las actividades productivas en el área de distribución geográfica potencial del puma (gris) en Sierra La Giganta (línea punteada).

7.8. Utilización de los cuerpos de agua por los pumas en Sierra La Giganta

Los datos obtenidos de las trampas cámara muestran que los pumas acuden a los cuerpos de agua que se localizan en la zona de estudio, sin embargo, debido a lo reducido del tamaño de muestra, no es posible establecer si el motivo principal es el uso del recurso agua.

7.9. Índice de abundancia relativa del puma

El esfuerzo de muestreo en la zona de enero de 2011 a mayo de 2013 fue de 6,672 días trampa. En total se analizaron en total 20,662 fotografías, de éstas sólo se obtuvieron 87 registros válidos de puma (Tabla V). Ninguna de las fotografías permitió diferenciar entre individuos debido a que no se observó el cuerpo completo del animal o por lo alejado de la fotografía (figura 25 a y b), esto evitó el poder detectar alguna señal en particular de los individuos fotografiados, no obstante, se pudo distinguir el sexo en algunos casos (figura 25 c). Cabe mencionar que septiembre de 2012 no se incluyó en los análisis debido a que las tormentas que se presentaron ocasionaron la pérdida de las trampas cámara y la información contenida en éstas.

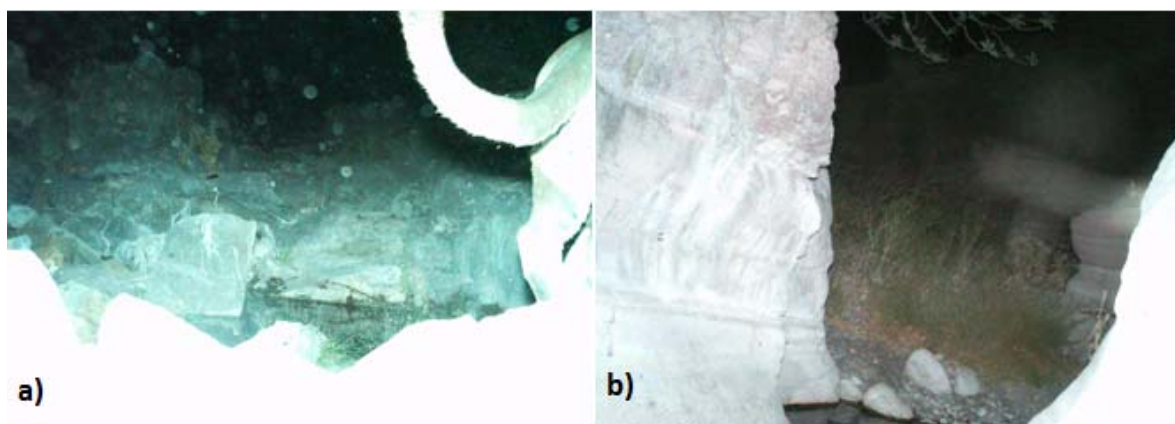




Figura 25. Fotografías de puma obtenidas en Sierra La Giganta.

a) muestra una parte del individuo. b) individuo fotografiado a lo lejos. c) macho captado por las trampas cámara en la zona de estudio.

En cuanto a la abundancia relativa, ésta fluctuó mensualmente durante cada año de muestreo (figuras 26 a 28), en 2011 el mes con el mayor número de individuos fue junio (4.8), mientras que el mes con la menor abundancia fue diciembre (0). En 2012, los meses de mayor abundancia fueron junio y diciembre (3.8 y 3.9, respectivamente) y los de menor abundancia fueron octubre y noviembre (0 en ambos). En 2013 marzo registró la mayor abundancia (1) mientras que abril y mayo presentaron la menor (0 en ambos). La abundancia relativa promedio registró el máximo (1.6) en 2012, mientras que en 2013 se registró el mínimo (0.3).

Por otro lado, en 2011 durante los meses de mayor precipitación y temperatura (agosto a octubre), la abundancia relativa presentó una relación inversa, pues conforme aumentaban ambas variables climáticas, la abundancia relativa disminuyó (Figura 29). En 2012, la relación con dichas variables fue similar a la de 2011, excepto que debido a las lluvias no se tuvieron registros de puma para el mes de mayor precipitación (septiembre) (Figura 30). En 2013, el mes en el que se obtuvo la mayor abundancia relativa (marzo) coincide con el mes en que hubo una disminución en la precipitación y aumento de temperatura (Figura 31).

Tabla V. Registros de puma obtenidos mediante las trampas cámara e índice de abundancia relativa (IAR).

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2011												
Total cámaras funcionando	10	9	10	11	11	10	10	11	10	11	10	11
Días operación	167	213	273	237	231	230	232	275	255	241	273	296
Total fotos	356	669	409	1549	1361	1092	962	700	1090	763	408	380
Total visitas	4	1	2	4	4	11	2	3	2	1	2	0
IAR	2.4	0.5	0.7	1.7	1.7	4.8	0.9	1.1	0.8	0.4	0.7	0
2012												
Total cámaras funcionando	14	13	14	14	14	12	9	12	--	6	4	7
Días operación	405	320	389	386	372	260	164	242	--	169	53	129
Total fotos	713	730	1537	2413	634	114	47	77	--	63	79	231
Total visitas	3	5	4	3	10	10	5	1	--	0	0	5
IAR	0.7	1.6	1.0	0.8	2.7	3.8	3.0	0.4		0.0	0.0	3.9
2013												
Total cámaras funcionando	9	11	12	6	2							
Días operación	220	308	312	115	5							
Total fotos	339	1724	1048	1138	36							
Total visitas	1	1	3	0	0							
IAR	0.5	0.3	1.0	0	0							

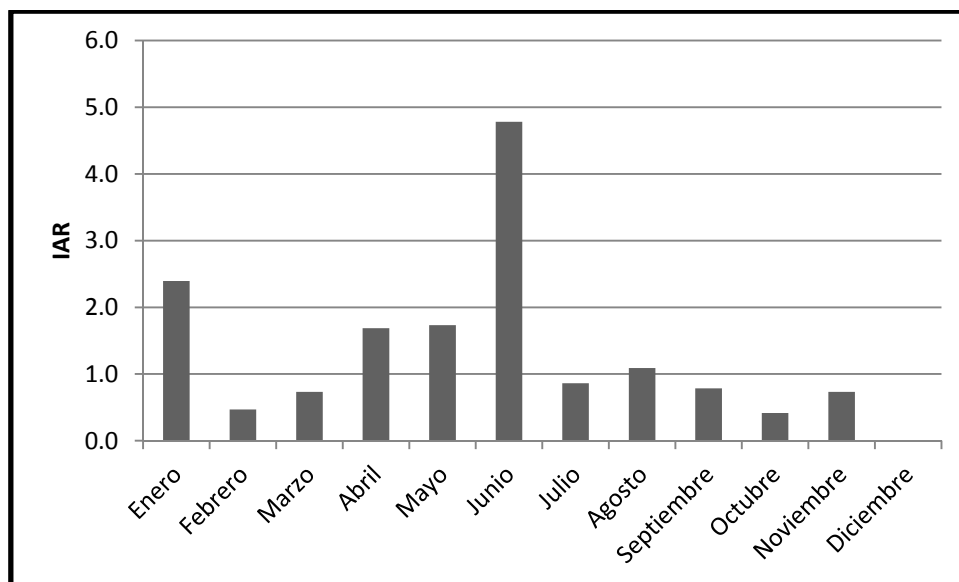


Figura 26. Índice de abundancia relativa (IAR) del puma durante 2011.

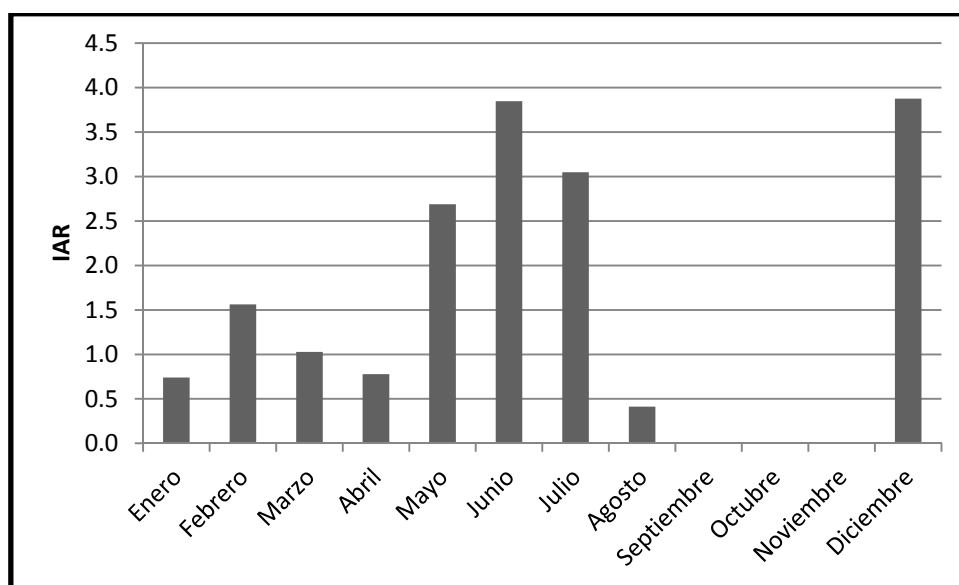


Figura 27. Índice de abundancia relativa (IAR) del puma durante 2012.

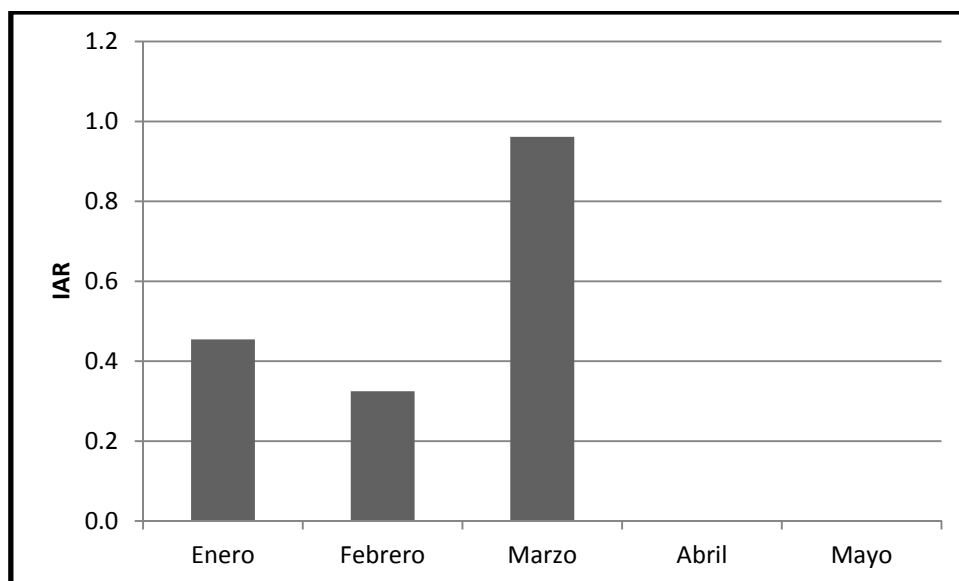


Figura 28. Índice de abundancia relativa (IAR) del puma de enero a mayo de 2013.

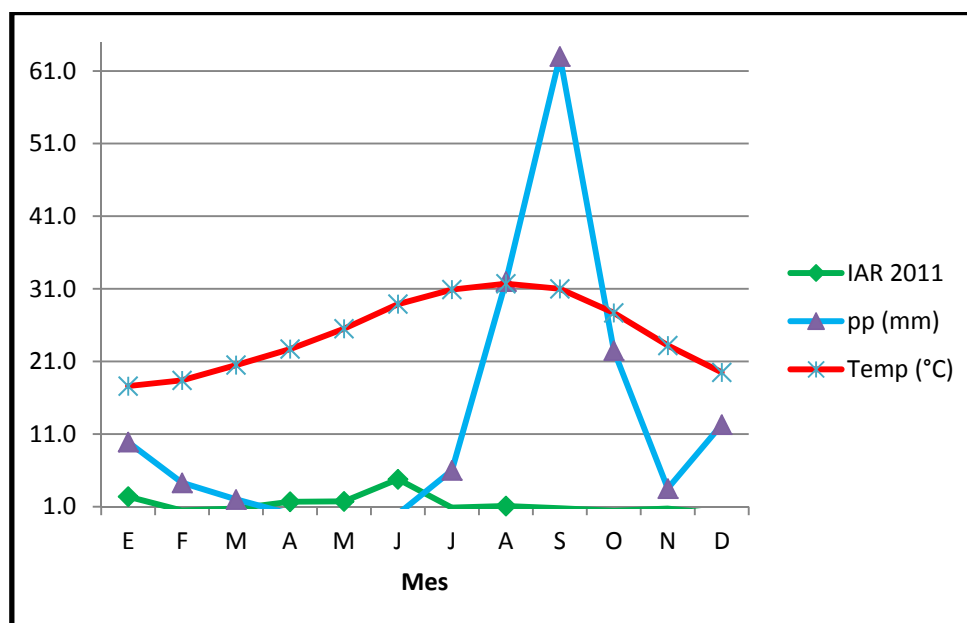


Figura 29. Índice de abundancia relativa (IAR) del puma en 2011 respecto a la precipitación y temperatura.

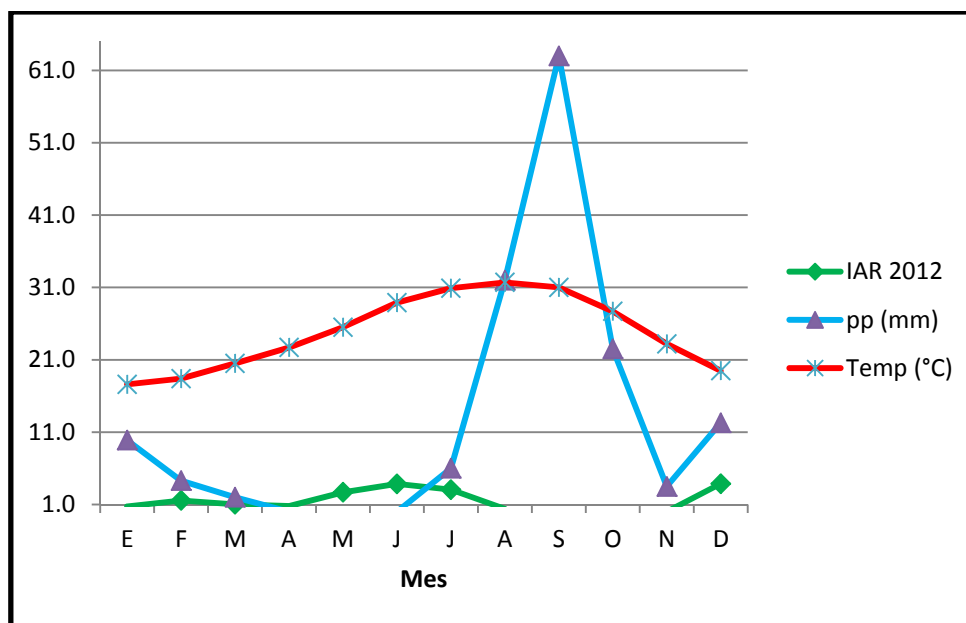


Figura 30. Índice de abundancia relativa (IAR) del puma en 2012 respecto a la precipitación y temperatura.

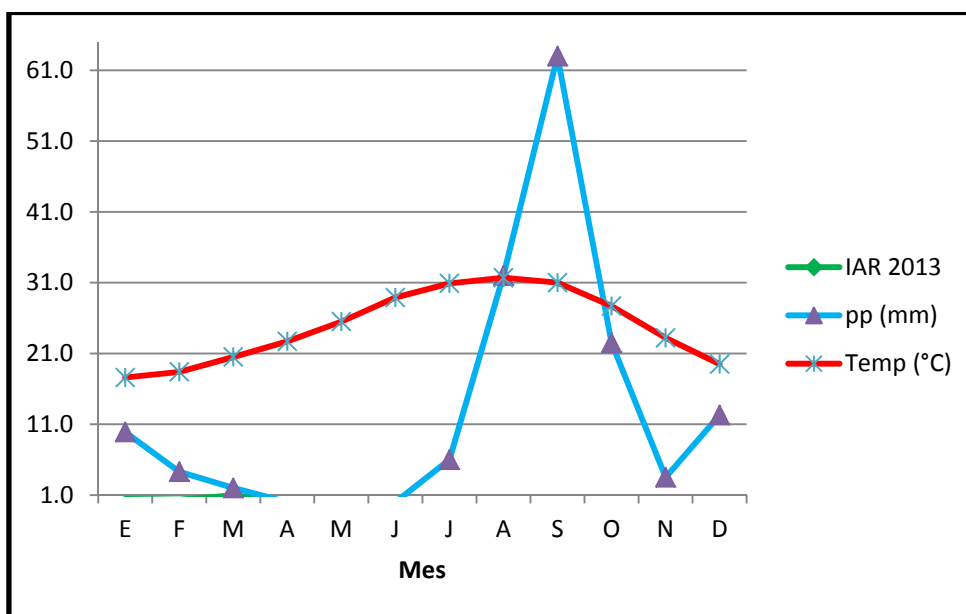


Figura 31. Índice de abundancia relativa (IAR) del puma en 2012 respecto a la precipitación y temperatura.

8. DISCUSIÓN

8.1. Obtención de registros

Si bien las colecciones científicas albergan el acervo de información primaria para generar el conocimiento de la diversidad biológica y su distribución geográfica (Sánchez-Cordero et al., 2001), la falta de datos básicos, como la localidad o las coordenadas de registro, reduce la posibilidad de que los análisis sean representativos de la región en la que la especie fue registrada. En este estudio, a pesar de la información con que se contó, se obtuvieron registros de las especies de interés que no contaban con información como la localidad ni la coordenada de registro, por lo que no fueron considerados para el análisis. Por ello es importante que exista una cooperación entre colecciones, pues al compartir la vasta información se crearía una red de conocimiento masivo con la cual podrían llevarse a cabo nuevos estudios de la biodiversidad (Stockwell y Peters, 1999). Es por esto que es necesario mantener actualizadas las colecciones científicas, pues los datos asociados a los registros como la fecha y la localidad son importantes para el análisis de la información.

Los registros más antiguos de todas las especies obtenidos en las bases de datos datan desde principios del siglo XX. De esto se puede inferir que no existe un sistema que recabe la información generada por los organismos acreditados por la autoridad competente, como las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS), en el cual se incluyan los registros los especímenes cazados recientemente (de manera legal), sobre todo en lo que se refiere a especies como el puma que requieren un permiso especial para ser cazadas.

En relación al registro histórico del puma de la localidad de Cabo San Lucas, ubicado en el extremo sur de la península, se encuentra en zonas que han sido fuertemente modificadas por actividades antrópicas como la creación de centros turísticos y otras áreas urbanas, por lo que su presencia en la actualidad es poco probable, debido a la alteración del hábitat, ya que es una especie que evita los encuentros con los humanos (Currier, 1983).

De acuerdo a los registros obtenidos de El Vizcaíno (del año 1936), Cabo San Lucas (de 1964) y Bahía de Santa Inés (sin año), los cuales se encuentran en altitudes de 26, 61 y 66 m respectivamente, se infiere que el puma podía encontrarse desde el nivel del mar hasta las partes altas de las sierras, cubriendo así mayor superficie. No obstante, por el incremento de la población humana y, por ende, de sus actividades productivas, así como por la modificación del hábitat relacionada con éstas, actualmente es poco probable encontrar pumas en dichas localidades, debido a que la pérdida de las condiciones ecológicas de los hábitats naturales conlleva a la pérdida de la diversidad biológica (Sánchez-Cordero et al., 2001).

8.2. Distribución potencial histórica del puma

El modelo de distribución potencial histórica obtenida coincide en general con lo que mencionan diversos autores (Huey, 1964; Hall, 1981; Galina et al., 1991; Álvarez-Castañeda y Patton, 2000; Álvarez-Castañeda et al., 2008), quienes establecen que al puma se le encontraba indiscriminadamente en toda la península de Baja California. Sin embargo, el modelo de nicho no predice la distribución potencial histórica en zonas como la Región del Cabo (aun existiendo un registro histórico en Cabo San Lucas), la planicie de Magdalena, la costa del golfo de California en las zonas más altas de Sierra La Giganta, en Santa Inés y en Vizcaíno, en Baja California Sur, asimismo, en Baja California, al suroeste de Sierra de San Pedro Mártir, en la costa del Pacífico y al noreste de la Sierra Juárez.

Con base en lo anterior pueden existir varias explicaciones acerca de la diferencia entre la distribución potencial histórica y lo publicado anteriormente, entre ellas puede mencionarse la autenticidad de los registros históricos obtenidos de las colecciones científicas, en los que no se especifica cómo fue registrado el puma; es decir, se sabe que son animales territoriales que cubren grandes áreas de actividad (Currier, 1983) y que anteriormente se encontraban en toda la península (Huey, 1964; Hall, 1981; Galina et al., 1991; Álvarez-Castañeda y Patton, 2000; Álvarez-Castañeda et al., 2008), por lo que es posible que el registro de la especie se haya hecho cuando el animal se desplazaba de un

lugar a otro y no precisamente que habitara en dicho lugar, prestándose a interpretaciones subjetivas.

Cabe mencionar que, según los habitantes de la región, el puma aún podría encontrarse en algunos sitios de Sierra La Laguna, en la Región del Cabo, no obstante, con el antecedente de que en el año de 1950, el gobernador en turno de Baja California Sur ofreció una recompensa económica por cada puma muerto que le llevaran con tal de reducir los daños que ocasionados al ganado (Galina et al., 1988), es factible inferir que el puma haya sido extirpado de Sierra La Laguna pues aunque Arnaud et al. (2012) mencionan que durante 2007 y 2008 se encontraron siete excretas, durante 2010 y 2011, después de realizar un muestreo con trampas cámara en diversos sitios del bosque, no se observó ningún puma en las fotografías recabadas (Arnaud et al., 2012).

8.3. Distribución potencial actual del puma

En cuanto a la distribución potencial actual del puma en la península de Baja California, se extiende longitudinalmente de noroeste a sureste, a través de las diferentes sierras. Dicha distribución sigue siendo consistente con la reportada históricamente, sin embargo se encuentra restringida ahora a las partes altas de las sierras, pues, de acuerdo a los registros actuales obtenidos, el de menor altitud se presentó a los 190 m., en Sierra La Giganta. Álvarez-Castañeda et al. (2008) menciona que debido a la imperante alusión del puma a la mortalidad del ganado, su distribución se ha visto reducida a los lugares más inhóspitos de las sierras y posiblemente ha sido extirpado de la Región del Cabo, en Sierra La Laguna, ya que recientemente no se han encontrado rastros (Arnaud et al., 2012).

Al comparar las predicciones en la distribución, el puma ha perdido el 30% de su distribución en la península acentuándose más en la costa del pacífico. Es importante señalar que en ambas predicciones se considera Sierra La Trinidad, en la región del cabo, como hábitat potencial para la presencia de puma, aún cuando no se tienen registros actuales en dicha región, lo cual podría considerarse en la elaboración de futuros planes de manejo o reintroducción de la especie.

Cabe mencionar que este es el primer estudio en la península de Baja California acerca de la distribución del puma, por lo que la única referencia con la que se podría comparar la distribución potencial actual de este estudio es la realizada por Ceballos et al. (2006), la cual predice hábitat potencial en la mayor parte de la península de Baja California, abarcando en su mayoría las zonas costeras del pacífico en Baja California Sur, entre las que se encuentran la región del cabo, las Planicies de Magdalena y Vizcaíno, y cubriendo Valle de los Cirios, parte de las sierras San Pedro Mártir y Juárez y la costa del pacífico hacia Ensenada y Tijuana, en Baja California. Sin embargo, es necesario aclarar que dicha distribución podría estar sobreestimada, pues algunas zonas como Los Cabos, La Paz, Ensenada y Tijuana han sido fuertemente modificadas por actividades antrópicas y las condiciones actuales no son aptas para la presencia de la especie. Esta discrepancia puede deberse a la temporalidad de los registros usados en la modelación, pues estos pueden mermar la precisión de los modelos de distribución (Scott et al., 1993).

8.3.1. Inclusión en áreas protegidas

De la inclusión de la superficie en las áreas destinadas para la conservación se puede inferir que es necesario dirigir más esfuerzos hacia la conservación del hábitat, tomando como base la superficie protegida bajo decreto federal y como zonas adyacentes a la conservación las Regiones Terrestres Prioritarias que envuelven a gran parte de la riqueza biológica de la península (Ramírez Acosta, 2012), pues se sabe que la conservación del hábitat beneficia indirectamente a las especies que se encuentran en él (Beck et al., 2005). Por lo tanto es de suma importancia que en los programas de conservación y manejo de las ANP y de los programas que se elaboren para cada una de las áreas de conservación, se considere la distribución potencial del puma, como eje principal para el diseño de potenciales corredores biológicos, ya que es una especie que ocupa grandes territorios y ello depende de la conectividad entre las áreas destinadas para la conservación.

Cabe mencionar que de manera internacional, el puma se encuentra en la categoría de preocupación menor en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la

Naturaleza (www.iucnredlist.org) y en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (<http://www.cites.org>). En México, el puma no se encuentra bajo ninguna categoría de riesgo en la NOM059-SEMARNAT2010 pero sí requiere un permiso especial para ser cazado, a pesar de esto, debido a que en Sierra La Giganta no existen antecedentes que estimen el número de individuos o el estado de la población de los pumas y a que constantemente es perseguido a causa de la alusión de la depredación del ganado doméstico, es necesario reconsiderar la otorgación de permisos para su cacería, pues el manejo y la conservación de las especies sombrilla, involucra la conservación y el manejo de las especies que se encuentran por debajo en la cadena trófica (Thorne et al., 2006).

8.3.2. Relación con la altitud y la pendiente

De acuerdo con los registros actuales y con la distribución potencial actual, el intervalo de altitud en el que el puma se distribuye en mayor proporción es de 200 a 400m, comparado con la distribución potencial histórica, los 200 m de diferencia podrían estar relacionados a que la mayor cantidad de asentamientos humanos se encuentra en el intervalo de 0 a 200 m de altitud, por lo que podemos inferir que el puma ha sido desplazado. Por lo tanto es posible que la altitud, *per se*, no presente ninguna relación en la distribución del puma en Sierra La Giganta.

Por otro lado, el intervalo de porcentaje de pendiente en el cual se concentra la mayor superficie de la distribución potencial actual es de 0 a 10%, cabe aclarar que el muestreo no se llevó a cabo en los sitios con mayor pendiente debido a su inaccesibilidad y a la dificultad para colocar las trampas cámara. No obstante a esto, se elaboraron pruebas de las variables climáticas (temperatura y precipitación) y topográficas (índice topográfico, pendiente y elevación) que podrían influir en la distribución del puma, sin embargo solo la pendiente pudo determinar la presencia de hábitat potencial para el puma, como lo reportan LaRue (2005), Duarte Méndez (2007) y Rodríguez Soto (2007), pues a medida que la pendiente aumenta, la potencialidad de hábitat decrece, de aquí se puede inferir por qué el

modelo no predice la distribución potencial en la costa del golfo de California donde las pendientes de las sierras son más escabrosas.

Por otra parte, está reportado que el hábitat que prefieren los pumas es aquel que presente abundante cobertura de dosel y pendientes escarpadas (Riley y Malecki, 2001; Dickson et al., 2005; LaRue, 2005; Rodríguez Soto, 2007), ya que estos ofrecen refugio, sitios de acecho y alimentación (Sunquist y Sunquist, 2001), sin embargo, en zonas áridas, la disponibilidad de recursos es limitada y uno de los factores determinantes para la presencia de puma es la disponibilidad de agua. Dicha disponibilidad de agua se presenta en sitios con pendientes menores en los cuales pueden formarse embalses intermitentes que pueden durar la mayor parte del verano y que se recargan con las lluvias estacionales, por ello se asume que los pumas consideran las diferentes rutas de caza o desplazamiento, prefiriendo lo que les implique menor costo de energía (Dickson et al., 2005).

Un aspecto importante a mencionar es que en Sierra La Giganta, las zonas con menor pendiente y altitud, están siendo ocupadas por los humanos para su establecimiento o para el desarrollo de agricultura y ganadería, lo que contribuye a la reducción del hábitat con las mejores condiciones ecológicas para la distribución de la especie y por ende podría ocasionar su extirpación.

8.3.3. Presas potenciales

Sunquist y Sunquist (2001) sugieren que la presencia y abundancia relativa de las presas del puma determinan el área ocupada por él. En este estudio considerando que las dos especies que coinciden en mayor proporción con el puma son las que tienen mayor distribución en la península (Álvarez-Castañeda y Patton, 1999), y considerando que el puma es una especie oportunista que puede incluir en su dieta cualquier organismo que se encuentre disponible (Currier, 1983), podría inferirse que el alimento no es problema en la zona de estudio, no obstante es necesario realizar más estudios acerca de los patrones de alimentación del puma, sobre todo en las zonas, como la Sierra San Francisco y en la Sierra San Juan de la Costa, al norte y sur de Sierra La Giganta, respectivamente, en las que la

coincidencia de la distribución potencial de especies como el venado bura y el borrego cimarrón fue menor, pues está reportado que ambas forman parte esencial de su dieta (Currier, 1983).

Si bien la mayoría de los restos de presas encontradas en las excretas de puma fueron de cabras, la distribución potencial obtenida que coincide con la del puma fue menor al 50%, esto debido a que es muy difícil predecir las condiciones en las que podría encontrarse de manera natural pues es una especie exótica con gran capacidad adaptativa a las altas temperaturas y a la escasez de agua y que además puede desplazarse grandes distancias (Avalos Castro et al., 2009), aunado a que en la zona de estudio una de las principales actividades productivas en la zona de estudio es la ganadería extensiva, es decir, el ganado caprino y bovino, principalmente, se encuentran libres en la sierra en busca de alimento y agua. Esto implica que se conviertan en presas “naturales”, pues la depredación de animales domésticos es más común cuando éstos últimos pastorean o nacen en sitios adyacentes o cercanos al hábitat del puma (Crawshaw y Quigley, 2002; Beck et al., 2005), lo que las hace susceptibles de ser depredadas por los pumas, esto coincide con los rastros de puma encontrados, pues tanto en las excretas como los restos de presas existieron evidencias de cabras depredadas. De esto se puede inferir que la relación entre la distribución geográfica potencial actual del puma y la de esta especie en particular podría estar subestimada, no así para las demás presas potenciales.

8.3.4. Actividades antrópicas

La distribución potencial del puma está relacionada con los sitios que cuentan con menos densidad poblacional (LaRue, 2005; Rodríguez Soto, 2007; Hernandez Santin et al., 2012). Según Primack et al. (2001) y Sunquist y Sunquist (2001), recientemente las actividades antrópicas han modificado la distribución y disponibilidad de los recursos de los principales depredadores, reduciendo potencialmente sus poblaciones debido a las restricciones de energía y a la alteración de los patrones espaciales. En Sierra La Giganta, los asentamientos humanos se encuentran totalmente dispersos y su zona de influencia cubre el 11% de la distribución potencial del puma, debido a esto existen conflictos entre

los humanos y los pumas, pues la presencia de las poblaciones coincide con las zonas que contienen los recursos necesarios para el puma y esto origina que los pumas se acerquen a los ranchos para alimentarse del ganado (Avila Villegas, 2000; Duarte Méndez, 2007).

A pesar de que el puma es una especie relativamente tolerante a la presencia humana (Sunquist y Sunquist, 2001), no implica que ellos se acerquen más a las personas, al contrario, cada vez son más las personas que invaden el territorio de los pumas; es decir, la gente incide a los pumas con actividades como la caza de sus presas, la práctica de la ganadería extensiva, la introducción de especies exóticas, entre otras tantas situaciones que obligan al puma a depredar animales domésticos, haciendo que ahora sea el depredado.

Los registros actuales obtenidos sugieren que los pumas han ajustado su distribución, desplazándose a las partes altas de las sierras, hacia lugares donde el modelo de distribución potencial actual muestra que las condiciones ecológicas favorables para la especie disminuyen, lo que afecta directamente al puma al reducir las áreas de desplazamiento. Como consecuencia de lo anterior, existe una problemática muy grave en Sierra La Giganta, que es la caza ilegal de puma, pues los habitantes de la región, como medida de control cazan o envenenan a cualquier puma que se encuentre cerca de sus ranchos o del ganado, lo que representa un riesgo para su población.

8.4. Utilización de cuerpos de agua

Con la información que se obtuvo es difícil precisar si los pumas utilizan los cuerpos de agua sólo para beber o al igual como sitios de acecho y caza, pues se ha comprobado que estos pueden influir en la distribución de sus presas (Novack, 2003). Con base en esto se puede inferir que son importantes para el mantenimiento de las poblaciones de fauna y flora que son además de gran utilidad para los humanos en la zona de estudio, por lo tanto es necesario establecer estrategias de manejo y preservación de dichos cuerpos de agua y de los oasis que se encuentran en la zona.

Dado que tanto la fauna nativa como la introducida utilizan los cuerpos de agua, es preciso realizar estudios más detallados acerca de la calidad de los mismos, pues existen enfermedades que pueden ser transmitidas incluso a los humanos como es el caso de la toxoplasmosis, el parvovirus y la panleucopenia (Araiza et al., 2007; Brousset y Aguirre, 2007).

8.5. Índice de abundancia relativa

La estimación de la abundancia relativa de las especies es importante para el manejo de sus poblaciones. Dichas estimaciones permiten describir sus patrones de distribución y explicar los procesos que los determinan (Walker et al., 2000).

La abundancia relativa promedio registrada en la zona de estudio contrasta con los resultados obtenidos por Hermes (2004) (IAR=3), Luna y López (2005) (IAR= 4.19 ± 5.57) y Soria Díaz (2010) (IAR= 2-6), en los cuales la abundancia relativa fue mayor, aunque dichos resultados podrían estar influidos por diferencias en los sitios de estudio como el tipo de vegetación. No obstante, en dichos estudios se expone que el conflicto entre el puma y los humanos y la cacería de sus presas naturales podría ser la causa del detrimento de la abundancia de este depredador. Lo obtenido en Sierra La Giganta, al igual que en los estudios mencionados, podría estar relacionado con alguno de los siguientes factores:

- ✓ *La problemática existente entre el puma y los humanos:* de acuerdo a los habitantes de la región, la depredación de los pumas sobre el ganado (caprino en particular), cada vez es mayor, pues en ocasiones los pumas atacan a más de 10 cabras, sobre todo cuando están en período de gestación o cuando las crías nacen en el territorio de los pumas (Beck et al., 2005). Esto recae en un problema constante pues los rancheros, al defender al ganado, envenenan o cazan a los pumas que se encuentren de paso, aún sin saber si han sido ellos los que matan al ganado. Por otro lado, la invasión de los humanos en el hábitat del puma y la constante presión que ejercen sobre él al considerarla una especie dañina, lo han llevado a reducir su área de distribución, obligándolo a

permanecer en las zonas con las características ecológicas menos idóneas, lo que conlleva a una reducción de sus poblaciones, al no encontrar los elementos necesarios para su supervivencia.

- ✓ *La abundancia de sus presas y la cobertura de acecho:* tanto la abundancia como área de actividad de los pumas dependen de la densidad de sus presas y de la cobertura de acecho de la que dispongan (Currier, 1983). La cacería no regulada de la principal presa de puma (el venado) en Sierra La Giganta podría estar reduciendo seriamente sus poblaciones. En México, la caza de venado bura requiere de un permiso especial (Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Vida Silvestre, 2005). Aunado a esto, el incremento del ganado caprino y bovino y su capacidad de adaptación como especies exóticas, han llevado al puma a depender de ellas, convirtiéndolas como su principal alimento (obs. pers).

Por otro lado, es difícil realizar un análisis del índice de abundancia relativa con respecto a la precipitación y temperatura, pues el área de muestreo fue reducida, sin embargo la colocación de las estaciones de fototrampeo en sitios cercanos a cuerpos de agua, en las partes bajas de la sierra, nos permitieron comprobar que durante la temporada de lluvias, la abundancia relativa fue menor. Esto debido a que la disponibilidad de agua es mayor y por ende las presas se encuentran más dispersas, por lo que los depredadores amplían sus áreas de actividad con el fin de obtener alimento (Núñez et al., 2002). Por otro lado, en el área de estudio, algunos lugares se vuelven inaccesibles para la fauna después de la temporada de lluvias, pues existen ríos que les impiden el paso, sobre todo porque dicha temporada coincide con la temporada de formación de huracanes. Caso contrario ocurrió con en la temporada de secas, en que la disponibilidad de agua se concentra en las partes bajas de la sierra, donde la pendiente permite la formación de pequeños embalses, algunos de los cuales se mantienen durante la mayor parte de esta temporada, obligando a los pumas y a sus presas a acudir a ellos constantemente. Esta fue la ventaja que aprovechamos en el presente estudio para fotografiar animales, razón por la cual se obtuvo una relación directa

entre la abundancia relativa y la temporada de secas. Es preciso reconocer que las lluvias que ocurrieron durante el muestreo, en especial en 2012, ocasionaron un gran sesgo en la estimación de la abundancia relativa pues dicho evento ocasionó la pérdida de varias trampas cámara y la información que contenían.

9. CONCLUSIONES

- ✓ La distribución potencial del puma generada con GARP coincide con lo reportado por otros autores.

- ✓ De acuerdo a las hipótesis planteadas, se prueba que:
 - La distribución potencial actual del puma se ha reducido considerablemente en los últimos años.

 - La distribución potencial de *Puma concolor* está determinada principalmente por la presencia de humanos, por lo que el área de distribución que ha perdido el puma se debe en gran parte a las actividades antrópicas que se desarrollan en Sierra La Giganta.

 - La altitud por sí sola no influye en la disponibilidad de hábitat potencial para el puma, sino que está relacionada con la presencia de humanos. No así la pendiente del terreno, que actúa como factor limitante para la presencia de hábitat potencial para la presencia de puma, sobretodo en la costa del Golfo de California.

 - La distribución potencial de las presas potenciales presentó una alta coincidencia con la del puma, sin embargo, esto no quiere decir que todas las presas se encuentren disponibles.

- ✓ La cantidad de ganado caprino en Sierra La Giganta lo hace ser la presa con mayor disponibilidad para el puma, por lo que es posible que la distribución potencial del puma este influida por su presencia.

- ✓ La conectividad entre las Áreas Naturales Protegidas es importante en la conservación de los felinos, por lo que la complementariedad de los Sitios Ramsar y

las Regiones Terrestres Prioritarias funge un papel importante en la representación de una superficie considerable de la distribución potencial actual del puma.

- ✓ Es necesario reiterar la importancia de confirmar la presencia de pumas en las zonas en las cuales existe una predicción de hábitat potencial, ya que a nivel estado se tiene un enorme vacío en cuanto al conocimiento de la ecología de esta especie, además de que con ello es posible evitar problemas futuros de depredación y cacería.
- ✓ En la península de Baja California no existe ningún estudio previo que refiera el estado de la población de pumas en la región, por lo que la regulación de su caza y de sus presas naturales, así como de la ganadería extensiva, deberían ser prioridad en futuros planes de manejo, pues de la existencia de estos depredadores tope dependen las poblaciones de especies de fauna y flora que se encuentran por debajo de él en la cadena trófica.
- ✓ El análisis de la abundancia relativa es sólo una aproximación del verdadero estado de la población de puma, pues por tratarse de una zona árida en la que los recursos son limitados, es posible que cada individuo cubra un mayor territorio, por lo que el registro de un mayor número de individuos se hace más complicado.
- ✓ Este es el primer estudio en la península de Baja California acerca de la distribución del puma, a partir del cual es posible establecer actividades más precisas de conservación y manejo de los recursos.

9.1. Recomendaciones

- ☞ Debido a que existen pocos antecedentes en la península de Baja California, es necesario realizar más investigación acerca de la ecología del puma con el fin de establecer estrategias de manejo y conservación.

- ☞ Es necesario reconsiderar la otorgación de permisos para la caza de puma por lo menos hasta que se elaboren estudios de su situación poblacional.
- ☞ Debido a que no existe un sistema que integre la información actual de la presencia o registro de pumas en la península de Baja California, es necesario que la autoridad competente recabe los reportes de caza que se realiza en las UMAS y los ponga a disposición de la población.
- ☞ Es preciso valorar la conectividad que existe entre las áreas destinadas para la conservación con el fin de establecer corredores biológicos que comuniquen las poblaciones del norte con las del sur.
- ☞ Es preciso mejorar las prácticas ganaderas en Sierra La Giganta, así como realizar un estudio exhaustivo de la depredación del puma sobre el ganado, pues con ello se lograría evaluar el impacto real producido por lo pumas, así como realizar propuestas de manejo de la vida silvestre.

10. LITERATURA CITADA

- Álvarez-Castañeda, S.T. y J.L. Patton 1999. Mamíferos del Noroeste de México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S. 237p.
- Álvarez-Castañeda, S.T. y J.L. Patton 2000. Mamíferos del Noroeste de México II. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S. 237p.
- Álvarez-Castañeda, S.T., E. Ríos, P. Cortés Calva, N. González-Ruiz, y C.G. Suárez-Gracida 2008. Mamíferos de las Reservas de El Valle de los Cirios y El Vizcaíno. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste- CONABIO, La Paz, B.C.S. 352p.
- Anderson, R.P., D. Lew, y A.T. Peterson 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*. (162):211–232.
- Araiza, M.A., G. Ceballos, y C. Chávez 2007. Enfermedades del jaguar en estado silvestre en el sureste e México. En: Ceballos G. et al. (eds.) *Conservación y manejo del jaguar en México: estudios de caso y perspectivas*. CONABIO-Alianza WWF/Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 179–185p.
- Aranda, M. 1981. Rastros de los mamíferos silvestres de México. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, México. 186p.
- Aranda, M. 1994. Importancia de los pecaries (*Tayassu* spp.) en la alimentación del jaguar (*Panthera Onca*). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. (62):11–22.
- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad e Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Veracruz, México. 212p.
- Arnaud F., G., S. Álvarez-Cárdenas, y P. Cortés-Calva 2012. Mamíferos de la Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna. En: Ortega-Rubio A. et al. (eds.) *Evaluación Biológica y Ecológica de la Reserva de Biosfera Sierra la Laguna, Baja California Sur: Avances y Retos*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S. 145–163p.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez, y E. Loa 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México, D. F.
- Avalos Castro, R., J.C. Leyva Corona, M. Sánchez Hernández, y J.D. Osuna Amador 2009. Guía para la alimentación de caprinos en Baja California Sur. 24p.

- Avila Villegas, S. 2000. Impacto de la depredación del puma (*Puma concolor*) en la actividad pecuaria del ejido El Bramadero, B. C. Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Maestría.
- Beck, T., J. Beecham, P. Beier, T. Hofstra, M. Hornocker, F. Lindzey, K. Logan, B. Pierce, H. Quigley, H. Shaw, R. Sparrowe, y S. Torres 2005. Guía de manejo del puma. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz, México. 137p.
- Belant, J.L. 2003. Hairsnare for forest carnivores. *Wildlife Society Bulletin*. 31(2):482–485.
- Belden, R.C., W.B. Frankenberger, R.T. McBride, y S.T. Schwikert 1988. Panther habitat use in southern Florida. *Journal of Wildlife Management*. 52(4):660–663.
- Bengsen, A.J., L.K.-P. Leung, S.J. Lapidge, y I.J. Gordon 2011. Using a general index approach to analyze camera-trap abundance indices. *The Journal of Wildlife Management*. 75(5):1222–1227.
- Benito de Pando, B. y J. Peñas de Giles 2007. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus*. (7):100–119.
- Berlanga, H., V. Rodríguez- Contreras, A. Oliveras de Ita, M. Escobar, L. Rodríguez, J. Vieyra, y V. Vargas 2008. Red de Conocimientos sobre las Aves de México (AVESMX) CONABIO.
- Bremner-Harrison, S., S.W.R. Harrison, B.L. Cypher, J.D. Murdoch, J. Maldonado, y S.K. Darden 2006. Development of a Single-Sampling Noninvasive Hair Snare. *Wildlife Society Bulletin*. 34(2):456–461.
- Brousset, D.M. y A.A. Aguirre 2007. Evaluación de salud de las poblaciones silvestres de jaguar como una estrategia para su conservación. En: Ceballos G. et al. (eds.) *Conservación y manejo del jaguar en México: estudios de caso y perspectivas*. CONABIO-Alianza WWF/Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 161–169p.
- Bueno Cabrera, A. 2004. Impacto del puma (*Puma concolor*) en ranchos ganaderos del Área Natural Protegida “Cañón de Santa Elena”, Chihuahua. Instituto de Ecología, A. C. Tesis de Maestría.
- Bustamante, R. y A. Grez 1994. Consecuencias ecológicas de la fragmentación del bosque nativo. *Ambiente y Desarrollo*. 11(2):58–63.

- Castro-Arellano, I., C. Madrid-Luna, T.E.J. Lacher, y L. León-Paniagua 2008. Hair-Trap Efficacy for Detecting Mammalian Carnivores in the Tropics. *The Journal of Wildlife Management*. 72(6):1405–1412.
- Ceballos, G., S. Blanco, C. González, y E. Martínez 2006. *Puma concolor* (puma). Distribución potencial. Extraído del proyecto DS006 “Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP”. Con un tamaño de píxel:0.01 grados decimales. 5p.
- Chávez-Tovar, J.C. 2005. Puma (*Puma concolor*). En: Ceballos G. y Oliva G. (eds.) Los mamíferos silvestres de México. CONABIO-UNAM-Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 364–367p.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2002. Programa de manejo Parque Nacional de Bahía de Loreto. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México, D. F. 192p.
- Crawshaw, P.G. y H.B. Quigley 2002. Hábitos alimentarios del jaguar y el puma en El Pantanal, Brasil, con implicaciones para su manejo y conservación. En: Medellín L. R.A. et al. (eds.) El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, Wildlife Conservation Society, México, D. F. 223–235p.
- Cumming, G.S. 2000. Using between-model comparisons to fine-tune linear models of species ranges. *Journal of Biogeography*. (27):441–455.
- Currier, M.J.P. 1983. *Felis concolor*. *Mammalian Species*. 200:1–7.
- Dickson, B.G., J.S. Jenness, y P. Beier 2005. Influence of vegetation, topography, and roads on cougar movement in Southern California. *Journal of Wildlife Management*. 69(1):264–276.
- Downey, P.J. 1994. Hair-snare survey to assess distribution of margay (*Leopardus wiedii*) inhabiting El Cielo Biosphere Reserve, Tamaulipas, Mexico. Oklahoma State University, Master of Science Thesis.
- Duarte Méndez, M.E. 2007. Caracterización del hábitat del puma (*Puma concolor*) en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Licenciatura.
- Escobedo-Galván, A.H. y C. González-Salazar 2011. Aplicando modelos de nicho ecológico para predecir áreas potenciales de hibridación entre *Crocodylus acutus* y *C. moreletii*. *Quehacer Científico en Chiapas*. 1(11):27–35.

- Estrada Hernández, C.G. 2008. Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*) en la Selva Maya, Centroamérica. *Revista Mexicana de Mastozoología*. (12):113–130.
- Ferrier, S. y A. Guisan 2006. Spatial modelling of biodiversity at the community level. *Journal of Applied Ecology*. 43(3):393–404.
- Galina T., P., S. Álvarez-Cárdenas, A. González-Romero, y S. Gallina 1991. Aspectos generales sobre la fauna de vertebrados. En: Ortega R. A. y Arriaga L. (eds.) *La Reserva de la Biosfera El Vizcaíno en la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, La Paz, B.C.S. 177–209p.
- Galina T., P., A. González R., G. Arnaud F., S. Gallina T., y S. Álvarez C. 1988. Mastofauna. En: Arriaga L. y Ortega A. (eds.) *La Sierra de la Laguna de Baja California Sur*. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, México. 209–228p.
- García, E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Editorial Larios, México, D. F. 246p.
- García-Alaníz, N., E.J. Naranjo, y F.F. Mallory 2010. Hair-snares: A non-invasive method for monitoring felid populations in the Selva Lacandona, Mexico. *Tropical Conservation Science*. 3(4):403–411.
- Gittleman, J.L., S.M. Funk, D. Macdonald, y R.K. Wayne 2001. *Carnivore Conservation*. Cambridge University Press, London. 675p.
- Gontier, M., U. Mörtberg, y B. Balfors 2010. Comparing GIS-based habitat models for applications in EIA and SEA. *Environmental Impact Assessment Review*. (30):8–18.
- González Bernal, A. 2008. Distribución de la zorra del desierto (*Vulpes macrotis*) en relación a sus presas y a su principal depredador, el coyote (*Canis latrans*). Instituto de Ecología. Tesis de Maestría.
- González Saucedo, Z.Y. 2011. Conectividad funcional para el puma (*Puma concolor*) en el centro de México. Universidad Autónoma de Querétaro. Tesis de Maestría.
- González Sierra, E.R. 2006. Uso de hábitat y ámbito hogareño del puma (*Puma concolor*) en la Sierra de San Luis, Sonora, México. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Tesis de Licenciatura.

- González-Abraham, C., P. Garcillán P., E. Ezcurra, y G. de trabajo de Ecorregiones 2010. Ecorregiones de la Península de Baja California: una síntesis. Boletín de la Sociedad Botánica de México. (87):69–82.
- Hall, E.R. 1981. The mammals of North America, Vol. 2. John Willey and Sons, New York.
- Heilbrun, R.D., N.J. Silvy, M.E. Tewes, y M.J. Peterson 2003. Using Automatically triggered cameras to individually identify bobcats. Wildlife Society Bulletin. 31(3):748–755.
- Hermes-Calderón, M.S. 2004. Abundancia relativa de jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*) y ocelote (*Leopardus pardalis*) en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Coban, Alta Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis de Licenciatura.
- Hernández, L., J.W. Laundré, y M. Gurung 2005. Use of camera traps to measure predation risk in a puma – mule deer system. Wildlife Society Bulletin. 33(1):353–358.
- Hernández Saint Martín, D. 2006. Hábitos alimentarios del puma (*Puma concolor*) en la Sierra de Nanchichitla. Universidad Autónoma del Estado de México. Tesis de Licenciatura.
- Hernandez Santin, L., P.M. Harveson, y L.A. Harveson 2012. Suitable habitat for cougars (*Puma concolor*) in Texas and Northern Mexico. The Southwestern Naturalist. 57(3):314–318.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones, y A. Jarvis 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology. 25(15):1965–1978.
- Huey, L.M. 1964. The Mammals of Baja California, Mexico. Transactions of the San Diego Society of Natural History. San Diego Natural History Society, San Diego, California. 85–168p.
- INEGI 2007. Censo Agropecuario 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, D. F.
- International Union for Conservation of Nature 2009. IUCN Red list of threatened species.
- Iriarte, A.J., W.L. Franklin, W.E. Johnson, y K.H. Redford 1990. Biogeographic variation of food habits and body size of the america puma. Oecología. 85(2):185–190.

- Kelly, M.J. y E.L. Holub 2008. Camera Trapping of Carnivores: Trap Success Among Camera Types and Across Species , and Habitat Selection by Species , on Salt Pond Mountain , Giles Country, Virginia. *Northeastern Naturalist*. 15(2):249–262.
- Kelly, M.J., A.J. Noss, M.S. Di Bitetti, L. Maffei, R.L. Arispe, A. Paviolo, C. De Angelo, y Y.E. Di Blanco 2008. Estimating Puma Densities from Camera Trapping across Three Study Sites: Bolivia, Argentina, and Belize. *Journal of Mammalogy*. 89(2):408–418.
- De la Torre, J.A. y G. De la Riva 2009. Food habits of pumas (*Puma concolor*) in a semiarid region of central Mexico. *Mastozoología Neotropical*. 16(1):211–216.
- LaRue, M.A. 2005. Predicting potential habitat and dispersal corridors for cougars in Midwestern North America. Southern Illinois University Carbondale. Master of Science Thesis.
- LaRue, M.A. y C.K. Nielsen 2008. Modelling potential dispersal corridors for cougars in midwestern North America using least-cost path methods. *Ecological Modelling*. 212(212):372–381.
- Laundré, J.W., J.L. Salazar, L. Hernández, y D. Nuñez 2009. Evaluating Potential Factors Affecting Puma (*Puma concolor*) Abundance in the Mexican Chihuahuan Desert. *Wildlife Biology*. (15):207–212.
- León de la Luz, J.L., J. Rebman, M. Domínguez-León, y R. Domínguez-Cadena 2008. The vascular flora and floristic relationships of the Sierra de la Giganta in Baja California Sur, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79:29–65.
- López-González, C.A. y A. González Romero 1998. A synthesis of current literature and knowledge about the ecology of the puma (*Puma concolor* Linnaeus). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. (75):171–190.
- Luna Soria, H. y C.A. López González 2005. Abundance and food habits of cougars and bobcats in the Sierra San Luis, Sonora, México. *USDA Forest Service Proceedings*. (36):416–420.
- Marmion, M., M. Parviainen, M. Luoto, R.K. Heikkinen, y W. Thuiller 2009. Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and Distributions*. (15):59–69.
- Marnewick, K., P.J. Funston, y K.U. Karanth 2008. Evaluating camera trapping as a method for estimating cheetah abundance in ranching areas. *South African Journal of Wildlife Research*. 38(1):59–65.

- Martínez V., J., M. González M., y R. Dávila M. 2006. Manual de métodos de recolecta de plantas y animales. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-Dirección General de Fomento Editorial, México. 234p.
- Martínez-Meyer, E. 2005. Climate change and biodiversity: some considerations in forecasting shifts in species' potential distributions. *Biodiversity Informatics*. (2):42–55.
- McDaniel, G.W., K.S. McKelvey, J.R. Squires, y L.F. Ruggiero 2000. Efficacy of lures and hair snares to detect lynx. *Wildlife Society Bulletin*. 28(1):119–123.
- Meegan, R.P. y D.S. Maehr 2002. Landscape conservation and regional planning for the florida panther. *Southeastern Naturalist*. 1(3):217–232.
- Mendoza, E., P.R. Martineau, E. Brenner, y R. Dirzo 2011. A novel method to improve individual animal identification based on camera-trapping data. *The Journal of Wildlife Management*. 75(4):973–979.
- Miller, B., R. Reading, J. Strithalt, C. Carroll, R. Noss, M. Soule, O. Sánchez, J. Teiborgh, D. Brightsmith, T. Cheeseman, y D. Foreman 1999. Using focal species in the desing of reserve networks. *Winter earth*. Winter:81–89.
- Monroy Vilchis, O., C. Rodríguez Soto, M. Zarco González, y V. Urios 2009. Cougar and jaguar habitat use and activity patterns in central Mexico. *Animal Biology*. 59(2):145–157.
- Munguía, M., A.T. Peterson, y V. Sánchez-Cordero 2008. Dispersal limitation and geographical distributions of mammal species. *Journal of Biogeography*. 35:1879–1887.
- Naoki, K., M.I. Gómez, R.P. López, R.I. Meneses, y J. Vargas 2006. Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia. *Ecología en Bolivia*. 41(1):65–78.
- Negrões, N., P. Sarmiento, J. Cruz, C. Eira, E. Revilla, C. Fonseca, R. Sollmann, N.M. Tôrres, M.M. Furtado, A.T. a. Jácomo, y L. Silveira 2010. Use of Camera-Trapping to Estimate Puma Density and Influencing Factors in Central Brazil. *Journal of Wildlife Management*. 74(6):1195–1203.
- Novack, A.J. 2003. Impacts of subsistence hunting on the foraging ecology of jaguar and puma in the Mayan Biosphere Reserve, Guatemala. Universidad de Florida. Master of Science Thesis.

- Nowak, R.M. 1999. Walker's Mammals of the World Volume II. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA. 1948p.
- Núñez, R., B. Miller, y F. Lindzey 2002. Ecología del jaguar en la Reserva de la Biosfera de Chamela-Cuixmala, Jalisco, México. En: Medellín L. R.A. et al. (eds.) El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, Wildlife Conservation Society, México, D. F. 107–126p.
- O'Brien, T.G. 2011. Abundance, density and relative abundance: A conceptual framework. En: O'Connell A.F. et al. (eds.) Camera traps in animal ecology. Methods and analyses. Springer, 77–88p.
- O'Connell, A.F., J.D. Nichols, y K.U. Karanth 2011. Camera traps in Animal Ecology: Methods and Analyses. Springer, 271p.
- Pauli, J.N., M.B. Hamilton, E.B. Crain, y S.W. Buskirk 2008. A single-sampling hair trap for mesocarnivores. *The Journal of Wildlife Management*. 72(7):1650–1652.
- Peinado, M. y J. Delgadillo 1990. Introducción al conocimiento fito-toográfico de Baja California. *Stvdia Botanica*. (9):25–39.
- Peterson, A.T., L.G. Ball, y K.P. Cohoon 2002. Predicting distributions of Mexican birds using ecological niche modelling methods. *Ibis*. (144):E27–E32.
- Peterson, A.T., H. Tian, E. Martínez-Meyer, J. Soberón, V. Sánchez-Cordero, y B. Huntley 2005. Modeling distributional shifts of individual species and biomes. En: Lovejoy T.E. y Hannah L. (eds.) *Climate Change and Biodiversity*. Yale University, New Haven, Conn. 211–228p.
- Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, y F. Massardo 2001. Fundamentos de conservación biológica. *Perspectivas Latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 797p.
- Ramírez Acosta, J. 2012. Efectividad de las Áreas Protegidas Terrestres en la conservación de vertebrados endémicos de la Península de Baja California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Tesis de Doctorado.
- Ramírez-Acosta, J., O.R. Rojas-Soto, G. Arnaud, A. Castellanos, y A.T. Peterson The endemism as a key aspect for evaluation of the conservation areas in Baja California peninsula, Mexico. en preparación.
- Ridout, M.S. y M. Linkie 2009. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*. 14(3):322–337.

- Riemann, H. y E. Ezcurra 2005. Plant endemism and natural protected areas in the peninsula of Baja California, Mexico. *Biological Conservation*. 122(122):141–150.
- Riley, S.J. y R.A. Malecki 2001. A landscape analysis of cougar distribution and abundance in Montana, USA. *Environmental Management*. 28(3):317–323.
- Rodríguez, A.S.L. et al. 2004. Global Gap Analysis: priority regions for expanding the global protected-area network. *BioScience*. 54(12):1092–1100.
- Rodríguez Soto, C. 2007. Distribución y Uso de Hábitat de Felinos en la Sierra Nanchichitla, Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México. Tesis de Licenciatura.
- Rojas Soto, O.R., O. Alcántara Ayala, y A.G. Navarro 2003. Regionalization of the avifauna of the Baja California Peninsula, Mexico: a parsimony analysis of endemic and distributional modelling approach. *Journal of Biogeography*. (30):449–461.
- Rosas Rosas, O.C., R. Valdez, L.C. Bender, y D. Daniel 2003. Food habits of pumas in northwestern Sonora, Mexico. *Wildlife Society Bulletin*. 31(2):528–535.
- Rueda-Zozaya, R.P. 2010. Determinación de la dieta del jaguar (*Panthera onca*) y puma (*Puma concolor*) en el municipio de Tamasopo, San Luis Potosí. Colegio de Postgraduados. Tesis de Maestría.
- Sánchez-Cordero, V., A.T. Peterson, y P. Escalante-Pliego 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. En: Hernández H. et al. (eds.) *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. Instituto de Biología UNAM, Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 359–379p.
- Scott, J.M., F. Davis, B. Csuti, R. Noss, B. Butterfield, C. Groves, H. Anderson, S. Caicco, F. D'Erchia, T.C. Edwards, J.J. Ulliman, y G. Wright 1993. Gap Analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monographs*. (123):3–41.
- Segurado, P. y M.B. Araújo 2004. An evaluation of methods for modelling species distributions. *Journal of Biogeography*. (31):1555–1568.
- SEMARNAT 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. 77p.
- Soberón, J. y A.T. Peterson 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*. (2):1–10.

- Soria Díaz, L. 2010. Variación de la abundancia y densidad de *Puma concolor* en zonas con alta y baja concentración de trampas cámara en el centro de México. Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Maestría.
- Stockwell, D. y D. Peters 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*. 13(2):143–158.
- Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Vida Silvestre 2005. Cambios en los tipos de permisos cinegéticos para flora y fauna silvestres de México.
- Sunquist, M.E. y F. Sunquist 2001. Changing Landscapes. En: Gittleman J.L. et al. (eds.) *Carnivore Conservation*. Cambridge University Press, London. 399–418p.
- Thorne, J.H., D. Cameron, y J.F. Quinn 2006. A conservation design for the central coast of California and the evaluation of mountain lion as an umbrella species. *Natural Areas Journal*. 26(2):137–148.
- Tiefenbacher, J.P. y B.P. Teinert Attitudes toward jaguars and pumas in Cielo Biosphere Reserve, México. 25p.
- Treves, A. y K.U. Karanth 2003. Human-carnivore conflict and perspectives on carnivore management worldwide. *Conservation Biology*. 17(6):1491–1499.
- Walker, R.S., A.J. Novaro, y J.D. Nichols 2000. Consideraciones para la estimación de la abundancia de poblaciones de mamíferos. *Mastozoología Neotropical*. 7(2):73–80.
- Wilson, D.E. y D.M. Reeder 2005. *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference*. John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA. 2142p.
- Zielinski, W.J., F. V Schlexer, K.L. Pilgrim, y M.K. Schwartz 2006. The Efficacy of Wire and Glue Hair Snares in Identifying Mesocarnivores. *Wildlife Society Bulletin*. 34(4):1152–1161.