



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

Ecología poblacional y Conservación del jaguar
(*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera
Calakmul, Campeche.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(ECOLOGÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES)

PRESENTA

JOSÉ CUAUHTÉMOC CHÁVEZ TOVAR

DIRECTOR DE TESIS: DR. GERARDO JORGE CEBALLOS GONZÁLEZ

MÉXICO, D. F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Agradezco el financiamiento del instituto de Ecología, UNAM, en especial al Laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre, a Unidos para la Conservación A. C. y Ecosafaris, Sierra Madre, Al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C, al PAPIIT, UNAM, Safari club Internacional, CONACyT, SEMARNAT, PAPIIT-UNAM, fondos sectoriales (SEMARNAT- CONACYT), National Fish and Wildlife Foundation, , Corredor Biológico Mesoamericano, Mattel, Kimberly Clark de México el programa de Apoyo a Estudiantes de Postgrado de la División de Estudios de Postgrado, UNAM.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis es el producto de un reto y de la interacción de varias personas que han contribuido sustancialmente en la realización de la misma, quienes merecen mis más sinceros agradecimientos. En primer lugar al Dr. Ceballos por haber confiado en mi para empezar el proyecto “jaguar” y haber contribuido a través de todos estos años en mi formación. Para no herir susceptibilidades no ponemos cuantos, pero ya algunos bigotes pasaron a mejor vida y unos rizos también.

A los integrantes de mi comité tutorial Dr. Gerardo Ceballos, Dr. Gerardo Bocco, Dr. Rodrigo Medellín y Jorge Sóberon me guiaron a través de la Maestría. Sus consejos y sugerencias, junto con los demás integrantes de mi jurado de examen Dr. Enrique Martínez-Meyer, Dra. Kathryn Stoner y de los innumerables revisores anónimos y algunos no tanto, mejoraron sustancialmente el contenido y estilo de esta Tesis.

Agradezco al instituto de Ecología, UNAM, en especial al Laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre, a Unidos para la Conservación A. C. y Ecosafaris, Sierra Madre, por aventurarse y colaborar enormemente para que se realizar el presente estudio. En especial a Gerardo Ceballos, Carlos Manterola, Tony Rivera y Patricio Robles Gil, que creyeron en el proyecto. Al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C, por apoyarnos con el proyecto y una beca para mi, y en la etapa final de esta tesis al PAPIIT, por una beca de seis meses para ayudarme a terminar el último capítulo de la tesis en España. A la Estación Biológica de Doñana del CSIC, España y a Francisco Palomares, por haberme recibido y colaborar con ello a la terminación del documento final. A mis compañeros de doctorado en Evolución: la base de la Biología, que tiene muy buen “rollito” y son muy “guays”, además de tener buena “marcha”, Inma “la niña de los Chapulines”, María, Marian, Caro, Javy, Miguel, Alex Centeno y uno que otro aviador que también tomo las clases de Verano con nosotros. A Manolo soler por haber abierto el Doctorado y ayudar a un mexicano en apuros en España, con eso de recordar cosas de evolución.

Diversas instituciones han financiado esta tesis y el proyecto en general en sus distintas etapas, Unidos para la Conservación A. C. , Sierra Madre, Safari club Internacional, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. CONACyT, SEMARNAT, PAPIIT-UNAM, fondos sectoriales (SEMARNAT- CONACYT), el programa de Apoyo a Estudiantes

de Postgrado de la División de Estudios de Postgrado, UNAM, la National Fish and Wildlife Foundation, , Corredor Biológico Mesoamericano, Mattel, Kimberly Clark de México.

A la fundación Chávez Tovar que ha tolerado aún Biólogo en la familia, pero sobre todo a su apoyo incondicional ya sea moral, física y económicamente para que me fuera como ellos dicen a los “Campeches” o a la Selva. Por lo que les agradezco infinitamente.

A la Dirección General de Vida Silvestre y a la Dirección de la Reserva de la por los permisos otorgados para la realización del proyecto. En especial al MVZ Felipe Ramírez y al Ing. Pepe de la Gala. Así como a la SEMARNAT, PROFEPA y Secretaria de Ecología de los Estados de Campeche y Quintana Roo por las facilidades otorgadas para realizar la investigación, en especial a Pablo Navarro y Carlos Llorens en Quintana Roo.

En diversas etapas del proyecto, y en la toma de los datos de campo fue muy valiosa la ayuda de Antonio “Tony” Rivera y Francisco Zavala (Don Panchito), que con su experiencia de “tigreros” contribuyeron de forma muy importante a este proyecto. Además del apoyo de los hermanos Javier y Valentín Díaz. En el campamento Costa Maya fue muy importante la presencia de las cocineras Graciela y Doña Martha Hernández, y sus hijas Angela y Lorena, así como de nuestros ayudantes Lolo y Chepe, Pepe, Isidro, Gabriel, y demás personal que vivía en el Ejido Narciso Mendoza y ejidos circunvecinos. A Miguel Amín, Valentín Díaz, Isidro Jiménez que contribuyeron a obtener los datos de los gatos en las míticas sesiones de radio telemetría en donde la compañía de los mosquitos y de los alacranes, eran cotidianos en cada estación de radio seguimiento. A los veterinarios en las distintas etapas del proyecto, Javier Ojeda, Flor, Marcela Araiza, Mariana Díaz, Mauro que su contribución a obtener muestras y a verificar la salud de los animales capturados enriquecieron el proyecto.

A casi diez años de haber iniciado la aventura del jaguar en Calakmul, han pasado diversas personas por el otrora Laboratorio de Mamíferos, actualmente Ecología y Conservación de Fauna Silvestre, que es más ad hoc a lo que actualmente se hace en él. y los vecinos del laboratorio de a lado, Ecología y Conservación de Vertebrados. Después de tantos años y de tantas caras y personalidades que han desfilado por esos laboratorios y otros que eran como cometas que de vez en cuando se aparecían. Aunque es muy difícil acordarse de que personas estuvieron en que tiempo, si omito alguna de ellas no es por mala onda o gacho, si no por falta de memoria RAM (y no es abreviación de un doctor que conocemos).

Así es que ahí va la lista desde principio, el orden como siempre no indica prioridades ni nada por el estilo, así es que comencemos a Giselle, a Lupita, al Chucho, a Chucho Ramírez

(†), Ella, Pilar, Angeles, Yola, Bety, Federico Chinchilla, los guacamayos, el mayor (Gerardo Carreón) y el menor (Cesar Loza), al Gerardo Suzán, Erika, al Dr. Tejón David Valenzuela, rurik List, Paty, Miguel Amín, Heliot, Osiris Gaona, Claudia Galicia, Blanca Gamboa, Eduardo Espinosa, Héctor Gómez de T. (por su contribución en el lenguaje de Shakespear y demás platicas sobre las curvas de acumulación), Rafael, Ale de Villa, al Bachiller Bernal Rodríguez, Ragde, Javier el TW, Georgina Santos, Alejandro G., Edmundo Huerta, Ana soler, Memo, Fernando, Dalia, Blanca Gamboa, Leonor Solís, Mery Santos (por su apoyo en el asilo político en Morelia de la clase de Alejandro Velásquez y Gerardo Bocco), Raúl de la Cueva, Jorge Vargas, a Melissa (por su contribución en los análisis iniciales de los datos de Costa Maya y por su ayuda en el campo en el ejido Caoba), a los demás trópicos: Alejandro, Vivian, María, Andrea, Felipe, Marina, Juan Cruzado, Segundo B., a los nuevos del lab, Luli, Ana, Paulina, Emanuel, Jazmín,.....a los nuevos y nuevas vecinas, por el cafecito, que ahora si por ser nuevos y demás es complicado acordarse del nombre de cada uno de ellos, pero bueno ellos tienen un lugar en este apartado. Uff el final pues es tan largo, tanto como la lista de las personas que se han omitido involuntariamente y que en algún momento ha tolerado a este elemento.

En fin que la lista de agradecimientos es interminable, probablemente mas larga que la propia tesis en si. Por lo que siempre existirán omisiones involuntarias y a cada una de ellas les reservo un espacio en la parte de atrás de cada una de las hojas.

Pero un agradecimiento especial a los perros y a los gatos que sin la contribución de ellos esta tesis no se hubiera realizado.

INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN GENERAL	4
LITERATURA CITADA	7
CAPITULO I	10
FICHAS DESCRIPTIVAS DEL JAGUAR Y PUMA	11
PUMA	11
DESCRIPCION	11
Subespecies en México	11
Medidas externas y peso	11
Formula dentaria	11
Distribución	12
HISTORIA NATURAL y ECOLOGIA	12
TIPO DE VEGETACIÓN E INTERVALO ALTITUDINAL	14
ESTADO DE CONSERVACIÓN	14
JAGUAR	14
DESCRIPCION	14
TIPO DE VEGETACIÓN E INTERVALO ALTITUDINAL	14
Subespecies en México	14
Formula dentaria	15
Medidas externas y peso	15
Distribución	15
HISTORIA NATURAL y ECOLOGIA	15
ESTADO DE CONSERVACIÓN	16
CAPITULO II	18
TAMAÑO POBLACIONAL Y CONSERVACION DEL JAGUAR EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE CALAKUMUL, CAMPECHE, MÉXICO	19
RESUMEN	19
INTRODUCCIÓN	20
ÁREA DE ESTUDIO	22
Reserva de la biosfera de Calakmul	22
Campamento Costa Maya	24
MÉTODOS	24
Captura y rastreo	24
Densidad y tamaño poblacional	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
Área de actividad, densidad y tamaño poblacional	26
Poblaciones de jaguares en la Región Maya	28
El efecto de borde en el tamaño poblacional	29
Implicaciones para la conservación	31
AGRADECIMIENTOS	32
LITERATURA CITADA	32
CAPITULO III	35
AREAS DE ACTIVIDAD, USO DE HÁBITAT Y TAMAÑO POBLACIONAL DEL JAGUAR (<i>Panthera onca</i>) Y DEL PUMA (<i>Puma concolor</i>) EN CALAMUL, CAMPECHE, MEXICO	36
RESUMEN	36
INTRODUCCIÓN	37
MATERIALES Y MÉTODOS	37
Área de estudio	37
Captura, manejo y colecta de datos	38
Análisis de datos	39
Densidad y tamaño poblacional	40

RESULTADOS	41
Animales capturados y radio-seguidos	41
Áreas de actividad	41
Uso general del Hábitat	42
Selección del hábitat	42
Densidad y tamaño poblacional	43
DISCUSIÓN	44
AGRADECIMIENTOS	47
LITERATURA CITADA	47
SINTEISIS Y CONCLUSIONES	62

RESUMEN

Para los grandes carnívoros, los factores claves para su supervivencia a largo plazo se encuentran en el hábitat y en la disponibilidad de presas, así como el efecto de las actividades humanas sobre estas variables. En México se han desarrollado estrategias de conservación de carnívoros, que incluyen a la dieta, y muy pocos contemplan los patrones de movimiento, uso de hábitat. Este estudio se realizó en la Reserva de la Biosfera de Calakmul (RBC), la cual es el área protegida de bosque tropical más grande al norte del Amazonas. De 1997 a 2000 se estudio la ecología de jaguares y pumas para evaluar sus tendencias de conservación a mediano plazo. A los jaguares y pumas, se les puso un radio collar, para determinar su densidad poblacional, movimientos, y el uso de hábitat. Se capturaron doce jaguares (seis machos adultos y cinco hembras adultas y una juvenil) y 4 pumas (dos machos subadultos y un macho y una hembra adultos). La densidad poblacional de los jaguares es de un individuo por cada 15 .a 30 km² dependiendo del grado de trasplape usado. Si consideramos a los pumas son seis jaguares y tres pumas por cada 100 km². El área de actividad promedio de 6 jaguares en RBC es de 52.4 km² y de dos pumas es de 121.4 km². Los machos y las hembras se traslapan en sus áreas de actividad. El tamaño poblacional de jaguares y pumas es de más de 600 en la reserva, y más de 1300 animales en los bosques de la reserva y adyacentes. Los jaguares se encuentran en todas partes de la región, y ellos realmente muestran preferencias de hábitat, sobre todo para la selva mediana y áreas riparias, y los pumas usan el ambiente como se encuentra disponible. Nuestros resultados muestran que los jaguares en esta región tienen las altas probabilidades de supervivencia a largo plazo si condiciones presentes pueden ser mantenidas. Las amenazas más altas son relacionadas con la destrucción de hábitat, pérdida de presas, la cacería ilegal y enfermedades.

ABSTRACT

The conservation of the endangered specie's, needs of suitable strategies, which must include a diagnosis of the species, that this one based on the evaluation of his ecological requirements and of the analyses of the reasons that threaten them. For the large carnivorous, some of the key factors for his survival in the long term they are in the habitat and in the availability of preys, as well as, which is the effect of the human activities on these variables. Though in Mexico strategies of conservation have developed of carnivorous, that they include to the diet very few ones are contemplated by the patterns of movement, and use of habitat. The Calakmul biosphere reserve is the largest tropical forest protected area north of Amazonian. I have been studying the ecology of jaguars since 1997 to evaluate its long-term conservation trends. Jaguars have been radio-collared to determine population density, movements, and habitat use. Population density is, on average, one individual per 15 to 30 km². Depend on the degree of overlap used. Whereas, if consider the pumas they are six jaguars and three pumas for every 100 km². The area of activity average of 6 jaguars in RBC is of 52.4 km² and two pumas it is 121.4 km². Both males and females have overlapping ranges. Population size is around 500 jaguars in the reserve and around 1000 animals in the reserve and adjacent forests. Although jaguars are distributed throughout the region, they do show habitat preferences. Our results show that jaguars in this region have high probabilities of long-term survival if present conditions can be maintained. Highest threats are related to habitat destruction, prey depletion, illegal hunting, and diseases.

INTRODUCCIÓN GENERAL

INTRODUCCIÓN GENERAL

La extinción de especies animales supone un proceso natural dentro de la evolución de la vida en la Tierra. Sin embargo, la actividad humana está acelerando este proceso, de tal manera que en los últimos quinientos años se ha causado la extinción de más de ochocientas especies (Wilson, 1992). Dentro de ella, la pérdida de aves y mamíferos es una de las más tangibles. Por ejemplo, la Lista Roja de Animales Amenazados de la UICN incluye 180 especies de mamíferos en peligro crítico y 340 en peligro (Hilton – Taylor, 2000). Por especie en peligro de extinción se conoce, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), a las especies cuya supervivencia es poco probable si continúan los mismos factores que amenazan su continuidad, así como a las que han sufrido una drástica disminución en su número o en su hábitat.

En México, la norma oficial mexicana de especies en peligro de extinción menciona a 295 especies y subespecies de flora y fauna como amenazadas o en peligro de extinción (SEMARNAT, 2002). Existen en ella especies que están en riesgo a nivel global, como el conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) y el perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*) o a nivel nacional como el berrendo (*Antilocapra americana*) (Ceballos, et al., 2002). Debido a que en muchas de estas especies se desconoce el estado actual que guardan sus poblaciones y el impacto de las actividades humanas sobre las mismas, es prioridad realizar trabajos para generar la información básica que permita definir las estrategias adecuadas para su conservación (Mellink, et al., 2002).

Las causas de que una especie se encuentre en peligro de extinción pueden ser diversas y en algunos casos especie específicos. Para los grandes carnívoros, éstas son mas marcadas que la mayoría de las especies. Dentro de estas se encuentran las de índole biológica (ser el último nivel trófico, números poblacionales relativamente bajos, interacciones con otros niveles tróficos, etc.) y las que son producto de las actividades humanas (destrucción y fragmentación del hábitat, cacería, etc.) y al efecto o la combinación de ambas. Por ejemplo, en México, algunas especies extirpadas o extintas, sufrieron un proceso muy drástico debido a una persecución intensa por parte del hombre sobre estas, lo que llevo a

que especies como el lobo y el oso gris, a que hacia finales de 1960, no haya registros de su presencia en estado silvestre (Ceballos y Navarro, 1991).

El jaguar, no escapa a esta situación, la cacería como trofeo fue una de las principales actividades que fueron mermando sus poblaciones, sin embargo, en el año de 1987 se impone una veda indefinida para el aprovechamiento y cacería del jaguar, más que como una medida de protección, por una presión internacional (Sedue, 1987). En la actualidad, en muchas áreas la cacería furtiva es un problema severo para el mantenimiento de poblaciones de jaguar a largo plazo (Mondolfi y Hoogsteijn, 1986). Aún y cuando no existen datos precisos, la información disponible indica que en muchas regiones, este es uno de los principales problemas para su supervivencia, en lugares tales como en la Sierra de Tamaulipas, la región de Chamela, la región de Calakmul y la Selva Lacandona.

Una causa asociada a la declinación de las poblaciones del jaguar, es la pérdida de hábitat como consecuencia de la alta tasa de deforestación. Actualmente grandes regiones de bosques tropicales del sureste mexicano han sido reducidos a menos del 50% de su extensión original (Maser et al., 1997; Mas et al 2003), a una tasa anual de deforestación de 1.95% (1.90% para bosques caducifolios y 2.00% para bosques perennifolios) en la década de los 80's. La principal causa de deforestación en los bosques tropicales, es la transformación de estos en potreros, seguido de los incendios, la agricultura y la explotación forestal mal planeada (Maser et al., 1997; Velásquez et al 2002).

Aunque el jaguar se encuentra protegido por las leyes, tanto nacionales como internacionales, los esfuerzos de conservación del jaguar han sido limitados y se carece de una estrategia sólida y responsable para su conservación (SEMARNAT, 2002). Uno de los primeros pasos para ello, se ha dado al realizarse el Programa de Recuperación de Especie prioritarias del jaguar (PREP-Jaguar) en donde se dan las bases que deberían de llevarse a cabo para la conservación del jaguar (Ceballos et al. 2006). Aunque este es un esfuerzo conjunto entre las autoridades y miembros de la comunidad científica es necesario, instrumentar las acciones necesarias para implementarlo, en el que se vincule tanto organizaciones gubernamentales, como organizaciones no gubernamentales y la comunidad científica, para generar una estrategia de conservación a nivel país (Conclusiones del taller del jaguar mexicano en el siglo XXI).

Sin embargo, es evidente que aun y cuando existiese la base legal, el compromiso político y financiero, solo se puede hacer una conservación efectiva apoyándose en el conocimiento científico sólido, que incluya el diagnóstico de los problemas y la identificación y valoración de las soluciones (e.g., Sutherland, 2000). En otras palabras, para conservar cualquier especie es necesario saber como hacerlo.

De todos los grandes felinos del mundo, los jaguares son de los menos conocidos, ya que existe muy poca información cuantitativa sobre aspectos importantes de su ecología de poblaciones, historia de vida y patrones de actividad (Sunquist, 2002), Para ello se debe generar el conocimiento necesario para que los tomadores de decisiones puedan tener esta información para poder elegir una estrategia de conservación adecuada para esta especie.

El primer paso para generar este conocimiento es el de realizar un diagnóstico sobre la situación del jaguar. Este trabajo parte de la idea de que si tenemos la información básica del jaguar, se pueden determinar prioridades de conservación en diferentes niveles. Además de que si se logra proteger una población de un carnívoro como el jaguar, que se encuentra al final de la cadena trófica, se puede asegurar la permanencia de un número considerable de especies adicionales de plantas, vertebrados e invertebrados. Usando este conocimiento, como insumo para la generación de modelos de hábitat y de poblaciones viables, que son vitales para la conservación de una especie. Siendo la base para indicar las zonas prioritarias para el jaguar dentro de la reserva y para diseñar un sistema de corredores entre la reserva y otras áreas protegidas adyacentes.

Dentro de estas ideas que forman parte del contexto teórico y los antecedentes de las hipótesis que se exploran en el presente trabajo, el cual inicialmente se abocó a la búsqueda de la información bibliográfica que nos indicará cual era la situación que guardan el jaguar y el puma, particularmente en México. Por lo tanto, el primer capítulo es la introducción a las especies de estudio, en el cual se incluyen las fichas realizadas para el Los mamíferos Silvestres de México (Ceballos y Oliva, 2005); donde se presenta una descripción de la morfología del jaguar y el puma (ambas subespecies), medidas externas, peso, distribución, tipos de vegetación e intervalos de altitudes, elementos de la historia natural y ecología, así como el estado de conservación.

Después de haber realizado, esto se busco cual era el sitio que presentará las mayores perspectivas para realizar un estudio sobre el jaguar. Se eligió a la Reserva de la Biosfera de Calakmul, en parte por el tamaño de la reserva, por las evidencias de la presencia de jaguar (Aranda, 1990, 1998), además este es uno de los de lo cual nos permitiría, en cierto sentido tener la certeza de obtener datos sobre los jaguares y proponer algunas medidas para su conservación.

Por lo tanto, se analiza cual es la densidad poblacional, el tamaño poblacional y el efecto de borde en la Reserva de la Biosfera Calakmul, sobre la premisa de si la reserva es lo suficientemente grande para mantener una población de jaguares (El segundo capítulo). El cual es un texto elaborado para el libro “Jaguares en el Nuevo milenio”, Medellín et al., 2002.

Adicionalmente, el analizar la interacción entre dos grandes depredadores es de vital importancia para su conservación. El uso de hábitat por parte de jaguares y pumas simpátricos no ha sido analizado con detalle. Para ellos comparamos el uso de hábitat en diferentes escalas por las dos especies. Este capítulo tercer esta escrito a manera de un artículo científico.

Por último en la parte final se mencionan las conclusiones del presente trabajo, así como algunas recomendaciones derivadas de él.

LITERATURA CITADA

- Aranda, M. 1990. El jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de Calakmul: morfometría, dieta y densidad poblacional. Tesis de maestría, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Aranda, M. 1998. Densidad y estructura de una población del jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul. Campeche, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 75:199-201.
- Ceballos, G., Arroyo – Cabrales, J. y R. A. Medellín. 2002. Mamíferos de México. Pp. 377-413. In Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales (G. Ceballos y J. A. Simonetti. eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Ceballos, G. y G. Oliva, coordinadores. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica y Conabio. México, D. F. PAGES 986.

- Ceballos, G. y D. Navarro, 1991. Diversity and conservation of Mexican mammals. Pp. 167-198, en: Latin American Mammalogy: History, Biodiversity and Conservation (Mares. M. A. y D. J. Schmidly, eds). University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma.
- Ceballos, G., Chávez, C., List, R., Medellín, R., Manterola, C., Rojo, A., Valdez, M., Brousset, D. M. y S. Ma. B. Alcántara (Comité editorial) 2006. Proyecto para la Conservación y Manejo del jaguar en México. SEMARNAT, Serie: Proyectos de Recuperación de Especies Prioritarias. No. 14:59pp.
- Hilton – Taylor, C. (Copiladores), 2000. 2000 IUCN red list of threatened species. IUCN. Gland. Switzerland and Cambridge.
- Mas, J. F., A. Velázquez, J. R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, C. Alcántara, G. Bocco, R. Castro, T. Fernández y A. Pérez-Vega. 2004. "Assessing land use/cover changes : a nationwide multidecade spatial database for Mexico". International Journal of Applied. Vol. 5. Nº 4: Earth Observation and Geoinformation. pp. 249-261
- Masera, O. R., Ordoñez, M. J. y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican Forests: Current Situation and Long-term Scenarios. Climatic Change, 35: 265-295.
- Mellink, E., G. Ceballos y J. Luévano. 2002. Population demise and extinction of the Angel de la Guarda deer mouse (*Peromyscus guardia*). Biological Conservation 108: 107-111.
- Mittermeier, C.G., Mittermeier, R.A., Nations, J., Robles, A., Carvajal, M.A. y Robles Gil, P. 1998. Mexico. In R. A. Mittermeier, P. Robles Gil Y C.G. Mittermeier. (Eds.), Megadiversity: Earth's Biologically Wealthiest Nations. pp. 141-177. Monterrey, Mexico: CEMEX.
- Mondolfi, E. y R. Hoogsteijn. 1986. Notes on the biology and status of the jaguar in Venezuela. Pp. 85-123, en: *Cats of the World*. National Wildlife Federation, Washington, D.C.
- Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología. 1987. *Acuerdo por el que se declara veda indefinida del aprovechamiento del Jaguar (Panthera onca) en todo el territorio nacional*. DOF del 23 de abril.
- SEMARNAT, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental – especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y

especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Listas de especies en riesgo. Diario Oficial, 6 de marzo de 2002, 56 pp.

Sunquist, M.E. 2002. Historia de las investigaciones sobre el jaguar en el continente Americano. en: *El jaguar en el Nuevo Milenio* (R. A. Medellín, C. Equihua, C. - L. Chetkiewicz, P. G. Crawshaw Jr., A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. W. Sanderson y A. Taber, compiladores). UNAM-Wildlife Conservation Society-Fondo de Cultura Económica, México, D. F. Pp 535-549.

Sutherland, W. J., 2000. The conservation handbook: research, management and policy. Blackwell Science Ltd. Oxford, U. K..

Velásquez, A., J.F. Mas, J. R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. Gaceta 62. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT, México pp. 21-37

Wilson, E. O. 1992. Diversity of Life. Harvard University Press – Massachusetts.

CAPITULO I
FICHAS DESCRIPTIVAS DEL PUMA Y JAGUAR

(PUBLICADAS EN: Ceballos, G. y G. Oliva, coordinadores. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica y Conabio. México, D. F. PAGES 256-262.)

Puma concolor (Linnaeus, 1771)

Subespecies en México:

Puma concolor azteca (Merriam, 1901)

Puma concolor browni (Merriam, 1903)

Puma concolor californica (May, 1896)

Puma concolor mayensis (Nelson y Goldman, 1931)

Puma concolor stanleyana (Goldman, 1936)

Puma concolor improcera (Phillips, 1912)

Medidas externas y peso:

LT= 1100 a 2200 mm; CV= 620 a 960 mm;

P= 220 a 270 mm; O= 55 a 85 mm.

Peso: 38 a 110 kg.

Fórmula dentaria:

I 3/3, C 1/1, PM 3/2, M 1/1 = 30.

Puma

Cauhtémoc Chávez Tovar

DESCRIPCIÓN: El puma es un felino de gran tamaño. La coloración del dorso y la cabeza es parda amarillenta o arenosa, variando a café rojizo; en el vientre es blancuzca. El pelaje es corto y denso. Las puntas de las orejas y la cola son negras. Presenta marcas faciales claras, con una mancha blanca alrededor del hocico y un parche negro en la base de los bigotes. Las piernas son largas; las manos son robustas y tiene cinco dedos, mientras que las posteriores presentan cuatro. Las uñas son largas, fuertes y retráctiles. Las crías de la especie son moteadas; las motas desaparecen entre los seis y los diez meses. Muestra una gran variedad de tonalidades, tamaño y peso, según la subespecie de que se trate; en general son más grandes las subespecies septentrionales y australes y más pequeñas las de Centroamérica. El peso promedio es 60 kilos en los machos y 40 kilos en las hembras (Álvarez del Toro, 1991).

HISTORIA NATURAL Y ECOLOGÍA : Los pumas son de hábitos solitarios. En la época de celo se juntan machos y hembras para aparearse, separándose antes de los nacimientos. Son principalmente terrestres, pero tienen una gran habilidad para trepar árboles. Pueden llegar en ocasiones a brincar desde el suelo hasta una altura de 5.5 metros (Nowak, 1999). Normalmente cazan sobre el suelo, pero en ocasiones lo hacen sobre los árboles (Aranda y March, 1987). Son buenos nadadores, pero comúnmente prefieren evitar entrar al agua (Nowak, 1999). Sus madrigueras se encuentran en general en áreas abruptas y son, de manera regular, cuevas y otras oquedades naturales (Ceballos y Galindo, 1984). Los pumas pueden tolerar más la presencia humana que los jaguares, por lo cual con frecuencia pueden vivir en regiones ya bastante transitadas, siempre que dispongan de buenos escondites como áreas peñascosas o profundos barrancos. En las localidades muy frecuentadas por el hombre permanecen ocultos durante el día y su actividad es nocturna. Cazán al acecho. Se alimentan de grandes roedores, armadillos, venados, pecaríes e incluso puede llegarse a alimentarse de las ratas y conejos (Álvarez del Toro, 1991). Ocasionalmente llega a los corrales para robar algún cabrito, cordero o potro. Se alimentan fundamentalmente de venados en áreas templadas; sin embargo, en áreas tropicales se alimentan con mayor frecuencia de presas pequeñas como son agutíes, tepezcuíntles, conejos y marsupiales. Una marca característica de su manera de cazar la constituyen las profundas mordidas que dejan en el cuello y nuca de sus presas. Cuando ha matado a su presa la arrastra hasta un lugar seguro, generalmente al abrigo de arbustos o rocas, en donde la destripa, desechando las vísceras. En las áreas que habita es frecuente encontrar amontonamientos de hojarasca cubriendo tales restos (Ceballos y Galindo, 1984). Cuando los venados abundan los pumas pueden matar en promedio uno por semana, ayudando con ello a controlar las poblaciones de venados (Whitaker, 1980). Entre los grandes felinos, el puma es el único maullador, es decir un verdadero gato grande, que incluso puede emitir ronroneos como los gatos domésticos. Durante sus correrías emite gritos agudos y profiere aullidos cuando está en celo (Álvarez del Toro, 1991). Tiene pocos enemigos, a excepción del hombre y las serpientes venenosas (Álvarez del Toro, 1991). Puede reproducirse probablemente hasta el tercer año de edad. El celo le dura a la hembra nueve días y la gestación es de entre 82 a 98 días (Whitaker, 1980). El apareamiento puede tener lugar en cualquier época del año; durante ésta época se muestran agresivos, sobre todo los machos. Tienen una camada cada dos años y la mayoría de los nacimientos se producen poco antes de la temporada de precipitación (lluvia o nieve). El tamaño de la camada varía de una a seis crías (Wolonszyn y Wolonszyn, 1982), con un promedio de tres para áreas templadas y uno para zonas tropicales. Las crías permanecen con la madre 15 meses en promedio (Aranda y March, 1987; Eisenberg, 1989). La huella del puma es ligeramente más larga que la de jaguar y más chica (Whitaker, 1980). Cuando orinan o defecan, generalmente cubre el sitio con hojarasca, tal como lo hacen los gatos domésticos (Álvarez del Toro, 1991). Es común observar las marcas de sus uñas en troncos de árboles que utilizan como rascaderos (Ceballos y Galindo, 1984). Son animales que pueden estar activos a lo largo del día; sin embargo, tienen marcados picos de actividad crepuscular, es decir en el amanecer y anochecer. Las horas que utilizan con mayor frecuencia para cazar son las cercanas al anochecer. Pueden llegar a recorrer grandes distancias en 24 horas, entre 5 y 40 km. Las densidades de sus poblaciones son muy variables, con las más altas en bosques de pino y pino-encino, sobre todo

Distribución: El puma es uno de los mamíferos con la distribución más amplia en América. Se encuentra desde la provincia canadiense de Columbia Británica y el norte de los Estados Unidos hasta Argentina y Chile. Se le ha registrado en todos los estados de la República.



en el norte del país (Ceballos y Galindo, 1984). El área de actividad para el puma varía de 66 a 685 km² para las hembras y 152 a 826 km² para los machos (Bailey, 1974; Berg, 1981; McCord y Cardoza, 1982; Zezulak y Schwab, 1981, Sendell, 1989). En la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala el área de actividad de machos y hembras es de 60 a 90 y 25 a 62 km² respectivamente (Nuñez et al., 1997). En la Reserva de la Biosfera de Calakmul, en Campeche estas áreas son de 81 y 61 km², para machos y hembras (Ceballos et al., 2002). Los rangos de movimientos de los machos se sobrelapan normalmente con una o más hembras. En los trópicos su área de actividad se traslapa con la del jaguar (*Panthera onca*), en donde generalmente el jaguar es dominante sobre el puma, por lo que este último ajusta sus movimientos para evitar el contacto (Schaller y Crawshaw, 1980). Por ser el depredador tope en la cadena alimenticia de las áreas templadas de México 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 de ese ecosistema. En ecosistemas tropicales no es tan común como en zonas templadas y se atribuye este fenómeno a la presencia y dominancia del jaguar. Sin embargo, existen descripciones de sitios en el trópico donde esta especie era común, lo que significa que probablemente el hombre ha sido la causa principal en la reducción de sus poblaciones. Su cacería es muy baja, sólo se permite un macho por cazador durante la temporada; en cuanto a daños que provoca al ganado, se dice que son muy perjudiciales; sin embargo, no existen estudios que refuercen estas quejas.



Puma concolor. Ejemplar en cautiverio, Arizona Sonora Desert Museum, Arizona. Foto: Rurik List.

TIPO DE VEGETACIÓN E INTERVALO DE ALTITUDES : Se le encuentra prácticamente en todos los tipos de vegetación natural del país. Son más abundantes en los bosques de coníferas y de encinos del norte de la República. Se le puede encontrar en el bosque tropical caducifolio, subcaducifolio o perennifolio, bosque espinoso, matorral xerófilo y bosque mesófilo de montaña. Habita desde el nivel del mar hasta 3 500 msnm, pero está mejor representado entre 1 500 y 2 500 msnm.

ESTADO DE CONSERVACIÓN : El puma es considerado como especie cinegética que requiere un permiso especial para ser cazada. Se le clasifica como una especie que requiere protección especial (SEDESOL, 1994; SEMARNAT, 2002). Se desconoce la situación que guardan sus poblaciones en varios estados del país. En los estados del Eje Neovolcánico, su situación es crítica, por lo que se requieren medidas adecuadas para su protección. De acuerdo a CITES y UICN, ciertas subespecies se encuentran en peligro de extinción. Las leyes del Estado de Arizona, Estados Unidos, consideran en peligro de extinción a la subespecie *P. c. browni*.

Panthera onca (Linnaeus, 1758)

Jaguar, tigre

Cuahtémoc Chávez Tovar, Marcelo Aranda y Gerardo Ceballos

DESCRIPCIÓN : El jaguar es el felino de mayor tamaño en América. El color de la piel varía de amarillo pálido a café rojizo y cambia a blanco en los carrillos, pecho y parte interna de las extremidades. En todo el cuerpo tiene manchas negras, que en los costados cambian en rosetas, dentro de estas puede haber una o más manchas pequeñas. Cazadores y campesinos distinguen tres tipos de jaguares en cuanto a su coloración: el tigre mariposo, marcado con manchas que forman rosetas grandes; el tigre pinta menuda el cual tiene rosetas pequeñas. En una misma región se pueden encontrar ambos tipos de coloración, ya que no representan variedades diferentes. Finalmente, el tigre negro es melánico, de color negro o pardo negruzco, con marcas visibles en la luz oblicua (Hoo gsteijn y Mondolfi, 1993). En algunas regiones de América del Sur los jaguares melánicos se han observado regularmente, pero en México no existen registros confirmados.

TIPO DE VEGETACIÓN E INTERVALO DE ALTITUDES : Habita principalmente en los bosques tropicales perennifolio, subcaducifolio, caducifolio y en manglares; también en el bosque mesófilo de montaña, el bosque espinoso y eventualmente en el matorral xerófilo y en el bosque de coníferas y encinos, desde el nivel del mar hasta 2000 msnm. La mayor parte de los registros provienen de localidades a menos de 1000 msnm.

Subespecies en México :

Panthera onca arizonensis (Goldman, 1932)
Panthera onca centralis (Mearns, 1901)
Panthera onca goldmani (Mearns, 1901)
Panthera onca hernandesii (Gray, 1858)
Panthera onca veraecrucis (Nelson y Goldman, 1933)

Tradicionalmente se han reconocido 8 subespecies de jaguar, de las cuales cinco se han registrado en México (Hall, 1981; Wozencraft, 1993). Sin embargo, Larson (1997) con base en una revisión extensa de variables craneales concluyó que no existen suficientes diferencias significativas para considerar a esas 8 subespecies como diferentes grupos y Johnson et al. (2001) mediante estudios genéticos reconocen que existen 2 grupos, uno al norte y otro al sur del Amazonas en Brasil.

Fórmula dentaria:

I 3/3, C 1/1, PM 3/2, M 1/1 = 30.

Medidas externas y peso:

LT= 1574 a 2419 mm; CV= 432 a 675 mm;

P= 225 a 302 mm; O= 50 a 85 mm.

Peso: 36 a 158 kg.

Distribución: La distribución histórica del jaguar era continua desde el sur de Estados Unidos hasta el centro de Argentina (Hall, 1981; Seymour, 1989; Swank y Teer, 1989). Actualmente se considera extinto en El Salvador, Uruguay y Chile. Se desconoce si en Estados Unidos existía una población residente o si solo se trataba de individuos nómadas, como parece ser la situación actual.

En México la distribución histórica seguía aproximadamente la correspondiente a las selvas y matorrales tropicales y subtropicales. Por la vertiente del Pacífico se extendía desde la frontera con los Estados Unidos a lo largo de toda la planicie costera y partes bajas de las montañas, hasta llegar a la zona del Istmo de Tehuantepec. Por la vertiente del Golfo de México, su distribución se extendía desde la frontera con Estados Unidos, cubriendo toda la planicie costera y las estribaciones de las montañas hasta la zona del Istmo de Tehuantepec. A partir de este sitio, donde se unen las dos vertientes, la distribución cubría prácticamente todo el sureste del país, con la posible excepción de las montañas del noreste de Chiapas (Hall, 1981; Seymour, 1989; Swank y Teer, 1989). Se le ha registrado en los estados de CA, CL, CS, GJ, GR, JA, MI, NL, NY OX, QR, SI, SL, SO, TB, TM, VE, YU.

HISTORIA NATURAL Y ECOLOGÍA: El jaguar utiliza como refugio cuevas y zonas con una cobertura vegetal densa. Es un cazador terrestre, hábil nadador y trepa con facilidad a los árboles. Tiene un espectro de presas amplio por lo que es considerado un carnívoro oportunista en el que su dieta básicamente depende de la densidad y disponibilidad de las presas (Seymour, 1989). Se han reportado más de 85 especies que se incluyen en su alimentación como invertebrados, peces, reptiles, aves y mamíferos. Sin embargo, los mamíferos mayores de un kilogramo de peso y algunos reptiles y aves constituyen las presas más comunes en la mayor parte de su área de distribución (Emmons, 1987a; Seymour, 1989; Tewes y Schmidly, 1987). En Calakmul, Campeche, las presas más importantes son el pecarí de collar, coatí y armadillo (Aranda, 1993; Amin et al., en prensa). En Jalisco, las especies más consumidas fueron venado de cola blanca, coatí, pecarí de collar y armadillo (Núñez et al., 2000). En los manglares su dieta está constituida principalmente por peces, tortugas, caimanes y mamíferos como el mapache. La época de apareamiento del jaguar varía geográficamente. Se han reportado crías en Sudamérica en junio, agosto, noviembre y diciembre (Seymour, 1989). Sin embargo, en áreas con marcada estacionalidad las crías nacen más frecuentemente en la época en que el alimento es abundante. En México los nacimientos ocurren entre julio y septiembre (Leopold, 1959). El período de gestación promedio es de 100 días y la camada es de una a cuatro crías, más comúnmente de dos. Los cachorros nacen moteados y son altrícios; es decir, nacen con los ojos cerrados y pesan alrededor de 800 gr. Al mes y medio o dos meses comienzan a seguir a la madre, permaneciendo con ella de 15 a 24 meses y al canzando la madurez sexual entre los 2 y 3 años (Seymour, 1989). La longevidad promedio en estado silvestre es de 10 a 12 años, mientras que en cautiverio pueden llegar a vivir 22 años. El jaguar es un felino solitario, con excepción de la época de apareamiento y crianza. Las hembras tienen territorio de menor área que los machos y normalmente el de un macho incluye la de una o varias hembras, aunque el tamaño del área de cada uno es muy variable y está relacionado principalmente con la abundancia y disponibilidad de alimento. Para los machos el intervalo varía entre 28 y 90 km² (Crawshaw y Quigley, 1991) y para las hembras va de 10 a 38 km² (Schaller y Crawshaw, 1980). En Latinoamérica se han registrado un jaguar por cada 12.5 a 64 km² (Crawshaw y Quigley, 1991; Rabinowitz y Nottingham, 1986; Schaller y Crawshaw, 1980). En México la densidad parece variar entre 1 jaguar por cada 13 a 58 km². En Chiapas se estimó una densidad de 1 individuo por cada 13 a 20 km² por medio de huellas (Aranda, 1996). En la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, hay estimaciones de un jaguar por cada 15 a 30 km², incluyendo individuos residentes y transeúntes (Aranda, 1998; Ceballos et al., 2002). En la Reserva de la Biosfera Chamela Cuixmala, Jalisco, se ha estimado una densidad de 1 jaguar por cada 58 km² (Núñez et al., 1997). Las áreas de actividad en Calakmul se han calculado de hasta 79 km² para los machos y entre 20 y 26 km² para las hembras (Aranda, 1998; Ceballos et al., 2002). En Chamela se han calculado en 25 km² durante temporadas secas y 65 durante las lluvias para las hembras (Núñez et al., 1997).

En la actualidad se considera que las principales causas de mortalidad del jaguar se deben a la destrucción y fragmentación del hábitat y a la cacería ilegal (Medellín et al., 2002; Sanderson et al., 2002). Las causas de mortalidad natural pueden ser fraticidio, depredación, enfermedades, dispersión y disponibilidad de alimento. El fraticidio es la mortalidad causada por el individuo de mayor talla en la camada al acaparar el alimento provisto por la madre. Aunque el ja

guar tiene presiones de depredación natural escasas. Es generalmente durante la primera etapa de vida que pueden ser depredados por individuos de su misma especie y por algunos animales como cocodrilos. Existen pocos datos en estado silvestre sobre la mortalidad causada por enfermedades infecto-contagiosas y parasitosis; sin embargo, estos deben ser causas de mortalidad probablemente importantes. La mortalidad durante los procesos de dispersión/migración puede ser considerable. Finalmente, la abundancia de las presas y del agua pueden ser factores importantes de mortalidad, así como del éxito reproductivo de la especie (Smith et al., 1987; Smith y McDougal, 1991).



Panthera onca. Ejemplar en cautiverio, Tuxtla Gutierrez, Chiapas. Foto: Patricio Robles Gil.

ESTADO DE CONSERVACIÓN : El jaguar está incluido en el Apéndice I de CITES (1982). En México tiene el status de especie en peligro de extinción y su cacería está prohibida (SEDESOL, 1994; SEMARNAT, 2002). La destrucción del hábitat junto con la cacería furtiva son las mayores amenazas para la especie. En México sus poblaciones se han reducido y fragmentado; de acuerdo con Swank y Teer (1989) el área de distribución actual es sólo una tercera parte de la original, por lo que se concluye que está en peligro de extinción, ya que

existen muy pocas poblaciones genéticamente viables. Existen poblaciones aparentemente viables en las reservas de Sian Ka'an (Quintana Roo), Calakmul (Campeche) y Montes Azules (Chiapas), y en la región de los Chimalapas (Oaxaca). Por ejemplo, en la Reserva de la Biosfera Calakmul se ha estimado que existe una población de por lo menos 500 individuos (Ceballos et al., 2002). Las poblaciones en otras reservas probablemente son menores, ya que el tamaño de las mismas es menor. Una estrategia adecuada para la conservación del jaguar en el sureste de México es, por un lado, mantener unidas a las reservas de Sian Ka'an, Calakmul y Montes Azules por medio de corredores biológicos. Por otro lado, se debe tratar de instrumentar actividades productivas en las áreas aledañas a estas reservas que sean compatibles con la conservación.



Panthera onca. Selva mediana, Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.
Foto: Patricio Robles Gil.

CAPITULO II

TAMAÑO POBLACIONAL Y CONSERVACIÓN DEL JAGUAR EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE CALAKMUL, CAMPECHE, MÉXICO

(Ceballos, G., Chávez, C. Rivera, A. Manterola, C. y B. Wall. 2002. Tamaño poblacional y conservación del jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. Pp. 403 – 417, en: El jaguar en el Nuevo Milenio (Medellín, R.A., C. Equihua, C. Chetkiewicz, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. Sanderson, y A. Taber, eds.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México & Wildlife Conservation Society, México D.F.

TAMAÑO POBLACIONAL Y CONSERVACIÓN
DEL JAGUAR EN LA RESERVA
DE LA BIOSFERA DE CALAKMUL,
CAMPECHE, MÉXICO

Gerardo Ceballos , Cuauhtémoc Chávez ,
Antonio Rivera, Carlos Manterola , y Bill Wall

Abstract : Jaguars are among the world's most attractive and charismatic wildlife species. Historically they roamed from southern United States to northern Argentina, but habitat destruction and illegal hunting has reduced both the jaguar's geographic range and population size. The species is globally considered near-threatened and endangered in several countries. Of all the large cats of the world, jaguars are ecologically the least known. In this study we evaluate the population ecology and conservation status of jaguars

in the Calakmul biosphere reserve in southern Mexico. We captured eight jaguars, five males and three females, and radio-tracked them from 1997 to 1999. Home-range size for four jaguars was on average 41 km² with a range from 32 to 59 km²; males have larger home-ranges than females. We estimated a density of 1 individual per 15 km², indicating an estimated population size in the reserve of 482 jaguars. The jaguar population size in major forest reserves (> 1 000 km²) in the Mayan region, that is southern Mexico, and northern Guatemala and Belize was estimated at 2 000 individuals. However, only reserves in Mexico and Guatemala were large enough to maintain a jaguar population larger than 400 individuals. Our results have clear implications for the conservation of jaguars in Calakmul and the Mayan region, indicating that any strategy for their long term maintenance has to consider the size and connectivity of reserves, the minimum population size of jaguars in specific reserves or sets of reserves, the incorporation as reserves of key areas for the movements of jaguars, and the conservation of the semi-natural matrix of forest remnants and human dominated habitats through incentives in order to reduce reserve isolation.

Resumen : El jaguar se encuentra entre las especies de fauna silvestre más carismáticas y atractivas. En tiempos históricos se distribuyeron desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina; sin embargo, la destrucción del hábitat y la cacería ilegal han causado una seria reducción en su área de distribución y tamaño poblacional. Actualmente se le considera una especie amenazada y en peligro de extinción en varios países. El jaguar es, entre los grandes felinos, la especie menos estudiada. En este estudio evaluamos la ecología poblacional y el estado de conservación de esta especie en la reserva

Palabras clave : Jaguar, ecología, población, conservación, Campeche, México.

de la biosfera de Calakmul. En el estudio capturamos ocho jaguares, de los cuales cinco eran machos y tres hembras, y los seguimos con radiocollares de 1997 a 1999. El área de actividad de cuatro ejemplares fue de 41 km² en promedio, con un rango de 32 a 59 km²; los machos tuvieron áreas de actividad mayores que las hembras. Con estos datos estimamos una densidad poblacional de 1 individuo por cada 15 km², lo que sugiere que la población total de la reserva es, probablemente, de alrededor de 482 jaguares. La población de las mayores reservas (> 1 000 km²) de la Región Maya, es decir, del sureste de México y noroeste de Guatemala y Belice, fue estimada en 2 000 individuos. Sin embargo, sólo las reservas en México y Guatemala fueron suficientemente grandes para mantener poblaciones de más de 400 individuos. Nuestros resultados tienen claras implicaciones para la conservación de los jaguares en Calakmul y la selva maya, e indican que una estrategia adecuada para su conservación a largo plazo requiere de consideraciones sobre el tamaño y la conectividad de las reservas, el tamaño mínimo de las poblaciones de jaguares en reservas específicas o grupos de reservas, la incorporación como reservas de áreas críticas para los movimientos de los jaguares, y la conservación de la matriz seminatural de remanentes de selva y ambientes perturbados por actividades humanas, a través de incentivos, para reducir el aislamiento de las reservas.

INTRODUCCIÓN

Los jaguares se encuentran entre las especies de fauna silvestre más carismáticas del planeta. Para las antiguas culturas mesoamericanas como los Mayas y los Aztecas, eran un símbolo que representaba la excelencia, lo sagrado y lo misterioso; eran los Señores de las selvas tropicales de América. Históricamente, los jaguares se distribuyeron desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina (Seymour, 1989). Sin embargo, la destrucción de los ecosistemas naturales y la cacería ilegal han tenido como resultado una gran reducción tanto de su área de distribución como del tamaño de sus poblaciones, de tal manera que mundialmente la especie está considerada amenazada de extinción y, en diversos países, en peligro de extinción (UICN, 1996; SEDESOL, 1994). De hecho, los jaguares prácticamente han desaparecido de algunos países como El Salvador y los Estados Unidos, y de grandes regiones de sus límites de distribución norte y sur en México y Argentina.

De todos los grandes felinos del mundo, los jaguares son de los menos conocidos, ya que existe muy poca información cuantitativa sobre aspectos importantes de su ecología de poblaciones, historia de vida y patrones de actividad (Sunquist, este volumen). Son carnívoros en la cima de las cadenas tróficas, que necesitan de áreas muy extensas para mantener poblaciones viables. Por ejemplo, con el fin de asegurar su existencia en el Pantanal de Brasil, sería necesario proteger dos áreas de entre 2 000 y 3 000 km² cada una, conectadas por un corredor de vegetación riparia (Quigley y Crawshaw, 1992). En México, las tendencias en la destrucción

del hábitat y deforestación, y la información cualitativa sobre la distribución de los jaguares, indican que la especie ha desaparecido en muchas regiones (Ceballos y Navarro, 1991; Aranda, 1998), por lo que se le considera en peligro de extinción (SEDESOL, 1994).

El último reducto extenso de selvas en México y Centroamérica se encuentra en la denominada Región Maya, que abarca una gran proporción del sureste de México y el noreste de Guatemala y Belice. Tales selvas forman un macizo natural que alberga la población más grande de jaguares al norte del Ecuador (Swank y Teer, 1989; Vaughan, este volumen). Sin embargo, el avance de la agricultura y la cría de ganado están fragmentando rápidamente las selvas de esta región. Por ejemplo, en México la cobertura de la selva tropical perennifolia ha sido reducida a menos de 40% de su extensión original (Masera et al., 1997; Cuarón, 1997). Por otro lado, la fragmentación del hábitat en Centroamérica ha llevado a que Archie Carr III propusiera el establecimiento de una red de reservas y corredores, denominada Paseo Pantera, para mantener una población viable de jaguares en toda la región (Vaughan, este volumen).

Los jaguares están protegidos en México y su cacería está estrictamente prohibida (SEDESOL, 1994). En un esfuerzo por proteger a esta y otras especies tropicales con problemas de conservación, el gobierno mexicano decretó una extensa área natural protegida, denominada reserva de la biosfera Calakmul, en Campeche en 1989. Calakmul es una región que todavía mantiene aproximadamente un millón de hectáreas de selvas tropicales relativamente bien conservadas (Cuarón, 1997), donde los jaguares son relativamente comunes (Aranda, 1990). Con objeto de diseñar una estrategia adecuada para la conservación a largo plazo del jaguar en Calakmul se necesita información sólida sobre su densidad, tamaño poblacional y requerimientos de hábitat. Esto es relevante en particular cuando se considera que, en las últimas décadas, miles de inmigrantes se han establecido en las áreas que rodean la reserva (Ericson et al., 1999), incrementando la fragmentación de la selva en las mismas a través de la deforestación, la cacería furtiva y la posibilidad de conflictos de jaguares con los intereses de ganaderos.

En 1997 iniciamos un programa sobre la ecología y conservación de los jaguares en la reserva de Calakmul, con el objetivo de entender los problemas a los que estos países se enfrentan en la región y generar información que sirviera de base para diseñar estrategias para su conservación a largo plazo en la misma. En este trabajo resumimos los resultados preliminares de nuestro estudio, que específicamente enfocó las siguientes preguntas: ¿Cuál es la densidad del jaguar en Calakmul? ¿Cuál es el tamaño poblacional? ¿De qué tamaño es su área de actividad? ¿Hay diferencias en el área de actividad entre machos y hembras? ¿Cuál es el patrón de actividad diaria y estacional? ¿Difiere éste entre machos y hembras?

406 El jaguar en el nuevo milenio

¿Cómo afecta la fragmentación del hábitat al jaguar a través del efecto de borde?
¿Cuál es la población total de jaguar en la Región Maya? ¿Es posible establecer una red de reservas para proteger a los jaguares en el sur de México y el norte de Centroamérica?

ÁREA DE ESTUDIO

Reserva de la biosfera de Calakmul

La reserva de la biosfera Calakmul (17° 09' a 19° 12'N y 89° 09' a 90° 08' O) se encuentra en el municipio de Calakmul, estado de Campeche, en el sureste de México (Fig. 1). Es un área relativamente plana que varía de 100 a 300 msnm, cubriendo un área de 723 185 hectáreas. La reserva tiene dos zonas núcleo que abarcan un área aproximada de 248 000 ha y una zona de amortiguamiento de 479924 ha (Fig. 1).

Las características físicas y bióticas de la región están descritas en detalle en Gómez Pompa y Dirzo (1995) y en el Plan de Manejo de la reserva (SEMARNAP, 2000), referencias de donde proviene la siguiente información. El clima tropical de la región está clasificado como caliente y húmedo, y se caracteriza por una estacionalidad marcada en las lluvias y una temperatura anual promedio de 24.9 °C. La lluvia se concentra en los meses de junio a noviembre, seguida de una estación seca pronunciada desde diciembre hasta mayo o junio. La precipitación anual promedio varía de 1 000 a 1 500 mm. Se han registrado aproximadamente 550 especies de vertebrados y más de 1 600 especies de plantas vasculares, muchas consideradas en riesgo de extinción. La fauna de la reserva está relativamente bien protegida. Hay poblaciones grandes de muchas especies consideradas en peligro de extinción en México como el pecarí de labio blanco (*Tayassu pecari*), el águila elegante (*Spizaetus ornatus*) y el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*).

La composición de especies de plantas tiene un alto grado de heterogeneidad asociada con la profundidad y tipo de suelo y con el drenaje que presenta. Las comunidades vegetales más importantes de la reserva son la selva tropical perennifolia, la selva semi-decidual y la selva estacional caducifolia (Gómez Pompa y Dirzo, 1995). La selva tropical perennifolia se encuentra en 5% del área de la reserva y está dominada por árboles como *Manilkara achras*, *Talisia olivaeformis*, *Brosimum alicastrum*, *Stemmadenia donell-smithi*, *Bursera simaruba* y *Cedrela odorata*. La selva semidecidual es la comunidad dominante y cubre alrededor de 50% de la reserva. Especies de plantas importantes en esta comunidad son *Vitex gaumeri*, *Lonchocarpus* sp., *L. yucatanensis*, *Malmea depresa*, *Croton reflexifolius*, *Caesalpinia*

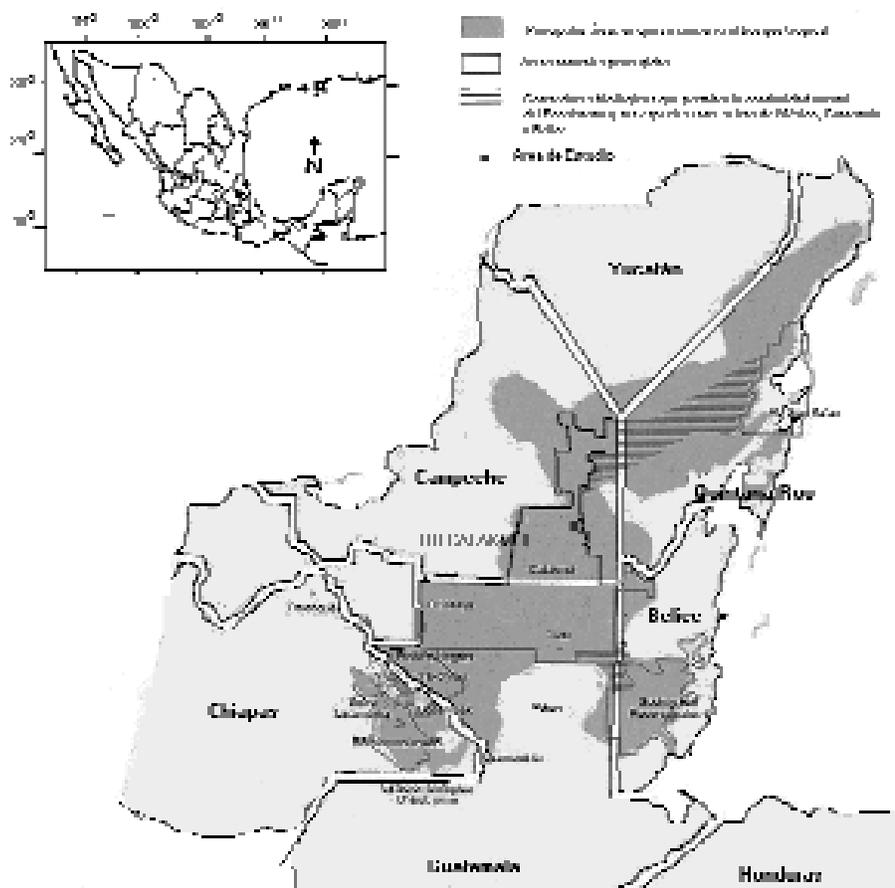


Figura 1. Ubicación del sitio de estudio en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México.

yucatanensis, *C. violacea*, *Manilkara achras*, *Brosimum alicastrum*, *Lysiloma latisiliqua*, *Coccoloba cozumelensis*, *C. acapulcensis*, *Guettarda* spp., *Jatropha gaumeri*, *Bursera simaruba* y *Talicia olivaeformis*. La selva seca se caracteriza por la baja altura de los árboles (< 15 m) y porque muchas plantas pierden las hojas en la época seca. Las especies abundantes en esta comunidad son *Bucida buceri*, *Haematoxylum campechianum*, *Manilkara achras*, *Metopium brownei*, *Diospyros anisandra* y *Cameraria latifolia*.

Hay 52 poblados en los alrededores de la reserva, con una población total de aproximadamente 25 000 personas (Ericson et al., 1999). Los poblados más grandes son Zoh-Laguna, Xpujil, Conhuas y Dzibalchén. No hay indígenas en la reserva y sus vecindades. La mayoría de la gente es inmigrante de los estados de

408 El jaguar en el nuevo milenio

Tabasco, Veracruz, Chiapas y Michoacán. La reserva está dividida en dos por una carretera federal de dos carriles (núm. 186) y varios caminos de terracería (Fig. 1).

Campamento Costa Maya

Nuestro sitio de estudio se localiza en la parte sur de la reserva, al oeste del poblado Narciso Mendoza (Fig. 1). Comprende un área de aproximadamente 60 km² en una región denominada Costa Maya (18° 14' N, 90° 37.5' O). Este sitio se localiza en una de las áreas núcleo de la reserva, donde la única actividad permitida es la investigación científica. La vegetación dominante es la selva semidecidua, que fue afectada en décadas pasadas por la colecta de goma y algo de extracción de madera. La cacería ilegal de subsistencia todavía es relativamente común en las áreas cercanas a este poblado Narciso Mendoza. En el área de estudio hay un camino de terracería en forma de ocho, de 33 km de largo que usamos intensamente para el trabajo de campo.

MÉTODOS

Captura y rastreo

La captura de los jaguares se efectuó exclusivamente durante los meses secos del año, de enero a mayo entre 1997 y 1999. El trabajo de campo en los otros meses del año consistió exclusivamente en el rastreo de los animales con radiocollares. Las razones principales de este esquema de trabajo en el campo es que Calakmul se inunda parcialmente durante la estación de lluvias, lo que hace prácticamente imposible el trabajo de campo durante parte de ese período. Todos los jaguares fueron capturados utilizando sabuesos, con los que se les persiguió hasta que se enramaron en un árbol. Esa técnica ha sido ampliamente utilizada en cacerías y estudios científicos (Crawshaw y Quigley, 1991; Hoogsteijn y Mondolfi, 1992). El uso de perros sabuesos es una técnica efectiva y segura, pues evita que los jaguares permanezcan atrapados en el campo por períodos prolongados. El área donde estamos llevando a cabo nuestro estudio está próxima a asentamientos humanos y un jaguar en una trampa sería una presa muy fácil para los cazadores furtivos.

Una vez que el animal había trepado un árbol, se evaluaba si era adecuado colocarle un radiocollar (figura 2). La evaluación consideró básicamente, si se tra



Figura 2. Un jaguar macho (Tony) con radiocollar en nuestro sitio de estudio (marzo de 1999).

taba de una nueva captura, edad, condición física y apariencia general del animal. A los jaguares nuevos se les disparó un dardo a una distancia de 3 a 8 m, utilizando el poder más bajo del rifle. El dardo era apuntado a músculo sólido de las patas traseras. Si el gato había subido demasiado alto (> 8 m) no se le disparaba de bido a que podría herirse al caer. Se retiraba de la trayectoria entre el rifle y el jaguar cualquier objeto que pudiera desviar el dardo y lastimara al animal. Los animales capturados fueron inmovilizados utilizando una dosis de 11 a 16 mg/kg de Keta mina, la cual variaba dependiendo de la masa corporal de los animales. Una vez que el felino estaba en el suelo, se le cubrían los ojos con un trapo limpio de color oscuro y se humectaban con gotas. La herida del dardo fue tratada con un aerosol para ayudarle a cicatrizar y para evitar infecciones. Los ritmos respiratorio y cardíaco fueron vigilados para evaluar los efectos de la droga. Se tomaron las medidas corporales estándar de cada gato y a cada uno se le dio un nombre y asignó un número. Se utilizó el color y el tamaño de las tetas y de la vulva para juzgar la condición reproductiva de las hembras. Se calculó la edad con base en la morfología, color de la piel y dentición (Ashman et al., 1983). Los gatos fueron clasificados en cinco categorías básicas: adultos viejos, adultos maduros, subadultos, cachorros grandes y cachorros pequeños. Cuando menos una persona se sentaba en silencio y a una distancia considerable del jaguar mientras éste se recuperaba de la droga, para reducir las probabilidades de heridas, ahogamiento o de que fuera cazado furtivamente.

410 El jaguar en el nuevo milenio

Se colectaron los datos de telemetría en veinte semanas desde noviembre de 1997 hasta junio de 1999, con el uso de un equipo de radiotelemetría de mano y tres estaciones receptoras fijas (sistemas pico-nulas, con antenas de 14 elementos; Telonics, Inc.), colocadas en los puntos más altos del sitio de estudio. Las localizaciones de los jaguares se obtuvieron por triangulación, con una estimación preliminar del error de las estaciones fijas de alrededor de 2 grados. Los datos de telemetría fueron analizados con el programa TRAKER (Camponotus, 1994) para calcular los movimientos y las áreas de actividad, las cuales fueron calculadas utilizando el método del Polígono Convexo Mínimo (MCP por sus siglas en inglés, Mohr, 1947).

Densidad y tamaño poblacional

La densidad poblacional de los jaguares fue calculada utilizando la información sobre las áreas de actividad y el número de individuos residentes en el sitio de estudio. En ambos casos el tamaño de muestra fue pequeño, por lo que nuestras conclusiones deben ser consideradas todavía como preliminares y ser usadas con reservas. Utilizamos el tamaño de ámbito hogareño promedio para ambos sexos y el solapamiento promedio para todos los jaguares con radiocollar. Extrapolamos dicha información a toda la reserva, suponiendo que no habría diferencias importantes en la densidad de jaguar entre las principales comunidades vegetales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Área de actividad, densidad y tamaño poblacional

En el período de estudio capturamos ocho jaguares en el sitio de estudio, cinco machos y tres hembras; todos menos uno fueron individuos adultos. Probablemente dos de los jaguares eran transeúntes, y se alejaron del sitio de estudio, y dos jaguares fueron atrapados recientemente, por lo que no tenemos suficientes datos de ellos. Por lo tanto, aquí presentamos los resultados de cuatro jaguares residentes que hemos podido seguir por más de seis meses (cuadro 1). La recepción a corta distancia de las señales del collar de radio y la accesibilidad limitada al sitio de estudio durante la estación de lluvias limitaron el número de registros. Recientemente fueron instaladas tres antenas fijas que mejoraron considerablemente la recepción y el número de localizaciones. Por lo tanto, la confianza de nuestros re

Cuadro 1. Área de actividad de cuatro jaguares (*Panthera onca*) en la reserva de la biosfera de Calakmul, Campeche, México

Número de localizaciones	Nombre y sexo del jaguar	Tamaño del área de actividad (km ²)	Distancia (km)	Intervalo de tiempo (días)
15	Tony (M)	40.8	40.2	184
27	Shoe (M)	33.0	48.6	730
19	Rica (F)	59.2	52.9	460
14	Mitcha (F)	31.7	24.0	257
Promedio		41.2	28.1	403

El área de actividad fue calculada utilizando el Polígono Convexo Mínimo (Mohr, 1947). La distancia indica la suma de kilómetros viajados por cada jaguar entre registros sucesivos. M = Macho; F = Hembra.

Cuadro 2. Estimaciones de densidades de jaguar (*Panthera onca*) en diversos estudios en México y Sudamérica

Región	Densidad (jaguares/km ²)	Método	Referencia
El Pantanal (Brasil)	1/31-62	Telemetría	Crawshaw y Quigley, 1991
El Pantanal (Brasil)	1/22-25	Telemetría	Schaller y Crawshaw, 1980
Cockscomb (Belice)	1/13-16	Telemetría	Rabinowitz y Nottingham, 1986
Chamela (México)	1/25-65	Telemetría	Núñez et al., 1997
Calakmul (México)	1/15-22	Telemetría	Este estudio

Nótese que la densidad de jaguares ha sido estimada a que sea un jaguar en 13 a 75 km².

sultados se incrementará en el futuro conforme se incremente el número de muestra.

El tamaño del área de actividad para los cuatro jaguares fue de 41 km² en promedio, con un rango de 32 a 59 km² (cuadro 1). El solapamiento promedio en las áreas de actividad fue de 35%, siendo mayor en los machos (50%) que en las hembras (20%). Estas estimaciones están dentro del intervalo de variación reportadas en la literatura. El área de actividad de los jaguares muestra una gran variación temporal y espacial. El sexo, la edad, el tipo de hábitat y su productividad, y la interferencia humana son factores importantes que influyen en el tamaño del área de actividad de los jaguares (Crawshaw y Quigley, 1991).

La densidad estimada de jaguares (individuos/km²) en el sitio de estudio fue de un individuo por cada 15 a 30 km² según el grado de solapamiento utilizado (cuadro 2). En los 60 km² de nuestra área de estudio hubo cuatro jaguares residentes cuya área de actividad estuvo incluida casi por completo, lo que significa una densidad de 1 jaguar por cada 15 km². Si consideramos un solapamiento de 35%, entonces la densidad cambia a 1/30 km². Utilizamos am-

412 El jaguar en el nuevo milenio

bos números para calcular la población total de jaguares en la reserva. El menor de nuestros valores es similar a las estimaciones de otro estudio en Belice (Rabinowitz y Nottingham, 1986), sin embargo, el mayor de ellos está dentro del rango obtenido en la mayoría de los estudios. Por ejemplo, las estimaciones de densidades para los jaguares residentes varían de 1 por 22 a 62/km² en el Pantanal (Schaller y Crawshaw, 1980; Crawshaw y Quigley, 1991) a 1 por 33/km² en el oeste de México (Núñez et al., 1997).

Suponiendo que la densidad de jaguares sea homogénea en toda la reserva de la biosfera de Calakmul, calculamos una densidad poblacional adulta de 181 a 482 jaguares en toda la reserva. Si se considera que hay más de 300 000 ha de bosques afuera de la reserva, el tamaño de la población total de jaguares en la región debe ser más alto.

Poblaciones de jaguares en la Región Maya

Con base en la densidad de jaguares calculada para Calakmul, estimamos el tamaño total de la población para las reservas forestales más extensas (> 1 000 km²) de la Región Maya (cuadro 3). Debido a que la densidad de la población de jaguares

Cuadro 3. Tamaños poblacionales del jaguar (*Panthera onca*) utilizando dos estimaciones de densidades en las principales reservas forestales tropicales (> 1 000) km² en la Región Maya de México, Guatemala y Belice

Reserva	Área (km ²)	Tamaño poblacional (densidad)	
		1 ind/15 km ²	1 ind/30 km ²
I. MÉXICO			
Montes Azules, Chiapas	3312	221	110
Calakmul, Campeche	7231	482	241
Sian Ka'an, Quintana Roo	5282	352	176
Yum Balam, Quintana Roo	1540	103	51
II. GUATEMALA			
Carmelita-Uaxactún-Melchor, El Petén	7079	471	235
Laguna del Tigre, El Petén	2700	180	90
Mirador-Río Azul, El Petén	1011	68	34
III. BELICE			
Parque nacional Chiquibul, Montañas Mayas	1159	77	38
Río Bravo, El Petén	1000	67	33
TOTAL	30314	2021	1008

El tamaño y ubicación de las reservas fueron tomados de Cuarón (1997).

varía de acuerdo con las variables ambientales, como el tipo de hábitat y el tamaño de la presa, estas estimaciones, aunque imprecisas, pueden ser utilizadas para tener una idea general del estado de conservación de la especie en la región. En la Región Maya de México, Guatemala y Belice, hay nueve grandes reservas o redes de reservas, que cubren alrededor de 30 000 km², que probablemente mantienen entre 1 000 y 2 000 jaguares. La mayoría de estas reservas son lo suficientemente grandes para mantener a, cuando menos, 50 jaguares, pero solamente dos, Calakmul en México y Carmelita-Uaxactún-Melchor en Guatemala, tienen una extensión suficiente para mantener poblaciones mayores que 400 individuos. No hay reservas suficientemente grandes para mantener poblaciones de 500 jaguares. Estos resultados ilustran la necesidad de tener áreas protegidas adicionales en la Región Maya que funcionen como corredores para unir las reservas forestales y poder así mantener poblaciones viables de jaguares. Si las nueve redes de reservas son manejadas y protegidas adecuadamente, probablemente podrían mantener una población viable de jaguares a largo plazo.

El efecto de borde en el tamaño poblacional

Un problema severo con las reservas en México y Centroamérica es el incremento en su aislamiento como consecuencia de la destrucción del hábitat por actividades antropogénicas en las áreas que las rodean. Para evaluar el efecto de la fragmentación del hábitat en el tamaño poblacional del jaguar en Calakmul calculamos el área de la reserva que podría ser afectada de forma directa por las actividades humanas, si la reserva terminara aislada completamente en el futuro. Entre tales actividades se encuentran la cacería furtiva, la cacería de las presas del jaguar y otros factores que puedan reducir la densidad de jaguares en el límite de la reserva. Supeusimos que habría un efecto de borde de 3 a 5 kilómetros, con base en los movimientos regulares del jaguar en nuestro sitio de estudio. Los resultados son sorprendentes. El área de la reserva que sería afectada varió de 24 a 33% (figura 3), con una disminución correspondiente en el tamaño de la población de jaguar. En estos cálculos, asumimos que había una relación lineal entre el área y el tamaño poblacional; sin embargo, hay evidencia de que en muchas especies de mamíferos y aves los efectos en la densidad poblacional pueden ser mayores que lo esperado, es decir, no lineales. En muchos casos podrían esperarse efectos mayores conforme el área se va reduciendo (Laurance y Bierregaard, 1997; Woodroffe y Ginsberg, 1998).

Son evidentes dos consecuencias principales del efecto de borde. Por un lado, los jaguares en un área grande (24 a 33%) de la reserva serían afectados direc

414 El jaguar en el nuevo milenio

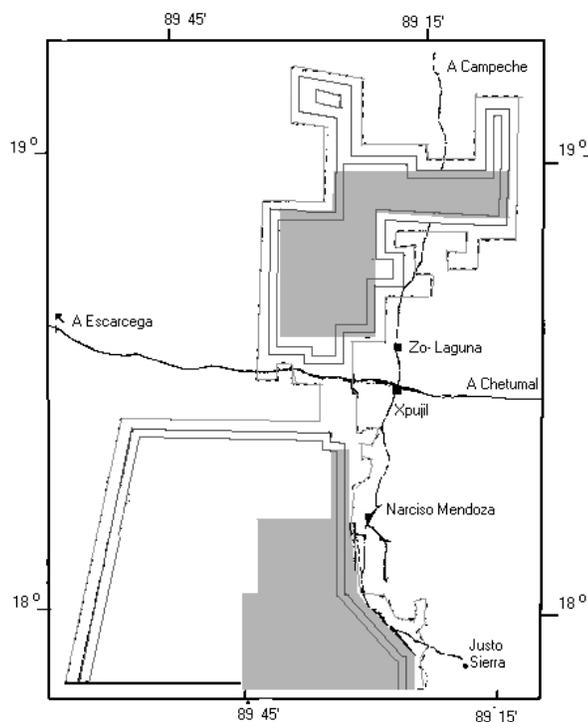


Figura 3. Pérdidas de área estimadas bajo efectos de borde de 3 y 5 km en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México.

tamente por la interferencia de los humanos y, en un caso extremo, el tamaño de la población de jaguar en la reserva podría ser afectado severamente (cuadro 4). Por el otro lado, en términos prácticos, las áreas núcleo de la reserva quedarían aisladas prácticamente y el tamaño de las zonas de amortiguamiento se reduciría. Los jaguares tendrían problemas para moverse libremente por la reserva. En estos escenarios creemos que el tamaño total de la población sería incluso menor que nuestras estimaciones, ya que la fragmentación progresiva del hábitat puede incrementar el riesgo de la extinción debido a factores demográficos, genéticos o estocásticos. Las poblaciones y reservas aisladas son más propensas a adquirir enfermedades, patógenos, depredadores e invasiones de especies exóticas (Wilcove, et al., 1986; Robinson, et al., 1995).

Cuadro 4. Estimaciones poblacionales de jaguares (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, asumiendo un efecto de borde de 3 y 5 km

	Área (ha)	Área perdida	Población de jaguar	
			1 ind/15 km ²	1 ind/30 km ²
Tamaño actual	723185		482	241
Efecto de borde de 3 km	622576	100608 (24%)	415	207
Efecto de borde de 5 km	486176	237009 (33%)	324	162

Implicaciones para la conservación

Nuestros resultados tienen implicaciones claras para la conservación de los jaguares en Calakmul y la Región Maya. Aunque hay reservas con grandes extensiones en esta región, incluyendo Calakmul, muy pocas cuentan con un área suficiente para mantener poblaciones relativamente grandes de jaguares. Una recomendación con base en nuestro estudio es que se debe hacer un esfuerzo real para poner en práctica actividades afuera de las reservas orientadas a minimizar los efectos de borde y, consecuentemente, a reducir la fragmentación y aislamiento de las reservas. Es claro también que las reservas en la Región Maya tienen que estar unidas a través de corredores de hábitat adecuado para formar una red regional de reservas. Éste es un paso fundamental para incrementar el área protegida disponible, para reducir el aislamiento de las reservas y para crear condiciones adecuadas para el movimiento y dispersión de los jaguares y otras especies. Archie Carr III y otros científicos han propuesto ideas similares —el proyecto Paseo Pantera y el Corredor Biológico Mesoamericano.

Una ventaja de esta estrategia es que los jaguares, al ser carnívoros grandes que necesitan grandes extensiones de hábitat poco perturbado para mantener poblaciones viables, pueden ser utilizados como especies sombrilla, cuya conservación, y por lo tanto, la de áreas externas, asegurará la protección de muchas otras especies de plantas y animales (Newark, 1996; Terborgh, 1992). Hay cierto sentido de urgencia porque la degradación ambiental, especialmente la destrucción del hábitat, está progresando a una tasa rápida. A menos que se pongan en práctica medidas de conservación efectivas en las próximas décadas, muchas especies, como los jaguares, enfrentarán un alto riesgo de extinción en la Región Maya. La pérdida de estas especies seguramente tendrá efectos severos en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas selváticos, reduciendo el valor de las reservas y poniendo en peligro la sobrevivencia de gran parte de la diversidad biológica regional. Aparte de la naturaleza trágica de este escenario, las implica

416 El jaguar en el nuevo milenio

ciones para el bienestar de los seres humanos son inmensas porque, conforme el bosque es destruido, los servicios naturales que provee también lo son.

AGRADECIMIENTOS

Hemos recibido el amable apoyo de muchos individuos e instituciones. Estamos extremadamente agradecidos con todos ellos. Sierra Madre, el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, Estafeta Mexicana, Safari Club Internacional, Ferrero de México y Kimberly Clark apoyaron el proyecto con financiamientos parciales. Quisiéramos agradecer a las autoridades mexicanas de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP, INE, PROFEPA) y a la dirección de la reserva de Calakmul, por proporcionarnos los permisos para trabajar con los jaguares y ayudarnos a supervisar el proyecto. Patricio Robles Gil, Felipe Ramírez, Bill Wall, Howard Quigley, José de la Gala e Ignacio March han proporcionado apoyo y consejo en diferentes aspectos del estudio. Finalmente, queremos dar un reconocimiento al continuo apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México.

LITERATURA CITADA

- ARANDA, M. 1990. El jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de Calakmul: morfometría, dieta y densidad poblacional. Tesis de maestría, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- .1996. Distribución y abundancia del jaguar (*Panthera onca*) en el estado de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 68:45-52.
- .1998. Densidad y estructura de una población del jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul. Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 75:199-201.
- ASHMAN, D., CHRISTENSEN, G.C., HESS, M.C., TSUKAMOTO, G.K. y M.S. WICHERSHAM. 1983. The mountain lion in Nevada. Nevada Department of Wildlife, Reno, Nevada.
- CAMPONOTUS, AB. 1994. Tracker version 1.1. Wildlife tracking and analysis software. User manual. Sweden.
- CEBALLOS, G. y D. NAVARRO. 1991. Diversity and conservation of Mexican mammals. Pp. 167-198 in *Latin American mammalogy: history, biodiversity and conservation* (M.A. Mares y D.J. Schmidly, eds.). University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma.
- CUARÓN, A. 1997. Land Cover changes and mammal conservation in Mesoamerica. Tesis doctoral. Cambridge University, England.

- CRAWSHAW, PG. y H.B. QUIGLEY. 1991. Jaguar spacing, activity, and habitat use in a seasonally flooded environment in Brazil. *Journal of Zoology* 223: 357-370.
- ERICSON, J., M.S. FREUDENBERGER, y E. BOEGE. 1999. Population dynamics, migration, and the future of the Calakmul biosphere reserve. Occasional Papers No. 1, American Association for the Advancement of Science, Washington.
- GOMEZ POMPA, A. y R. DIRZO. 1995. Areas naturales protegidas de México. SEMARNAP, México, D.F.
- HOOGESTEIJN, R. y E. MONDOLFI, 1992. El jaguar. *Tigre Americano*. Armitaño Editores, Caracas, Venezuela.
- IUCN. 1996. IUCN Red List of Threatened animals. IUCN, Gland, Suiza.
- LAURANCE, W.F. y R.O. BIERREGAARD. 1997. Tropical Forest Remnants. The University of Chicago Press, Chicago, IL. USA.
- MACARTHUR, R.H. y E.O. WILSON. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- MASERA, O.R., M.J. ORDOÑEZ y R. DIRZO, 1997. Carbon emissions from Mexican Forests: Current Situation and Long-term Scenarios. *Climatic Change* 35:265-295.
- MCCULLOUGH, D.R. 1996. Metapopulations and Wildlife Conservation. Island Press, Washington, D.C.
- MOHR, C.O. 1947. Table of equivalent populations of North American mammals. *American Midland Naturalist*, 37: 223-249.
- NEWARK, W.D. 1996. Insularization of Tanzanian parks and the local extinction of large mammals. *Conservation Biology* 10:1549-1556.
- NUÑEZ, R., B. MILLER, y F. LINDZEY. 1998. Home Range, activity and habitat use by jaguars and pumas in a neotropical dry forest of Mexico. Seventh International Congress (Abstracts). Acapulco, Mexico.
- QUIGLEY, H.B. y PG. CRAWSHAW. 1992. A conservation plan for the Jaguar in the Pantanal region of Brazil. *Conservation Biology* 61: 149-157.
- RABINOWITZ A.R. y B.G. NOTTINGHAM. 1986. Ecology and behaviour of the jaguar (*Panthera onca*) in Belize, Central America. *Journal of the Zoological Society of London*. 210:149-159.
- ROBINSON, S.K., FR. THOMPSON III, T.M. DONOVAN, D.R. WHITEHEAD y J. FAABORG. 1995. Regional forest fragmentation and the nesting success of migratory birds. *Science* 267:1987-1990.
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Editorial LIMUSA, México, D.F.
- SANDELL, M. 1989. The mating tactics and spacing patterns of solitary carnivores. Pp 164-182 in *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution* (J.L. Gittleman, ed.). Chapman and Hall, London.
- SCHALLER, G.B. y PG. CRAWSHAW. 1980. Movement patterns of jaguars. *Biotropica* 12: 161-168.
- SEDESOL, 1994. Norma Oficial Mexicana, NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. *Diario Oficial de la Federación*, 438:2-60.

418 El jaguar en el nuevo milenio

SEMARNAP, 2000.

SEYMOUR, K.L. 1989. *Panthera onca*. Mammalian species No. 340: 1-9. SUNQUIST, este vol.

SWANK, W.G. y J.G. TEER. 1989. Status of the Jaguar-1987. *Oryx*, 23:14-21.

TERBORGH, J. 1992. Maintenance of diversity in tropical forests. *Biotropica* 24:283-292. VAUGHAN, este vol.

WILCOVE, D.S., C.H. McLELLAN y A.P. DOBSON. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. Pages 237-256 in *Conservation Biology: The science of scarcity and diversity* (M.E. Soulé, ed.). Sinauer, Sunderland, Mass.

WILCOX, B.A. y D.D. MURPHY. 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *American Naturalist* 125:879-87.

WOODROFFE, R. y J.R. GINSBERG. 1998. Edge effects and the extinction of populations inside protected areas. *Science* 280: 2126-2128.

CAPÍTULO III

ÁREAS DE ACTIVIDAD, USO DEL HÁBITAT, Y TAMAÑO POBLACIONAL DEL JAGUAR (*Panthera onca*) Y DEL PUMA (*Puma concolor*) EN CALAKMUL, CAMPECHE, MEXICO.

AREAS DE ACTIVIDAD, USO DEL HÁBITAT, Y TAMAÑO POBLACIONAL DEL JAGUAR (*Panthera onca*) Y DEL PUMA (*Puma concolor*) EN CALAKMUL, CAMPECHE, MEXICO.

RESUMEN

Los jaguares (*Panthera onca*) y pumas (*Puma concolor*) son simpátricos en toda el área de distribución del jaguar. Diversos estudios han tratado sobre las interacciones entre ambas especies. Sin embargo, los factores ecológicos y conductuales que permiten su coexistencia permanecen poco claros. El objetivo de este estudio fue obtener información sobre cuales pueden ser los elementos espaciales que facilitan su coexistencia en una matriz seminatural protegida, además de realizar una estima de la densidad y tamaño poblacional en la Reserva de la Biosfera Calakmul, México y en la Selva Maya en general. Entre abril de 1997 y junio de 2000 se capturaron y radio-siguieron 12 jaguares y 4 pumas. Los pumas tuvieron mayores áreas de actividad que los jaguares. Hubo un elevado solapamiento de las áreas de actividad entre especies, pero muy bajo entre individuos del mismo sexo para cada especie. Los jaguares tuvieron mayor afinidad por lugares con cuerpos de agua, y aquellos con mayor cobertura forestal. Los pumas usaron usualmente los diferentes tipos de vegetación según su disponibilidad. Hubo algunas variaciones en el patrón de uso del hábitat dependiendo de la escala usada. La heterogeneidad del hábitat parece jugar un papel importante en la coexistencia de ambas especies.

Palabras clave: Área de actividad, uso de hábitat, movimientos, jaguar, puma, coexistencia, *Panthera onca*, *Puma concolor*, selva.

R. H. : Jaguar y puma Sureste de México

INTRODUCCIÓN

El jaguar (*Panthera onca*) y el puma (*Puma concolor*) son los felinos más grandes en el continente Americano. Aunque las dos especies coexisten en todo el intervalo de la distribución geográfica del jaguar, desde el sur de Estados Unidos al Norte de Argentina, existe poca información sobre su área de actividad y uso de hábitat, cuando las dos especies están presentes en un mismo lugar (Scognamillo, et al. 2003; Sunquist, 2002).

De los estudios que se han realizado con estas dos especies, pocos han examinado las interacciones ecológicas entre ellas. La separación trófica es la que se ha estudiado con mayor frecuencia (Jorgenson y Redford, 1993; Aranda y Sánchez-Cordero, 1996; Taber, et al., 1997; Nuñez et al., 2000). Sin embargo, no existe información sobre cómo se reparte el espacio, su estructura social, o el papel del hábitat en la coexistencia de las dos especies (Sunquist, 2002).

La información sobre el uso de hábitat por jaguares y pumas, tiene implicaciones ecológicas directas, y puede ayudar a dilucidar los mecanismos de coexistencia. Esta información también puede ser fundamental para comprender los mecanismos de la selección de áreas prioritarias para la conservación, el diseño de áreas protegidas y la implementación de corredores de fauna silvestre (Lamberson et al. 1992, 1994; Dunning, et al, 1995; Medellín et al 2002).

En este artículo presentamos datos de uso del hábitat y áreas de actividad de jaguares y pumas en el bosque tropical en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, en el Sureste de México. Específicamente queríamos responder las siguientes preguntas: I) ¿Cuál es el área de actividad de los jaguares y pumas en la Reserva de la Biosfera Calakmul?, ii) ¿Existe un uso diferencial de los tipos de vegetación por los jaguares y pumas a diferentes escalas? y iii) ¿Cual puede ser la densidad y el tamaño poblacional en Calakmul y en las Reservas de la Selva Maya?.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

Los jaguares y pumas fueron estudiados en Costa Maya, en la parte sur de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, al sureste de México (18° 14' N, 90° 37.5' O, Fig. 1). La región de Calakmul está en la Península de Yucatán, adyacente a la Selva tropical de Guatemala y Belice, la cual es conocida como la Selva Maya. Esta selva es el remanente más extenso de selvas en México y Centro América (Bryant et al. 1997). La Reserva de la Biosfera Calakmul (723,000 has) es relativamente plana (100-300 msnm), y es la reserva de selva más grande en

México. Escogimos esta región como área de estudio por ser un área de selva grande y por las abundantes evidencias de jaguares (Aranda, 1998).

Costa Maya, de aproximadamente 60 km², se localiza en una de las zonas núcleo de la reserva. El bosque primario (Selva mediana) fue explotado en las pasadas décadas para la colecta de chicle y la extracción indiscriminada de maderas preciosas. La cacería ilegal y de subsistencia es relativamente común en áreas cercanas al área de estudio. En el área hay un antiguo camino maderero de 33 kilómetros de largo en forma de 8, que fue utilizado para la búsqueda de jaguares y pumas.

Las características físicas y bióticas de la región han sido descritas en detalle (Gómez Pompa y Dirzo, 1995; Galindo, 1999). El clima es tropical cálido y húmedo, con una fuerte temporada de lluvias (la precipitación anual varía de 1,000 a 1,500 mm, concentrándose de junio a noviembre), y una temperatura media anual de 24.9 °C (García y March, 1990, citado en Gómez Pompa y Dirzo, 1995). Existen aproximadamente 550 especies de vertebrados y más de 1600 especies de plantas vasculares en la reserva (Martínez y Galindo 2002). Más de 160 especies de flora y fauna de la región de Calakmul se encuentran bajo protección legal en la norma oficial 059 (SEMARNAP 1995). La mayor parte de las comunidades de plantas son Selvas medianas, altas y bajas (Gómez Pompa y Dirzo, 1995).

Captura, manejo y colecta de datos

Los jaguares y pumas fueron capturados de enero a mayo de cada año usando perros entrenados que hacen trepar a los animales a los árboles (ver Ceballos et al., 2002, para más detalles). Tal técnica ha sido ampliamente utilizada en cacería cinegética, así como en estudios científicos (Crawshaw and Quigley, 1991; Hoogsteijn and Mondolfi, 1992; Scognamillo et al 2003). Una vez en el árbol, los animales eran anestesiados con 11 a 16 mg/kg de ketamina usando dardos, y se les equipaban con radio collares (Telonics), provistos con sensor de movimiento para detectar su actividad. A cada animal se les tomaba las siguientes medidas: peso, longitud total, del cuerpo, de la cola vertebral, de la oreja, de la cabeza, del cuello, la alzada, y la distancia entre colmillos superiores e inferiores. La edad se calculaba según su morfología, coloración de la piel y dentición (Ashman et al., 1983). Los jaguares fueron clasificados con juveniles (2-18 meses), subadultos (1,5 -3 años) y adultos (mas de 3 años).

La posición de los animales fue obtenida cada media hora en sesiones de 24 horas realizadas por lo menos una vez cada dos meses y con localizaciones semanales aisladas entre

noviembre de 1997 y junio del 2000, con antenas de mano y tres estaciones fijas de recepción (Sistema nulo; null-peak systems, con antenas de 14 elementos; Telonics, Inc.). El error aproximado de localización de las estaciones fijas fue de de 2 grados. Una vez eliminadas aquellas localizaciones con un error alto (en las cuales los ángulos de intersección fueron menores a 20° o más de 160°, que causan polígonos de error muy grandes), o de las que no pudimos conseguir mas que un azimuths, quedaron 723 localizaciones validas.

Análisis de datos

Para los cálculos, solo consideramos localizaciones con al menos un día de diferencia (Nuñez, et al 2002). El tamaño de las áreas de actividad de los pumas y jaguares fueron determinados usando la extensión de Animal movement del paquete ArcView (Hooge 1999). El número de localizaciones necesarias para calcular el tamaño del área de actividad fue analizado usando el paquete para computación Biotas (Ecological software Solutions, 2000), que permite relacionar el número de lecturas necesarias para que el tamaño del área de actividad alcance una asíntota (Harris et al 1990). El procedimiento consistió en usar al azar cinco posiciones y calcular el área de actividad y después ir incrementado con una posición adicional hasta que se llegase a una asíntota. Esto se hace mediante un proceso iterativo y se simula 1,000 veces mediante un procedimiento de bootstrap.

El método del polígono mínimo convexo usando el 100% de las localizaciones (MCP; Mohr, 1947) fue usado para estimar el tamaño del área de actividad. Este método es el más ampliamente usado en la literatura (Harris et al, 1990), lo que permite la comparación con otros estudios. No obstante, el uso del 100% de las localizaciones puede tener el problema de que la estima del área de actividad se ve altamente influenciado por localizaciones aberrantes o poco usuales (Harris et al, 1990), al incluir grandes áreas poco usadas. Para paliar este problema potencial, también calculamos el PMC usando el 95% de las localizaciones.

Información general sobre el uso del hábitat tanto de jaguares como de pumas se obtuvo contabilizamos el número total de localizaciones de cada especie en cada uno de los siguientes tipos de hábitats diferenciados en el área de estudio:

- 1. Selva Alta (Sa):** Masa forestal perennifolia y subperennifolia de altura dominante superior a 25 m.
- 2. Selva mediana (Sm):** Masa forestal subperennifolias y caducifolias de altura dominante entre 15 y 25 m.

3. **Selva Baja (Sb):** Masa forestal subperennifolia de altura dominante menor a 15 m.
4. **Akalché (A) :** Selva baja que permanece inundada durante la época de lluvias, y a veces hasta febrero, es decir, hasta siete u ocho meses del año.
5. **Hábitats riparios (HR):** Vegetación sobre los márgenes de los escurrimientos, claramente diferenciada de la vegetación que la rodea. Incluye asociaciones hidrófilas de las familias Thypaceae, Cyperaceae, Poaceae, Bignoniaceae, Fabaceae y Areacaceae. Acumulan agua durante todo o parte del año.
6. **Hábitats modificados (HM):** Zonas con vegetación sucesional producida por la eliminación de la vegetación original para introducir cultivos anuales que se abandona después de algunos ciclos agrícolas. Sin discriminar aquellas superficies que bajo uso se encuentren con vegetación herbácea, arbustiva ó arbórea.

Como para algunos individuos hubo pocas localizaciones disponibles, y con frecuencia se ha propuesto que la escala de análisis puede ser importante para entender mejor los patrones de selección del hábitat (Jackson, 1996; Chamberlain et al, 2003; Weathley et al 2005), el análisis sobre selección de hábitat se hizo considerando como la unidad de muestra el PMC al 100% de cada individuo, que era subdividida en celdillas a las que se asignaba el hábitat mayor representado en su interior (cuando un cuerpo de agua o río cruzaba una celda, era completamente asignado como hábitat con agua), y se compararon con las misma medida para el área total de estudio (disponibilidad). La disponibilidad de cada tipo de hábitat fue estimada dentro del PMC obtenido usando todas las radiolocalizaciones de los jaguares y pumas y un buffer de 2.24 km, que es la distancia promedio del movimiento diario (Schadt et al 2002).

Se usó la prueba de la χ^2 para determinar si cada animal usaba los hábitat conforme a su disponibilidad en el área de estudio para tres tamaños de celdillas distintos (1 km², 0.25 km² y 0.0625 km²). Se usaron intervalos de confianza de Bonferroni para prevenir incurrir en el error de tipo I (Thomas y Taylor, 1990), que es posible cometer cuando hay múltiples comparaciones (Neu et al., 1974; Feore, 1994).

Densidad y tamaño poblacional

La densidad en el área de estudio se calculó usando datos de las áreas de actividad y el número de individuos residentes capturados. Un jaguar o puma era considerado como residente si era capturado al siguiente año, o era conocido que permanecía por más de seis meses en el área de

estudio. La densidad de las dos especies en su conjunto y la de jaguares por separado se calculó usando el modelo de captura y recaptura de Jolly-Seber (Krebs 1999). No hubo suficientes datos para calcular la densidad de pumas por separado.

Usando los datos obtenidos de densidad en el área de estudio, y los valores mínimos y máximos obtenidos sobre densidad en otros estudios realizados en ambientes similares, realizamos una estima del tamaño poblacional para toda la reserva de Calakmul y en las reservas del sur de México, Guatemala y Belice.

RESULTADOS

Animales capturados y radio-seguídos

Doce jaguares (6 machos adultos, 5 hembras adultas y una juvenil) y 4 pumas (un macho y una hembra adultos y dos subadultos,) fueron capturados. Todos los individuos fueron equipados con radio collar, a excepción del juvenil de jaguar. Debido a problemas logísticos o desaparición de individuos (e.g. movimientos a gran escala o mortalidad) sólo obtuvimos información de 6 jaguares y 2 pumas, de los que obtuvimos 439 radio localizaciones independientes (190 para jaguares y 249 para pumas).

Áreas de actividad

Las áreas de actividad de los jaguares residentes fueron más pequeñas que las de los pumas, aunque las diferencias no fueron significativas (Prueba de U de Mann-Whitney $U = 15$, $n_1 = 2$, $n_2 = 6$, $P = 0.07$). El área de actividad promedio de los jaguares fue de 50 km^2 , oscilando entre 27 y 85 km^2 . En los machos fue mayor (media = 58 km^2 , rango = $31-85 \text{ km}^2$) que en las hembras (media = 39 km^2 , rango = $27-78 \text{ km}^2$), pero de nuevo las diferencias no fueron significativas (Cuadro 1, prueba de U de Mann-Whitney $U = 15$, $n_1 = 3$, $n_2 = 3$, $P = 0.70$). El solapamiento en el área de actividad entre machos y entre hembras fue muy parecido ($18-23\%$, y $17-27\%$, respectivamente). Entre machos y hembras fue del 35 al 60% (Prueba de U de Mann-Whitney $U = 15$, $n_1 = 3$, $n_2 = 3$, $P = 0.10$). En promedio, el PMC usando el 95% de las localizaciones fue un tercio menor que el PMC usando el 100% de las localizaciones (Cuadro 1). Estos datos sobre el área de actividad de los jaguares deben ser considerados con precaución puesto que en 4 de los 6 individuos no obtuvimos una asíntota (Cuadro 1).

El área de actividad para los pumas fue de 135 km² para el macho y de 108 km² para la hembra. El PMC usando el 95% de las localizaciones fue 1.8 (78 km²) y 2 (55.5 km²) veces menor para el macho y la hembra, respectivamente (Cuadro 1). El área ocupada por todos los jaguares y pumas radio-marcados fue de 243 Km².

Uso general del Hábitat

En el área de estudio (el MCP con el buffer), la selva mediana fue el tipo de vegetación más abundante ocupando el 53% de los 400 km², seguida por la selva baja (28%), el akalche (7%), la Selva alta, y los hábitats modificados (Figura 2).

Tanto los jaguares como los pumas fueron principalmente localizados en los mismos hábitats (selva media, seguida de selva baja), aunque los últimos también lo fueron con relativa frecuencia en la selva alta (Figura 3). Las frecuencias de uso para cada especie fueron significativamente diferentes ($X^2= 36$, gl = 5, $p<0.001$), con los jaguares usando más la selva mediana y la selva baja, y usando menos la selva alta y el akalche que los pumas (Figura 3).

Selección del hábitat

1 km².- Mas de la mitad de los cuadros de 1 km² presentaron un lugar con un cuerpo de agua (55%), seguido de la Selva Mediana (29%), la selva baja (11%), akalche (menos del 5%), y HM y SA con una proporción muy pequeña.

Todos los individuos tanto de machos como de hembras de jaguar coincidieron en el patrón de uso y selección de los hábitats mas importantes, usando con gran intensidad y prefiriendo los hábitat con cuerpos de agua, y rechazando la SM y SB (Cuadro 2A). Los pumas por su parte, principalmente usaron y prefirieron la selva mediana y claramente rechazaron los hábitat con cuerpos de agua (Cuadro 2A).

0.25 km².- La selva mediana fue el tipo de vegetación con mayor proporción (43%) en el área de estudio, seguido de los hábitats con algún cuerpo de agua (27%), la selva baja (18%) y el resto de los hábitats (Akalche, HM y SA).

Los resultados para los jaguares son bastante similares a los obtenidos con celdillas de 1 km², aunque en este caso se hace evidente el rechazo de todos los individuos por el hábitat akalche (Cuadro 2B).

A esta escala, los pumas no presentan una preferencia significativa por la selva media, pero mantienen su rechazo por los Hábitats riparios (Cuadro 2B).

0.0625 km².- En el área disponible la selva mediana representa el 44%, seguida de la selva baja y los HCA (22% y 23%), y los otros tipos de hábitats (todos menos del 5%). A esta escala, los jaguares siguen prefiriendo el HCA, y rechazando el Sb y akalche, pero ahora la mayor parte de los individuos (4 de 6) usan el Sm más de lo disponible y las 3 hembras también usan más de lo disponible el Sa, siendo en los machos este último hábitat usado según su disponibilidad o rechazado (Cuadro 2C).

En los pumas, mientras que el macho usó todos los hábitat según su disponibilidad, la hembra usó más y menos de lo esperado la selva media y los Hábitats riparios, respectivamente (Cuadro 2C).

Densidad y tamaño poblacional

Estimamos que la densidad conjunta de jaguares y pumas adultos fue de 9 individuos por 100 km² (Cuadro 3). Los pumas fueron menos abundantes que los jaguares, con un promedio de densidad poblacional de 6 jaguares y 3 pumas por 100 km². Las estimas de densidad son bastantes consistentes entre métodos y años (cuadro 3).

Se estimó un número total de jaguares y pumas en la Reserva de la Biosfera de Calakmul de 650, de los que 433 serían jaguares y 217 pumas. Considerando las tres reservas de la región (Balam ku, Balam kim, Bala'an ka'ax), en total se estiman 1225 felinos, de los cuales son 816 serían jaguares y 409 pumas.

En la Región Maya de México, Guatemala y Belice, hay 13 grandes reservas o redes de reservas, que cubren alrededor de 35 000 km², que probablemente mantienen más de 3,000 jaguares y pumas, de los cuales las dos terceras partes serían jaguares y el resto pumas. La mayoría de estas reservas son lo suficientemente grandes para mantener al menos 90 ejemplares, pero solamente dos, Calakmul en México y Carmelita-Uaxactún-Melchor en Guatemala, tienen una extensión suficiente para mantener poblaciones mayores que 400 individuos (Cuadro 5). No hay reservas suficientemente grandes para mantener poblaciones de 500 jaguares.

DISCUSION

Las áreas de actividad de las hembras de jaguar observadas en nuestra área de estudio (31-84 km²), son al menos 3 veces mayores a las reportadas en Belice (10-11 km²; Rabinowitz y Nottingham 1986) y similares a las obtenidas en otros lugares como en el oeste de México (25-65 km²; Nuñez et al. 2002) y en Brasil (47-83 km²; Crawshaw and Quigley 1991, Scognamillo, et al., 2002, 2003). No obstante, los datos de Belice proceden de dos hembras rastreadas por huellas, por lo que los datos no son totalmente comparables. La hembra de puma radio-seguida en este estudio presentó un área de actividad mayor a las que se han observado en Sudamérica (23-85 km²; Franklin, et al., 1999, Scognamillo, et al., 2003), y parecida a las de Norte América (Anderson, 1983).

Las áreas de actividad de los machos de jaguar en Calakmul, (27-77 km²) son similares a las de Belice (28-40 km²; Rabinowitz y Nottingham 1986), y están por debajo de las observadas en Brasil (93 a 130 km²; Crawshaw and Quigley, 1991; Scognamillo, et al., 2003). El macho de puma tuvo un área de actividad mayor que las que se han observado en Sudamérica (17-104 km²; Franklin, et al., 1999, Scognamillo, et al., 2003) y parecida a las de Norte América (Anderson, 1983).

En todos los casos hay que considerar que las estimaciones deben ser consideradas como mínimas, ya que en la mayoría de los casos, sobre todo en los machos, ha sido muy difícil su seguimiento. Si los jaguares actúan como otros gatos del mismo grupo, los machos deberían cubrir una mayor área que las hembras (Sunquist, 1981).

Uso del hábitat.-El uso del hábitat de los jaguares en relación con su disponibilidad, mostró patrones muy interesantes. A cualquier escala usaron los lugares con cuerpos de agua, y dependiendo de la escala, utilizaron aquellos lugares con mayor cobertura arbórea (SM y SA). Patrones de uso similares han sido observados a escalas mas gruesas (áreas de actividad total) en el Pantanal (Shaller y Crawshaw, 1980; Quigley y Crawshaw, 1992), en Belice (Rabinowitz y Nottingham, 1986) y en Perú (Emmons, 1987), pero no en los llanos venezolanos (Scognamillo, et al., 2003).

Las áreas riparias han sido en general catalogadas como zonas de mayor productividad, mayor diversidad de recursos críticos, además de ser posibles zonas de conexiones naturales entre bloques de hábitats (Spence et al., 1996; Nuñez et al, 2002; Quigley y Crawshaw, 1992),

por tanto, parece justificada la preferencias por estas áreas por parte del jaguar. Por el contrario, el Akalche, es una de las zonas menos productivas del área de estudio (Erickson 1996; Escamilla, et al., 2000), lo que también justificaría su menor uso por parte de los jaguares. Además, este tipo de selvas en temporada de lluvias, permanecen inundadas de 3 a 6 meses al año.

Los pumas por su parte, usaron la mayor parte de los tipos de vegetación en función de su disponibilidad, con la excepción de los Hábitats riparios que los usaron por debajo de lo disponible. Este resultado contrasta parcialmente con lo observado previamente para el puma en ambientes tropicales, donde usan el ambiente de manera similar al jaguar, prefiriendo también los hábitats con agua (Nuñez, et al 2002).

El uso por parte del puma de los hábitats riparios por debajo de lo esperado tanto por su disponibilidad como, a priori, por la mayor riqueza en recursos importantes para la especie, pudiera ser debido a un efecto de evitación del jaguar. El tamaño corporal de los jaguares es mayor que el de los pumas, por lo tanto se puede esperar que los últimos intenten evitar la presencia de los primeros para evitar posibles agresiones (Palomares y Caro 1999). Separaciones espaciales de hábitat entre jaguares y pumas, han sido documentadas por medio de señales o signos, tales como huellas, en Perú (Emmons, 1987) y México (Aranda y Sánchez-Cordero, 1996), y por medio de radiotelemetría en los parches de vegetación en los Llanos Venezolanos (Scognamillo, et al., 2003). Sin embargo, la separación en el uso del hábitat no se dio a escala de áreas de actividad en nuestra área de estudio, donde se encontró un alto grado de solapamiento entre las dos especies. Resultados similares se han encontrado en los Llanos Venezolanos (Scognamillo, et al., 2003) y en Chamela (Nuñez et al, 2002). Un alto traslape puede incrementar la probabilidad de encuentros agresivos y/o el aumento de mecanismos para evitarlos (Schoener, 1982; Rabinowitz y Nottingham, 1986), o puede ser indicativo que los recursos se encuentran distribuidos en parches (Palomares et al., 1996; Durant, 1998; Polisar, 2000). El puma parece estar evitando la interferencia directa con el jaguar a través del uso diferente del microhabitat. Tanto en nuestra área de estudio como en los Llanos Venezolanos, los pumas están utilizando hábitats más abiertos que los jaguares (Scognamillo, et al., 2003). En otras especies también se ha observado un uso diferencial del microhabitat o hábitat entre diferentes especies de carnívoros (Seidensticker, 1976; Schaller y Crawshaw, 1980; Norton y Lawson, 1985; Fedriani, et al., 1999).

Las poblaciones de jaguares están sufriendo un proceso gradual de fragmentación y aislamiento en su área de distribución, siendo importante para cualquier acción de conservación poder determinar en primer lugar con cuantos individuos contamos, además de otros parámetros poblacionales (Eizirik, et al., 2002). En contra parte, poco se sabe de las densidades y el tamaño poblacional de los pumas en esas áreas, ya que se considera una especie que puede tolerar mas la perturbación (Franklin, 1999).

La densidad conjunta de jaguares y pumas en nuestra área de estudio es mayor a la estimada en Chamela (5.1 en 100 km²; Nuñez, et al., 2002), y muy parecida a la de Belice (7.2-8.6/100 km²; Rabinowitz y Nottingham 1986). En cuanto a las diferencias en densidad de jaguares observadas entre las distintas áreas de estudio podrían ser explicadas por la temporalidad de cada área. Así, en lugares con temporalidades muy marcadas como en los llanos venezolanos (Scognamillo, et al, 2003), el Pantanal de Brasil (Shaller y Crawshaw, 1980; Crawshaw y Quigley, 1991), o Chamela en México (Nuñez et al, 2002), se han obtenido densidades máximas de hasta 4 individuos en 100 Km.². Sin embargo, en lugares con temporalidades no tan marcadas (Cockscomb, Belice; Rabinowitz y Nottingham, 1986; Corredor Verde, Brasil; Crawshaw, 1995; Calakmul, México; este estudio) la densidad estimada ha sido cercana a los siete individuos. La variación en la densidad podría ser debida a diferencias locales en la densidad de presas, composición del hábitat, y explotación humana (Rabinowitz y Nottingham, 1986; Quigley y Crawshaw, 1992).

Si nuestras estimas de tamaño poblacional calculado para la región de Calakmul son correctas, estaríamos ante la mayor población de jaguares al norte de su distribución, y una población considerable de pumas. Por tanto, manejando adecuadamente las reservas existentes en la región, la probabilidad de supervivencia a largo plazo de los jaguares sería mayor de 200 años según los parámetros utilizados en el Corredor Verde, Brasil (Eizirik, et al., 2002). No obstante, debemos ser cautos con las estimas y estas predicciones, ya que muchos de los parámetros poblacionales en los jaguares son desconocidos (Eizirik, et al., 2002), y porque no existe información para muchos puntos de la selva maya. Sin embargo, estudios con fototrampeo en Belice han empezado a apuntar que nuestras estimación caen dentro del intervalo del número de jaguares existentes en esas áreas (6.8-11.3 jaguares/100km²; Merman 2005).

Las estimas sobre la abundancia de jaguares en la Región Maya de México, Guatemala y Belice, indican que no hay reservas suficientemente grandes para mantener poblaciones de más

de 500 ejemplares. Estos resultados ilustran la necesidad de tener áreas protegidas adicionales en la Región Maya que funcionen como corredores para unir las reservas forestales y poder así mantener poblaciones viables de jaguares y probablemente de pumas. Si las nueve redes de reservas son manejadas y protegidas adecuadamente, probablemente podrían mantener una población viable de jaguares y una población relativamente grande de pumas a largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Nosotros agradecemos por el financiamiento y el apoyo al proyecto al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, Semarnat, Conacyt, PAPIIT (UNAM), Sierra Madre S. C., National Fish and Wildlife Foundation, Safari Club Foundation, Conabio, Conanp, Corredor Biológico Mesoamericano, Mattel, Kimberly Clark de México, Heliot Zarza, Francisco Zavala, Miguel Amín, Melissa López, Marcela Araiza.

LITERATURA CITADA

- Anderson, A. E. 1983. A critical review of literature on puma (*Felis concolor*). Special Report Number 54. Fort Collins, Colorado: Colorado Division of Wildlife. 91 p.
- Aranda, M. 1998. Densidad y estructura de una población del jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul. Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 75:199-201.
- Aranda M. y V. Sánchez-Cordero 1996. Prey spectra of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in tropical forest of Mexico. *Studies of Neotropical Fauna & Environment*. 31:65-67.
- Ashman, D. L., Christensen, G. C., Hess, M. L., Tsukamoto, G. K. y M. S. Wickersham. 1983. The mountain lion in Nevada. Nevada Department of Wildlife Reno. 75pp.
- Bryant D., Nielsen, D., y L. Tangle. 1997. The last frontier forest: ecosystem and economics on the edge. Washington D. C.: World Resources Institute.
- Ceballos, G., Chávez, C. Rivera, A. Manterola, C. y B. Wall. 2002. Tamaño poblacional y conservación del jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. Pp. 403 – 417, en: *El jaguar en el Nuevo Milenio* (Medellín, R.A., C. Equihua, C. Chetkiewicz, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. Sanderson, y A. Taber, eds.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México & Wildlife Conservation Society, México D.F.

- Chamberlain, D.E., Wilson, A.M., Browne, S.J. y J. A. Vickery. 1999. Effects of habitat type and management on the abundance of skylarks in the breeding season. *Journal of Applied Ecology*, 36: 856–870.
- Crawshaw, P. G. Jr. 1995. Nesting ecology and management of the Paraguayan caiman (*Caiman yacare*) in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Papeis Avulsos de Zoologia (Sao Paulo)* 39(7), 20 julho 1995: 175-199
- Crawshaw, P. G. Jr. y H. B. Quigley. 1991. Jaguar spacing, activity and habitat use in a seasonally flooded environment in Brazil. *Journal of Zoology (London)*, 223: 357-370.
- Dunning, J. B., Stewart, D. J., Danielson, B. J., Noon, B. R., Root, T. L., Lamberson, R. H., y E. E. Stevens, 1995. Spatial Explicit Population Models: Current Forms and Future Uses. *Ecological Applications*, 5:3-11
- Durant, S. 1998. Competition refuges and coexistence: an example from Serengeti carnivores. *Journal of Animal Ecology* 67: 370-386.
- Ecological software Solutions, 2000. Software Biotas, Version 1.03.3a. internet link <http://www.ecostats.com/software/biotas/biotas.htm>
- Eizirik, E., Indrusiak, C. y W. Johnson. 2002. Análisis de la viabilidad de las poblaciones de jaguar: evaluación de parámetros y estudios de caso en tres poblaciones remanentes del sur de Sudamérica. Pp. 501-518. en: *El jaguar en el Nuevo Milenio* (Medellín, R.A., C. Equihua, C. Chetkiewicz, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. Sanderson, y A. Taber, eds.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México & Wildlife Conservation Society, México D.F.
- Emmons, L. H. 1987. Comparative feeding ecology of felids in a Neotropical rainforest. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 20: 271-283.
- Escamilla A., Sanvicente M., Sosa M. y Galindo-Leal C. 2000. Habitat mosaic, wildlife availability and hunting in the tropical forest of Calakmul, Mexico. *Conservation Biology* 14: 1592–1601.
- Fedriani J., Palomares F. y M. Delibes. 1999. Niche relations among three sympatric Mediterranean carnivores. *Oecologia*. 121:138-148.
- Feore, S.M. 1994. The distribution and abundance of the badger *Meles meles* L in Northern Ireland. PhD Thesis. Queen's University of Belfast.

- Franklin, W. L., Johnson, W. E., Sarno, R. J y J. A. Iriarte. 1999. Ecology of the Patagonia puma *Felis concolor patagonica* in southern Chile. *Biological Conservation* 90: 33-40.
- Galindo-Leal, C. 1999. The greater calakmul region: Biological priorities for conservation a proposal to modify the biosphere reserve. Pages 37. Final Report to World Wildlife Fund, Mexico, Mexico D.F.
- Galindo-Leal, C. y M. Weber. 1998. El Venado de la Sierra Madre Occidental: Ecología, Manejo y Conservación. EDICUSA-CONABIO, México, D. F.
- García G. y I. March, 1990. Elaboración de cartografía temática básica y base geográfica de datos para la zona de Calakmul, Campeche. (Informe final). Centro de Estudios para la Conservación de los Recursos Naturales A.C. (Ecosfera). San Cristóbal de las Casas, Chiapas. 69 pp. Manusc.
- Gómez-Pompa, A. y R. Dirzo. 1995. Reservas de la Biosfera y otras areas protegidas de México. Publicación de SEMARNAP y CONABIO. México. 159 pp.
- Harris, J.R., R. Murray y T. Hirose (1990): IHS transform for the integration of radar imagery with other remotely sensed data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56(12): 1631-1641.
- Hooge M. D. 1999. The abundance and horizontal distribution of meiofauna on a northern California Beach. *Pacific Science* 53: 305-315.
- Hoogesteijn, R. y E. Mondolfi. 1992. El Jaguar. Tigre americano. Primera edición. Armitano editores. 179 pg.
- Jorgenson, J. P. y K. H. Redford. 1993. Humans and big cats as predators in the Neotropics. *Symposia of the Zoological Society of London* 65 1993: 367-390.
- Krebs, C. J. 1999, *Ecological Methodology*: Benjamin/Cummings. Menlo Park, CA, USA.
- Lamberson, R. H., McKelvey, K. S., Noon, B. R., y C. Voss. 1992. The effects of varying dispersal capabilities on the population dynamics of the northern spotted owl. *Conservation Biology* 6, 505–512.
- Lamberson, R. H., Noon, B. R. Voss, C. y K. S. McKelvey. 1994. Reserve design for territorial species: effects of patch size and spacing on the viability of the Northern Spotted Owl. *Conservation Biology* 8:185–195.

- Martínez, E. y C. Galindo-Leal. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, composición y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 71: 7-32 + 1 mapa
- Medellín, R. A., C. Equihua, C. L. B. Chetkiewicz, P. G. Crawshaw Jr., A. Rabinowitz, K.H. Redford, J.G. Robinson, E. W. Sanderson, y A. B. Taber, (Compiladores). 2002. *El Jaguar en el Nuevo Milenio*. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, Wildlife Conservation Society. México, D. F. Tiraje: 2,000 ejemplares. 647p. ISBN: 968-16-6617-8.
- Merman, 2005 National Protected Area Systems Analysis Case Study: The Jaguar. Pag. Internet <http://biological-diversity.info/Downloads/NPAPSP/Case%20Study%20Jaguar.pdf>
- Mizutani, F., y P. Jewell. 1998. Home-range and movements of leopards (*Panthera pardus*) on a livestock ranch in Kenya. *Journal of Zoology*, 244: 269-286
- Mohr, C.O. 1947. Table of equivalent populations of North American mammals. *American Midland Naturalist* 37:223-249.
- Neu, C., Byers, C, y J. Peek. 1974. A technique for analysis of utilization available data. *Journal of Wildlife Management*.38:541-545.
- Norton, P.M. y D. Lawson 1985. Radio tracking of leopards and caracals in the Stellenbosch Area, Cape Province. *South African Journal of Wildlife Research*.: 15, 17-24
- Núñez, R., Millar, B. y F. Lindzey. 2002. Ecología del jaguar en la de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México.Pp, 107-126 en: *El jaguar en el Nuevo Milenio* (Medellín, R.A., C. Equihua, C. Chetkiewicz, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. Sanderson, y A. Taber, eds.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México y Wildlife Conservation Society, México D.F.
- Palomares F, y T. M. Caro. 1999. Interspecific killing among mammalian carnivores. *American Naturalist* 153: 492-508
- Palomares, F., Ferreras, P., Fedriani, J. M.,y M. Delibes. 1996. Spatial relationships between Iberian lynx and other carnivores in an area of south-western Spain. *Journal of Applied Ecology* 33: 5-13.

- Polisar, J. 2000. Jaguars, pumas, their prey base, and cattle ranching: Ecological perspectives of a management issue. PhD Thesis, University of Florida, Gainesville.
- Quigley, H. B. y P. G. Crawshaw. 1992. A conservation plan for the jaguar (*Panthera onca*) in the Pantanal region of Brazil. *Biological Conservation*, 1:149-157.
- Rabinowitz, A.R. y B.G. Nottingham. 1986. Ecology and behavior of the jaguar (*Panthera onca*) in Belize, Central America. *Journal of Zoology (London)*, 210: 149-159.
- Schadt, S., Revilla, E., Wiegand, T., Knauer, F., Kaczensky, P., Breitenmoser, U., Bufka, L., Cervený, J., Koubek, P., Huber, T., Stanisa, C. y L. Trepl. 2002 Assessing the suitability of central European landscapes for the reintroduction of Eurasian lynx. *Journal of Applied Ecology*, 39,189–203
- Schaller, G. B., y P. G. Crawshaw. 1980. Movement patterns of jaguar. *Biotrópica*. 12:161-168.
- Schoener, T. W. 1982. The controversy over interspecific competition. *American Scientist* 70:586-595.
- Scognamillo, D., I. E. Maxit, M. Sunquist y L. Farrell. 2002. Ecología del jaguar y el problema de la depredación en un hato de Los Llanos venezolanos. Pp. 139-150, en *El jaguar en el nuevo milenio: una evaluación de su condición actual, historia natural y prioridades para su conservación* (R. A. Medellín, C. Equihua, C. L. B. Chetkiewics, P. G. Crawshaw Jr., A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. W. Sanderson y A. Taber, eds.). Fondo de Cultura/Universidad Nacional Autónoma de México/Wildlife Conservation Society, México, D. F.
- Scognamillo, D., I. Matix, M. Sunquist y J. Polisar, 2003. Coexistence of jaguar (*Panthera onca*) and Puma (*Puma concolor*) in a mosaic landscape in the Venezuelan Llanos. *Journal of Zoological London* 259: 269-279.
- Seidensticker, J. 1976. On the ecological separation between tigers and leopards. *Biotropica* 8: 225-23
- SEMARNAT, 2002. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial Miércoles 6 de Marzo de 2002

- Spence, B. C., Lomnický, G. A., Hughes, R. M. y R. P. Novitzki. 1996. An Ecosystem Approach to Salmonid Conservation. TR-4501-96-6057. ManTech Environmental Research Services Corp., Corvallis, Oregon. Available on-line at <http://www.nwr.noaa.gov/>
- Sunquist, M. E. 1981. The social organization of tiger (*Panthera tigris*) in Royal Chitawan National Park, Nepal. Smithsonian Contribution to Zoology No. 336. Smithsonian Institution press, Washington.
- Sunquist, M. E. 2002. Historia de las investigaciones sobre el jaguar en el continente Americano..en, . en: El jaguar en el Nuevo Milenio (R. A. Medellín, Cheryl - L. Chetkiewicz, Peter G. Crawshaw Jr., Alan Rabinowitz, Kent H. Redford, John G. Robinson, Eric W. Sanderson y Andrew Taber, compiladores). UNAM-Wildlife Conservation Society-Fondo de Cultura Económica, México, D. F. Pp 535-549.
- Taber, A. B., Novaro A. J., Neris, N., y F. H. Colman. 1997. The food habits of sympatric jaguar and puma in the Paraguayan Chaco. *Biotropica* 29: 204-213
- Thomas, D. L., y E. J. Taylor. 1990. Study designs and tests for comparing resource use and availability. *Journal of Wildlife Management* 54:322-330.
- Wheatley, M., Fisher, J. T. Larsen, K., Litke, J. y S. Boutin. 2005. Using GIS to relate small mammal abundance and landscape structure at multiple spatial extents: the northern flying squirrel in Alberta, Canada. *Journal of Applied Ecology* 42: 577-586

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Áreas de actividad estimadas (km²) de jaguares y pumas en la Reserva de la Biosfera de Calakmul Campeche, usando el método del polígono mínimo convexo (MCP).

Cuadro 2. Uso de hábitat, %cuadros en cada tipo de hábitat dentro del PMC individual y hábitat disponible, % de cada tipo hábitat dentro del área de actividad total. A diferentes escalas (0.0625, 0.25 y 1 km²). Tipos de habitat: Akal: Akalche, HM: Hábitats modificados, Sa: Selva alta, Sb: Selva baja, Sm: Selva mediana, HR: Hábitats riparios.

Cuadro 3. Densidad estimada de jaguares por medio de las capturas, en Costa Maya, Reserva de la Biósfera de Calakmul, México. La relación es Machos hembras.

Cuadro 4. Densidad estimada de jaguares para la Reserva de la Biósfera de Calakmul, México utilizando las estimaciones de los diferentes estudios con Radio telemetría.

Cuadro 5. Tamaños poblacionales del jaguar (*Panthera onca*) y puma (*Puma concolor*) en las principales reservas forestales tropicales (> 1 000) km² en la Región Maya de México, Guatemala y Belice. Utilizando la estimación promedio de la densidad obtenida en Calakmul, Campeche.

Figura 1. Localización del área de Estudio en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, en donde se muestran los diferentes tipos de vegetación.

Figura 2. Áreas de actividad de seis jaguares y dos pumas en la RBCC, estimado por el 100% del método del polígono mínimo convexo.

Figura 3. Proporción de puntos de jaguar y puma en los distintos tipos de vegetación presentes en la Reserva de la Biosfera Calakmul, México. HM: Hábitats modificados, SA: Selva alta, HR: Hábitats riparios, Sb: Selva baja, Sm: selva mediana.

Ecología y Conservación del Jaguar en Calakmul, Campeche

Cuadro 1. Áreas de actividad estimadas (km²) de jaguares y pumas en la Reserva de la Biosfera de Calakmul Campeche, usando el método del polígono mínimo convexo (MCP).

Animal (ID)	Intervalo de días	No. De lecturas	Asíntota	Tamaño del área de actividad estimada	
				MCP 100%	MCP 95%
Jaguares					
Hembras					
Sandra	335	24	No	59.7	37.4
Rica	645	59	Si	84.9	40.9
Mitcha	237	16	No	31.7	31.7
Promedio		33		58.7	36.7
Machos					
David	147	26	No	27.5	17.5
Shoe	975	27	No	33.0	15.0
Tony	816	65	Si	77.6	62.2
Promedio				39.3	31.6
Pumas					
Ron (macho)	1097	115	Si	134.7	78.2
Bety (hembra)	939	138	Si	108	55.5

Ecología y Conservación del Jaguar en Calakmul, Campeche

Cuadro 2. Uso de hábitat, %cuadros en cada tipo de hábitat dentro del PMC individual y hábitat disponible, % de cada tipo hábitat dentro del área de actividad total. A diferentes escalas. Tipos de habitat: HR: Hábitats riparios ; HM: Hábitats modificados; Sa: Selva alta; Sb: Selva baja; Sm: Selva mediana. En negrillas los que fueron mas usados, en itálicas aquellos que fueron menos usados y aquellos que fueron usados de forma similar a su disponibilidad en letra normal.

C) 1 km²

Tipo de vegetación	disponible	Jaguares						Pumas	
		Machos			Hembras			Machos	Hembras
		Tony	Shoe	david	mitcha	rica	sandra	Ron	Bety
Akalche	3,4	3,7	2,9	0,0	0,0	3,6	0,0	10,2	5,5
HR	55,2	73,2	70,6	82,8	80,6	69,0	77,6	26,3	36,7
Hm	0,6	1,2	0,0	0,0	3,2	0,0	6,9	0,7	0,9
Sa	0,9	2,4	5,9	3,4	0,0	2,4	0,0	3,6	0,9
Sb	11,0	4,9	5,9	6,9	0,0	7,1	3,4	10,9	5,5
Sm	29,0	14,6	14,7	6,9	16,1	17,9	12,1	48,2	50,5

B) 0.25 km²

Tipo de vegetación	disponible	Jaguares						Pumas	
		Machos			Hembras			Machos	Hembras
		Tony	Shoe	david	mitcha	rica	sandra	Ron	Bety
Akalche	5,0	1,6	0,8	0,0	0,8	3,2	0,8	7,2	4,0
HR	27,1	51,1	53,0	67,3	54,7	50,4	54,7	15,8	20,7
Hm	1,6	3,5	0,0	1,8	3,9	0,6	9,3	1,3	1,6
Sa	5,1	4,5	6,8	3,6	2,3	3,5	2,1	5,2	4,0
Sb	18,4	8,7	7,6	2,7	7,8	14,1	7,2	18,2	17,0
Sm	42,8	30,5	31,8	24,5	30,5	28,2	25,8	52,3	52,8

A) 0.0625km²

Tipo de vegetación	disponible	Jaguares						Pumas	
		Machos			Hembras			Machos	Hembras
		Tony	Shoe	david	mitcha	rica	sandra	Ron	Bety
Akalche	5,2	2,0	1,4	0,0	0,9	3,4	0,5	7,4	3,0
HR	21,2	28,2	25,2	34,5	31,6	24,9	30,8	22,1	17,8
Hm	2,3	1,6	0,0	1,0	1,9	0,3	5,9	1,8	0,3
Sa	5,2	6,6	8,6	6,8	3,2	5,0	4,9	5,3	5,5
Sb	22,0	15,3	16,0	13,5	12,5	20,1	14,3	18,9	20,8
Sm	44,0	46,3	48,8	44,2	49,9	46,3	43,6	44,6	52,4

Cuadro 3. Densidad estimada de jaguares por medio de las capturas, en Costa Maya, Reserva de la Biósfera de Calakmul, México. La relación es Machos hembras.

Año	No. De jaguares capturados	No. de jaguares residentes*	Densidad residentes, telemetria 100km ²	Densidad Jolly-Seber	Densidad Capturas 100 km ²
1997+	2:1	1:0			
1998	3:2	2:2	6.67	4.77	6.0
1999	3:2	2:2	6.67	6.13	6.0
2000	2:1	2:1	5.00	9.70	5.0
Mean			6.11	6.87	5.67

*La residencia se calculó considerando la persistencia de los jaguares en el sitio por más de seis meses en ese año.

Cuadro 4. Densidades estimadas y tamaño poblacional de jaguares en la Reserva de la Biosfera Calakmul, México. Usando las estimaciones de diferentes estudios con radio telemetría. BTSP: bosque tropical subperenifolio, BTDF: bosque tropical caducifolio, BTSD: bosque tropical semideciduo.

Densidad 100 km ²		Sitio	Referencia	Tipo	Tamaño poblacional Calakmul*		
Inferior	Superior				Inferior	Superior	
1.6	3.3	Pantal, Brasil	Crawshaw y Quigley, 1991			115.71	238.65
4.0	4.4	Pantal, Brasil	Shaller y Crawshaw, 1980			289.27	318.20
3.7	7.5	Corredor verde, Brasil	Crawshaw, 1995			267.58	542.39
6.2	7.6	Cockscomb, Belice	Rabinowitz y Nottingham, 1986	BTSP		448.38	549.62
1.5	4.0	Chamela, México	Nuñez, et al 2002	BTD		108.48	289.27
1.4	1.6	Los llanos, Venezuela	Scognamillo et al., 2002	F		101.25	115.71
3.33	6.67	Calakmul, México	This study	BTS	D	240.82	482.36

Ecología y Conservación del Jaguar en Calakmul, Campeche

Cuadro 5. Estima del tamaño poblacional del jaguar (*Panthera onca*) y puma (*Puma concolor*) en las principales reservas forestales tropicales (> 1 000) km² en la Región Maya de México, Guatemala y Belice, utilizando la estimación promedio de la densidad obtenida en Calakmul, Campeche. Nótese que la Región de Calakmul comprende cuatro reservas que están juntas (Calakmul, Balam kim, Balam ku, Bala'an ka'ak).

Reserva	Área (km ²)	Jaguares	Pumas	Total
I. MEXICO				
Montes Azules, Chiapas	3312	199	99	298
Los Petenes, Campeche	1200	72	36	108
Región de Calakmul	13717	823	412	1235
Calakmul, Campeche	7231	434	217	651
Balam kim, Campeche	1110	67	33	100
Balam ku, Campeche	4092	246	123	368
Bala'an ka'ak, Quintana Roo	1284	77	39	116
Sian Ka'an, Quintana Roo	1761	106	53	158
Yum Balam, Quintana Roo	1540	92	46	139
II. GUATEMALA				
			0	
Carmelita-Uaxactún-Melchor, El Petén	7079	425	212	637
Laguna del Tigre, El Petén	2700	162	81	243
Mirador-Río Azul, El Petén	1011	61	30	91
III. BELICE				
			0	
Parque nacional Chiquibul, Montañas Mayas	1159	70	35	104
Río Bravo, El Petén	1000	60	30	90
Total	34479	2069	1034	3103

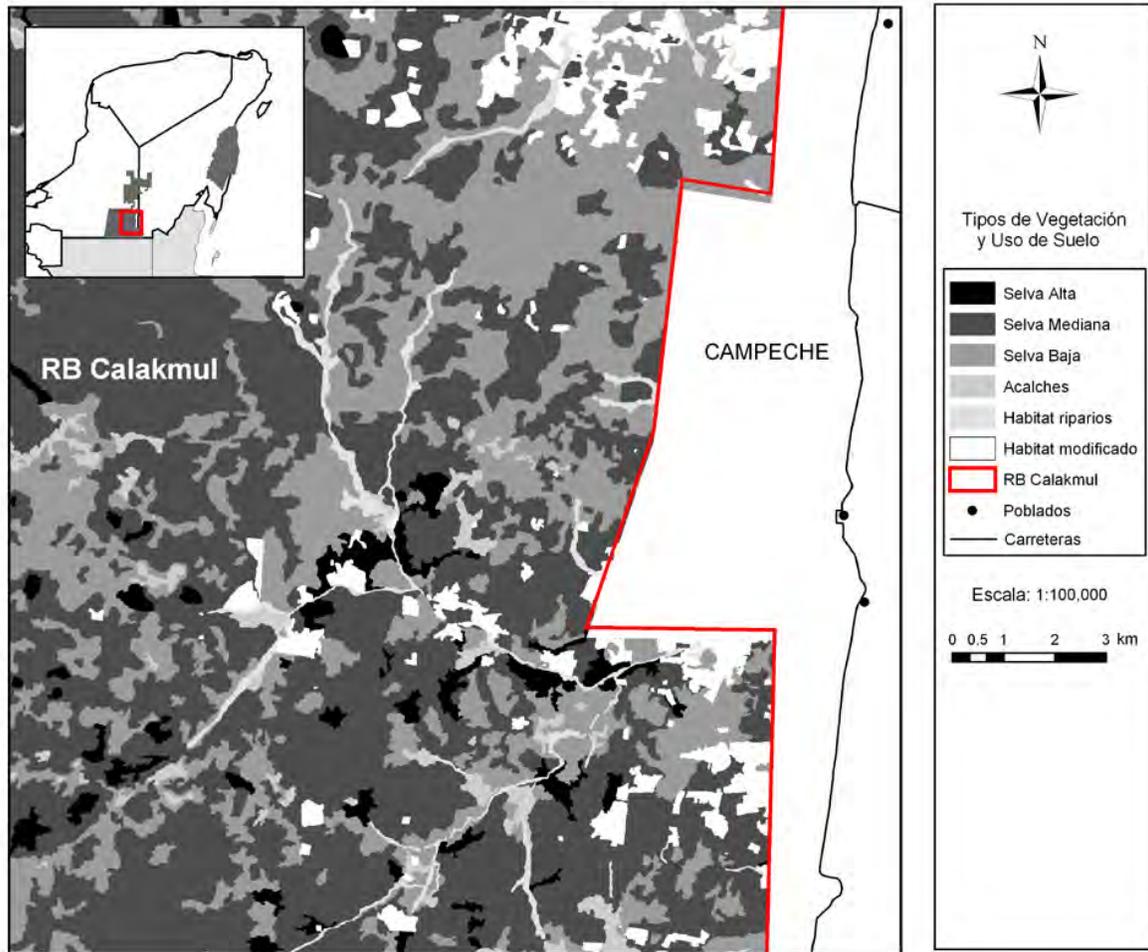


Figura 1. Localización del área de Estudio en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, en donde se muestran los diferentes tipos de vegetación

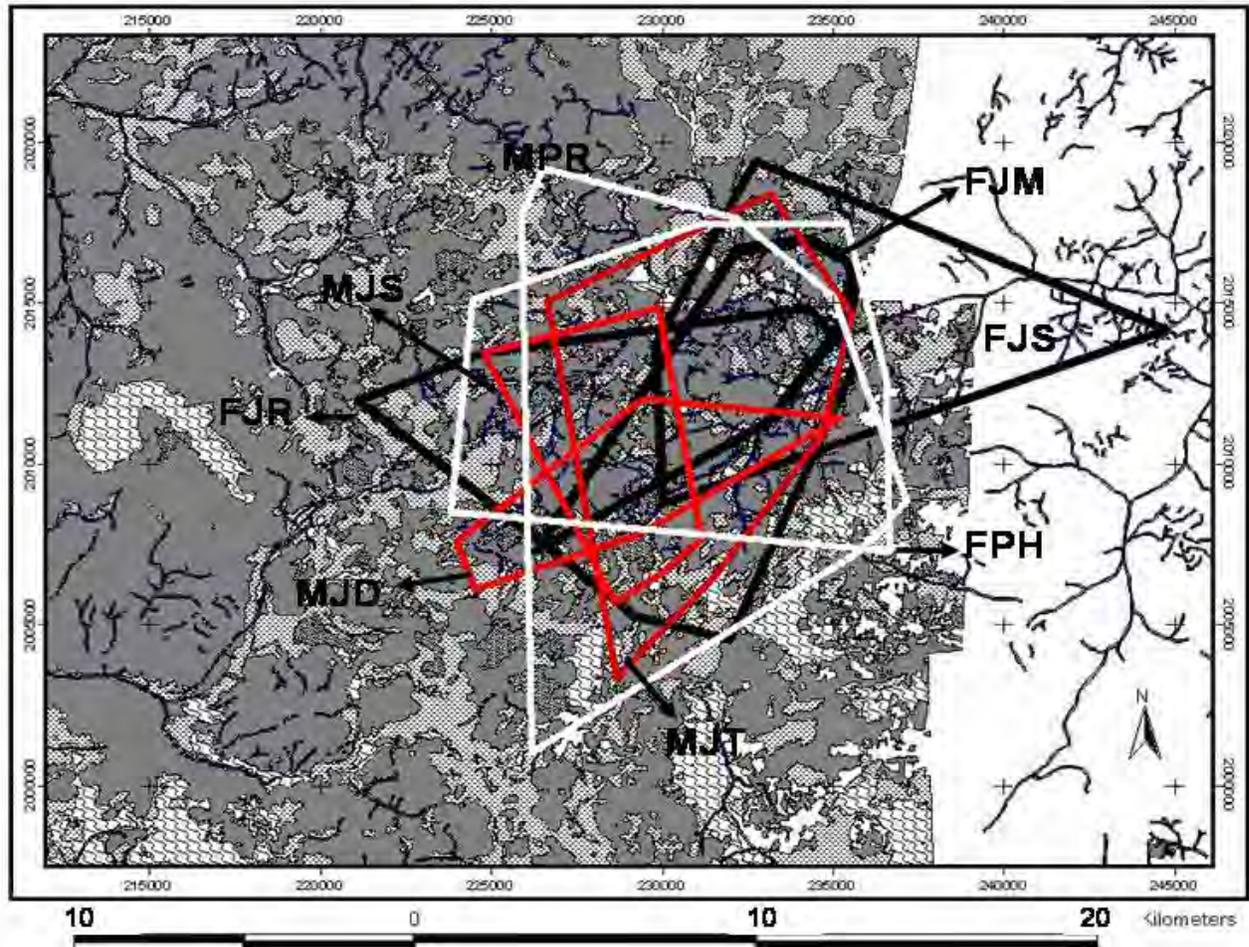


Figura 2. Áreas de actividad de seis jaguares y dos pumas en la RBCC, estimado por el 100% del método del polígono mínimo convexo. La primera letra es el sexo del animal (F = Hembra; M = Macho), la segunda la especie (J = Jaguar; P = Puma) y la tercera es el nombre: FJ: R = Rica, S = Sandra, M = Mitcha; FM: T = Tony, D = David, S = Shoe; FP: B = Betty; MP: R = Ron.

SINTESIS Y CONCLUSIONES

SINTESIS Y CONCLUSIONES

- El estudio se basa en la captura, marcado con collares y seguimiento de los jaguares. Desde marzo de 1997 hasta el 2000 se capturaron 12 jaguares (seis machos adultos y cinco hembras adultas y una juvenil) y cuatro pumas (dos machos subadultos y un macho y una hembra adulta). A la hembra juvenil no se le puso collar de radiotelemetría.
- Se han seguido y recabado datos de las localizaciones de 6 Jaguares y 2 pumas, esto representa el 50% de los individuos capturados. Nuestras estimaciones indican que la densidad de los jaguares (individuos por km²) en el área de estudio es de un individuo por cada 15 a 30 km² dependiendo del grado de traslape utilizado. O bien seis jaguares y tres pumas, por cada 100 km².
- El área de actividad promedio de 6 jaguares en la RBC es de 52.4 km² y de dos pumas es de 121.4 km². Los machos muestran traslapes en sus áreas de actividad de 18-23%; donde el de las hembras fue de 17-27%.
- Los jaguares están utilizando más allá de su disponibilidad la selva mediana, de hecho usan en mayor proporción aquellos sitios que tengan una relación con áreas riparias o cuerpos de agua. Mientras que los pumas están usando el ambiente como se encuentra disponible. Además, se puede apreciar un menor uso de los pumas en aquellas áreas que son más usadas por los jaguares, sin embargo, esto no fue estadísticamente significativo.
- Nuestras inferencias, indican que la Región de Calakmul en general y la Reserva de la biosfera en particular son probablemente las áreas que mantienen a la mayor población de jaguares en México y una población importante de pumas. Esta es una de las regiones en las que los jaguares tienen mayores probabilidades de subsistir si se implementan las medidas adecuadas para ello.

- Una de las recomendaciones del estudio es el aumento del área protegida y/o minimizar el impacto de las actividades humanas en los alrededores de la reserva.
- Uno de los resultados más relevantes del estudio es la vulnerabilidad de la reserva de Calakmul derivada de su forma, que maximiza el efecto de borde y el aislamiento de las dos grandes secciones separadas por la carretera Chetumal-Escárcega. *Este es, tal vez, el mayor riesgo a corto plazo de la reserva.*
- El estudio incide en la conservación y manejo de manera directa ya que identifica los principales problemas para la conservación del jaguar como la deforestación, la cacería ilegal y la destrucción de jaguares depredadores de ganado.