

Abundancia de Jaguares y Presas Asociadas al Fototrampeo en el sector oeste del Parque Nacional Mirador - Río Azul, Reserva de Biosfera Maya



Este reporte es posible gracias al apoyo del pueblo norteamericano a través del U.S. Departamento del Interior y de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). El contenido es responsabilidad de la Wildlife Conservation Society y no necesariamente refleja los puntos de vista de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos.

Con el apoyo de:

U.S. Department of the Interior (U.S. DOI)

U.S. Agency for International Development (USAID Guatemala)

Wildlife Conservation Society, Programa para Guatemala

Wildlife Conservation Society, Jaguar Conservation Program

ROMANO Pizzeria

The Nature Conservancy (TNC)

Asociación Balam

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)

Instituto de Antropología e Historia (IDAEH)

Morgan Family Foundation

La Comunidad de Carmelita, San Andrés, Petén

Informe elaborado por:

José Moreira¹, Rony García¹, Roan Balas McNab¹, Gustavo Ruano¹, Gabriela Ponce¹, Melvin Mérida¹, Kender Tut¹, Pedro Díaz¹, Eleazar González¹, Marcial Córdova¹, Eduardo Centeno², Carlos López², Adalberto Vanegas², Yeovani Vanegas², Francisco Córdova¹, Jacob Kay³, Guiery Polanco¹ y Merlina Barnes¹.

¹Wildlife Conservation Society-Programa para Guatemala

²Comunidad de Carmelita

³Universidad de Colorado State, Estados Unidos

Guatemala, 2011

Fotografías

Departamento de Investigaciones Biológicas

Wildlife Conservation Society, Programa para Guatemala

I. EXECUTIVE SUMMARY

In Guatemala, the Maya Biosphere Reserve adjoins the protected areas of Mexico and Belize to form the Maya Forest, the largest intact forest block in Mesoamerica. This unique landscape has been identified by the Wildlife Conservation Society's Jaguar Conservation Program (JCP) as a Type 1 Jaguar Conservation Unit (JCU), the classification given to the most important jaguar conservation areas across their range. The tri-national Selva Maya is the largest JCU in Mesoamerica, and thus the most important. To date, WCS has estimated the abundance of jaguar populations at eight sites across the Maya Biosphere Reserve (MBR) through the use of camera traps and capture-recapture statistical models that provide an effective, non-invasive method for obtaining information on the species.

The objective of this study consisted of estimating jaguar abundance and density within the western sector of Mirador-Rio Azul National Park. The sampling area spanned the zone between the archaeological sites of El Mirador, Nacbé, Pedernal, and La Muerta, including part of the *calzada* (i.e. ancient Maya road) towards El Tintal. Data were collected between October 20th and December 5th, 2009 with the support of paratechnicians from the community of Carmelita. Field methods consisted of the deployment of camera traps to obtain photographs of individual jaguars on trails and footpaths within the area. We placed 33 camera trap stations (with two cameras each) within the sampling area for a period of 47 days, covering a Minimum Convex Polygon of 90.06 km². Six of these camera trap stations were located on the delimitation line at the southern border of Mirador-Rio Azul National Park, and one station was located within the Carmelita concession. A majority of the effective sampling area was within the national park. At each trap station we applied an olfactory lure (Calvin Klein's Obsession® for Men) to increase the time jaguars spent in front of the cameras, and thereby increase the probability of obtaining photographs of the entire animal. Photographic "capture" events were analyzed with the program CAPTURE® to estimate jaguar abundance (i.e. the number of jaguars occupying the sampling area). Using this method we estimated an abundance of 7 jaguars (SD ± 0.82) in the study area based on the M(o) model (95% confidence interval, from 7 to 10 individuals).

The Mean Maximum Distance Moved (MMDM) by jaguars reported in this study was 9.87 km, the largest of any study previously undertaken in the MBR. To account for the fact that jaguars likely range outside of our Minimum Convex Polygon (MCP) sampling

area, we used the MMDM to estimate the size of the “buffer area” also sampled around the MCP containing the camera traps. This allowed us to estimate the “effective sampling area”, using two different estimates. One of these consisted of a conservative estimate (i.e. a larger buffer, leading to a larger effective sampling area - and thereby a lower estimated jaguar density) based on the MMDM by jaguars. The second consisted of a liberal estimate consisting of MMDM/2 (i.e. a smaller buffer, leading to a higher estimated jaguar density). It is now common practice in jaguar studies to estimate jaguar density using both figures. Our estimate of the density of the Mirador jaguar population is thus reported by dividing the abundance estimate obtained using the program CAPTURE® (i.e. 7 jaguars) by total area estimates using both MMDM and MMDM/2 to provide conservative and liberal estimates of the density of the population in the area. Based on MMDM, we estimated a density of 0.90 ± 0.48 jaguars per 100 km², and based on MMDM/2 we estimated 1.99 ± 1.57 jaguars per 100 km².

We recorded camera captures of a total of 26 terrestrial vertebrates, including six species of birds and 20 species of mammals. Photographic captures “events” (i.e. detections of a species at a trap station within a 24 hour period) were classified using a standardized system to ensure that repeat photographs of the same individual (especially ocellated turkeys) were not counted as separate events. An index (i.e. “Photo Capture Frequency”, or PCF) was developed to allow for comparisons with other studies with different survey efforts. The PCF was calculated as such: $PCF_{\text{Ocellated Turkey}} = (\# \text{ Events} / \text{No. Camera Trap Stations} * \# \text{ Survey Days}) * 100$. Using this method, the ten most abundant species in this survey were ocellated turkey (*Meleagris ocellata*), agouti (*Dasyprocta punctata*), grey fox (*Urocyon cinereoargenteus*), ocelot (*Leopardus pardalis*), puma (*Puma concolor*), jaguar (*Panthera onca*), white-lipped peccary (*Tayassu pecari*), coatimundi (*Nasua narica*), great curassow (*Crax rubra*), and opossums (*Didelphis* sp.).

The Mirador area is an important refuge for jaguars and their prey, as well as puma, margay, ocelot, and Baird’s tapir. The area is also of critical importance to the regional jaguar population since it serves as a crucial biological corridor connecting the Maya Biosphere Reserve with the Calakmul Biosphere Reserve in Mexico. Interestingly, the jaguar density we report for the Mirador area is lower than the densities estimated for other MBR areas (i.e. Tikal, Río Azul, Carmelita/AFISAP, Laguna del Tigre, Melchor de Mencos community forest concessions). One possible explanation is that despite El

Mirador's intact state and comparatively low threat levels (especially the low hunting pressure), the area may have lower habitat quality for jaguars than some of the other nearby study areas. Reasons for this may include limited availability of surface water during dry months which can affect jaguar prey abundance, and the limited utility (to jaguars) of certain forest types in the area, especially the dense low lying forests (i.e. "bajos") which are abundant in the area. In support of this hypothesis, the average maximum movements of individual jaguars reported in this study (9.87 km) were the largest of any study done in the MBR thus far, suggesting that the jaguars of Mirador use larger home ranges than in other sites studied.

Future research will be required in Mirador to better understand if jaguar abundance in the area fluctuates seasonally as "bajos" fill with water (June-October), and as the dry season limits water availability (Feb-Apr). The current study was informative in demonstrating that jaguars occupy large home ranges in Mirador, however, for this very reason it is now apparent that the size of the sampling area was likely too small. Future jaguar research should thus incorporate the following considerations: 1) a MCP sampling area of at least 120 km² should be utilized (25% larger than that of the present study); 2) the study should be conducted for at least 60 days (the current study lasted for 47 days; protocols allow for sampling periods no longer than 90 days); and finally, complimentary studies should be undertaken during discrete seasons within the same year (dry season, rainy season, transitional period) to determine the effect of seasonality on the jaguars of Mirador, and jaguar studies *per se*.

As compared to other parts of the MBR that receive higher amounts of average annual precipitation, it is likely that the dry forests and vertebrate populations of Mirador are extremely vulnerable to drought, fire, and other anthropogenic effects including climate change. This is of particular relevance to an area that is being promoted as the "next Tikal", with the possibility of receiving tens of thousands of tourists annually. In view of the undeniable tourism potential inherent in the area, El Mirador provides a unique opportunity to develop a long-term research program that can build on the baseline of information established to better understand how jaguar populations change over time, and how they are affected by increased human presence.

Additional recommendations include the importance of working with the local community of Carmelita to ensure their participation in the benefits of all research and development projects ongoing in the area. With their support, the threats to the Mirador

area will be controlled far more easily. Finally, the establishment of a CONAP (Guatemalan National Park Service) checkpoint at the site of Los Pescaditos is of paramount importance. This planned checkpoint will bring critically necessary control over the last route of unchecked vehicular access to Mirador-Rio Azul National Park. With continued research, community involvement, and protection, the future of the jaguar population of El Mirador and the area's critical function as a biological corridor in the core of the tri-national Selva Maya jaguar conservation unit can be assured.

Key words: Capture, jaguar, abundance, density, Mirador, Maya Biosphere Reserve.

II. RESUMEN

En Guatemala, la Reserva de Biosfera Maya junto con áreas protegidas de México y Belice forman la Selva Maya, la cual ha sido identificada por el Programa para la Conservación del Jaguar (JCP) de la Wildlife Conservation Society (WCS) como una Unidad de Conservación del Jaguar Tipo 1, la clasificación dada a las áreas más importantes para jaguares a través de todo su rango. Hasta la fecha, hemos desarrollado ocho investigaciones en la Reserva de Biosfera Maya (RBM) para estimar la abundancia y densidad de jaguares utilizando trampas cámara combinado con modelos de captura-recaptura. En el presente estudio, nuestro objetivo fue estimar la abundancia de jaguares en el sector oeste del Parque Nacional Mirador - Río Azul. Se utilizó un método estándar basado en el registro fotográfico de individuos de jaguares y estimamos la abundancia utilizando el programa CAPTURE®. Colocamos 33 estaciones de trampeo durante 47 días cubriendo un Polígono Mínimo Convexo de 90.06 km². En cada estación de trampeo colocamos un atrayente olfativo (Obsession® de Calvin Klein para hombre) para incrementar la obtención de fotografías completas de los jaguares. Basados en el análisis con CAPTURE®, estimamos una abundancia de 7 (EE ± 0.82) jaguares en el área muestreado según el modelo M(o) (Intervalo de confianza al 95%, de 7 a 10). Basados en la abundancia estimada por medio del programa CAPTURE® y dividida entre el área efectiva de muestreo estimada en base al MMDM/2 obtuvimos una densidad de 1.99±1.57 jaguares por cada 100 km², y una densidad basado en el MMDM de 0.899±0.48 jaguares por cada 100 km².

Para el sitio registramos un nivel de inventario según el modelo de Clench del 92.75% de mamíferos terrestres medianos y mayores que son fotocapturables en diseños para estimar la abundancia de felinos mayores, obteniendo información de 19 especies. Basado en el total de las especies de mamíferos fotocapturables para la RBM, estimamos el 86.36% de la riqueza de especies.

A pesar que la densidad de jaguares reportado en el área de Mirador durante esta investigación no es tan alta como la que ha sido reportada en otras partes de la RBM (i.e. Tikal, Río Azul, Carmelita/AFISAP, Laguna del Tigre, Concesiones del Bloque de Melchor de Mencos), Mirador mantiene una importante población de jaguares y presas, por lo que esfuerzos de conservación deben centrarse en fortalecer el control del acceso humano hacia el parque, sobre todo a través del fortalecimiento del puesto de control ubicado en Los Pescaditos. Además, las instituciones que trabajan en el área deben de

seguir promoviendo la conservación del hábitat, vinculando a las comunidades y concesiones comunitarias que habitan en las cercanías del parque a los esfuerzos de protección, y desarrollando alternativas económicas de bajo impacto.

Palabras clave: Capture, jaguar, abundancia, densidad Mirador, Reserva de Biosfera Maya.

TABLA DE CONTENIDO

III. INTRODUCCIÓN	10
IV. MÉTODO	11
a. Área de Estudio	11
b. Diseño de Muestreo	13
c. Análisis de los Datos	16
i. Jaguares	16
ii. Fauna Asociada al Fototrampeo.....	18
V. RESULTADOS	199
a. Generales.....	19
b. Jaguares	20
i. Abundancia y Densidad	20
ii. Áreas de Acción Mínimas	20
iii. Patrones Diarios de Actividad	23
c. Fauna Asociada al fototrampeo	25
i. Especies con Crías	25
ii. Patrones Diarios de Actividad de Mamíferos medianos y mayores	27
iii. Frecuencia de fotocapturas de fauna	299
iv. Curva de acumulación de mamíferos medianos y mayores	31
VI. DISCUSIÓN	3232
VII. CONCLUSIONES.....	38
VIII. RECOMENDACIONES.....	39
IX. AGRADECIMIENTOS	399
X. REFERENCIAS.....	4040
Anexo 1. Individuos de jaguar (<i>Panthera onca</i>) fotocapturados durante el estudio.....	48
Anexo 2. Especies de otros felinos fotocapturadas durante el estudio.	522

III. INTRODUCCIÓN

El jaguar (*Panthera onca*) es el felino más grande que habita América, y es la única especie del género *Panthera* que se encuentra en este continente. En tamaño es el tercer felino más grande en el mundo, solo menor al león (*Panthera leo*) y al tigre (*Panthera tigris*) (Nowell & Jackson, 1996; Caso *et al.*, 2008). Habita simpátricamente con los pumas (*Puma concolor*) en gran parte de su área de distribución en Norte, Centro y Sudamérica. La especie fue duramente cazada por su piel. Como resultado de esto las poblaciones fueron decayendo hasta la década de 1,980, después que Guatemala ratificó la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. El jaguar está clasificado por la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como casi amenazado (Cat Specialist Group, 2002), enfrentando serias amenazas debido a la destrucción del hábitat, la persecución directa cuando interactúan con animales domésticos y por pérdida de presas (Sanderson *et al.*, 2002). Aunque la distribución del jaguar en el siglo pasado se ha reducido en más del 50% (Seymour, 1989; Sanderson *et al.*, 2002) aún se encuentra distribuido desde Nuevo México y Arizona en los Estados Unidos hasta el norte de Argentina, habitando en diferentes tipos de bosque pero enfrentando diferentes amenazas que pueden afectar su supervivencia a largo plazo.

El uso de trampas cámara se ha convertido en una herramienta útil para estudiar el comportamiento y la ecología de los animales silvestres, sobre todo de especies crípticas como los jaguares, identificándose individuos por medio del patrón único de sus manchas. Los registros obtenidos por las trampas cámara pueden proveer información sobre ámbitos de acción mínimos, patrones diarios de actividad, y dinámica poblacional. En Guatemala la Reserva de Biosfera Maya, junto con áreas protegidas de México y Belice forman la Selva Maya, la cual es el bosque continuo subtropical más extenso y mejor conservado al norte de Colombia. La Selva Maya ha sido identificada por el Programa para la Conservación del Jaguar como una Unidad de Conservación del Jaguar Tipo 1 (JCU por sus siglas en inglés)¹, la clasificación dada a las áreas más importantes para jaguares a través de todo su rango (Marieb, 2006).

¹ JCU (Jaguar Conservation Unit): áreas identificada como importantes para la sobrevivencia a largo plazo de lo jaguares. Un área JCU se define como: *Tipo 1*: un área con una comunidad estable de presas, en la que se conoce o se cree que contiene una población residente de jaguares suficientemente grande (por lo menos 50 individuos reproductivos) para ser potencialmente auto-sostenible en

En el presente estudio se utilizaron trampas cámara para identificar individuos de jaguar usando modelos de captura-recaptura (Karanth & Nichols, 1998) para estimar por primera vez la densidad de esta especie en el sector oeste del Parque Nacional Mirador-Río Azul, Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala.

IV. MÉTODO

a. Área de Estudio

La investigación se realizó en el sector oeste del Parque Nacional Mirador-Río Azul, abarcando una pequeña parte del norte de la concesión forestal de Carmelita y una mínima parte de la unidad “El Lechugal”, actualmente sin manejo, ambos en la Zona de Usos Múltiples (Fig. 1).

El territorio del Parque Nacional Mirador-Río Azul está constituido por Bosque Húmedo Subtropical. Schulze y Whitacre (1999) reconocieron 11 tipos de hábitat en el Parque Nacional Tikal basados en las variables de ubicación topográfica, pendiente, contenido de barro en el suelo y contenido de rocas. Estos hábitat pueden ser simplificados en tres categorías para la RBM: bosque alto, bajo o bosque bajo, y bosque de transición. El bosque alto se encuentra en áreas bien drenadas y se caracteriza por un dosel cerrado de árboles altos. El bosque bajo tiene un dosel bajo y más abierto, sotobosque espeso y se inunda estacionalmente. El bosque de transición consiste en el estado intermedio entre bosque alto y bajo (Novack, 2003). Hasta la fecha ninguna descripción de los hábitats de Mirador ha sido publicada². Por esta razón, y a pesar de que los bosques de Mirador generalmente son más secos que los bosques de Tikal y el sureste de la reserva tuvimos que centrar nuestro análisis en base a las tres clases amplias de hábitat (alto, transicional, bajo) descritos anteriormente.

El oeste del parque presenta una alta porcentaje de bosque bajo rodeando “islas” de bosque alto (i.e. “*montaña*”) en un patrón irregular determinado en gran parte por los mismos factores identificados en Tikal (topográfica, pendiente, contenido de barro en el

los próximos 100 años, o *Tipo 2*: áreas con menos jaguares pero con un hábitat adecuado y una base de presas estable y diversa, en la que las poblaciones de jaguares pueden incrementar si se disminuyen las amenazas.

² Actualmente, el proyecto FARES lleva a cabo una clasificación de la vegetación del área de Mirador en conjunto con la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), sin embargo los resultados de dicho estudio no han sido publicados aun, por lo que nos conformamos con analizar las influencias de clases de bosque en base a la generalización de los tres clases de bosque, siendo estos bosque alto, bosque bajo, y bosque de transición.

suelo y contenido de rocas). Áreas de bosque alto en sitios con buen drenaje frecuentemente demuestran evidencia de asentamientos antiguos, y en algunos casos, ciudades antiguas medianas y grandes (ej. los sitios arqueológicos de Nakbé, El Mirador, La Muerta, El Pedernal, y la calzada que se dirige al sitio arqueológico El Tintál) cuyas estructuras y plazas han sido retomadas por un bosque de aproximadamente 1500 años de antigüedad. En la mayoría de los sitios antiguos, se encuentran aguadas superficiales probablemente aumentadas o construidas por los antiguos habitantes del área, que hoy en día sirven como fuentes de agua para jaguares y sus presas. Sin embargo, por su escasez en el oeste del parque en muchos casos estas mismas aguadas también son utilizadas por humanos y sus bestias de carga que transitan el área. Es notable que durante la época de verano cuando las lluvias son escasas, el sector oeste del parque abarcado en este estudio es el área de mayor escasez de agua superficial en toda la Reserva de Biosfera Maya.

La temperatura media anual es de 23.9°C, la precipitación anual promedio es de 1,324 mm con un promedio de 165 días de lluvia. En el área se da una marcada estación seca de Diciembre a Abril cuando la precipitación media mensual es de 60 mm (Ponce 2004). Durante la realización del presente estudio la mayoría de los días de muestreo no presentaron lluvias. La lluvia se dio solamente entre los días del 3 al 5 de Noviembre. En general la elevación oscila entre 230 a 340 mSNM.

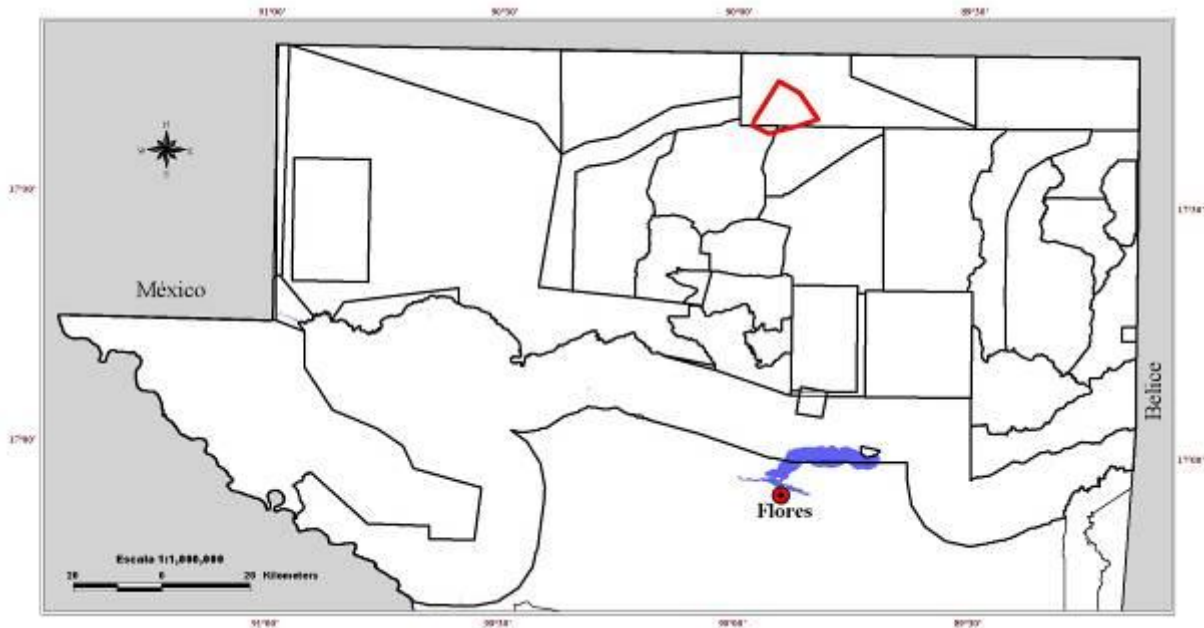


Figura 1. Mapa con la ubicación del área de estudio. En rojo se muestra el área del Polígono Mínimo Convexo, abarcando el oeste del Parque Nacional Mirador-Río Azul, y partes mínimas de la Concesión de Carmelita y la unidad de manejo El Lechugal, Reserva de la Biosfera Maya.

b. Diseño de Muestreo

Los jaguares son animales elusivos y con hábitos nocturnos y crepusculares, lo que hace difícil estudiarlos a nivel poblacional. Métodos tradicionales usados para estimar densidades absolutas de mamíferos mayores (ej. transectos lineales, conteo de huellas) son inapropiados para obtener datos confiables de esta especie. Por esta razón, utilizamos un método estándar basado en el registro fotográfico de individuos de jaguares obtenida por medio de trampas-cámaras (Karanth & Nichols, 1998).

El método para estimar densidades de animales con trampas-cámara está basado en modelos tradicionales de captura-recaptura de cada individuo, en donde una recaptura consiste en que el mismo individuo sea fotografiado en diferentes fechas durante un determinado tiempo de muestreo (Karanth & Nichols, 1998; Karanth, 1995; Otis *et al.*, 1978). Jaguares individuales son identificados por medio de los patrones de manchas en forma de roseta presentes en su pelaje. Esta información obtenida a través de las fotografías de las trampas-cámaras es utilizada para desarrollar la “historia de captura” de cada individuo en el área de estudio. La “historia de captura” consiste en series de 1 y 0, donde 1 indica cuando un individuo fue fotografiado en un período de tiempo

determinado, y 0 indica cuando no se obtuvieron fotografías en ese período de tiempo. Las “historias de captura” son utilizadas para el ingreso de datos en el programa estadístico de captura-recaptura para estimar la abundancia.

Este método ha sido perfeccionado por Karanth & Nichols, (1998) para estimar abundancias de tigres (*Panthera tigris*) en la India. Actualmente este método ha sido usado en numerosos países para estimar abundancias de jaguares a lo largo de su distribución (Wallace *et al.*, 2003; Maffei, Cuellar & Noss, 2004; Silver *et al.*, 2004; Moreno, 2006; Salom-Pérez *et al.*, 2007; Astete, 2008).

Para realizar esta investigación utilizamos el protocolo estandarizado para el muestreo de jaguares propuesto por el Programa para la Conservación del Jaguar (JCP por sus siglas en inglés) (Silver, 2004) con algunas modificaciones realizadas por el departamento de investigaciones biológicas de WCS-Programa para Guatemala. Entre estas modificaciones se encuentran el uso de trampas cámara digitales y uso de atrayente olfativo (Moreira, 2010). El diseño del estudio y el análisis de los datos está basado en las publicaciones de Karanth & Nichols, (1998) y Nichols & Karanth, (2002).

Para medir la abundancia de jaguares utilizamos 33 estaciones de trampeo (66 trampas cámara) en un período de muestreo de 47 días. Cada estación de trampeo consistió en dos trampas-cámara digitales con flash Infra Rojo (RECONYX™ modelo RM-45 RapidFire). Solamente en ocho estaciones de trampeo (estaciones 14, 15, 16, 17, 21, 22, 24, 25) combinamos el uso de trampas-cámara digitales RECONYX con trampas-cámara de rollo (Leaf River™ modelo C-1BU con cámara Canon© Sure Shot Owl). Las trampas-cámara fueron colocadas a los costados de los caminos o senderos a una altura entre 40 a 45 cm de alto, permitiendo así fotografiar los dos flancos de cada individuo. En cada estación de trampeo se colocaron dos trampas-cámara a una distancia entre 4.5 m a 8 m entre sí. Para cumplir con el supuesto que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser capturados por las trampas cámara, las estaciones de trampeo fueron distribuidas y espaciadas no más de 2 Km lineales. Esta distancia lineal está basada en el ámbito de hogar mínimo reportado para un jaguar hembra en Belice (Rabinowitz & Nottingham, 1986), el cual permite un distanciamiento máximo de 3.6 km (el diámetro de un círculo con superficie de 10 km²) entre estaciones de trampeo. La ubicación exacta de cada

estación de trampeo fue seleccionada preferiblemente en base a la presencia de signos de animales (ej. huellas, excretas, rascados, avistamientos) como indicadores. Las estaciones de trampeo fueron colocadas sobre caminos amplios, senderos y sobre la brecha sur que divide al parque con la concesión comunitaria de Carmelita.

Cuando un animal pasa por el área de detección de la trampa-cámara, su movimiento y temperatura es detectada por un sensor, este sensor activa la cámara y se toma la fotografía. Las trampas-cámara Leaf River fueron programadas para tomar fotografías las 24 horas del día, para imprimir en cada fotografía la fecha y la hora, con un intervalo entre fotografías de 1 minuto. Las trampas-cámaras RECONYX™ fueron programadas para tomar fotografías durante 24 horas, con secuencias de 10 fotografías cada segundo, registrando la fecha, hora, temperatura y fase lunar en que fue tomada. Para evitar problemas con el registro de los rollos, antes de introducirlo a la cámara, anotamos el número de la trampa cámara con ayuda de un marcador indeleble marca Sharpie®.

Aunque existió un nivel alto de actividad humana, sobre todo de turistas que visitan el área, cada trampa cámara solamente fue sujeta a un árbol por medio de un cable elástico y un cincho de poliéster. Cada 10 a 15 días se revisó el nivel de energía de las baterías (Duracell®), cambio de rollos (35mm ASA 400, Konica Minolta) y se revisó el buen funcionamiento del sensor y de la cámara. Además, para las trampas cámara RECONYX™, se descargaron los datos de la memoria a una computadora portátil (Acer Modelo Aspire One) para analizar las fotografías. Si alguna trampa cámara se encontraba defectuosa, fue reemplazada por otra en buen estado. Desde el primer día de muestreo, se colocó un atrayente olfativo (Obsession de Calvin Klein® para hombre) en todas las estaciones de trampeo. Se roció el atrayente en wipe comercial y posteriormente se amarró a una estaca (Fig. 2). Cada estaca fue insertada en el suelo en medio de las dos trampas cámara. El atrayente permitió que los jaguares y otras especies permanecieran más tiempo en frente de las trampas cámara para obtener mejores fotografías y poder identificar de mejor manera el sexo y el individuo (Moreira, 2010).

Para ayudar en el cuidado de las trampas cámara se trabajó con cuatro personas de la comunidad de Carmelita. Ellos hicieron recorridos por las áreas donde se tenían las trampas cámara para evitar que fueran dañadas o robadas. Además, ellos se encargaron

de hablar con personas ajenas a nuestro estudio para informarles sobre los objetivos de la investigación y de la colocación de las trampas cámara.



Figura 2. El círculo muestra la ubicación del wipe comercial atado a una estaca. En la parte de arriba se colocó la mitad de un bote plástico de 300 mL para evitar la rápida diseminación del atrayente.

c. Análisis de los Datos

i. Jaguares

Para estimar la abundancia y densidad de jaguares en el área de estudio se utilizó el programa CAPTURE© (Otis *et al.*, 1978; Restad & Burnham, 1991). El programa CAPTURE© estima la abundancia bajo siete modelos que difieren en la fuente de variación de la probabilidad de captura, lo que se define como p_{ij} a la probabilidad de que el individuo i sea capturado en la ocasión j . La fuente de variación en la probabilidad de captura son la heterogeneidad individual (variación en la probabilidad de captura entre individuos, es decir, cada individuo tiene su propia probabilidad de captura), respuesta de comportamiento (cambios que ocurren en la probabilidad de

captura después de la primera captura) y el tiempo (se refiere a la variación en la probabilidad de captura entre ocasiones de muestreo) (Karanth & Nichols, 1998).

El modelo M_0 asume que no hay variación en la probabilidad de captura asociada con individuos u ocasiones, y el modelo de probabilidad de captura con un parámetro simple, $P_{ij} = p$. El modelo M_h permite diferentes probabilidades de captura para cada individuo, pero cada probabilidad permanece igual a través de cada ocasión de muestreo y prescindiendo de una historia de captura previa. El modelo M_b permite diferentes probabilidades de captura para animales no identificados o previamente identificados, de otra manera incluye variaciones temporales e individuales en la probabilidad de captura. El modelo M_t asume una variación en la probabilidad de captura de un muestreo al siguiente, pero no permite variación entre individuos sin una ocasión de muestreo. Adicional a estos cuatro modelos existe también la interacción entre estos los cuales incluyen dos fuentes de variación para los parámetros de probabilidad de captura M_{bh} , M_{th} y M_{tb} . Además, el programa CAPTURE© presenta un estimador que permite tres fuentes de variación el cual es el más complejo M_{tbh} , e incluye además un modelo de selección de algoritmos que usa una función discriminante que provee un criterio objetivo para seleccionar el modelo más apropiado (Otis *et al.*, 1978).

Para estimar la abundancia de jaguares, los “historiales de captura” de cada uno de los individuos reportados fueron combinados en una sola matriz y analizados con el programa CAPTURE©. Dada la corta duración del estudio comparado con el ciclo de vida de los felinos grandes, tenemos la certeza que el supuesto de población cerrada fue cumplido. Además, el estudio se realizó durante 47 días, la mitad del tiempo máximo recomendado³ para muestrear una población cerrada de felinos (Karanth & Nichols, 1998; Nichols & Karanth, 2002).

Para estimar la densidad de jaguares presentes en el área de estudio, dividimos la abundancia estimada por medio del programa CAPTURE© entre el área efectiva de trampeo. Para estimar el área efectiva de trampeo, cada estación de trampeo fue amortiguada por un círculo con radio igual a la mitad del promedio de las distancias máximas de movimiento obtenidas en este estudio (MMDM/2 por sus siglas en inglés).

³ Karanth & Nichols (1998) recomiendan hacer estudios con trampas cámara para felinos grandes en períodos menores a 3 meses para evitar que existan nacimientos, muertes, migraciones y emigraciones durante el muestreo.

Debido a que algunos autores sugieren que la densidad estimada de esta manera se sobreestima, también reportamos la densidad basados en el promedio de las distancias máximas recorridas (MMDM⁴) (Soisalo & Cavalcanti, 2006; Lynam *et al.*, 2008). La distancia máxima recorrida fue estimada para cada individuo que fue fotocapturado en 2 o más estaciones de trampeo. Luego calculamos el área total comprendida por todas las trampas cámara y la zona de amortiguamiento para determinar el área efectiva de trampeo basado en ambos MMDM/2 y MMDM.

ii. Fauna Asociada al Fototrampeo

En base al listado de especies fotocapturables en la red de caminos, se obtuvieron frecuencias de fotocaptura de fauna. Esto se calculó por medio del número de eventos de fotocaptura por cada 24 horas, el cuál se dividió entre el esfuerzo de muestreo y se multiplicó por 100. El esfuerzo de muestreo está dado por (No. Trampas cámara * días de muestreo) (Moreno, 2006).

Como cada trampa cámara estuvo programada para registrar hora y fecha en que fue tomada, se procedió a agrupar las fotocapturas de jaguar, tepezcuintle (*Agouti paca*), tacuazín (*Didelphis sp.*), danto (*Tapirus bairdii*), armadillo (*Dasyus novencinctus*), cabrito (*Mazama americana*), pizote (*Nasua narica*), venado (*Odocoileus virginianus*), coche de monte (*Pecari tajacu*) y cotuza (*Dasyprocta punctata*) en lapsos de dos horas y se construyó un gráfico de frecuencia utilizando el programa para Windows Microsoft Excel.

Para establecer si el muestreo por medio de trampas cámara en el sector oeste del Parque Nacional Mirador-Río Azul fue suficiente para obtener un estimado representativo del número total de mamíferos terrestres medianos y mayores fotocapturables presentes en nuestra área, desarrollamos una curva de acumulación de especies en base al esfuerzo. Para estas estimaciones utilizamos un estimador paramétrico, el modelo de Clench (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003; Soberón & Llorente, 1993; Colwell *et al.*, 2004). El modelo se basó en datos de la frecuencia de eventos de fotocapturas de cada especie durante el muestreo. Realizamos un suavizado

⁴ Mean Maximum Distance Moved (MMDM).

de los datos observados por medio del orden de entrada de las unidades de esfuerzo de muestreo aleatorizado y el número medio de especies. De esta manera, se obtiene la ‘curva ideal’ o el promedio estadístico de adición de especies con el aumento del esfuerzo (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). El Promedio estadístico se realizó con un re-muestreo *Bootstrap* de los datos observados (1000 “*randomizations*”) por medio del programa *EstimateS 7.2* (Colwell *et al.*, 2004). Para estimar si nuestro esfuerzo fue suficiente para obtener un inventario representativo de fotocapturas de especies terrestres de mamíferos medianos y mayores en nuestra área de estudio, realizamos un cálculo del valor asintótico de nuestra curva predicha con la ecuación de Clench (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Con este método se obtuvo mejores resultados y más objetivos sobre la calidad de inventario presente en el sector oeste del PNMRA. Las estimaciones se hicieron por medio de la ecuación de Clench combinada con la función “Loss” en base al algoritmo Simplex y Quasi-Newton, todo por medio del programa STATISTICA versión 9.1 trial. Para evaluar el ajuste del modelo con los datos observados se comparó los coeficientes de determinación (R^2) (que es una medida descriptiva de la proporción de varianza explicada por la función utilizada), en donde los valores se encuentran entre 0 a 1. Entre más cercano se encuentra a el valor de 1, mejor será el ajuste de la función con los datos. Por último se calculó la pendiente, la cual indica si hemos logrado un inventario completo y altamente fiable. Para determinar el grado de confiabilidad, nuestra pendiente debe de ser menor a 0.1 (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003).

V. RESULTADOS

a. Generales

El tiempo efectivo de muestreo de esta investigación fue del 20 de octubre al 5 de diciembre del año 2009 (47 días de muestreo). Se colocaron 33 estaciones de trampeo cubriendo un Polígono Mínimo Convexo de 94.05 km² (Fig. 3). El esfuerzo de muestreo total fue de 1,551 trampas noche. Gracias a la contratación de cuatro personas de la aldea de Carmelita, no registramos pérdida de equipo ni de datos. El área efectiva de muestreo, incluyendo la zona de amortiguamiento para cada estación de trampeo, fue de 778.16 km² basados en el MMDM y de 351.34 km² basados en el MMDM/2 (Fig. 3).

b. Jaguares

i. Abundancia y Densidad

En los 47 días de muestreo se obtuvieron 39 fotocapturas de jaguares, que correspondieron a 18 eventos de captura. Durante este período se identificaron 7 individuos, 6 machos y 1 hembra. Entre los días 13 al 34 se observa una estabilización en el número de individuos, en donde se habían identificado 4 individuos, todos machos. Hasta el día 35 se identificó a la única hembra presente en el área de estudio. Posteriormente en los días 41 y 42 identificamos dos individuos machos. Esto podría sugerir que el esfuerzo de muestreo debe de ser mayor para captar al resto de individuos que tienen su territorio en esta área (Fig. 4). El M1 y la H1 tuvieron 5 eventos de captura; M2 tuvo 3 eventos de captura; M4 tuvo 2 eventos de captura; M3, M5 y M6 tuvieron 1 evento de captura. El M1 se desplazó una distancia máxima de 13.13 km. El M2 tuvo un desplazamiento máximo de 8.8 km. La H1 tuvo un desplazamiento máximo de 7.68 km. El promedio de las distancias máximas de movimiento de los jaguares fue de 9.87 km y la mitad de este promedio fue de 4.93 km.

Basados en el análisis con CAPTURE©, estimamos una abundancia de 7 ($EE \pm 0.82$) jaguares según el modelo $M(o)$ (Intervalo de confianza al 95%, de 7 a 10 individuos). Estimamos una probabilidad de captura ($p\text{-hat}$) de 0.05. En el presente estudio damos dos estimaciones de densidad, una mínima y una máxima para poder hacer comparaciones, tanto en el mismo sitio como en otras áreas. Basados en la abundancia estimada por medio del programa CAPTURE y dividida entre el área efectiva de muestreo estimada en base al $MMDM/2$ obtuvimos una densidad de 1.99 ± 1.57 jaguares por cada 100 km^2 y una densidad basados en el $MMDM$ de 0.899 ± 0.48 jaguares por cada 100 km^2 .

ii. Áreas de Acción Mínimas

Para estimar las áreas de acción mínimas utilizamos el método del Polígono Mínimo Convexo (100%) uniendo los puntos extremos en donde fue fotocapturado cada individuo. Los polígonos fueron realizados uniendo los puntos de los individuos con tres o más fotocapturas por medio del software *Arc View 3.2*. Esta información preliminar nos

ayudará a generar la línea base, dándonos una idea de cuanta área pueden estar utilizando los jaguares como mínimo en el área de influencia de las trampas-cámara y poder hacer comparaciones entre diferentes sitios que han utilizado este método (Moreno, 2006).

Se obtuvieron las áreas de acción mínimas para 2 individuos machos ($M1= 76.73 \text{ km}^2$, $M2= 27.30 \text{ km}^2$) y 1 individuo hembra ($H1= 16.81 \text{ km}^2$) (Fig. 5). Los machos presentaron mayores áreas de acción comparado con el de la hembra.

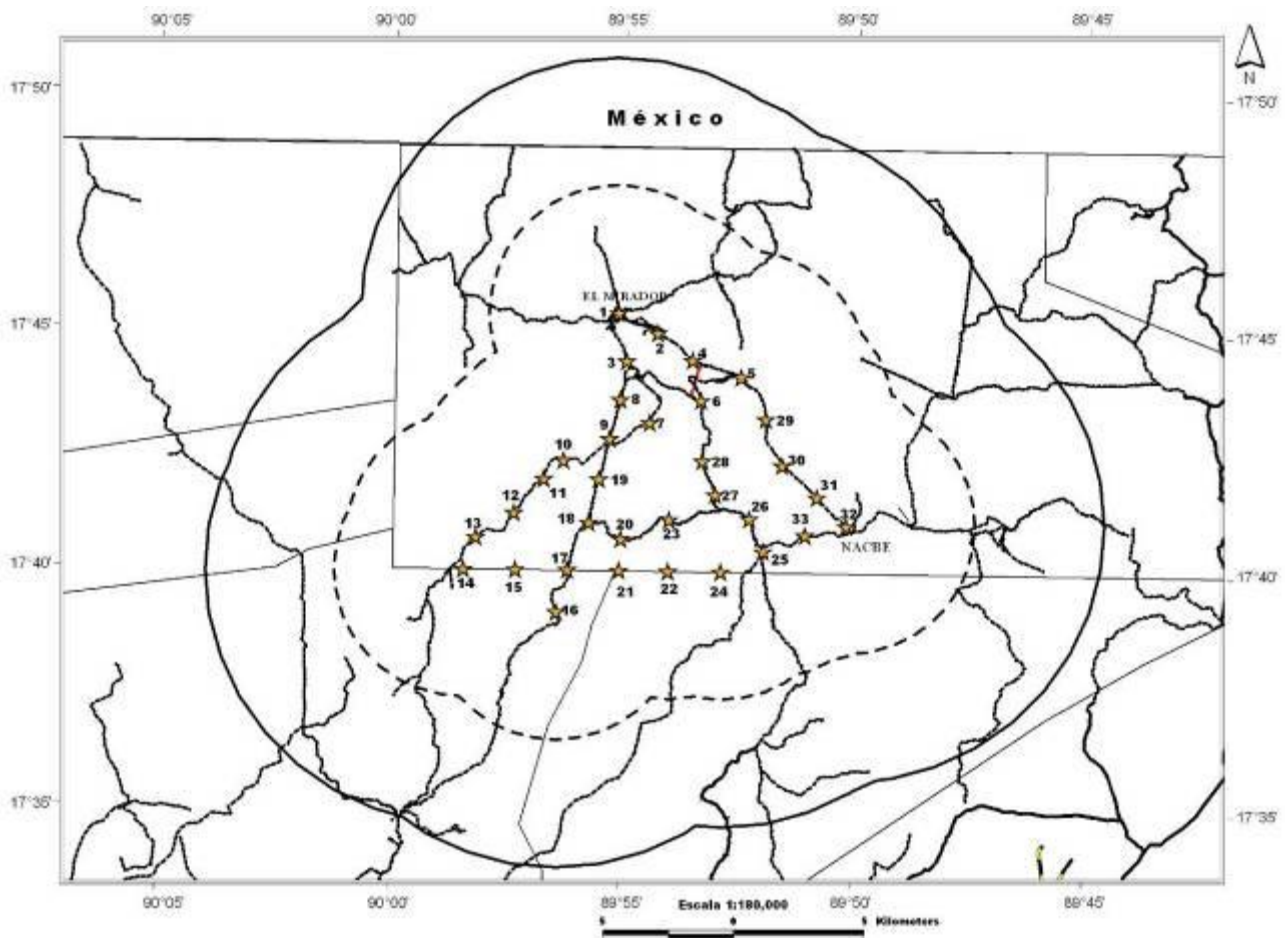


Figura 3. Área efectiva de trampeo incluyendo el buffer alrededor de cada estación de trampeo calculado utilizando MMDM/2 en línea negra discontinua. El área efectiva de trampeo incluyendo el buffer alrededor de cada estación de trampeo calculado utilizando MMDM se muestra en línea negra continua.

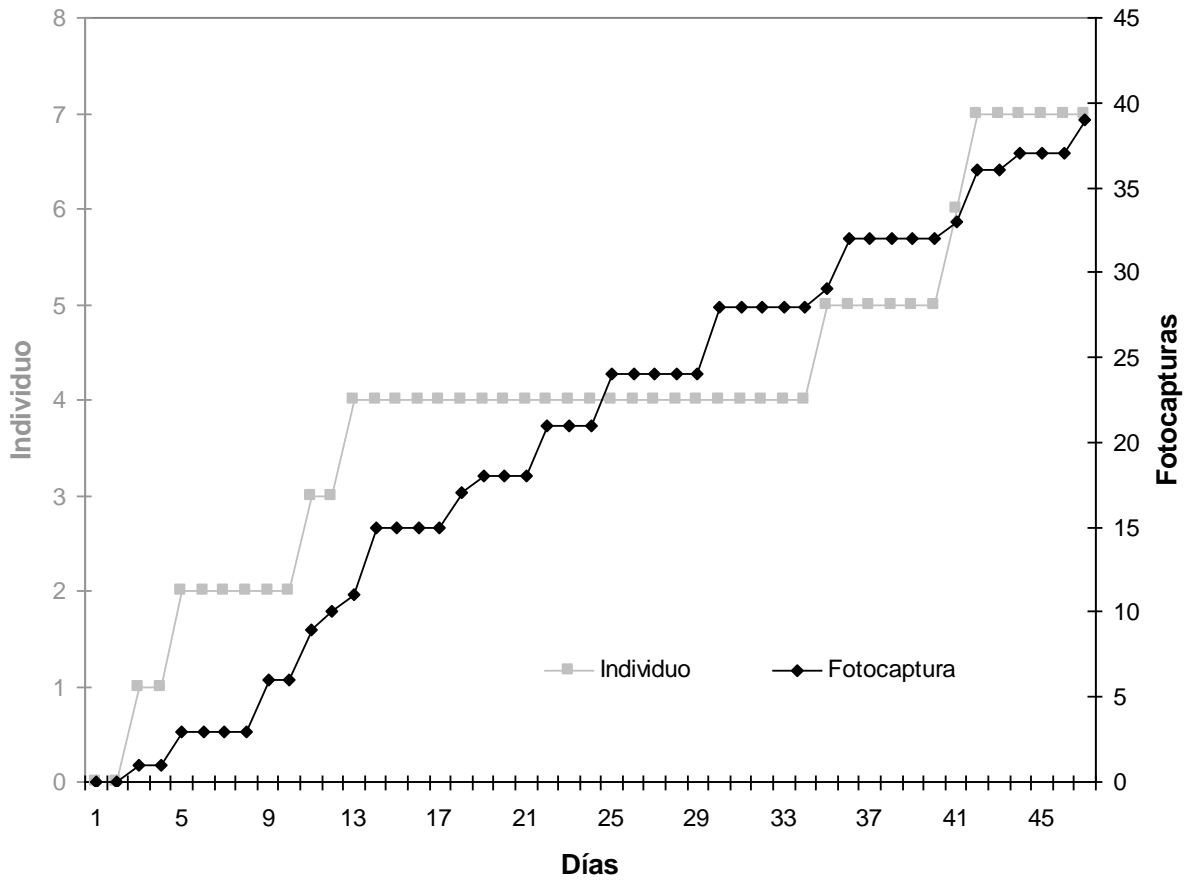


Figura 4. Frecuencia de fotocapturas de jaguar *Panthera onca* y número acumulativo de individuos fotocapturados en el sector oeste del Parque Nacional Mirador-Río Azul.

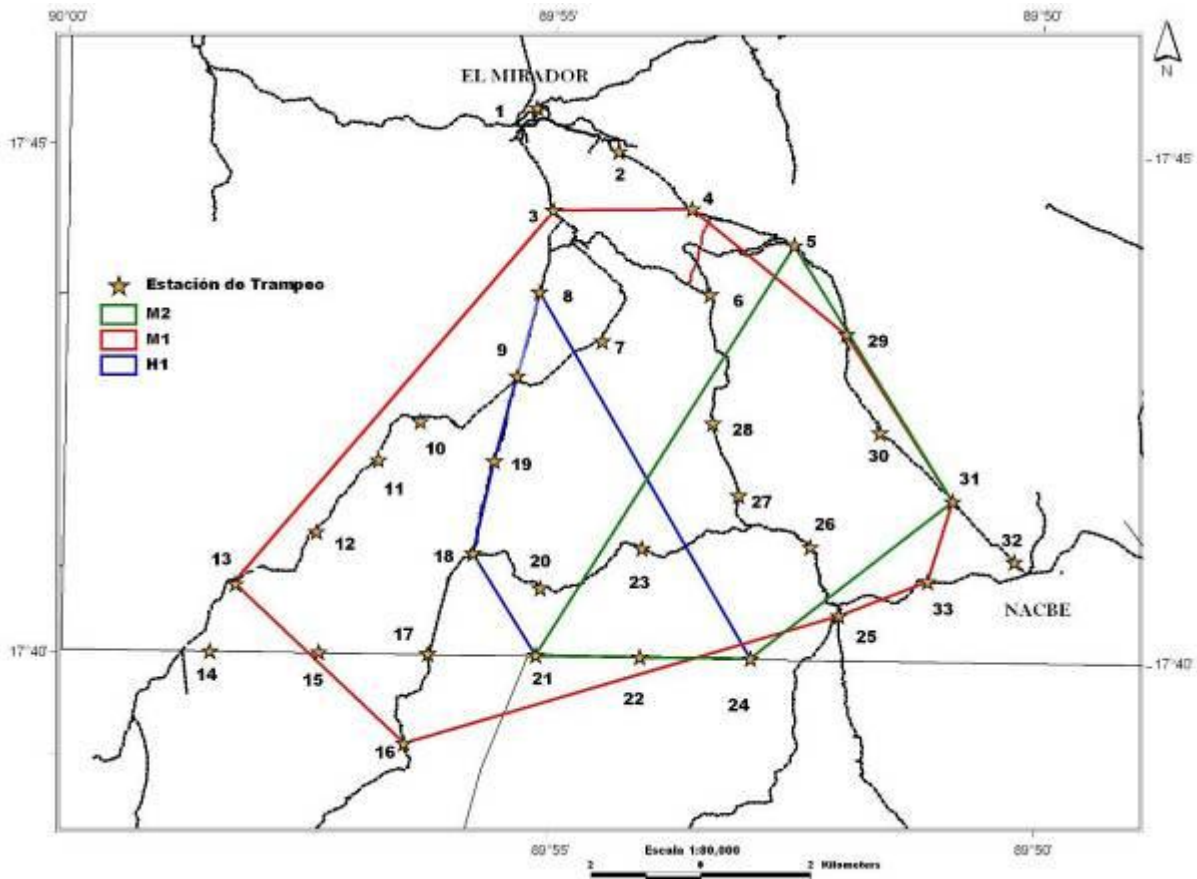


Figura 5. Mapa con las áreas de acción mínimas estimadas para el M1: 76.73 km² (línea roja), M2: 27.3 km² (línea verde), y H1: 16.81 km² (línea azul).

iii. Patrones Diarios de Actividad

Se determinó el patrón de actividad de los jaguares basados en las horas registradas en 46 fotocapturas. De acuerdo a este análisis se observa un pico de actividad entre las 6:01 a 8:00 h. También fueron activos principalmente entre las 00:01 a las 4:00. En este sitio se dio una nula actividad entre las 12:01 a las 14:00 h del medio día, posiblemente debido a la elevada temperatura (Fig. 6).

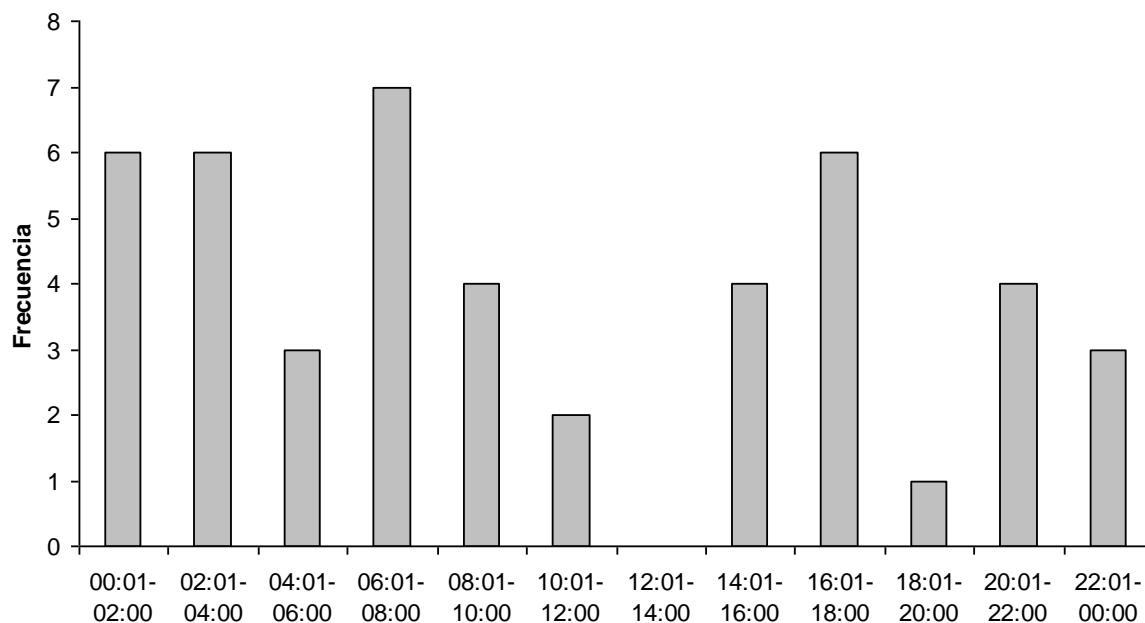


Figura 6. Patrones diarios de actividad de los jaguares en el sector oeste del Parque Nacional Mirador - Río Azul.

También se analizó si existía algún patrón de actividad de los jaguares en relación a las fases lunares. Se encontró una mayor frecuencia de fotocapturas de jaguares durante la fase cuarto creciente (Fig. 7).

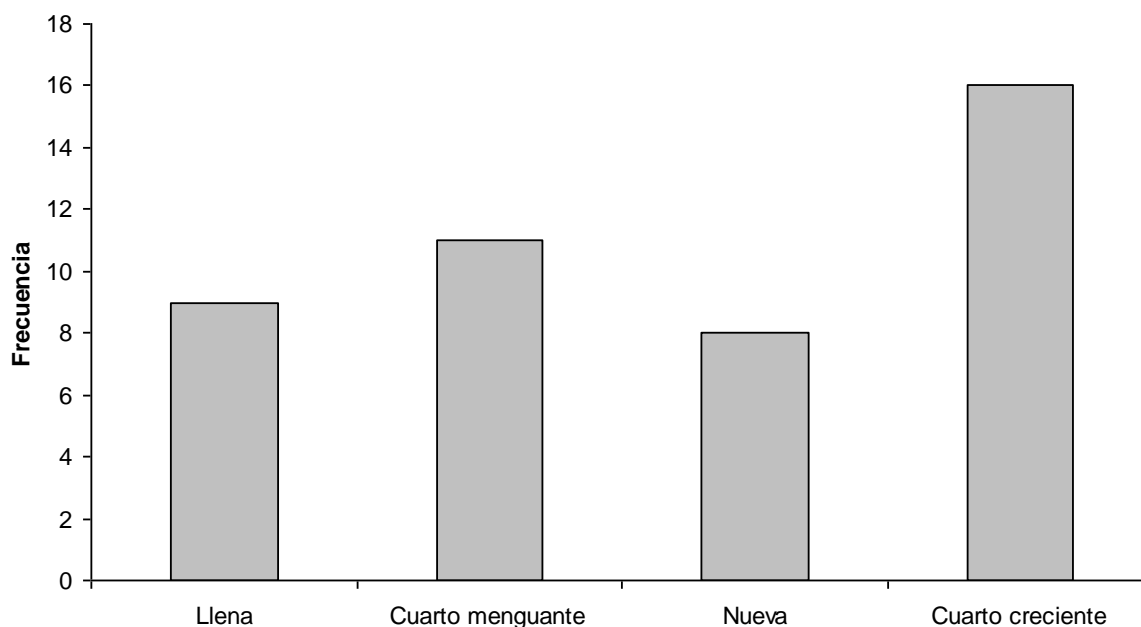


Figura 7. Patrones de actividad de los jaguares en base a las fases lunares en el sector oeste del Parque Nacional Mirador-Río Azul.

c. Fauna Asociada al fototrampeo

i. Especies con crías

Durante este estudio se registró la presencia de dos pumas (*Puma concolor*) hembras en diferentes sitios con dos y una cría. La primera puma hembra con sus dos crías fueron fotocapturados en los puntos 14 y 15, en la brecha del límite sur del parque con la concesión de Carmelita. Estos tres pumas fueron fotocapturados juntos durante los días 28 y 30 de octubre y fueron activos entre las 18:30 a las 22:00 h (Fig. 8). La segunda puma hembra con una cría fue fotocapturada en el punto 26 el 9 de noviembre a las 8:30. Posiblemente estas crías presentaban menos de 12 meses de edad (Fig. 9).

Durante el estudio se registro la presencia de un grupo de jabalís (*Tayassu pecari*) con individuos de diferentes edades (Fig. 10). El grupo estaba formado como mínimo por 10 individuos, 4 adultos, 4 juveniles y 2 crías. Este grupo fue fotocapturado en la estación de trampeo número 20, el 3 de diciembre a las 11:43 h. Además se registró la presencia de una pareja de mapaches (*Procyon lotor*) cercanos a la pirámide El Tigre (Fig. 11).



Figura 8. Puma hembra con dos crías en la brecha del límite sur entre el Parque Nacional Mirador-Río y la concesión comunitaria de Carmelita.



Figura 9. Puma hembra con una cría. A. La puma hembra oliendo el atrayente. B. La cría disminuyó su velocidad para oler el atrayente.



Figura 10. Grupo de jabalís en la aguada el Chiquero. En la fotografía se observan individuos de diferentes edades, incluso dos crías amamantándose.



Figura 11. Pareja de mapaches registrada en la estación de trapeo número 1, cercano al campamento El Mirador.

ii. Patrones Diarios de Actividad de Mamíferos medianos y mayores

Las especies de mamíferos como *A. paca*, *Didelphis sp.*, *T. bairdii* y *D. novemcinctus* presentaron patrones diarios de actividad principalmente nocturnos (Fig. 12). La actividad en el tiempo de estos mamíferos se traslapa mayormente con la actividad de los jaguares. Las 6 especies fueron registradas presentando actividad entre las 20:01 a 22:00 h. *Tapirus bairdii*, *A. paca* y *D. novemcinctus* fueron principalmente activos entre las 20:01 y 22:00 h. *Procyon lotor* presentó mayor actividad entre las 4:01 y 6:00 h. *Didelphis sp.* presentó actividad principalmente entre las 18:01 y 20:00 h.

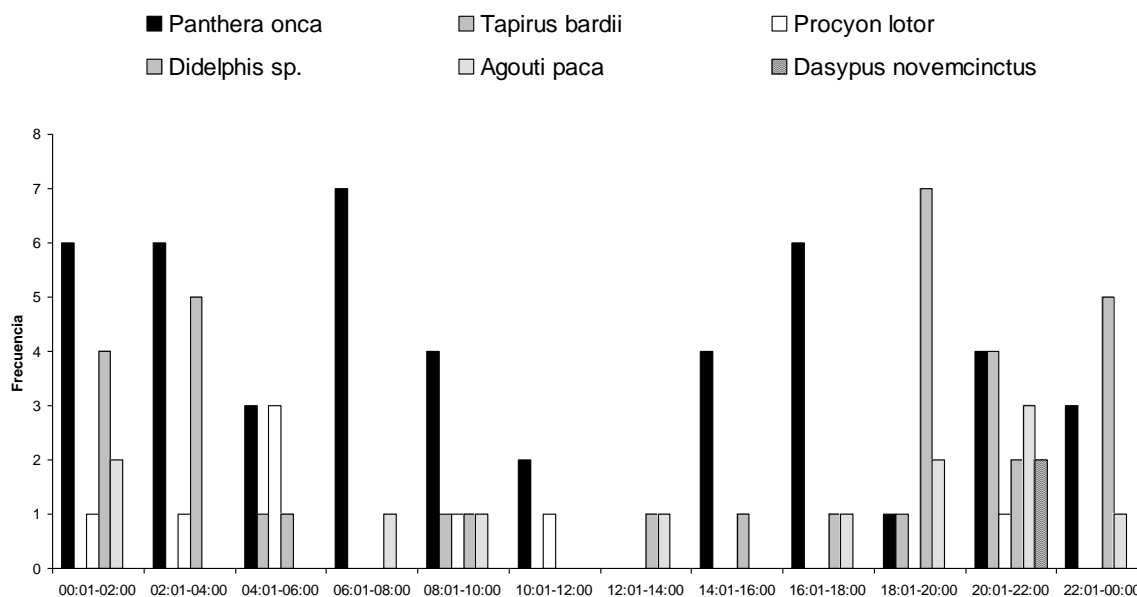


Figura 12. Patrones diarios de actividad de mamíferos medianos y grandes de actividad principalmente nocturna. Oeste del Parque nacional Mirador-Río Azul. Reserva de la Biosfera Maya.

Las especies de mamíferos como *Mazama sp.*, *N. narica*, *O. virginianus*, *P. tajacu*, y *D. punctata* presentaron patrones diarios de actividad principalmente diurnos y crepusculares. Solamente *Mazama sp.* y *P. tajacu* presentaron actividad durante la noche (Fig. 13). La actividad de estos mamíferos se traslapa con menor frecuencia en el tiempo con la actividad de los jaguares. *Tayassu pecari* y *N. narica* presentaron picos de actividad de 8:01 a 10:00 h y de 14:01 a 16:00 h. *Pecari tajacu* fue mayormente activo entre las 8:01 a 10:00 h. *Odocoileus virginianus* y *Mazama sp.* fueron activos principalmente entre las 10:01 a 12:00 h. *Dasyprocta punctata* fue principalmente activo entre las 6:01 y las 10:00 h.

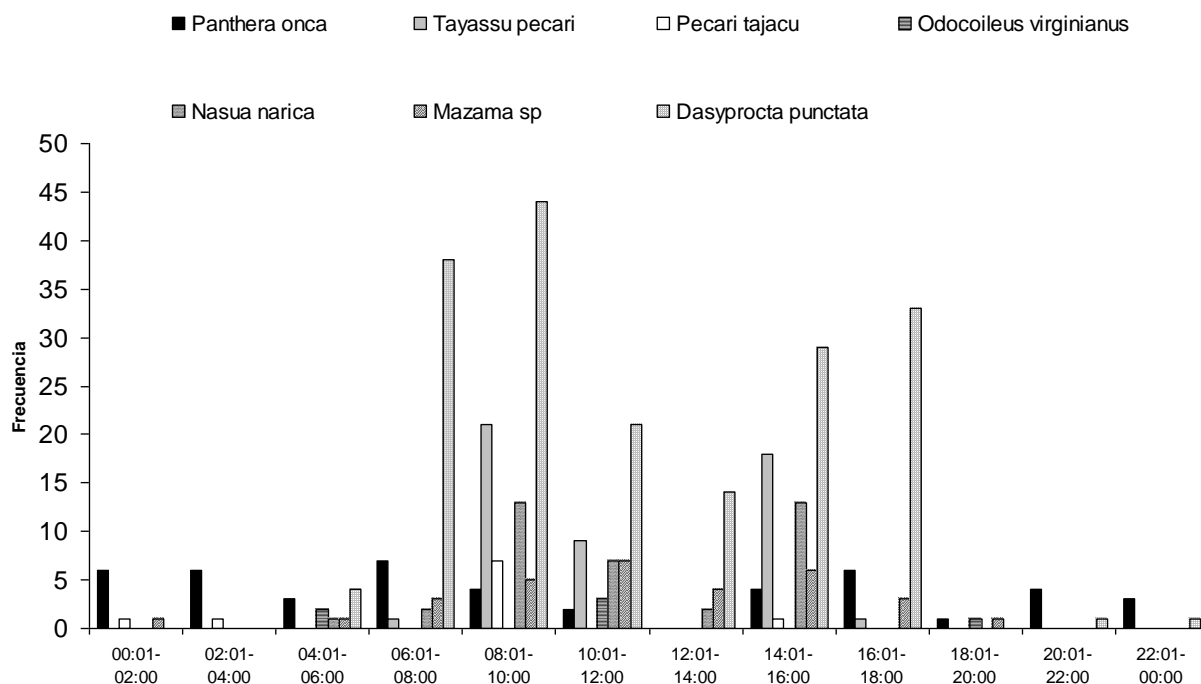


Figura 13. Patrones diarios de actividad de mamíferos medianos y mayores con actividad principalmente diurna. Oeste del Parque Nacional Mirador-Río Azul, Reserva de Biosfera Maya.

iii. Frecuencia de fotocapturas de fauna

Se registraron 19 especies de mamíferos medianos y mayores incluyendo al jaguar. Además se registraron 6 especies de aves. Las dos especies de tacuazines fueron agrupados en el género *Didelphis sp.* Las dos especies de cabritos fueron agrupadas en el género *Mazama sp.* Un ave fue identificada hasta género (*Leptotila sp.*). Las frecuencias de fotocapturas se presentan en el Cuadro 1. Las especies presas que presentaron mayores frecuencias de fotocaptura fueron *D. punctata*, *T. pecari* y *N. narica*.

Cuadro 1. Especies fotocapturadas durante el estudio, eventos de fotocaptura y sus frecuencias. En negro aparecen las presas de jaguar determinadas por Novack (2003).

No.	Especie	Eventos de Fotocaptura	Frecuencia de Fotocaptura
1	<i>Meleagris ocellata</i>	583	37.59
2	<i>Dasyprocta punctata</i>	110	7.09
3	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	100	6.45
4	<i>Leopardus pardalis</i>	92	5.93
5	<i>Puma concolor</i>	52	3.35
6	<i>Panthera onca</i>	40	2.58
7	<i>Tayassu pecari</i>	35	2.26
8	<i>Nasua narica</i>	33	2.13
9	<i>Crax rubra</i>	31	2.00
10	<i>Didelphis sp.</i>	27	1.74
11	<i>Mazama sp.</i>	26	1.68
12	<i>Leptotila sp.</i>	14	0.90
13	<i>Agouti paca</i>	10	0.64
14	<i>Tapirus bairdii</i>	10	0.64
15	<i>Eira barbara</i>	9	0.58
16	<i>Aramides cajanea</i>	8	0.52
17	<i>Pecari tajacu</i>	8	0.52
18	<i>Tinamus major</i>	8	0.52
19	<i>Procyon lotor</i>	8	0.52
20	<i>Sciurus deppei</i>	6	0.39
21	<i>Odocoileus virginianus</i>	4	0.26
22	<i>Conepatus semistriatus</i>	3	0.19
23	<i>Leopardus wiedii</i>	3	0.19
24	<i>Dasypus novemcinctus</i>	2	0.13
25	<i>Cyanocorax morio</i>	1	0.06
26	<i>Hylocichla mustelina</i>	1	0.06
27	<i>Tamandua mexicana</i>	1	0.06

La frecuencia de fotocaptura de las especies se calculó de la siguiente manera (no. fotocapturas/esfuerzo de muestreo)*100 (Moreno 2006). Las frecuencias de fotocapturas están basadas en 1,551 trampas noche.

iv. Curva de acumulación de mamíferos medianos y mayores

La figura de acumulación de especies de mamíferos medianos y mayores presentó una asíntota predicha por medio del ajuste de Clench de 20.25 especies. Con un esfuerzo de 1,551 trampas cámara noche registramos 19 especies de mamíferos medianos y mayores, mientras que el estimador registró 20 especies que equivale a una calidad de inventario para el oeste del PNMRA del 93.81%. Basados en el estimador no logramos obtener información del número total de especies presentes en nuestra área de estudio, sin embargo fue suficiente para registrar la presencia de especies vulnerables a la presencia humana como *Tayassu pecari*. Esto sugiere que es necesario hacer un esfuerzo mayor para registrar el total de especies terrestres presentes en este sitio (Fig. 14). En total fotocapturamos 19 especies de mamíferos medianos y mayores de un total de 22 especies potenciales que pueden ser detectables con el método de trampas cámara en diseños para estimar la abundancia de felinos mayores. Estas 19 especies representan el 86.36% de los mamíferos terrestres medianos y mayores en la Reserva de la Biosfera Maya. De las 9 especies de mamíferos medianos y mayores registradas para el oeste del PNMRA identificadas como presas del jaguar, solamente *T. mexicana* no es una especie cinegética. Esto sugiere la importancia de este sector del PNMRA para conservar especies vulnerables por la cacería furtiva.

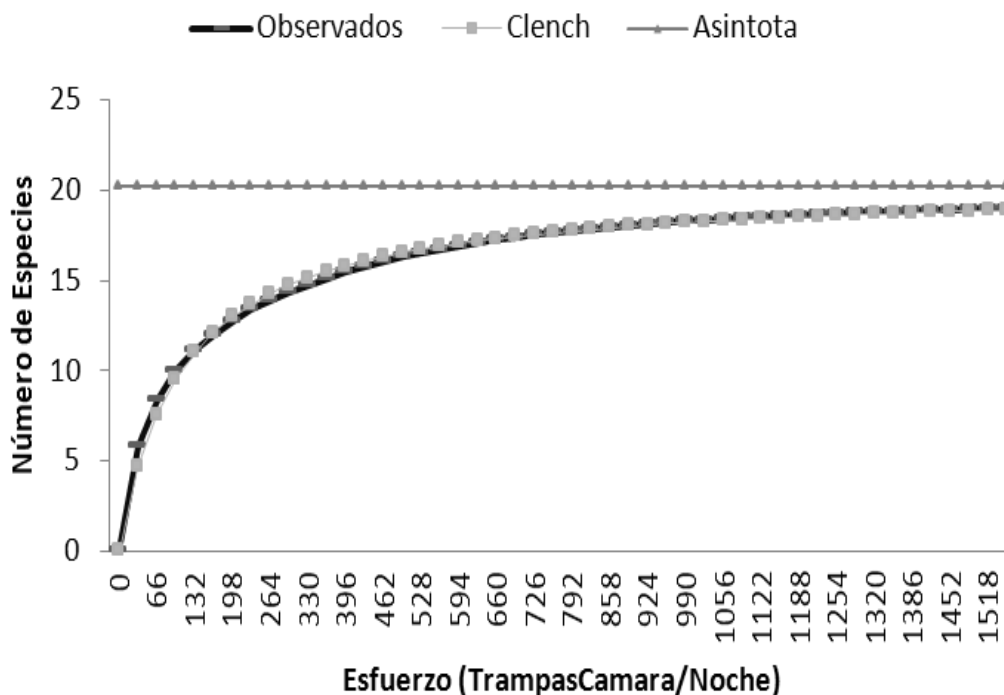


Figura 14. La figura muestra la curva de acumulación de especies de mamíferos medianos y mayores en el sector oeste del PNMRA. Con un esfuerzo de 1,551 trampas cámara noche registramos 19 especies de mamíferos medianos y mayores, mientras que el estimador registró 20 especies que equivale a una calidad de inventario para el oeste del PNMRA del 93.81%.

VI. DISCUSIÓN

Esta es la primera evaluación que se realiza en el sector oeste del Parque Nacional Mirador-Río Azul (PNMRA) para estimar la abundancia y densidad de jaguares utilizando trampas cámara combinado con modelos de captura recaptura. Para obtener una estimación confiable de la abundancia y densidad para esta área, abarcamos un Polígono Mínimo Convexo (PMC) grande comparado con otros sitios, entre los que podemos mencionar Parque Nacional Tikal y el Parque Nacional Laguna del Tigre-Corredor Biológico Central. Las diferencias en el tamaño del PMC de muestreo incide directamente en la probabilidad de captura de jaguares y en la estimación de abundancia y densidad (Maffei & Noss, 2008; Bustamante, 2008). Por tal motivo, para el presente estudio obtuvimos un PMC de 94.06 km². Basados en este diseño obtuvimos una densidad que se encuentra entre 0.899±0.48 a 1.99±1.57 jaguares por 100 km², dependiendo de la forma de estimar el área efectiva de muestreo. La densidad de

jaguares reportada para el sector oeste del PNMRA es más baja comparada con el sector este del Parque Nacional Mirador-Río Azul, Concesiones de Melchor de Mencos, Parque Nacional Laguna del Tigre-Corredor Biológico Central, Parque Nacional Tikal, Biotopo Protegido Dos Lagunas y Carmelita/AFISAP en la Reserva de la Biosfera Maya. Sin embargo es mayor a las estimaciones obtenidas para La Gloria-El Lechugal (Cuadro 2).

Cuadro 2. Densidades de jaguares por cada 100 km² registradas en varios estudios con trampas cámara y modelos de captura recaptura en la Reserva de Biosfera Maya. Además se muestra la abundancia, área en km² y el tamaño del Polígono Mínimo Convexo.

Sitio	Estimador	Abundancia		Area (km ²)		Densidad * 100 km ²	
		(Mh)	PMC	MMDM	MMDM/2	MMDM	MMDM/2
PN Tikal	M(h)	8±3.01	61.93	260.6	120.6	3.0±1.4	6.6±3.5
ZUM La Gloria-El Lechugal	M(h)	6±2.59	128	744.4	390.3	0.8±0.4	1.5±0.8
ZUM Carmelita-AFISAP	M(h)	13±2.6	50.89	227.9	115.2	5.7±1.2	11.2±2.5
BP Dos Lagunas	M(o)	8±2.2	41.09	132.2	72	6.0±2.1	11.1±5.1
ZUM Concesiones de Melchor de Mencos	M(h)	12±2.63	67.36	411.8	198.5	2.9±0.7	6.0±1.6
PN Laguna del Tigre-CBC	M(o)	10±1.23	72.34	268.4	157.2	3.7±0.4	6.3±1.6
Río Azul, Este, PNMRA	M(h)	15±3.35	128.8	622.8	294.3	2.4±0.6	5.0±1.58
Mirador, Oeste, PNMRA	M(o)	7±0.82	94.06	778.1	351.3	0.89±0.4	1.9±1.56

PMC: Polígono Mínimo Convexo

MMDM: Mean Maximum Distance Moved

MMDM/2: Half Mean Maximum Distance Moved

Durante este estudio registramos la presencia de siete individuos, el mismo número registrado para el Parque Nacional Tikal. Registramos la presencia de seis machos y solamente fotocapturamos una hembra. La densidad estimada de jaguares en el sector oeste del PNMRA es una de las más bajas. Sin embargo esto no sugiere que los jaguares presentes en esta área se encuentren amenazados. El oeste del PNMRA es un sitio con bajo acceso comparado con el resto de la RBM. Solamente se puede ingresar al sector oeste con equinos desde la aldea de Carmelita o por el Cruce a Los Pescaditos, ingresando al campamento El Zacatal y luego a través de un sendero al sitio arqueológico Nakbé. Basados en la frecuencia de fotocapturas de jaguar y en el número acumulativo de individuos fotocapturados se observa un traslape entre estas dos curvas en aproximadamente 25 días. Sin embargo posteriormente a los 33 días de muestreo registramos la presencia de 3 individuos nuevos, lo que sugiere que es necesario aumentar el esfuerzo de muestreo para que esta curva se estabilice. El 9 de diciembre se obtuvo un evento de captura de la hembra H2. La información de esta hembra no fue utilizada para estimar la abundancia en nuestra área de estudio debido a que fue fotocapturada después del tiempo efectivo de muestreo que abarcó desde el 20 de

octubre al 5 de diciembre. Basados en la información de abundancia estimada con CAPTURE©, para nuestra área de estudio estimamos 7 ± 0.82 individuos, y un intervalo de 7 a 10 individuos al 95%, lo que sugiere que el número de individuos en nuestra área de estudio puede ser mayor. Sin embargo la densidad siempre será menor comparada con otros sitios dentro de la Reserva de Biosfera Maya, incluso en este sitio los jaguares han presentado las mayores áreas de acción mínimas reportadas hasta ahora en la RBM (ver áreas de acción mínimas).

La densidad de jaguares en la Reserva de Biosfera Maya podría estar influenciada por la disponibilidad de agua superficial. El jaguar es una especie que muestra preferencia por hábitats cercanos a ríos, bosques ribereños, áreas inundables y riachuelos (Mondolfi & Hoogesteijn, 1986; Crawshaw & Quigley, 1991). En La Gloria-El Lechugal, al igual que en el sector oeste del PNMRA, la presencia de agua es menor comparada con otros sitios como Río Azul en el sector este del PNMRA, Concesiones de Melchor de Mencos, Parque Nacional Laguna del Tigre-Corredor Biológico Central y las Concesiones de Carmelita y AFISAP. Estos sitios presentan ríos que son intermitentes solamente durante la época seca, seccionándose en pozas de agua. El sector oeste del PNMRA presenta en su mayoría áreas secas, predominantemente de bosque bajo, el cual, en temporadas de baja precipitación no logra retener suficiente agua, como lo sucedido durante el tiempo de realización de esta investigación. Esta variable refuerza la hipótesis de que la disponibilidad de agua superficial tiene una relación directa sobre la abundancia de los jaguares en la RBM.

Los jaguares fueron activos durante la mayoría del tiempo del día en los caminos, sin embargo no presentaron actividad entre las 12:01 y 14:00 h. Este patrón también ha sido reportado para las Concesiones del Bloque de Melchor de Mencos y en Belice. Posiblemente durante este tiempo los jaguares tienden a visitar sitios diferentes a los caminos como cuerpos de agua, o utilizan este tiempo para descansar debido a la alta temperatura. Es probable que los jaguares sean menos activos en los caminos entre las 8:00 y 14:00 y más activos en los cuerpos de agua como aguadas, pozas y ríos, coincidiendo con los patrones diarios de actividad de algunas presas potenciales. Especies presas como los jabalís (*Tayassu pecari*) visitan las aguadas con mayor frecuencia cuando la temperatura empieza a elevarse entre las 8:00 y 12:00 horas,

posiblemente para refrescarse y darse baños de lodo (Moreira 2009). Posiblemente los depredadores como los jaguares tienden a visitar estos cuerpos de agua, tanto para beber agua como para cazar alguna presa disponible. Para evitar posibles problemas entre encuentros de turistas y felinos en el área, se recomienda recorrer los caminos durante el día, entre las 10:01 y 16:00 h, cuando los felinos son menos activos.

El jaguar ha sido descrito como una especie cuyos movimientos y patrones de actividad dependen de los movimientos y actividades de sus principales presas. En el Parque Nacional Corcovado, la actividad de un jaguar hembra monitoreada por medio de radio telemetría, esta correlacionada con la disponibilidad de las tortugas marinas. En este sitio, durante la luna nueva, los jaguares depredaron mayormente tortugas marinas en la playa, comparado con la actividad que desarrollaban en el bosque. Esto demuestra un patrón de actividad bimodal, durante la luna nueva su actividad la realizan en la playa, alimentándose de tortugas marinas, y durante la luna llena, la actividad la desarrolla en el bosque, alimentándose de *P. tajacu* (Carrillo *et al.*, 2009).

El uso de trampas-cámara es un método no invasivo que puede proveer insumos sobre movimiento de los individuos y por ende de las áreas de acción mínimas. El uso de trampas cámara puede proveer insumos para tener una estimación mínima de las áreas de acción de jaguares y otras especies cuando son fotocapturados en más de dos estaciones de trampeo. Esta información puede ser comparada con otros estudios que hayan utilizado el mismo método, aunque pueden existir variaciones debido a la estacionalidad, tamaño de las áreas de muestreo (PMC), tipo de hábitat y disponibilidad de presas. Las áreas de acción mínimas reportadas para el sector oeste del PNMRA son las más grandes estimadas hasta el momento comparadas con otros estudios realizados dentro de la RBM. El macho M1 presentó un área de acción mínima de 76.73 km². Este jaguar recorrió gran parte de los puntos de muestreo localizados en la periferia de nuestro del PMC. Esto sugiere que los jaguares machos utilizan un área mayor, incluso en un día el macho M1 recorrió mas de 8 km lineales en menos de 6 h. La hembra H1 presentó un área de acción mínima mayor comparada con las Concesiones del Bloque de Melchor de Mencos y Carmelita/AFISAP. Cabe resaltar que las fotocapturas de la hembra H1 se dieron en sitios cercanos a cuerpos de agua como *aguadas* y su territorio abarcaba el centro del PMC. Las áreas de acción mínimas estimadas en este estudio son similares a las estimadas en Belice por medio de radio telemetría. En Belice, el promedio de los

ámbitos de hogar para 4 jaguares machos adultos fue de 33.4 km² (28-40 km²). Para las hembras, el promedio del ámbito de hogar estimado de 3 jaguares fue de 10.3 km² (10-11 km²) (Rabinowitz & Nottingham, 1986).

Durante la realización del estudio la mayoría de los días de muestreo no presentaron lluvias. La lluvia se dio solamente entre los días del 3 al 5 de Noviembre, ayudando a mantener el agua superficial en algunos cuerpos de agua. Durante estos 3 días no registramos eventos de captura de jaguares.

En esta área de estudio registramos la presencia de 19 especies de mamíferos medianos y mayores que pueden ser detectables con el método de trampas cámara en diseños para estimar la abundancia de felinos mayores. Nuestra estimación de riqueza en el área nos indica que se alcanza una asíntota en 20.20 especies, y que nuestra calidad de inventario por medio de este método fue del 93.81%, el cual es un valor alto para estimar el nivel de inventario. Estas 19 especies representan el 86.36% de los mamíferos medianos y mayores terrestres que son fotocapturables para la Reserva de Biosfera Maya. O'Brien (2008) recomienda un esfuerzo de 3,000 o más trampas noche para estimar la riqueza de especies de un lugar, incluyendo especies elusivas y muy raras de un sitio. Sin embargo, el inventario de mamíferos medianos y mayores obtenido para el oeste del PNMRA es alto, lo que sugiere que el esfuerzo realizado fue adecuado.

Algunas de las especies presas de felinos mayores tienden a recorrer los caminos presentando altas probabilidades de captura. En Belice, Harmsen (2006) reporta que las especies que recorren caminos son *Tayassu pecari* y *Nasua narica* (Harmsen, 2006; Harmsen *et al.*, 2010). En la RBM, por medio de estudios con trampas cámara, hemos observado que el pavo ocelado (*Meleagris ocellata*) utiliza los caminos con alta frecuencia, siendo una especie con probabilidades de detectabilidad alta utilizando este método. Especies cinegéticas como *M. ocellata*, *T. pecari*, *N. narica* y felinos como *P. onca*, *P. concolor* y *L. pardalis*, podrían ayudar a evaluar el estado de conservación del sector oeste del PNMRA y de otros sitios dentro de la RBM. Este grupo de especies podría ser utilizado como indicador para evaluar las tendencias de fotocapturas de cada especie a largo plazo en el mismo sitio a través del tiempo, tomando como base esta primera evaluación.

Los resultados obtenidos durante este estudio demuestran la importancia del sector oeste del PNMRA para conservar la diversidad biológica presente en el corazón de la Selva Maya tri-nacional. Esta área presenta un alto número de especies de mamíferos medianos y mayores los cuales presentan frecuencias de fotocapturas altas dentro de la Reserva de Biosfera Maya. El PNMRA está ubicado en una posición estratégica en la RBM, pues se encuentra en el corazón de la RBM y de la Selva Maya. El acceso a este sitio es bajo, ya que la mayoría de personas que ingresan lo hacen por la aldea de Carmelita, viajando a pie o en mulas por dos días hasta llegar principalmente al sitio arqueológico de El Mirador. Sin embargo es importante fortalecer el control a través de la entrada hacia la concesión industrial de La Gloria, específicamente en el cruce a Los Pescaditos. En esta ruta se puede ingresar, además de esta concesión, al norte del Biotopo Protegido El Zotz-La Palotada, concesión de la Asociación Forestal Cruce a la Colorada y al PNMRA. Establecer un Centro de Operaciones Conjuntas en Los Pescaditos permitirá controlar el ingreso de personas a esta parte de la RBM. Además, el trabajo realizado por el “Plan Hormiga” vinculando a las instituciones de gobierno como el Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Instituto de Antropología e Historia, Centro de Estudios Conservacionistas, y las organizaciones no gubernamentales como Asociación BALAM y Wildlife Conservation Society, ha permitido mantener la presencia física en el sector oeste del PNMRA, identificando caminos, campamentos, cuerpos de agua y sitios arqueológicos nuevos, y de esta forma minimizar el impacto de incursiones ilegales de cazadores y saqueadores en el parque. Estas actividades ayudarán a conservar el patrimonio cultural y natural, realizando las denuncias correspondientes por cualquier actividad que se realice en contra de la ley.

Como medida adicional se recomienda mantener un cuidado sano de los equinos presentes en el parque. Es importante organizar a las personas que presentan equinos en la aldea de Carmelita para promover jornadas veterinarias para mantener la salud de estos individuos y evitar la propagación de posibles enfermedades en animales silvestres dentro de la RBM.

Estos resultados deben de ser socializados con las autoridades del parque y con las comunidades que habitan en las áreas aledañas. Esta es la primera evaluación sobre la

ecología del jaguar en el sector oeste del PNMRA, la cual servirá como base para futuras investigaciones con esta especie y serán importantes para mejorar los planes de conservación en el PNMRA.

VII. CONCLUSIONES

Para el sector oeste del PNMRA estimamos una densidad entre 0.899 ± 0.48 a 1.99 ± 1.57 jaguares por cada 100 km^2 . Además registramos dos pumas hembras con dos y una cría respectivamente.

El método para estimar la abundancia de felinos mayores en el Mirador ayudó a captar la presencia de 19 especies de mamíferos medianos y mayores, de las cuales 9 han sido reportadas como presas del jaguar. Además es un área importante para la conservación de especies cinegéticas como *Meleagris acellata*, *Mazama sp.* y *Tayassu pecari*.

Consideramos importante monitorear las abundancias de jaguares y mamíferos terrestres medianos y mayores periódicamente utilizando trampas-cámara. Este método no invasivo permite obtener resultados robustos y confiables sobre la abundancia y densidad de jaguares. Además se puede utilizar para estimar el grado de inventario de especies presentes en un área.

Estudios con trampas cámara deben de ser combinados con colecta de excretas en los mismos sitios para comparar las abundancias registradas con ambos métodos no invasivos y poder estimar la dieta de los carnívoros, tanto con trampas cámara como con excretas.

La presencia de especies que son detectables con el método de trampas cámara en diseños para estimar la abundancia de grandes felinos podría servir como indicador para evaluar el estado de conservación a través del tiempo en áreas de interés dentro de la Reserva de Biosfera Maya. A la vez, este indicador podría ayudar a evaluar el efecto del impacto de la presencia humana, y especialmente el efecto de la cacería furtiva sobre especies cinegéticas.

VIII. RECOMENDACIONES

Consideramos viable combinar el uso de trampas cámara digitales con trampas cámara de rollo. Gracias a la alta capacidad de almacenaje de las trampas cámara digitales, se puede obtener información del comportamiento de las especies. La combinación de trampas cámara de rollo con digitales tiene la ventaja que se puede abarcar mayor área de muestreo con los mismos recursos (cámaras trampa digitales son más costosas). Por ende, se puede registrar más ámbitos de hogar de diferentes individuos, lo cual permite obtener una estimación más confiable de la abundancia y densidad. Dado a que este método es efectivo, recomendamos el uso de métodos no invasivos para estimar abundancias y densidades de jaguares en la Reserva de Biosfera Maya.

Se sugiere vacunar y desparasitar a los animales domésticos que se encuentran en las comunidades aledañas al PNMRA. Es importante que cada guía cuente con un certificado que avale esta actividad para evitar la posible transmisión de enfermedades a los animales silvestres. Se debe de prohibir que los guías que ingresan al PNMRA lleven consigo perros, ya que pueden darse conflictos con felinos mayores.

IX. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la U.S. Department of the Interior (U.S. DOI), U.S. Agency for International Development (USAID/Guatemala) por el financiamiento para esta investigación. Agradecemos al Jaguar Conservation Program de la Wildlife Conservation Society por el soporte financiero y técnico brindado para la realización de la presente investigación. Agradecemos al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), al Instituto de Antropología e Historia (IDAEH), Concesión Comunitaria de Carmelita, Proyecto Arqueológico Mirador y a la Asociación BALAM por las facilidades brindadas para llevar a cabo este estudio. Agradecemos a ROMANO pizzería, en especial a Christian Rossell y a The Nature Conservancy por todo el apoyo brindado a WCS-Guatemala. Agradecemos al Centro de Monitoreo y Evaluación del CONAP por el apoyo técnico para la elaboración de los mapas, en especial a Víctor Hugo Ramos y Nery Solís. Agradecemos

a Luís Guerra y Berni Ávila Díaz por su amable colaboración en la revisión de las trampas cámara. Agradecemos el apoyo de los técnicos de campo de WCS-Guatemala por su colaboración en el mapeo de caminos y revisión de las trampas cámara.

X. REFERENCIAS

- Altrichter, M. & G. Boaglio. 2004. Distribution and relative abundance of peccaries in the Argentine Chaco: associations with human factors. *Biological Conservation*, 116, 217-225.
- Astete, S. 2008. Ecología da onça-pintada nos Parques Nacionais Serra da Capibara e Serra das Confusoes, Piauí. Tesis de Maestría, Universidad de Brasilia. 105 pp.
- Beck, H., Taber, A., Altrichter, M., Keuroghlian, A. & Reyna, R. 2008. *Pecari tajacu*. In: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 10 February 2010.
- Bodmer, R. E. & Sowls, L. K. 1993. The Collared Peccary (*Tayassu tajacu*). In: W. L. R. Oliver (ed.), Pigs, Peccaries, and Hippos: Status Survey and Conservation Action Plan, IUCN, Gland, Switzerland.
- Bustamante, A. 2008. Densidad y uso de hábitat por los felinos en la parte Sureste del área de amortiguamiento del Parque Nacional Corcovado, Península de Osa, Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad Nacional. Sistema de Estudios de Postgrado Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre.
- Cam, E., Nichols, J. D., Sauer, J. R., Hines, J. E., & Flather, C. H. 2000. Relative Species Richness and Community Completeness: Birds and Urbanization in the Mid-Atlantic States. *Ecological Applications*, 10(4), 1196-1210.
- Carrillo, E., Fuller, T., & Saenz, J. 2009. Jaguar (*Panthera onca*) hunting activity: effects of prey distribution and availability. *Journal of Tropical Ecology*, 25, 263-267.
- Caso, A., Lopez-Gonzalez, C., Payan, E., Eizirik, E., de Oliveira, T., Leite-

- Pitman, R., Kelly, M. & Valderrama, C. 2008. *Panthera onca*. In: IUCN 2008. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 28 November 2008.
- Cat Specialist Group 2002. *Panthera onca*. In: IUCN 2007. 2007 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 05 June 2008.
- Chávez, C. & G. Ceballos. 2006. Memorias del Primer Simposio. El Jaguar Mexicano en el Siglo XXI: Situación Actual y Manejo. CONABIO-Alianza WWF Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Colwell, R. & Coddington, J. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 345, 101-118.
- Colwell, R. Chang, X. & Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, (85), 2717-2727.
- Colwell, R. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Contreras, J. 1999. Plan General de Manejo, Concesión Forestal San Andrés. En SI-CONFOR.
- Crawshaw, P.G. Jr. & Quigley, H.B. 1991. Jaguar spacing, activity and habitat use in a seasonally flooded environment in Brazil. *J. Zool. (Lond.)*, 223, 357-370.
- Di Bitetti, M., Paviolo, A. & De Angelo, C. 2006. Density, habitat use y activity patterns of ocelots (*Leopardus pardalis*) in the Atlantic forest of Misiones, Argentina. *Journal of Zoology*, 270, 153-163.
- Estrada, C. 2006. Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*) en la Selva Maya. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Biología. 54 pp.
- Fragoso, J. 1997. Desapariciones locales del baquiro labiado (*Tayassu pecari*) en la Amazonía: migración, sobre-cosecha o epidemia? En: T. Fang, R. Bodmer, R. Aquino y M. Valqui (Eds.). Manejo de fauna silvestre en la Amazonía. UNAP, Universidad de Florida UNDP/GEF e Instituto de Ecología. La Paz, Bolivia. 309-312 pp.

- Fonseca, G.A.B. & Robinson, J.G. 1990. Forest size and structure: competitive and predatory effects on small mammal communities. *Biological Conservation*, 53, 265-294.
- García, R., McNab R., Soto, J., Radachowsky, J., Moreira, J., Estrada, C., Méndez, V., Juárez, D., Dubón, T., Córdova, M., Córdova, F., Oliva, F., Tut, J., Tut, K., González, E., Muñoz, E., Morales, L. & Flores, L. 2006. Los jaguares del corazón del Parque Nacional Tikal, Petén, Guatemala. Informe interno. Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre (WCS-Guatemala). 12 pp.
- Harmsen, B. J. 2006. The use of camera traps for estimating abundance and studying the ecology of jaguars (*Panthera onca*). Tesis de Doctorado. Universidad de Southampton. 275 pp.
- Harmsen, B. J., Foster, R. J., Silver, S., Ostro, L., & Doncaster, C. P. 2010. Differential Use of Trails by Forest Mammals and the Implications for Camera-Trap Studies: A Case Study from Belize. *Biotropica*, 42(1), 126- 133.
- Karanth, K. 1995. Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera Trap data using capture recapture models. *Biological Conservation*, 71, 333-338.
- Karanth, K. & Nichols, J. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology*, 79, 2852-2862.
- Kelly, M. 2003. Jaguar monitoring in the Chiquibul forest, Belize. *Caribbean Geography*, 13(1), 19-32.
- Maffei, L., Cuéllar, E. & Noss, A. 2004. One thousand jaguars (*Panthera onca*) In Bolivia's Chaco? Camera trapping in the Kaa-lyá National Park. *Journal of Zoology*, 262, 295-304.
- Maffei, L., Noss, A., Cuéllar, E. & Rumiz, D. 2005. Ocelot (*Felis pardalis*) population densities, activity, and ranking behaviour in the dry forest of Eastern Bolivia: data from camera trapping. *Journal of Tropical Ecology*, 21, 349-353.
- Marieb, K. 2006. Jaguars in the New Millenium Data Set Update: The State of the Jaguars in 2006. A report prepared for Wildlife Conservation Society's Jaguar Conservation Program. 75 pp.
- Maffei, L. & Noss, A. 2008. How small is too small? Camera trap survey areas and density estimates for ocelots in the Bolivian Chaco. *Biotropica*, 40(1), 71-75.

- Miller, B., Dugelby, B., Foreman, D., Martinez del Rio, C., Noss, R., Phillips, M. et al. 2001. The importance of large carnivores to healthy ecosystems. *Endangered Species Update*, 18, 202-210.
- Miller, C. & Miller, B. 2005. Jaguar density in la Selva Maya. Report for Wildlife Conservation Society. 13pp.
- Mondolfi, E., & Hoogesteijn, R. 1986. Notes on the biology and status of the jaguar in Venezuela. Pages 85-125 In S. D. Miller and D.D. Everett (Editors). *Cats of the world: biology, conservation, and management*. National Wildlife Federation, Washington, D.C., USA.
- Moreira, J., Balas, R., Thornton, D., García, R., Méndez, V., Vanegas, A., Ical, G., Zepeda, E., Senturión, R., García, I., Cruz, J., Asij, G., Ponce-Santizo, G., Radachowsky, J., & Córdova, M. 2007. Abundancia de jaguares en La Gloria-El Lechugal, Zona de Usos Múltiples, Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Informe interno. Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre (WCS-Guatemala), Programa para la Conservación del Jaguar. 17 pp.
- Moreira, J., McNab, R., García, R., Méndez, V., Barnes, M., Ponce-Santizo, G., Vanegas, A., Ical, G., Zepeda, E., García, I., & Córdova, M. 2008a. Densidad de jaguares dentro de la concesión comunitaria de Carmelita y de la Asociación Forestal Integral San Andrés Petén, Zona de Usos Múltiples, Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala. Informe interno. Wildlife Conservation Society, Programa para Guatemala. Programa para la Conservación del Jaguar. 22 pp.
- Moreira, J., McNab, R., García, R., Méndez, V., Ponce-Santizo, G., Córdova, M., Tun, S., Caal, T. & Corado, J. 2008b. Densidad de jaguares en el Biotopo Protegido Dos Lagunas, Parque Nacional Mirador Río Azul, Petén, Guatemala. Informe Interno WCS-Programa para Guatemala. 19 pp.
- Moreira, J., McNab, R., García, R., Ponce-Santizo, G., Mérida, M., Méndez, V., Córdova, M., Ruano, G., Tut, K., Tut, H., Córdova, F., Muñoz, E., González, E., Cholom, J. & Xol, A. 2009. Abundancia y densidad de jaguares en el Parque Nacional Laguna del Tigre-Corredor Biológico Central. Reserva de la Biosfera Maya. Informe Interno WCS-Programa para Guatemala. 35 pp.
- Moreira, J. 2009. Patrones diarios de actividad, composición, tamaño y

- abundancia relativa de manadas de jabalí *Tayassu pecari* (Link, 1795), en el Parque Nacional Mirador - Río Azul, Petén, Guatemala. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Biología. 70 pp.
- Moreira, J. 2010. Protocolo para estimar la abundancia y densidad de jaguares dentro de la Reserva de la Biosfera Maya por medio de trampas cámara. Wildlife Conservation Society Programa para Guatemala. Jaguar Conservation Program. 25 pp.
- Moreno, R. 2000. Atrayentes para los felinos silvestres. *Scientia*, 15 (1), 115-117.
- Moreno, R. 2006. Parámetros poblacionales y aspectos ecológicos de los felinos y sus presas en Cana, Parque Nacional Darién, Panamá. Tesis de Maestría. Universidad Nacional, Costa Rica. 136 pp.
- Moreno, R. 2008. Información preliminar sobre la dieta de jaguares y pumas en Cana, Parque Nacional Darién, Panamá. *Tecnociencia*, vol. 10, No.1. 115-126pp.
- Nichols, J. & Karanth, U. 2002. Statistical concepts: Estimating absolute densities of tigers using capture recapture sampling, in Karanth K. & J. Nichols. 2002. *Monitoring Tigers and their Prey :A Manual for Researchers, Managers and Conservationists in Tropical Asia*. Centre for Wildlife Studies, Bangalore, India, 121-137.
- Novack, A. 2003. Impacts of subsistence hunting on the foraging ecology of jaguar and puma in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. Tesis de Maestría. Universidad de Florida. EEUU. 38 pp.
- Nowell, K. & Jackson, P. 1996. *Wild cats: status survey and conservation action Plan*. Gland, Switzerland.
- Núñez, R., Miller, B. & Lindzey, F. 2002. Ecología del jaguar en la Reserva de la Biosfera de Chamela-Cuixmala, Jalisco, México. Pág 107-126 en: Medellín, R., A. Rabinowitz, C. Chetkiewicz, K. Redford, J. Robinson, E. Sanderson & A. Taber. *El jaguar en el nuevo milenio*. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, Wildlife Conservation Society. 107-126.
- O'Brien, T. 2008. On the use of automated cameras to estimate species richness for large and medium sized rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11, 179-181.
- O'Brien, T. G., Baillie, J. E., Krueger, L., & Cuke, M. 2010. *The Wildlife Picture*

Index: monitoring top trophic levels. *Animal Conservation*, no-no. doi: 10.1111/j.1469-1795.2010.00357.x.

- Otis, D, Burnham, K., White, G. & Anderson, D. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monograph*, 62, 1-135.
- Ponce-Santizo, G. 2004. Dispersión de semillas por mono araña (*Ateles geoffroyi*), saraguato negro (*Alouatta pigra*) y escarabajos coprófagos en el Parque Nacional Tikal, Guatemala. Tesis de Licenciatura. Universidad del Valle de Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 92 pp.
- Ponce-Santizo, G., McNab, R., García, R., Moreira, J., Méndez, V., Córdova, M., Tut, H., Muñoz, E. & Xol, A. 2008. Abundancia de jaguares en El Burreal, Corredor Biológico Central, Reserva de la Biosfera Maya: Estimación invierno 2008. Informe Interno WCS-Programa para Guatemala. 30 pp.
- Rabinowitz, A. & Nottingham, B. 1986. Ecology and behavior of jaguar in Belize, Central America. *Journal of Zoology (Lond.)*, 210, 149-159.
- Reid, F. 1997. A field guide to the mammals of Central América & Southeast México. Oxford University Press. New York. 334 pp.
- Rexstad, E. & Burnham, K. 1991. User's guide for interactive program CAPTURE: abundance estimation of closed animal populations. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA.
- Reyna-Hurtado, R. & G. Tanner. 2005. Habitat Preferences of Ungulates in Hunted and Nonhunted Areas in the Calakmul Forest, Campeche, Mexico. *Biotropica*, 37, 676-685.
- Ripple, W.J. & Beschta, R.L. 2006. Linking a cougar decline, trophic cascade, and catastrophic regime shift in Zion National Park. *Biological Conservation*, 133, 397-408.
- Ruano, G., Moreira, J., García, R., McNab, R., Ponce-Santizo, G., Méndez, V. & Córdova, F. Monitoreo de Manadas de jabalí y dantos que visitan las aguadas de la región este del Parque Nacional Mirador-Río Azul. Informe Interno Wildlife Conservation Society-Programa para Guatemala. 16 pp.
- Salom-Pérez, R., Carrillo, E., Sáenz, J. & Mora, J. 2007. Critical condition of the jaguar *Panthera onca* in Corcovado National Park, Costa Rica. *Oryx*, 41(1), 51-56.
- Seymour, K.L. 1989. *Panthera onca*. *Mammalian Species*, 340, 1-9.

- Schulze, M. & Withacre, D. 1999. A classification and ordination of the tree community of Tikal National Park, Petén, Guatemala. *Bull. Flor. Mus. Nat. Hist.*, 41(3), 169:297.
- Silver, S., Ostro, L., Marsh, L., Maffei, L., Noss, A., Kelly, M., Wallace, R., Gómez, H. & Ayala, G. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx*, 38(2), 148-154.
- Silver, S. 2004. Estimando la abundancia de jaguares mediante trampas-cámara. Wildlife Conservation Society. 27 pp.
- Soberón, & J. Llorente. 1993. The Use of accumulation species for the prediction functions of species richness. *Conservation Biology*, 7(3), 480-488.
- Soisalo, M. & Cavalcanti, S. 2006. Estimating the density of a jaguar population in the Brazilian Pantanal using camera-traps and capture-recapture sampling in combination with GPS radio telemetry. *Biological Conservation*, 129, 487-496.
- Sowls, L. 1997. Javelinas and other Peccaries: Their, Biology, Management, and Use. The Texas A&M University Press. College Station. 321 pp.
- Terborgh, J. 1988. The big things that run the world—a sequel to E.O. Wilson. *Conservation Biology*, 2, 402-405.
- Terborgh, J., Estes, J.A., Paquet, P.C., Ralls, K., Boyd-Heger, D., Miller, B. & Noss, R. 1999. Role of top carnivores in regulating terrestrial ecosystems. In *Continental Conservation: Design and Management Principles for Long-Term, Regional Conservation Networks* (eds M.E. Soule & J. Terborgh), pp. 39-64. Island Press, Washington, DC, USA.
- Tobler, M. W., Carrillo-percastegui, S. E., Pitman, R. L., Mares, R., & Powell, G. 2008. An evaluation of camera traps for inventorying large and medium sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11, 169-178.
- Wallace, R., Gomez, H., Ayala, G. & Espinoza, F. 2003. Camera trapping for jaguar (*Panthera onca*) in the Tuichi Valley, Bolivia. *Mastozool. Neotropical*, 10, 5-11.
- Weber, W. & Rabinowitz, A. 1996. A global perspective for large carnivore conservation. *Conservation Biology*, 10, 1046-1054.
- Wildlife Conservation Society. 2008. Reporte Final 2007-2008. Monitoreo de la

Integridad Ecológica de la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala.
Reporte de la WCS-Programa para Guatemala.

Anexo 1. Individuos de jaguar (*Panthera onca*) fotocapturados durante el estudio.



Macho M1, lado izquierdo



Macho M2, lado izquierdo.



Macho M3 lado izquierdo



Macho M4, lado derecho



Macho M5, lado derecho.



Macho M6, lado izquierdo



Hembra H1, lado izquierdo

Anexo 2. Especies de otros felinos fotocapturadas durante el estudio.



Margay, *Leopardus wiedii*



Puma, *Puma concolor*



Ocelote, *Leopardus pardalis*



Pizote, *Nasua narica*



Cabrito bayo, *Mazama pandora*



Coche de monte, *Pecari tajacu*



Mapache, *Procyon lotor*



Danto, *Tapirus bairdii*