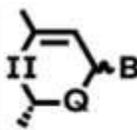




USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



instituto-(de)
-[Investigaciones]-
(químicas) y
biológicas

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS



19-02-2021

REF.IIQB.402.11.2020

Guatemala, 27 de noviembre del 2020

Señor Director
Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Con un cordial saludo me dirijo a usted para adjuntar el informe final del proyecto: **B29-2020 “Jaguares en el corazón de la Selva Maya: Fase III.”** con partida presupuestal 4.8.63.6.12.000, **coordinado por el Lic. Manolo José García Vettorazzi** y avalado por el Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Este informe final fue elaborado con base en la guía de presentación de la Dirección General de Investigación, el cual fue revisado su contenido en función del protocolo aprobado, por lo que esta unidad de investigación da la aprobación y aval correspondiente.

Asimismo, el coordinador del proyecto, se compromete a dar seguimiento y cumplir con el proceso de revisión y edición establecido por DIGI del **informe final y del manuscrito científico**. El manuscrito científico debe enviarse, por el coordinador del proyecto, para publicación, al menos, en una revista de acceso abierto (*Open Access*) indexada y arbitrada por expertos en el tema investigado.

Sin otro particular, suscribo atentamente.

“Id y enseñad a todos”

Lic. Manolo José García Vettorazzi
Coordinador del Proyecto



Dra. María Eunice Enríquez Cottón
Directora
Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

c.c. archivo
MEEC/tvch.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Dirección General de Investigación

Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente

Informe final

Jaguares en el corazón de la Selva Maya: fase III

Equipo de investigación

Manolo José García

Carlos Alberto Gaitán Santos

Usi'j T'zununja' Bá Velásquez

Pablo Andrés González-Xiloj

Guatemala, noviembre 2020

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,
Universidad de San Carlos de Guatemala

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Ing. Agr. Saúl Guerra Gutiérrez
Coordinador del Programa de Investigación

Lic. Manolo José García Vettorazzi
Coordinador del proyecto

Bach. Carlos Alberto Gaitán Santos
Auxiliar de investigación II

Bach. Usi'j T'zununja' Bá Velásquez
Auxiliar de investigación II

Bach. Pablo Andrés González Xiloj
Auxiliar de investigación II

Otros colaboradores
Bach. Denis Cruz y Cristina Rodríguez
Estudiantes curso Diseño Visual 8 Diseño Gráfico Usac

Bach. Madelin González
Estudiante EPS Diseño Gráfico

Lcda. Vivian R. González-Castillo
Investigadora asociada Cecon Usac

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2020. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través del proyecto B29-2020. durante el año 2020 en el Programa Universitario de Investigación de Recursos Naturales y Ambiente.

Financiamiento aprobado por Digi: 199,977.33 Financiamiento ejecutado: 118,750.29

Índice

1. Resumen.....	6
2. Palabras clave.....	6
3. Abstract and keywords.....	6
4. Introducción	7
5. Planteamiento del problema.....	9
6. Preguntas de investigación.....	10
7. Delimitación en tiempo y espacio.....	11
8. Marco teórico	11
9. Estado del arte.....	14
10. Objetivo general	15
11. Objetivos específicos.....	16
12. Hipótesis.....	16
13. Materiales y métodos	16
14. Vinculación, difusión y divulgación	21
15. Productos, hallazgos, conocimientos o resultados	22
16. Análisis y discusión de resultados.....	26
17. Conclusiones	33
18. Impacto esperado.....	33
19. Referencias.....	36

Índice de tablas

Tabla 1. Resumen del esfuerzo de muestreo de los datos	19
Tabla 2. Operacionalización de las variables	19
Tabla 3. Registros de jaguar (<i>Panthera onca</i>) compilados en estudios del Centro de Estudios Conservacionistas en la Reserva de la Biosfera Maya	23
Tabla 4. Resumen de los individuos de jaguar registrados en el biotopo protegido Naachtún Dos Lagunas y Parque Nacional Mirador Río Azul 2013-2019	24
Tabla 5. Resumen de información sobre las sesiones de muestreo para el año 2019.....	25
Tabla 6. Resumen de información sobre capturas de jaguar en las sesiones de muestreo del año 2019	26
Tabla 7. Resumen de los resultados de los cinco mejores modelos generados con datos del monitoreo de jaguares en el corazón de la Selva Maya temporada 2019	29
Tabla 8. Parámetros estimados por el modelo seleccionado para el Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas 2019	30
Tabla 9. Resumen de los resultados de los cinco mejores modelos generados por Cecon en la temporada 2019	30
Tabla 10. Densidad, probabilidad de captura y variación en sigma con datos del Cecon en el 2019	31

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de las áreas de estudio en la Reserva de la Biosfera Maya en Guatemala	17
Figura 2. Mapa con la ubicación de las cámaras en el Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas y Parque Nacional Mirador Río Azul en el año 2019	18

Apéndices

Apéndice A. Individuos de jaguar registrados en el Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas y Parque Nacional Mirador Río Azul 2013-2019	44
Apéndice B. Imágenes del material de apoyo a la docencia “El equilibrio del jaguar: guía para capacitadores”	47
Apéndice C. Imágenes del material de apoyo a la docencia “El equilibrio del jaguar: rotafolio”	48
Apéndice D. Imágenes del material de apoyo a la docencia “El equilibrio del jaguar: libro de actividades”	49
Apéndice E. Carátula del documento divulgativo “Catálogo de jaguares del Cecon Usac”	50

Título del proyecto: Jaguares en el corazón de la Selva Maya: fase III

1. Resumen

El Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas (BPNDL), zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM), es administrado por la Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac). El jaguar (*Panthera onca* L.) por sus características ecológicas, grado de amenaza e importancia cultural fue seleccionado como Elemento Natural de Conservación, tanto del biotopo como de la reserva, por lo que es una especie de interés para la Usac como institución académica y como administrador. Como Elemento de Conservación, se debe contar con un monitoreo del jaguar que permita conocer tendencias poblacionales a través del tiempo. El objetivo general del proyecto fue generar insumos para el monitoreo de las poblaciones de jaguar como una herramienta para el manejo de la reserva, con énfasis en el BPNDL. Se compilaron los registros de *P. onca* en la base de datos del Centro de Datos para la Conservación (CDC) provenientes de estudios con trampas-cámara del 2013 al 2019. Se depuraron los catálogos de individuos de distintos estudios en uno solo y se actualizaron las estimaciones de densidad y abundancia absoluta realizadas por González y colaboradores (2019). Se identificaron 42 individuos de los cuales seis (tres hembras y tres machos) fueron clasificados como residentes, siendo este el primer registro de machos por tres años consecutivos en la RBM. Se empleó la aplicación oSCR para el desarrollo de modelos de captura recaptura espacialmente explícitos a partir de los cuales se estimó una densidad de 2 (.1) y 3 (.1) individuos/ 100 km² para hembras y machos respectivamente.

2. Palabras clave

Panthera onca, trampas-cámara, densidad poblacional, Reserva de la Biosfera Maya, oSCR

3. Abstract and keywords

The Naachtún Dos Lagunas Protected Biotopo (NDPB), core zone of the Maya Biosphere Reserve (MBR) is managed by the San Carlos University (USAC). The jaguar (*Panthera onca* L.) because of its ecological characters, status as endangered species and its cultural relevance, it was selected as a Natural Conservation Element in the reserve and biotopos's

master plan, so this species is relevant to the USAC as an academic institution and also as a manager in the MBR. As a Conservation Element, its necessary to implement the jaguar population monitoring to estimate life history parameters through time. The goal of this project was to generate inputs for the jaguar's monitoring as a conservation tool within the reserve, with emphasis on the NDPB. Jaguar records from camera-traps studies from 2013 to 2019 were compiled in the Centro de Datos para la Conservación (CDC) from CECON. Individuals catalogs from studies were integrated into a single one and density and abundance estimates from Gonzalez et al. (2019) were updated. There were identified 42 individuals with six residents (three females and three males), which are the first records of male individuals for three consecutive years in the MBR. The oSCR software was used to develop spatially explicit capture – recapture models. It was estimated a density of 2 (.1) y 3 (.1) individuals/ 100 km² for females and males respectably.

Keywords: *Panthera onca*, camera-trap, density, Maya Biosphere Reserve, oSCR

4. Introducción

La Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac) administra siete áreas protegidas del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap) a través del Centro de Estudios Conservacionistas (Cecon). Cuatro de estas áreas se ubican en la Reserva de la Biosfera Maya (RBM), constituyendo el 6% de esta reserva (aproximadamente 126,821 ha) (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap], 2015). Lo cual le confiere una gran responsabilidad a la Usac con respecto al manejo de la RBM, no solo como institución académica que genera conocimiento para la resolución de problemas nacionales a través de la investigación científica, sino también como administrador proponiendo modelos innovadores para la gestión de la diversidad biológica basados en el conocimiento científico.

De acuerdo con la normativa de áreas protegidas y del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap), los planes maestros son los instrumentos oficiales que definen la planificación y evaluación del funcionamiento de las áreas protegidas. En los planes maestros se identifican y seleccionan Elementos de Conservación, los cuales representan elementos prioritarios en los ámbitos natural, cultural o socioeconómico (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap], 2012), A partir de dichos elementos se formulan y evalúan

los objetivos de conservación de cada área protegida, lo que les confiere relevancia para el manejo y la planificación. El jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758) por sus características ecológicas, grado de amenaza e importancia cultural fue seleccionado como un Elemento de Conservación natural en el plan maestro de la RBM, así como en el plan maestro del Biotopo Protegido Dos Lagunas (BPDFL) y Parque Nacional Mirador Río Azul (PNMRA) (Conap, 2015; Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap], Dirección General de Patrimonio Natural y Cultura [DGPNC], & Centro de Estudios Conservacionistas [Cecon], 2010). Por lo que esta especie es de especial interés para la Usac, tanto como institución académica, así como administrador de zonas núcleo de la RBM.

En la RBM se han realizado una serie de investigaciones sobre el jaguar en sus distintas unidades de manejo (Estrada, 2006; Gaitán et al., 2020; García-Anleu et al., 2015; García-Anleu et al., 2017; Moreira et al., 2008; 2009; Porras, 2015; Tobler et al., 2018). En el año 2018 el Cecon y el Conap, en conjunto con la Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación (Fundaecon) con el apoyo de Global Conservation, iniciaron el desarrollo de un programa de monitoreo de poblaciones del jaguar y sus presas en las zonas núcleo de la RBM, el BPDFL y PNMRA, denominados como el corazón de la Selva Maya. En el año 2018 se realizó un primer muestreo en ambas áreas, el cual permitió tener una primera aproximación a la ocupación del jaguar en el área (González-Castillo et al., 2018). En el año 2019 se realizó un segundo muestreo siguiendo la metodología de Chávez y colaboradores (2013) para el censo del jaguar en México, sin embargo, fallas de equipo disminuyeron el tiempo efectivo del muestro (González-Castillo et al., 2019).

En seguimiento a esta iniciativa, el objetivo general de este proyecto fue generar insumos para el monitoreo de las poblaciones de jaguar como Elemento Natural de Conservación de la RBM como una herramienta para el manejo de la reserva, con énfasis en el BPDFL. Los objetivos específicos fueron: (a) Compilar los registros de actividad de jaguares en el BPDFL durante la época seca e inicio de la lluviosa del año 2019, (b) Enriquecer el catálogo de individuos de jaguar del BPDFL y otras zonas núcleo de la RBM, y (c) Actualizar la estimación de parámetros poblacionales del jaguar con datos colectados en el año 2019. A través de la implementación de este estudio se cuenta con una estimativa más robusta de la densidad de jaguares en el BPDFL, con lo cual se establecerá una línea base que servirá como

punto de comparación para muestreos en el futuro y así poder determinar tendencias poblacionales para esta especie a través del tiempo. Esta información es un insumo valioso para la evaluación de la efectividad de manejo del BPDFL y la RBM en función de sus objetivos de conservación, así como para la futura actualización de sus planes maestros la cual se realiza cada cinco o diez años, respectivamente.

5. Planteamiento del problema

El jaguar (*Panthera onca*) por sus características ecológicas, tales como ser el mayor depredador terrestre de la región, su grado de amenaza global (Cercano a estar amenazado -NT- en la Lista Roja de la UICN) y nacional (Categoría 2 en la Lista de Especies Amenazadas), así como su importancia cultural fue seleccionado como un Elemento de Conservación natural, tanto en el Plan Maestro de la RBM, como en los planes maestros de algunas zonas núcleo como PNMRA - BPDFL (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap], 2009; Conap, 2015; Conap, DGPNyC, & Cecon, 2010; Quigley et al., 2017). Los Elementos de Conservación son considerados elementos prioritarios para el manejo de un área protegida determinada, seleccionados por su relevancia en los ámbitos natural, cultural o socioeconómico (Conap, 2012). Los Elementos de Conservación se definen y se evalúa su viabilidad en cuanto a tamaño, contexto y condición durante el proceso de desarrollo de los planes maestros, así como en sus sucesivas actualizaciones (Conap, 2012). A través de estas evaluaciones periódicas es posible conocer el desempeño general del área protegida en función de sus objetivos de conservación, así como dar directrices generales y específicas para los programas de manejo. Sin embargo, en la mayoría de los casos, no se cuenta con suficiente información para realizar la evaluación y, en consecuencia, no se cuenta con insumos con base científica que permitan mejorar el manejo de las áreas protegidas.

El BPDFL, administrado por la Usac a través del Cecon, es considerado como una de las zonas núcleo con menor grado de impactos antrópicos en la RBM (Conap, 2015). En conjunto con el PNMRA conforman el denominado corazón de la Selva Maya. Como ya se mencionó, el jaguar es un Elemento de Conservación natural, tanto de la RBM, así como

del BPDF, por lo que la Usac como administrador le corresponde asegurar la generación de información sobre el estado de conservación de las poblaciones de este mamífero, así como establecer un programa de monitoreo biológico para esta especie en el mediano y largo plazo. A partir del año 2018, el Cecon en conjunto con el Conap y Fundaeco dieron inicio al desarrollo de investigaciones orientadas a conocer el estado de las poblaciones de jaguar en el BPDF y PNMRA, a través de las cuales se inició el establecimiento una línea base, sin embargo, fallas en el equipo disminuyeron el tiempo de muestreo para el año 2019 (González-Castillo et al., 2018; 2019). Previo a estas iniciativas, únicamente se contaba con el estudio de Moreira y colaboradores (2008), quienes estimaron una de las densidades más altas de jaguares para la RBM en aquel entonces.

Generar una línea base permite establecer un punto de comparación para futuros estudios y muestreos, y así identificar tendencias poblacionales en el futuro, lo cual es la base para el desarrollo de un programa de monitoreo. El desarrollo y establecimiento de un programa, dará insumos a la Usac como administrador del BPDF para evaluar la efectividad de manejo del área con respecto a sus objetivos de conservación, y así, a través de un manejo adaptativo asegurar la conservación de la diversidad biológica presente en dicha área en beneficio de la sociedad guatemalteca, de la región y a nivel mundial.

6. Preguntas de investigación

¿Cuál es el estado de conservación del Elemento de Conservación natural jaguar (*P. onca*) en la zona núcleo de la RBM Biotopo Protegido Dos Lagunas, administrado por la Usac?

¿Cuál es la actividad de los jaguares en el BPDF? ¿Cuántos y cuáles individuos de jaguar están presentes en el BPDF? ¿Cuál es la densidad de jaguares en el BPDF?

7. Delimitación en tiempo y espacio

Delimitación en tiempo: Los datos empleados fueron colectados en los meses de marzo a septiembre, durante la temporada seca e inicio de la temporada lluviosa del 2013 al 2019.

Delimitación espacial: Los datos utilizados fueron colectados en el BPNDL y PNMRA, zonas núcleo de la RBM, ubicados en el denominado corazón de la Selva Maya.

8. Marco teórico

El jaguar o tigre americano

Corresponde a la especie *P. onca*; y es un mamífero perteneciente a la Familia Felidae (gatos) del Orden Carnivora (carnívoros) (Cat Specialist Group [CatSG], 2019). Habita desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina, se considera extinto en Canadá y el resto de los Estados Unidos, El Salvador y Uruguay (De Azevedo et al., 2016; Di Bitetti et al., 2016; McCain & Childs, 2008). Es la única especie del Género *Panthera* en todo el continente americano, y es el tercero en mayor talla de todos los gatos después del tigre asiático *Panthera tigris* Linnaeus, 1758 y el león africano *Panthera leo* Linnaeus, 1758 (Hayward et al., 2016; Seymour, 1989).

Es un animal de gran talla, posee una cabeza y cuerpo robustos, la mandíbula es muy prominente; sus extremidades son digitígradas, presentando cinco dedos en las anteriores y cuatro en las posteriores, las cuales son sólidas y cortas, con garras retráctiles, las cuales al igual que otros gatos, están protegidas dentro de una cápsula de piel (Aranda, 2000; Mondolfi & Hoogsteijn, 1986; Seymour, 1989). Su pelaje está compuesto a partir de patrones únicos de rosetas negras sobre el pelaje base (amarillo pálido a marrón rojizo y/o blanco a negro, en caso de individuos melánicos). Dichas rosetas difieren de forma y tamaño según su localización en el cuerpo, siendo las rosetas de la cabeza, cuello y extremidades generalmente sólidas y pequeñas, mientras que, a los costados del cuerpo, estas suelen ser más grandes, con patrones circulares o cuadrados y con rosetas de menor tamaño dentro de las mismas (Nelson & Goldman, 1933; Nowak, 1999; Pocock, 1933).

El sistema social de los jaguares es solitario, con territorios exclusivos dentro de ambos sexos. Generalmente, las hembras ocupan menores rangos de hogar que abarcan suficientes presas para ellas y sus crías, mientras que los machos ocupan rangos de hogar mayores, maximizando el acceso a hembras y manteniendo suficiente comida para su supervivencia individual (Schaller & Crawshaw 1980; Sunquist & Sunquist 2002).

La especie se encuentra catalogada como “Casi Amenazada” (*Near threat* – NT) en la Lista Roja de especies en peligro de extinción de la UICN a lo largo de todo el rango de su distribución (Quigley et al., 2017). Sin embargo, a nivel de los distintos países, muchas de las poblaciones de jaguar están “En Peligro” y “En Peligro Crítico” a consecuencia de la pérdida y destrucción de su hábitat (CatSG, 2019; Sanderson et al., 2002; Thornback & Jenkins, 1982).

El jaguar en Guatemala

De acuerdo con registros y relatos históricos desde la época prehispánica, se sabe que la especie tuvo una amplia distribución en el país además de ser una de las especies mejor representadas en la cultura maya durante más de dos milenios (Ordóñez-Garza, 2014). Actualmente, el jaguar en Guatemala se distribuye en poblaciones aisladas en el centro y norte del país. Los principales remanentes de bosque donde se distribuye el jaguar en Guatemala son la Reserva de Biósfera Maya (RBM) en la Selva Maya (SM) y la Reserva de Biosfera Montañas Mayas en el departamento de Petén (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap], 2011; Gaitán et al., 2020; García et al., 2016; González-Castillo, 2015; Márquez, 2009; McNab & Polisar, 2001; Tobler et al., 2018), la Ecoregión Lachuá en Alta Verapaz (Hermes, 2004; Ordoñez, 2018), en Sierra de Caral en el departamento de Izabal (Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación [Fundaeeco], 1992), la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas en los departamentos de El Progreso, Baja Verapaz, Izabal y Zacapa (Matamoros et al., 1997). La RBM en la actualidad, es el área donde más esfuerzos se han realizado para el estudio de *P. onca* (González-Castillo et al., 2018; 2019), siendo además la principal área donde se distribuye y siendo ésta un área prioritaria para la conservación de poblaciones de jaguares a escala regional (Marieb, 2006).

El jaguar como Elemento de Conservación natural en la RBM

Los Elementos de Conservación naturales de los planes maestros pueden ser tanto a nivel de sistemas ecológicos como a nivel de especies; ambos empleados como elementos focales en los que se orientan y evalúan estrategias de manejo (Conap, 2012). Dentro de los principales elementos de conservación de la RBM a nivel de especies está el jaguar (*P. onca*), especie de depredador tope y regulador del flujo de energía en el ecosistema y especie en estado de alta vulnerabilidad en la RBM debido a causas antropogénicas como la pérdida de hábitat, ganadería, enfermedades infecciosas emergentes, exploración y explotación petrolera, incendios forestales y, principalmente por cacería por conflictos ganaderos y avance de la frontera agrícola (Conap, 2015; Estrada, 2006; García et al., 2016; García-Anleu et al., 2015; García-Anleu et al., 2017; Moreira et al., 2009; Noss et al., 2013; Porras, 2015).

Monitoreo biológico

El monitoreo biológico es una importante herramienta para el manejo y la planificación de espacios naturales protegidos, ya que permite conocer el estado actual de elementos de conservación e identificar cambios que ocurran en su composición, estructura o función (Noss, 1990; Yoccoz et al., 2001). A pesar de la aplicación del monitoreo, en la actualidad, en muchos casos no se utiliza información científica para la toma de decisiones de manejo sostenible y conservación de recursos naturales, dando lugar a la degradación y desgaste de dichos recursos (Nichols & Williams, 2006).

Sistemas de monitoreo biológico en áreas protegidas

Existen objetivos comunes para el monitoreo biológico en áreas protegidas, estos pretenden generar información para: (a) determinar el estado actual y tendencias de los indicadores biológicos seleccionados, (b) proveer alertas tempranas de posibles condiciones anormales,

(c) comprender la dinámica natural de los ecosistemas, (d) cumplir con requisitos legales relacionados con la protección de recursos naturales y la visitación turística, y (e) evaluar el éxito en cuanto al alcance de los objetivos de efectividad de manejo propuestos (Fancy et al., 2009; Sarr et al., 2007). Estos objetivos fueron desarrollados por el sistema nacional de parques nacionales de Estados Unidos, donde para la implementación del monitoreo biológico a largo plazo, aproximadamente 270 parques nacionales fueron organizados en 32 redes regionales que comparten financiamiento y personal especializado (Fancy & Bennetts, 2012; Fancy et al., 2009; O'Dell et al., 2005).

Parámetros y métricas para el monitoreo biológico

Uno de los principales parámetros y métricas para el monitoreo biológico de distintas poblaciones de organismos, es la estimación de abundancias relativas y/o absolutas (Cullen et al., 2006). Sin embargo, esta estimación de abundancias con el tiempo puede representar un gran gasto de recursos a tal grado que el monitoreo biológico puede llegar a ser inviable institucionalmente en el largo plazo por falta o reducción de recursos. Debido a esta dificultad, se han desarrollado otros parámetros y métricas que permiten una aproximación más realista de las dinámicas y cambios en poblaciones animales como lo es la estimación de la probabilidad de ocupación u ocurrencia (MacKenzie et al., 2003; MacKenzie et al., 2006; MacKenzie & Royle, 2005). Estos parámetros permiten de esta manera, un avance en el desarrollo de programas de monitoreo a través de distintas aplicaciones y la generación de nuevas métricas a un menor costo (Bailey et al., 2014).

9. Estado del arte

En México existe la iniciativa del censo nacional del jaguar desarrollada por la alianza nacional para la conservación del jaguar, realizando en el año 2010 el primer censo, el cual abarcó doce estados y estimó una población de 4,000 jaguares para el territorio mexicano (Ceballos et al., 2012). En el 2018 se realizó un segundo censo en el cual se estimaron 4,800 individuos.

En la última década, otras estimaciones han sido utilizadas en Latinoamérica, de los cuales se mencionan algunas a continuación. Conde y colaboradores (2010) falsaron la hipótesis en que los jaguares machos son más tolerantes a las actividades humanas que las hembras en la Selva Maya en Guatemala y México. Petracca (2010) utilizó entrevistas para estimar la presencia y ocupación de jaguares y sus presas en el distrito de Toledo en Belice. Sollmann y colaboradores (2012) utilizaron modelos de ocupación y métodos bayesianos para investigar diferencias en el patrón de uso de hábitat y patrones de co-ocurrencia entre jaguares y pumas en Belice. Petracca y colaboradores (2013) evaluaron una sección de un potencial corredor para el jaguar utilizando entrevistas y fotocapturas de la especie y sus presas menores y mayores en México. Arroyo-Arce y colaboradores (2014) identificaron características de hábitat que influyen en la distribución del jaguar en el Parque Nacional Tortuguero en Costa Rica. Paviolo y colaboradores (2016) evaluaron y estimaron la disponibilidad de hábitat actual, el área de ocupación y el tamaño poblacional del jaguar en el bosque atlántico compartido entre Brasil, Argentina y Paraguay en Sudamérica. Tobler y colaboradores (2018) examinaron la estructura de la comunidad y distribución de mamíferos en concesiones forestales de Guatemala y Perú a partir de la densidad de jaguares como depredador tope con modelos de captura y recaptura. Rabelo y colaboradores (2019) evaluaron la ocupación del hábitat por jaguares en bosques continuos y en islas de remanentes boscosos a partir de la disponibilidad de presas como variable predictiva.

10. Objetivo general

Generar insumos para el monitoreo de las poblaciones de jaguar como Elemento de Conservación natural de la RBM como una herramienta para el manejo de la reserva con énfasis en el Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas (BPNDL)

11. Objetivos específicos

Compilar los registros de actividad de jaguares en el BPNDL durante la época seca e inicio de la lluviosa del año 2019

Enriquecer el catálogo de individuos de jaguar del BPNDL y otras zonas núcleo de la RBM

Actualizar la estimación de parámetros poblacionales del jaguar con datos colectados en el año 2019

12. Hipótesis

Dado que se empleó la aplicación oSCR para realizar la estimación de la abundancia absoluta (N) a través de la selección del modelo con menor valor de AIC, la hipótesis será que el modelo nulo (no se asume ninguna diferencia en la probabilidad de captura entre ocasiones de muestreo o individuos) se ajusta a los datos, siendo la hipótesis alternativa que otro modelo (cualquiera de los otros modelos o sus combinaciones) se ajusta a los datos.

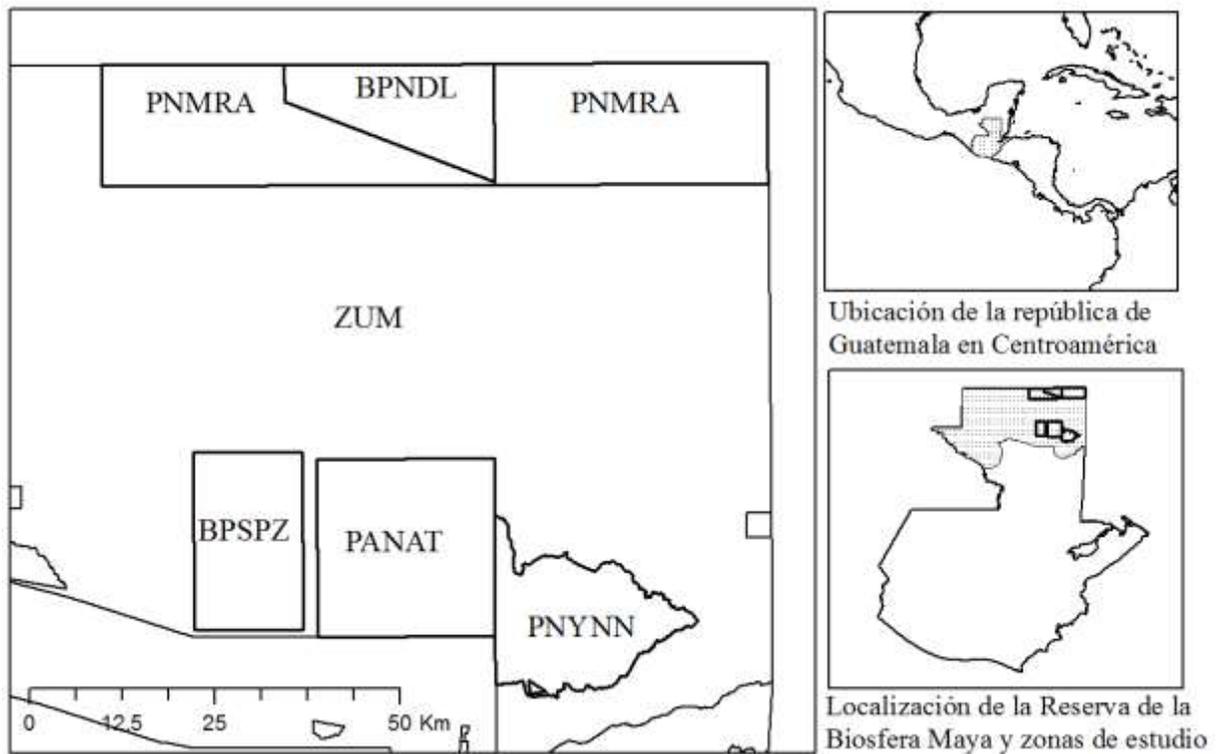
13. Materiales y métodos

13.1 Recolección de información

Se compilaron las bases de datos de programas de monitoreo e investigación en biotopos protegidos de Petén y otras zonas núcleo de la RBM del CDC del Cecon que contuviera registros de jaguares obtenidos a través del método de fototrampeo, el cual consiste en la utilización de cámaras automáticas o trampas-cámara para el registro de la actividad de vertebrados (Figura 1). Para todos los datos se compilaron los registros fotográficos, así como los metadatos de los mismos.

Figura 1

Mapa de las áreas de estudio en la Reserva de la Biosfera Maya en Guatemala



13.2 Diseño

Los datos compilados provienen de tres diseños de muestreo: a) monitoreo de aguadas, b) monitoreo del tapir (*Tapirus bairdii*, Gill 1865) en la RBM y c) monitoreo de jaguares en el corazón de la Selva Maya. El diseño para el monitoreo de aguadas ha sido la instalación de una a tres trampas-cámara en de dos a siete aguadas del BPNDL durante la temporada seca e inicios de la lluviosa de los años 2014 al 2019. El monitoreo del tapir ha consistido en la instalación de una cámara en entre cinco a ocho celdas de muestreo contiguas en BPNDL y BPSMPZ (2016-2019), PANAT (2017-2019) y PNYNN (2018-2019). El diseño del monitoreo para jaguares durante el año 2018, se instalaron 27 estaciones de muestreo con una distancia entre 3 y 4 km en el BPNDL y PNMRA, y en el año 2019, se instalaron

27 estaciones de muestreo con una distancia de ~1 km en el BPNDL y PNMRA siguiendo la metodología propuesta por Chávez y colaboradores (2013) para el censo del jaguar en México (Figura 2).

Figura 2

Mapa con la ubicación de las cámaras en el Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas y Parque Nacional Mirador Río Azul en el año 2019

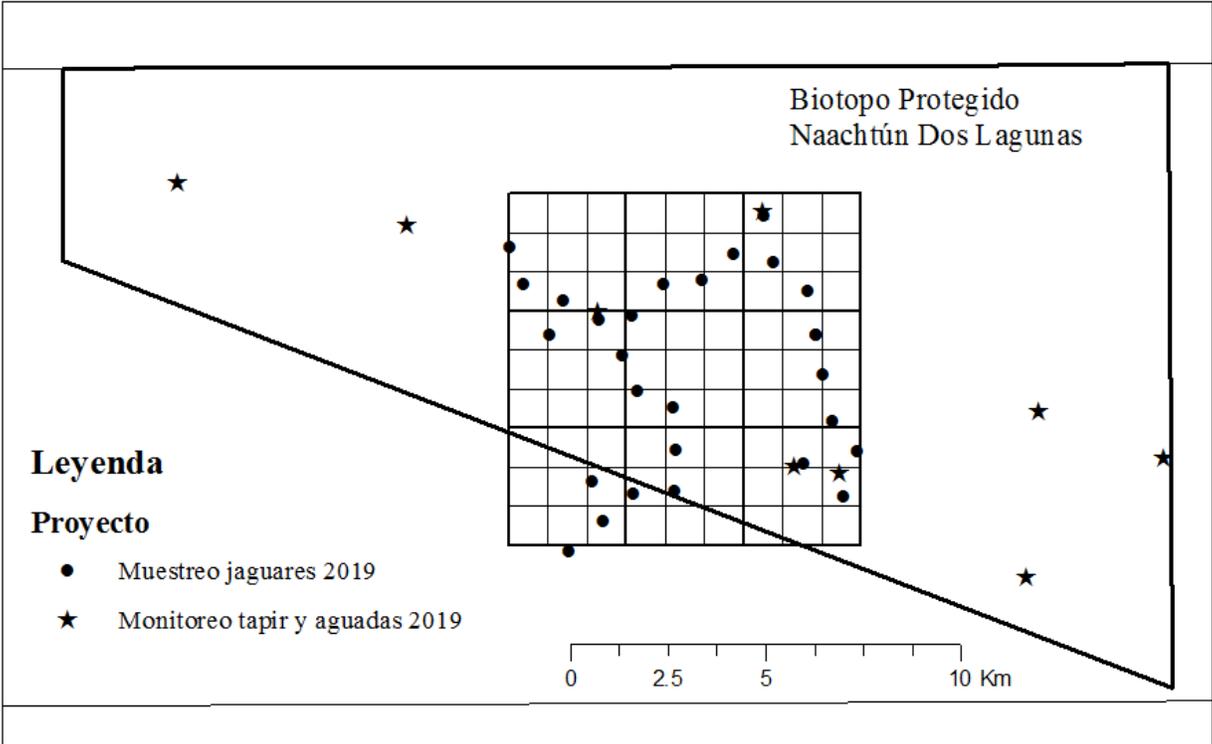


Tabla 1

Resumen del esfuerzo de muestreo de los datos

Diseño	Período	Estaciones	Distancia entre estaciones (km)	Días	Polígono mínimo convexo (km)
JCSM	Mrz-Jul 2019	27	~1	90	50
Tapir	Mrz-Jul 2019	9	--	90	--
JCSM-Tapir	Mrz-Jul 2019	36	--	90	146

13.3 Técnicas e instrumentos

Para la obtención de los datos utilizados se emplearon trampas-cámaras de las marcas Bushnell (modelos Trophycam 8MP, 16MP y 22MP) y Cuddeback (modelo E3 Black Flash No Glow Infrared), las cuales se programaron para estar activas las 24 h y con el menor tiempo de recuperación de acuerdo al modelo (entre 0.7 – 3 s).

13.4 Operacionalización de las variables

Tabla 2

Operacionalización de las variables

Objetivos específicos	Variables o unidades de análisis que fueron consideradas	Forma de medición, clasificación o cualificación
Compilar los registros de actividad de jaguares en el	- Número de registros	- Número de registros de jaguar / esfuerzo de

Objetivos específicos	Variables o unidades de análisis que fueron consideradas	Forma de medición, clasificación o cualificación
BPDL durante la época seca e inicio de la lluviosa del año 2019		muestreo (número de cámaras * número de días)
Enriquecer el catálogo de individuos de jaguar del BPDL y otras zonas núcleo de la RBM	- Tipo de residencia (residencia o indefinido)	- Años consecutivos con registro
Actualizar la estimación de parámetros poblacionales del jaguar con datos colectados en el año 2019	- Densidad	- Abundancia absoluta (N) / área de muestreo

13.5 Procesamiento y análisis de la información

Una vez se compilaron las distintas bases de datos, se extrajeron las imágenes correspondientes a registros de jaguares a partir de las cuales se realizó la identificación de individuos empleando su patrón de rosetas en el pelaje.

Para la estimación de la densidad y abundancia absoluta se utilizó el paquete oSCR (Sutherland et al., 2018, versión 0.42.0) en el lenguaje R (R Core Team, 2020), a partir de la información de los registros obtenidos, así como de las estaciones de muestreo y su operación. El desarrollo de modelos en este paquete consta de 4 pasos básicos: 1) colocar los datos en el formato requerido, 2) definir el estado espacial (la combinación de los registros con la ubicación de las estaciones de muestreo), 3) ajustar el modelo y 4) procesamiento final para la interpretación.

Se desarrolló el modelo nulo, así como también modelos generados a partir de la combinación de los parámetros probabilidad de captura y sigma. El mejor modelo se seleccionó con base en el valor del criterio de Akaike (AIC).

14. Vinculación, difusión y divulgación

El proyecto estuvo vinculado con la ONG Fundación para el Ecodesarrollo y la Consevación (Fundaeo) y la administración del PNMRA a cargo del Conap, con quienes se han implementado las primeras dos fases del proyecto. Así mismo, se tendrá vínculo con la ONG internacional Global Conservation la cual ha proveído el financiamiento para las fases previas.

Se contó con la participación de estudiantes que realizaron sus prácticas de Experiencia Docente con la Comunidad (EDC) y Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la carrera de Biología de la Usac con el CDC del Cecon como unidad de práctica. Asimismo, se contó con la participación de estudiantes de la carrera de Diseño Gráfico de la facultad de Arquitectura de la Usac para el diseño de material divulgativo como parte del curso Diseño Visual 8 y como parte de un proyecto de graduación y EPS.

Los resultados del estudio serán divulgados a través de distintos medios y distintos públicos objetivo.

Para la academia, se redactará un artículo científico para ser presentado a la revista Mexicana de Biodiversidad de la Universidad Autónoma de México. Asimismo, se presentarán ponencias en congresos y simposios relacionados con la temática del proyecto.

De manera local, los resultados serán presentados en la Mesa de monitoreo de la Selva Maya en la cual participan las instituciones relacionadas con la investigación y monitoreo en la RBM. También se realizarán talleres de presentación de resultados dirigidos a guarda recursos y técnicos del Cecon y del Conap que laboran en las áreas de estudio.

Como parte de las actividades de divulgación del proyecto se elaboró el material de apoyo a la docencia titulado “El equilibrio del jaguar” dirigido a maestros y capacitadores de guías de turismo asociados a comunidades dentro de la RBM. El material consta de una guía para

capacitadores, un rotafolio y un libro de actividades (Apéndices B-D). Los materiales fueron diseñados por los estudiantes de la carrera de Diseño Gráfico de la Facultad de Arquitectura de la Usac, Denis Cruz y Cristina Rodríguez de la asignatura Diseño Visual 8 y Madelin González como parte de su proyecto de graduación-EPS. En el material se incluye la creación de los personajes Po'-B'alam y Kinich-B'alam para el CDC del Cecon. Este material será utilizado en las actividades de extensión que realiza en Cecon en las áreas protegidas que administra en Petén y se encuentra disponible para descarga en el blog del CDC: <http://cdc.usac.edu.gt/>.

Para el público en general, los resultados del estudio se divulgan a través del catálogo de fauna del Centro de Datos para la Conservación (CDC) del Cecon, en el cual se presentan fichas de especies de fauna de Guatemala, disponible en el blog del CDC.

15. Productos, hallazgos, conocimientos o resultados

Registros de jaguares 2019

Se compilaron un total de 432 registros independientes de jaguares provenientes de estudios implementados en la RBM por el Cecon en colaboración con distintos socios Wildlife Conservation Society, Fundación Defensores de la Naturaleza-Grupo de Especialistas del Tapir UICN-Fundación Segré y Fundaeco-Global Conservation, así como proyectos de investigación cofinanciados por la Dirección General de Investigación (Digi) de la Usac. De estos registros 185 corresponden al año 2019 (Tabla 3).

Tabla 3

Registros de jaguar (Panthera onca) compilados en estudios del Centro de Estudios Conservacionistas en la Reserva de la Biosfera Maya

Parámetros	González (2015)	Monitoreo aguadas y tapir	Monitoreo jaguares		
Período	2013	2014-2018	2019	2018	2019
Número de estaciones	4	2-9	9	27	27
Registros independientes de <i>Panthera onca</i>	18	128	27	101	158

Enriquecimiento de catálogo de jaguares

A partir de los registros compilados fue posible identificar a 42 individuos de jaguar que corresponden a once hembras, 24 machos y siete que no fue posible determinar el sexo (Tabla 4 y Apéndice E). Seis individuos fueron clasificados como residentes (3 hembras y 3 machos), de los cuales las hembras 1 y 2 presentaron cinco y cuatro años consecutivos con registro respectivamente y los otros individuos tres años. Los tres individuos hembras coincidieron temporalmente en dos años, y las hembras 1 y 2 durante cuatro años, mientras que los individuos machos solamente coincidieron los machos 1 y 3. El individuo macho 2 coincidió con las tres hembras en un año y con las hembras 1 y 2 durante tres años.

Tabla 4

Resumen de los individuos de jaguar (Panthera onca) registrados en el biotopo protegido Naachtún Dos Lagunas y Parque Nacional Mirador Río Azul 2013-2019

Sexo	Estatus residencia		Total
	Residentes (3 años consecutivos)	Indeterminado (menos de 3 años consecutivos)	
Hembras (♀)	3	8	11
Machos (♂)	3	21	24
Indeterminados	0	7	7
Total	6	36	42

Con respecto a los individuos con menos de tres años consecutivos, once (3 hembras y 8 machos) fueron registrados dos años y 25 solamente en un año. De los individuos registrados por dos años, cuatro de ellos (1 hembra y 3 machos) fueron registrados de manera discontinua con períodos de uno y dos años entre registros. Los siete restantes fueron registrados por dos años continuos, de los cuales cinco (2 hembras y 3 machos) se registraron en los dos últimos años del período de muestreo.

De los 364 registros en los que fue posible identificar a nivel de individuos, el 23% (84 registros) corresponde a los individuos residentes. En el año 2018 los machos 2, 4, 5 y 6 representaron el 50% de los registros, y en el año 2019, los machos 5 y 24 representaron el 56% de los registros.

Actualización de la estimación de parámetros poblacionales del jaguar para el año 2019

Con los datos depurados para el año 2019 se prepararon dos conjuntos de datos, uno con los datos obtenidos en el muestreo de González-Castillo y colaboradores (2019) y otro adicionando los datos del muestreo de Cecon 2019 (Tabla 5).

Tabla 5

Resumen de información sobre las sesiones de muestreo para el año 2019

Parámetros	Monitoreo jaguar 2019	Tapir 2019	Monitoreo jaguar + Tapir 2019
Proporción de cámaras en caminos y fuera de caminos (aguadas)	27/0	0/8	27/8
Número de cámaras con capturas	20/27	3/8	23/35
Número de detecciones independientes	124	13	137
MMDM (km)	5.14	NA	5.85
Área efectiva de muestreo (km ²)		NA	

Para los muestreos del 2019 se identificaron 15 individuos (7 machos, 5 hembras y 3 de sexo indeterminado) de los cuales 12 fueron capturados en el estudio de González-Castillo y colaboradores (2019) y tres más adicionales en el muestreo del Cecon (Tabla 6). A partir de estos se generaron historiales de captura para 9 ocasiones de 10 días.

Tabla 6

Resumen de información sobre capturas de jaguar (Panthera onca) en las sesiones de muestreo del año 2019

Parámetros	JCSM 2019	JCSM-Tapir 2019
Machos (♂)	5	7
Hembras (♀)	4	5
Sexo indeterminado	3	3
Individuos con ambos lados		
Número de individuos	12	15

16. Análisis y discusión de resultados

Enriquecimiento del catálogo de individuos de jaguar del BPNDL y otras zonas núcleo de la RBM

La identificación de tres hembras residentes y una de ellas con un período de registro de siete años coincide con lo reportado por García-Anleu y colaboradores (2015) en el PANAT y Gaitán y colaboradores (2020) en aguadas del BPNDL, quienes registraron la presencia de hembras en más de un año en una misma área de estudio.

La identificación de tres individuos machos residentes en el presente estudio, indica que no solamente las hembras utilizan áreas de manera recurrente a través de distintos años para el área de estudio, siendo este el primer reporte de machos residentes en la RBM.

Dado el limitado esfuerzo de muestreo, en especial para los años 2014 y 2015, existe la posibilidad de que jaguares residentes no fueron registrados en años consecutivos por

encontrarse en ese momento afuera del polígono de muestreo o no ser detectados por la distancia entre cámaras. Este podría ser el caso de los individuos registrados por dos años de manera discontinua que cubrieron períodos de tres y cuatro años entre el primero y el último registro. De modo que si se considera como criterio para la residencia, este período se clasificaría a diez individuos como residentes (4 hembras y 6 machos). Considerando también la posibilidad de que se trasladaron hacia otra área y posteriormente regresaron al área de estudio (García-Anleu et al., 2020). Los individuos registrados de manera consecutiva durante los dos últimos años, es decir 2018 y 2019, podrían haber llegado a ser considerados como residentes si hubiesen sido registrados en el año 2020.

Para la interpretación de los resultados se deben tomar en cuenta las recomendaciones de Tobler y Powell (2013), así como de Harmsen y colaboradores (2020) con respecto a las limitaciones espaciales y temporales, sin embargo, la temporalidad de los registros utilizados, en especial para las aguadas con siete años consecutivos de muestreo, permitió capturar elementos de la dinámica espacial y temporal de la población de jaguares en el BPNDL. El registro de individuos residentes tanto hembras como machos sugiere la presencia de una población residente estable y una “población” fluctuante de individuos transeúntes, similar a lo que plantea Harmsen y colaboradores (2020) en el *Cockscomb Basin Wildlife Sanctuary*, Belice, donde se presenta una población estable de individuos residentes y otra población dinámica que responde a eventos estocásticos relacionados con temporadas reproductivas y no reproductivas.

Una fuente para el recambio de individuos, es el movimiento de individuos como resultado de la alta conectividad con áreas de México y Belice a través de grandes extensiones con cobertura forestal en la denominada Selva Maya, como es el caso del individuo reportado por García-Anleu y colaboradores (2020) con movimientos entre Guatemala y Belice. La importancia de áreas transfronterizas para la conservación de jaguares ha sido reportada en la Amazonía y en Estados Unidos (McCain & Childs, 2008; Mena et al., 2020).

Para las áreas de estudio, las cuales forman parte de la Selva Maya, otra fuente de recambio son los movimientos de individuos relacionados con la disponibilidad de agua en los cuerpos de agua estacionales conocidos como aguadas durante la temporada seca, que a su

vez está relacionada con los movimientos de presas potenciales (Gaitán et al., 2020; García et al., 2018, Sánchez-Pinzón et al., 2020).

Se reportó el traslape de rango entre individuos machos como lo reportado por Garcia-Anleu y colaboradores (2015), y Gaitán y colaboradores (2020), sin embargo, no hubo traslape espacial o temporal entre individuos machos residentes, lo cual sugiere que existe una exclusión de rangos entre residentes. Las hembras mostraron traslape espacial, sin embargo no hubo coincidencia temporal, lo cual también sugiere la exclusión entre residentes. El macho 2 mostró traslape con tres hembras residentes coincidiendo con lo reportado en la literatura que los machos presentan rangos de hogar mayores con el fin de incluir los rangos de varias hembras, los cuales suelen ser menores. El hecho de que aproximadamente el 50% de los registros correspondan solamente a cuatro y dos machos, en 2018 y 2019 respectivamente, podría estar asociado a la exclusión de rango derivada de periodos de celo de hembras dentro del territorio.

Actualización de la estimación de parámetros poblacionales del jaguar para el año 2019

Contar con el catálogo permitió la identificación de individuos con respecto al estudio de González-Castillo y colaboradores (2019). El número de individuos reportados son menores a los promedios estimados por Harmsen y colaboradores (2020) en muestreos de 90 días, quienes reportaron una media de 14 machos y 6 hembras para 276 sesiones de muestreo.

A partir de los historiales de captura generados con los datos de González y colaboradores (2019) rectificados con el catálogo, se desarrollaron modelos aplicando un buffer de 5144 m (MDMM) alrededor de las estaciones de muestreo con una resolución de 1000 m. Se generaron diez modelos: modelo nulo y combinaciones de los parámetros probabilidad de captura y sigma (Tabla 7).

Tabla 7

Resumen de los resultados de los cinco mejores modelos generados con datos del monitoreo de jaguar (Panthera onca) en el corazón de la Selva Maya temporada 2019

Modelo	K	AIC	dAIC	Peso (w)
D(~1) p(~sex) sig(~sex)	6	676	0.00	9.43
D(~1) p(~sex) sig(~1)	5	683	6.27	4.09
D(~1) p(~sex + b) sig(~1)	6	685	8.20	1.56
D(~1) p(~1) sig(~sex)	5	693	16.22	2.83
D(~1) p(~b) sig(~sex)	6	694	17.56	1.45

El modelo con el valor más bajo de AIC fue “D(~1) p(~sex) sig(~sex)” en el cual se incluye el sexo como una variable de la probabilidad de detección y de sigma. A partir de este modelo se estimó la densidad (individuos por kilómetro cuadrado), abundancia absoluta (número de individuos), probabilidad de captura y variación en sigma (Tabla 8). La abundancia para el área de estudio se estima en 23 individuos (5 hembras y 17 machos).

Tabla 8

Parámetros estimados por el modelo seleccionado para el Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas 2019

Sexo	Densidad (km ²)	Probabilidad de captura (p)	Sigma (σ)
Hembras (♀)	0.02 (0.01)	0.36 (0.05)	2588 (170)
Machos (♂)	0.06 (0.03)	0.36 (0.05)	2588 (170)

Con los datos combinados del monitoreo del tapir y aguadas con el monitoreo de jaguares en el corazón de la Selva Maya para el año 2019, se generaron modelos aplicando un buffer de 5849 m (MDMM) alrededor de las estaciones de muestreo con una resolución de 1000 m (Tabla 9).

Tabla 9

Resumen de los resultados de los cinco mejores modelos generados por Cecon en la temporada 2019

Modelo	K	AIC	dAIC	Peso (w)
D(~1) p(~sex + Habitat) sig(~1)	6	774	0.00	0.9931
D(~1) p(~Habitat) sig(~1)	5	785	10.94	0.0042
D(~1) p(~b + Habitat) sig(~1)	6	786	12.04	0.0024

Modelo	K	AIC	dAIC	Peso (w)
D(~1) p(~sex + b) sig(~1)	6	792	17.62	0.0001
D(~1) p(~sex) sig(~1)	5	793	18.39	0.0001

El modelo con el AIC más bajo fue “D(~1) p(~sex + Habitat) sig(~1)” en el cual se incluyen el sexo y el tipo de hábitat como una variable de la probabilidad de detección. Dicho modelo utilizó para las siguientes estimaciones (Tabla 10). Se estimó una abundancia absoluta de 24 individuos (9 hembras y 15 machos) para el área de estudio.

Tabla 10

Densidad, probabilidad de captura y variación en sigma para jaguar (Panthera onca) en el Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas y Parque Nacional Mirador Río Azul

Sexo	Densidad (km ²)	Probabilidad de captura (p)	Sigma (σ)
Hembras (♀)	0.02(0.01)	0.30(0.04)	3023(224)
Machos (♂)	0.03(0.01)	0.30(0.04)	3023(224)

Dado que los datos provienen de un estudio de un período de 90 días y un área de muestreo ~81 km² (escala pequeña), los resultados de las estimaciones deben interpretarse siguiendo las recomendaciones de Tobler y Powell (2013) y Harmsen y colaboradores (2020). Asimismo, con base en la variación en la estimación de la densidad con modelos de captura recaptura espacialmente explícitos reportada por Harmsen y colaboradores (2020) para 276

períodos de 90 días a lo largo de un año, se debe asumir que la densidad estimada en el presente estudio corresponde a un período determinado de 90 días y por lo tanto se espera que esta varíe a través del tiempo.

La densidad estimada en el presente estudio es mayor que la estimada por Tobler y colaboradores (2018) de 1.52 ± 0.34 individuos/100 km² para un área aledaña de la RBM, por lo que puede asumirse una sobreestimación debido a la escala del muestreo (Tobler y Powell, 2013).

La densidad estimada para los datos del monitoreo del jaguar 2019 es similar a la estimada por González-Castillo y colaboradores (2019) de $7.99 + 0.84$ individuos/100 km² para el mismo conjunto de datos y la estimada por Ceballos y colaboradores (2019) en la Reserva de la Biosfera Calakmul en México de 7 individuos/100 km², sin embargo, la densidad estimada para todo el conjunto de datos es menor.

Los modelos sugieren una diferencia en la probabilidad de captura con respecto al sexo, donde las hembras presentan una menor detección, lo cual puede deberse a que evitan deliberadamente a las cámaras o reducen su actividad cuando aumenta la actividad de los machos (Harmsen et al., 2009, Harmsen et al., 2017, Harmsen et al., 2020, Tobler et al., 2018). Adicionalmente se sugiere la variación de la probabilidad de captura con respecto al tipo de hábitat, lo cual puede deberse a lo sugerido por Gaitán y colaboradores (2020) que las hembras no evitan a las cámaras en las aguadas.

Con respecto a la probabilidad de detección se reportaron valores menores a lo estimado por Gaitán y colaboradores (2020) en aguadas del BPNDL. Esto puede indicar una mayor detección en aguadas como resultado de la visita a estos cuerpos de agua, los cuales Gaitán y colaboradores (2020) sugieren que son sitios de traslape de áreas de actividad de individuos al ser un recurso clave en cuanto al acceso a agua y presas.

La distancia de sigma fue similar a la estimada por Tobler y colaboradores (2018) para machos (5,306 +483 km) pero mayor que la estimada para las hembras (4,073 +667 km).

El uso de modelos espacialmente explícitos permitió un mejor análisis de los datos de González-Castillo y colaboradores (2019) ya que permitió ingresar el historial de funcionamiento de las cámaras y la inclusión de individuos con sexo indeterminado.

17. Conclusiones

Se compilaron 405 registros de jaguares en estudios implementados en la RBM por el Cecon de la Usac con el apoyo de socios del 2013 al 2019, de los cuales 183 corresponden al Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas y Parque Nacional Mirador Río Azul para el año 2019.

Con base en la comparación del patrón de manchas en el pelaje de los jaguares fotografiados, se identificaron 42 individuos de *Panthera onca* que han sido registrados en el BPNDL y PNMRA por el Cecon de la Usac. Estos individuos corresponden a once hembras, 24 machos y siete con sexo indeterminado, de los cuales 3 hembras y 3 machos fueron clasificados como residentes para el período 2013 al 2019.

Se estimaron los siguientes parámetros para el área de estudio en el 2019: densidad (2 y 3 individuos por 100 km² para hembras y machos respectivamente), abundancia absoluta (8 y 15 individuos), probabilidad de captura (0.30) y variación en sigma de 3000.

18. Impacto esperado

El principal impacto del proyecto será con respecto a la función de la Usac como administrador del BPDL y como institución académica, en la generación de aportes para el manejo de la RBM en general y en incrementar el conocimiento sobre el jaguar y el estado de conservación de la población presente en el corazón de la Selva Maya.

Con respecto a la función de la Usac como administrador del área de estudio, se estará contribuyendo en el cumplimiento de roles y funciones que le corresponden como tal. Como primer punto se considera que se estarían implementando acciones y estrategias definidas

en los planes maestros tanto de la RBM como del BPDF, lo que conlleva a su vez a la generación de insumos valiosos para la futura actualización de ambos planes, incluyendo la evaluación de efectividad de manejo en función de los objetivos de conservación del plan que finaliza. Actualmente el plan maestro del BPDF - PNMRA ha cumplido su tiempo periodo de planificación (2009-2013), por lo que está pendiente de actualización, mientras que el plan maestro de la RBM se encuentra en la mitad de su período de planificación de diez años (Conap, 2015; Conap, DGPNyC, & Cecon, 2010).

Con respecto al rol de la Usac como institución académica, en los últimos diez años el Cecon ha implementado una serie de investigaciones en la RBM que han posicionado como una de las instituciones líderes en la generación de conocimiento e implementación de programas de investigación y monitoreo. Por lo que la implementación de este proyecto contribuirá en mantener el estatus alcanzado, lo que le permite tener una mayor participación y reconocimiento a nivel académico en la RBM y el país. En una evaluación realizada en el primer semestre del año 2019 por el Proyecto Biodiversidad de la agencia de cooperación del gobierno de Estados Unidos (USAID) sobre las iniciativas de monitoreo biológico en la RBM, en la cual se consideró como monitoreo aquellas iniciativas con tres años o más de muestreo empleando la misma metodología y en el mismo lugar, se identificó al Cecon-Usac como uno de los administradores que cuentan con programas de monitoreo activos. En la actualidad se cuenta con dos programas activos: monitoreo de aguadas y vertebrados asociados (con seis temporadas de muestreo 2014-2019) y monitoreo del tapir realizado en conjunto con la Fundación Defensores de la Naturaleza, el Conap y los parques nacionales Tikal y Yaxhá Nakum Naranjo (con cuatro temporadas de muestreo 2016-2019). Y con la implementación de este proyecto, se estaría constituyendo un tercer programa: monitoreo de jaguares y sus presas en el corazón de la Selva Maya.

En cuanto al incremento al conocimiento sobre la especie y su estado de conservación, se generó información actualizada sobre la densidad de jaguares en el BPDF, así como de otros parámetros poblacionales como la estructura poblacional (porcentaje de hembras vs machos), información que será útil en la actualización de la LEA en Guatemala y la Lista Roja de la UICN a nivel global. La información que se generó fue integrada a la información colectada en estudios previos del 2013 al 2019, teniendo un panorama más completo y

actualizado sobre la biología y ecología del jaguar en la RBM, incluyendo: patrones de actividad, uso de hábitat, uso de aguadas, movimientos en caminos, probabilidad de detección de la especie en distintas condiciones de hábitat, entre otros. Así mismo, se enriqueció el catálogo disponible de individuos de jaguar de zonas núcleo de la RBM compilado con fotos del 2013 al 2019 y que cuenta actualmente con 42 individuos identificados. La compilación de este catálogo facilitará la identificación de individuos en estudios que se realicen en el futuro por el Cecon u otras instituciones y eventualmente puede servir para identificar movimientos de jaguares desde áreas cercanas a la RBM en Guatemala, México y Belice. Este catálogo también permitirá registrar la supervivencia de individuos específicos como contribución a indicadores de integridad ecológica para la reserva.

20. Referencias

- Aranda, M. (2000). *Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa.
- Arroyo-Arce, S., Guilder, J. & Salom-Pérez, R. (2014). Habitat features influencing jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) occupancy in Tortuguero National Park, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1-10.
- Bailey, L. L., MacKenzie, D. I., & Nichols, J. D. (2014). Advances and applications of occupancy models. *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 1269-1279. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12100>
- Cat Specialist Group [CatSG]. (2019). *Jaguar Panthera onca*. Recuperado el 08 de julio de 2019, de <http://www.catsg.org/index.php?id=95>
- Ceballos, G., Chávez, C., & Zarza, H. (2012). *Censo nacional del jaguar y sus presas* (1ª Etapa / Informe Final SNIB-CONABIO Proyecto HE011). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [Conanp], Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México [IE-UNAM], Alianza WWF-TELCEL, TELMEX y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO].
- Ceballos, G., Zarza, H., Cruz, C., Medellín, G., González, V., García, M. J., Guzmán, G., Asturias, F., & Olivares, G. (2019). *Ecología y conservación del jaguar y sus presas en la Selva Maya*. Instituto de Ecología - Universidad Autónoma de México, Servicios Ecológicos y Científicos, Global Conservation, Centro de Estudios Conservacionistas - Universidad de San Carlos de Guatemala, Consejo Nacional de Áreas Protegidas y Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación.
- Chávez, C., De La Torre, A., Bárcenas, H., Medellín, R.A., Zarza, H., & Ceballos, G. (2013). *Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso*. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Conde, D. A., Colchero, F., Zarza, H., Christensen, N. L., Sexton, J. O., Manterola, C., Chávez, C., Rivera, A., Azuara, D., & Ceballos, G. (2010). Sex matters: Modeling male and female habitat differences for jaguar conservation. *Biological Conservation*, 143(9), 1980-1988. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.049>
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap]. (2009). *Lista de especies amenazadas*. Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap]; Ministerio de Cultura y Deportes - Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural [DGPCyN], & Centro de Estudios Conservacionistas [Cecon]. (2010). *Plan maestro 2009-2013 Parque Nacional Mirador Río Azul y Biotopo Protegido Naachtún- Dos Lagunas*. Autores.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap]. (2011). *Plan Maestro 2011-2015 de los Complejos III y IV del Sureste de Petén*. Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap]. (2012). *Actualización de lineamientos para la elaboración de planes maestros de áreas protegidas del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas* (Documento técnico N. 103, 01-2012). Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap]. (2015). *Plan Maestro de la Reserva de la Biosfera Maya. Segunda Actualización. Tomo I*. Autor.
- Cullen, L., Rudran, R., & Valladares-Padua, C. (2006). *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Universidade Federal do Paraná.
- De Azevedo, F. C. C., Gomes-De-Oliveira, T., De Paula, C. R., Bueno De Campos, C., Morales, E. A. Jr., ... Cavalcanti, S. M. C. (2016). Estatus del jaguar (*Panthera onca*) en Brasil. En Medellín, R. A., de la Torre, J. A., Zarza, H., Chávez, C., & Ceballos, G. (Eds.). *El jaguar en el siglo XXI: La perspectiva Continental*. México: Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Di Bitetti, M. S., De Angelo, C., Quiroga, V., Altrichter, M., Paviolo, A., Cuyckens, G. A. E., & Perovic, P. G. (2016). Estado de conservación del jaguar en Argentina. En Medellín, R. A., de la Torre, J. A., Zarza, H., Chávez, C., & Ceballos, G. (Eds.). *El*

jaguar en el siglo XXI: La perspectiva Continental (pp. 336–443). México: Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Estrada, C. (2006). *Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (Puma concolor) y el jaguar (Panthera onca) en la Selva Maya, Centroamérica* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2439.pdf

Fancy, S. G. & Bennetts, R. E. (2012). Institutionalizing an effective long-term monitoring program in the US National Park Service. En Gitzen, R. A., Millspaugh, J. J., Cooper, A. B., & Licht, D. (Eds). *Design and analysis of long-term ecological monitoring studies*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139022422.029>

Fancy, S. G., Gross, J. E., & Carter, S. L. (2009). Monitoring the condition of natural resources in US National Parks. *Environmental Monitoring & Assessment*, 151(2009), 161-174. Doi: 10.1007/s10661-008-0257-y. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0257-y>

Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación [Fundaeo]. (1992). *Estudio técnico del área de protección especial Sierra Caral*. Autor.

Gaitán, C. A., González-Castillo, V. R., Guzmán-Flores, G. D., Aguilera, A. L. & García, M. J. (2021). Visitation patterns of jaguars *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) to isolated water ponds in a tropical forest landscape, *Therya*, 12(1), 45-55. DOI: 10.12933/therya-21-915

García, M. J., Aguilera, A. L., Guzmán-Flores, G. D., Rodríguez, D. I., & González, V. R. (2018). Dinámica temporal de la disponibilidad de agua y microclima en aguadas del biotopo protegido Dos Lagunas, Petén, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 5(2), 99-110. <http://dx.doi.org/10.36829/63CTS.v5i2.%25>

- García-Anleu, R., Kelly, M. J., Meerman, J., Nipko, R. B., Holcombe, B., McPhail, D., Ponce-Santizo, G., McNab, R. B., Radachowsky, J., Ramos, V. H., & Polisar, J. (2020). Short-tail jaguar: The need for transboundary collaboration across the Maya Forest. *Cat News*, 71, 38-40.
- García-Anleu, R. A., McNab, R. B., Polisar, J., Ramos, V., Moreira, J., Ponce-Santizo, G., Duchez, K., Escobar, R., & Santos, A. (2016). Estado del Jaguar en Guatemala. En R. A. Medellín, J. A. De la Torre, H. Zarza, C. Chávez, & G. Ceballos (Eds.). *El jaguar en el siglo XXI: La perspectiva Continental* (pp. 336-443). Fondo de Cultura Económica.
- García-Anleu, R., Ponce-Santizo, G., McNab, R. B., Polisar, J., Noss, A., Moreira, J. & Ruano, G. (2015). The queen of Tikal and her suitors. *CATnews 62 Spring 2015*.
- García-Anleu, R., Ponce-Santizo, G., Rodas, A., Cabrera, O., McNab, R. B., Polisar, J., & Lepe, M. (2017). Jaguares y productores agropecuarios en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Maya, Guatemala: herramientas para mejorar la coexistencia. En Castaño-Uribe, C., Lasso, C. A., Hoogesteijn, R., Díaz-Pulido, A. & Payán, E. (Eds.). *Conflictos entre felinos y humanos en América Latina*. Instituto Humboldt.
- González-Castillo, V. (2015). *Vertebrados medianos y mayores asociados a las aguadas del Biotopo Protegido Naachtún-Dos Lagunas, Petén* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3844.pdf
- González-Castillo, V. R., García, M. J., & Asturias, F. (2019). *Jaguares en el corazón de la Selva Maya: fase II*. Centro de Estudios Conservacionistas [Cecon], Fundación para el Ecodesarrollo y la Consevación [Fundaecon], Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap], & Global Conservation.
- González-Castillo, V. R., García, M. J., Cerezo, A., Guzmán-Flores, G. D., Asturias, F., & Olivares, J. (2018). *Jaguares y sus presas en el corazón de la Selva Maya*. Centro de Estudios Conservacionistas [Cecon], Fundación para el Ecodesarrollo y la

Consejería [Fundaeo], Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap], & Global Conservation.

Hayward, M. W., Kamler, J. F., Montgomery, R. A., Newlove, A., Rostro-García, S., Sales, L. P., & Valkenburgh, B. V. (2016). Prey preferences of the jaguar *Panthera onca* reflect the Post-Pleistocene demise of large prey. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3, 1-19. <https://doi.org/10.3389/fevo.2015.00148>

Harmsen, B. J., Foster, R. J., & Quigley, H. (2020). Spatially explicit capture recapture density estimates: Robustness, accuracy and precision in a long-term study of jaguars (*Panthera onca*). *PLoS ONE*, 15(6): e0227468. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227468>

Harmsen, B. J., Foster, R. J., Sanchez, E., Gutierrez-González, C. E., Silver, S. C., Ostro, L. E. T., Kelly, M. J., Kay, E., & Quigley, H. (2017) Long term monitoring of jaguars in the Cockscomb Basin Wildlife Sanctuary, Belize: Implications for camera trap studies of carnivores. *PLoS ONE*, 12(6): e0179505. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179505>

Harmsen, B. J., Foster, R. J., Silver, S. C., Ostro, L. E., & Doncaster, C. P. (2009). Spatial and temporal interactions of sympatric jaguars (*Panthera onca*) and pumas (*Puma concolor*) in a Neotropical forest. *Journal of Mammalogy*, 90(3), 2009, 612-620. <https://doi.org/10.1644/08-MAMM-A-140R.1>

Hermes, M. S. (2004). *Abundancia relativa de jaguar (Panthera onca), puma (Puma concolor) y ocelote (Leopardus pardalis) en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2246.pdf

MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Hines, J. E., Knutson, M. G., & Franklin, A. B. (2003). Estimating site occupancy, colonization, and local extinction when a species is detected imperfectly. *Ecology*, 84 (8), 2200-2207. <https://doi.org/10.1890/02-3090>

- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Royce, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L. L. R., & Hines, J. E. (2006). *Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Elsevier.
- MacKenzie, D. I. & Royle, J. A. (2005). Designing occupancy studies: general advice and allocating survey efforts. *Journal of Applied Ecology*, 42, 1105-1114. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01098.x>
- Marieb, K. (2006). *Jaguars in the new Millenium data set update: the state of jaguars in 2006*. Jaguar Conservation Program, Wildlife Conservation Society.
- Marquez, J. (2009). *Disponibilidad, uso de hábitat y estado de salud del jaguar (Panthera onca) en los parques nacionales Lagunas del Tigre y Sierra de Lacandón*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Fundación Defensores de la Naturaleza.
- Matamoros, M., Aranda, S., Ellis, D. Wildt, & Byers, O. (1997). *Plan regional para el manejo y la conservación de los félidos mesoamericanos*. UICN/SSC, Conservation Breedinf Specialist Goup.
- McCain, E., & Childs, J. (2008). Evidence of resident jaguars (*Panthera onca*) In the Southwestern United States and the implications for conservation. *Journal of Mammalogy*, 89 (1), 1-10. <https://doi.org/10.1644/07-MAMM-F-268.1>
- McNab, R. B. & Polisar, J. (2001). Una metodología participativa para una estimación rápida de la distribución del jaguar en Guatemala. En R. A. Medellín, J. A. De la Torre, H. Zarza, C. Chávez, & G. Ceballos (Eds.). *El jaguar en el siglo XXI: La perspectiva Continental* (pp. 265-288). Fondo de Cultura Económica.
- Mena, J. L., Yagui, H., Tejeda, V., Cabrera, J., Pacheco-Esquivel, J., Rivero, J., & Pastor, P. (2020). Abundance of jaguars and occupancy of medium- and large-sized vertebrates in a transboundary conservation landscape in the northwestern Amazon. *Global Ecology and Conservation*, 23, 2020, e01079. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01079>

- Mondolfi, E. & Hoogsteijn, R. (1986). Notes on the biology and status of the jaguar in Venezuela, En Miller, S. D. & Everett, D. D. (Eds.). *Cats of the World: biology, conservation and management* (pp. 85-123). National Wildlife Federation.
- Moreira, J., McNab, R. B., García, R., Méndez, V., Ponce-Santizo, G., Córdova, M., Tun, S., Caal, T., & Corado, J. (2008). *Densidad de jaguares en el Biotopo Protegido Dos Lagunas, Parque Nacional Mirador Rio Azul, Petén, Guatemala*. Wildlife Conservation Society.
- Moreira, J., García, R., McNab, R., Ponce-Santizo, G., Mérida, M., & Ruano, G. (2009). *Abundancia de jaguares y evaluación de presas asociadas al fototrampeo en las Concesiones Comunitarias del Bloque de Melchor de Mencos, Reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala*. Wildlife Conservation Society.
- Nelson, E. W. & Goldman, E. A. (1933). Revision of the jaguars. *Journal of Mammalogy*, 14, 221-240. <https://doi.org/10.2307/1373821>
- Nichols, J. D. & Williams, B. K. (2006). Monitoring for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(12), 668-673. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.08.007>
- Noss, A., Polisar, J., Maffei, L., García, R., & Silver, S. (2013). *Evaluating jaguar densities with camera traps*. Wildlife Conservation Society.
- Noss, R. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4, 355-364. <https://www.jstor.org/stable/2385928>
- Nowak, R. M. (1999). *The walking mammals of the world*. Johns Hopkins and University Press.
- O'Dell, T., Garman, S., Evenden, A., Beer, M., Nance, E., Perry, D., DenBleyker, R., ..., Thomas, L. (2005). *Northern Colorado Plateau inventory and monitoring network, vital signs monitoring plan*. U.S. Department of the Interior, National Park Service.

- Ordoñez, E. (2018). *Abundancia relativa y distribución de mamíferos medianos y grandes dentro del Parque Nacional Laguna Lachúa mediante el uso de cámaras trampa*. Fideicomiso para la Conservación en Guatemala [Fonacon].
- Ordoñez-Garza, N. (2014). Mastozoología en Guatemala: Un recorrido histórico desde los mayas hasta la primera década del siglo XXI. En Ortega, J., Martínez, J. L. & Tirira, D. G. (Eds.). *Historia de la Mastozoología en Latinoamérica, las Guayanas y el Caribe*. Editorial Murciélago Blanco y Asociación Ecuatoriana de Mastozoología.
- Paviolo, A., De Aangelo, C., Ferraz, K. M., Morato, R. G., Martínez, J., Srbeck-Araujo, A. C. ... Azevedo, F. (2016). A biodiversity hotspot losing its top predator: The challenge of jaguar conservation in the Atlantic Forest of South America. *Scientific Reports*, 6, 37147. <https://doi.org/10.1038/srep37147>
- Petracca, L. (2010). *Use of site occupancy modelling to delineate a jaguar corridor in southern Belize* [Tesis de maestría, Duke University]. <https://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/2161/Use%2520of%2520Site%2520Occupancy%2520Modeling.pdf?sequence=3>.
- Petracca, L., Ramírez-Bravo, O., & Hernández-Satín, L. (2013). Occupancy estimation of jaguar *Panthera onca* to assess the value of east-central México as a jaguar corridor. *Oryx*, 48(1), 133-140. <https://doi.org/10.1017/S0030605313000069>
- Pocock, R. I. (1939). The races of jaguar (*Panthera onca*). *Novitates Zoologicae*, 41, 406-422.
- Porras, A. (2015). *Caracterización de patrones de actividad y relaciones intra-específicas de jaguares (Panthera onca) en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas, Petén durante la época seca (2014-2015)*. Centro de Estudios Conservacionistas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Quigley, H., Foster, R., Petracca, L., Payan, E., Salom, R., & Harmsen, B. (2017). *Panthera onca* (errata version published in 2018). The IUCN Red List of Threatened Species

2017: e.T15953A123791436. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T15953A50658693.en>.

- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rabelo, F. M., Aragón, S. & Bicca-Márquez, J. C. (2019). Prey abundance drives habitat occupancy by jaguars in Amazonian floodplain river islands. *Acta Oecologica*, 97, 28-33. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.04.004>
- Sánchez-Pinzón, K., Reyna-Hurtado, R., Naranjo, E. J., & Keuroghlian, A. (2020). Peccaries and their relationship with water availability and their predators in Calakmul, México. *Therya*, 2020, 11 (2), 213-220. DOI: 10.12933/therya-20-878.
- Sanderson, E. W., Redford, K. H., Chetkiewicz, C. B., Medellín R. A., Rabinowitz A. R., Robinson, J. G., & Taber, A. B. (2002). Planning to save a species: the jaguar as a model. *Conservation Biology*, 16, 58–71. <https://www.jstor.org/stable/3061400>
- Sarr, D. A., Odion, D. C., Mohren, S. R., Perry, E. E., Hoffman, R. L., Bridly, L. K., & Merton, A. A. (2007). *Klamath network vital signs monitoring plan*. U.S. Department of the Interior, National Park Service.
- Schaller, G. B., & Crawshaw, P. Jr. (1980). Movement patterns of jaguar. *Biotropica*, 12, 161–168. <https://doi.org/10.2307/2387967>
- Seymour, K. L. (1989). *Panthera onca*. *Mammalian Species*, 340, 1-9.
- Sollman, R., Malzoni, M., Hoer, H., Jácomo, A. T., Mundim, N., & Silveira, L. (2012). Using occupancy models to investigate space partitioning between two sympatric large predators, the jaguar and puma in central Brazil. *Mammalian Biology*, 77, 41-46. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2011.06.011>
- Sunquist, M. & Sunquist, F. (2002). The essence of cats. En Sunquist, M. & Sunquist, F. (Eds.). *Wild cats of the World* (Pp. 11–13). University of Chicago Press.

- Sutherland, C. Royle, A., & Linden, D. (2018). oSCR: Multi-Session Sex-Structured Spatial Capture-Recapture Models. R package version 0.42.0.
- Thornback, J. & Jenkins, M. (1982). (comp). *IUCN Mammals Red Data Book, Part 1*.
- Tobler, M. W., Garcia-Anleu, R., Carrillo-Percategui, S. E., Ponce-Santizo, G., Polisar, J., Zuñiga-Hartley, A. E., & Goldstein, I. (2018). Do responsibly managed logging concessions adequately protect jaguars and other large and medium-sized mammals? Two case studies from Guatemala and Peru. *Biological Conservation*, 220, 245-253.
- Tobler, M. W., & Powell, G. V. N. (2013). Estimating jaguar densities with camera traps: Problems with current designs and recommendations for future studies. *Biological Conservation*, 159 (2013), 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.12.009>
- Yoccoz, N. G., Nichols, J. D., & Boulinier, T. (2001). Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in Ecology and Evolution*, 16 (8), 446-453. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02205-4](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02205-4)

Apéndice A

Individuos de jaguar registrados en el Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas y Parque Nacional Mirador Río Azul 2013-2019

Individuo	Sexo	Años con registro	Periodo	Consecutivos	Estatus
Alejandra	Hembra	5	5	5	Residente
Kinich Ajau-Macaco-Vivian	Hembra	5	7	4	Residente
Carlos	Macho	3	3	3	Residente
Jerson	Macho	3	3	3	Residente
Pablo	Macho	3	3	3	Residente
Rogelia	Hembra	3	4	2*	Residente
Agustín	Macho	2	2	2	2años
Calín-Damario-Edwin	Macho	2	2	2	2años
Chevito-Melsar-Salatiel	Macho	2	2	2	2años
Chilo	Macho	2	2	2	2años
Dalila	Hembra	2	2	2	2años
Gaby	Hembra	2	2	2	2años
Gaitán-Juanito	Macho	2	2	2	2años

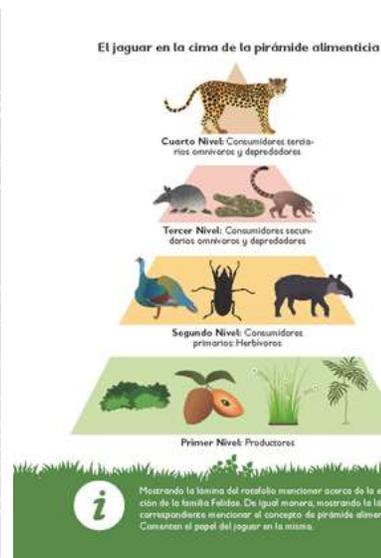
Individuo	Sexo	Años con registro	Periodo	Consecutivos	Estatus
Fredy	Macho	2	4	0	2años
Misti-Sabino	Macho	2	4	0	2años
Capuca	Hembra	2	3	0	2años
Darwin-Moisés	Macho	2	3	0	2años
Aderly-Bruno- Compota-Merlin- Merly	Macho	1			1año
Arturo	Macho	1			1año
Byron-Toro	Macho	1			1año
Caín	Macho	1			1año
Chun	Hembra	1			1año
Jaime	Macho	1			1año
Luis	Indeterminado	1			1año
Marvin	Indeterminado	1			1año
Mateo	Macho	1			1año
Mike/Canguro	Macho	1			1año
Mikela	Hembra	1			1año
Mynor	Hembra	1			1año

Individuo	Sexo	Años con registro	Periodo	Consecutivos	Estatus
Pulga-JP	Macho	1			1 año
Raquel	Hembra	1			1 año
Renan	Indeterminado	1			1 año
Santi	Indeterminado	1			1 año
Victor	Macho	1			1 año
Wichón	Macho	1			1 año
Adan-Jairo- Gabriel	Macho	1			1 año
Chaac	Macho	1			1 año
Decny-Joselo- Kukulcan	Macho	1			1 año
Ixchel	Hembra	1			1 año
Yum Kaax	Indeterminado	1			1 año
Zamná	Indeterminado	1			1 año
Zipacná	Indeterminado	1			1 año

Apéndice B

Imágenes del material de apoyo a la docencia “El equilibrio del jaguar: guía para capacitadores”

Disponible en: <http://cdc.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2020/12/Guia-Equilibrio-jaguar-USAC2020.pdf>



Apéndice C

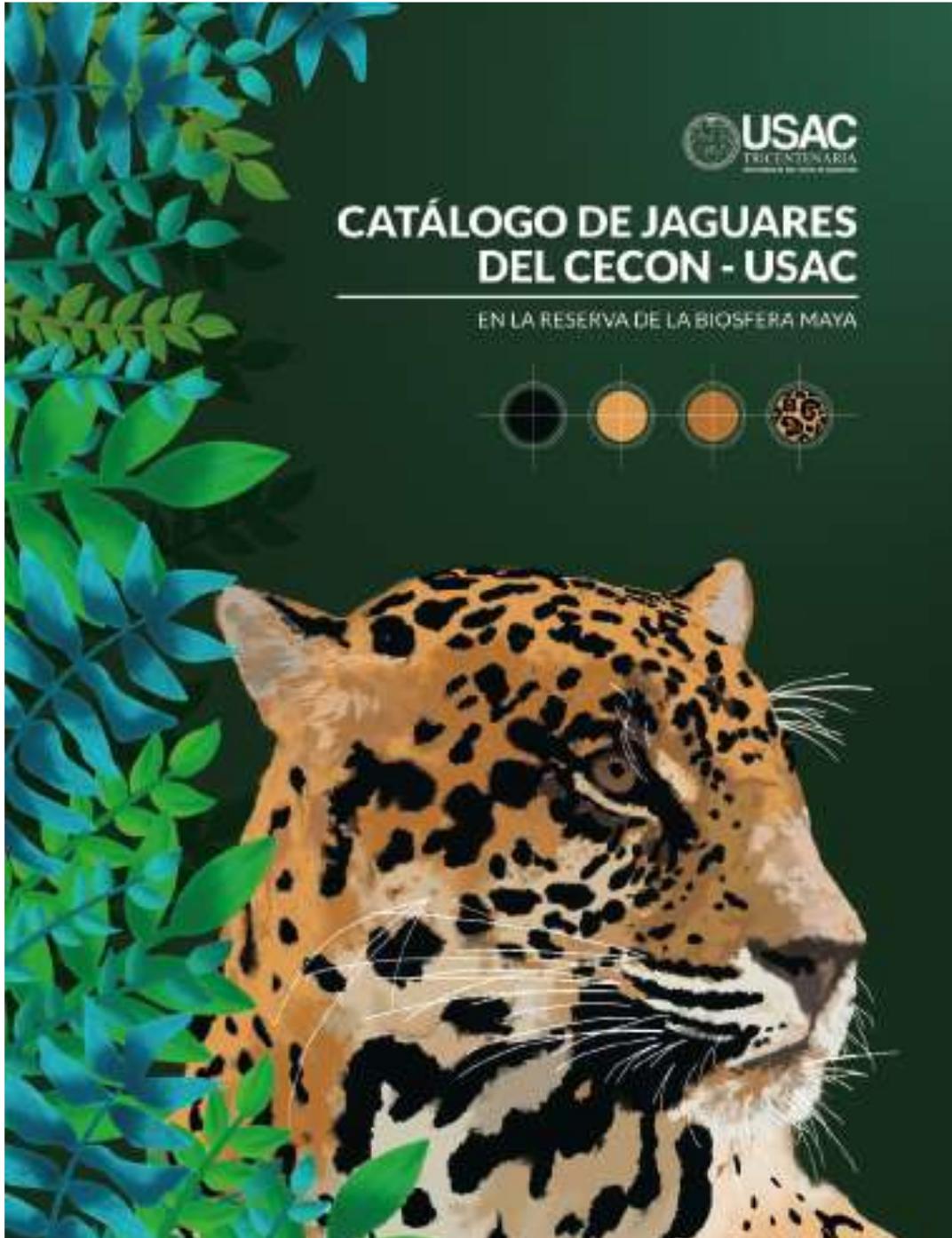
Imágenes del material de apoyo a la docencia “El equilibrio del jaguar: rotafolio”.

Disponible en: <http://cdc.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2020/12/Rotafolio-Equilibrio-jaguar-USAC2020.pdf>



Apéndice E

Carátula del documento divulgativo “Catálogo de jaguares del Cecon Usac”



Listado de los integrantes del equipo de investigación

Contratados por contraparte y colaboradores

Nombre	Firma
Manolo José García Vettorazzi	

Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro de personal	SI	NO	Firma
Manolo José García Vettorazzi	Coordinador	20020921	X		
Carlos Alberto Gaitán Santos	Auxiliar II	20160762	X		
Usi'j T'zununja' Bá Velásquez	Auxiliar II	20200823	X		
Pablo Andrés González Xiloj	Auxiliar II	20200787	X		

Guatemala 30 de noviembre 2020



Lic. Manolo J. García

Coordinador

Proyecto de investigación



Ing. Agr. Saúl Guerra

Coordinador PUIRNA



Ing. Agr. Rufino Salazar

Coordinador General de Programas