



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Nacional de Estudios Superiores,  
Unidad Morelia

**Situación actual del Jaguar (*Panthera onca*) en un  
ambiente de ganadería extensiva en Sierra de  
Vallejo, Nayarit**

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A

**CARLOS EDUARDO ILLESCAS MALAGÓN**

**TUTOR:** Dr. Rodrigo Núñez Pérez

**CO-TUTOR:** M. en C. Luis Fernando Alvarado Ramos

MORELIA, MICHOACÁN

Marzo, 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA  
SECRETARÍA GENERAL  
SERVICIOS ESCOLARES

**LIC. IVONNE RAMÍREZ WENCE**  
DIRECTORA  
DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
**PRESENTE**

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la **sesión ordinaria 13** del **Comité Académico de la Licenciatura en Ciencias Ambientales** de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia celebrada el día **12 de noviembre del 2018**, acordó poner a su consideración el siguiente jurado para la presentación del Trabajo Profesional del alumno **Carlos Eduardo Illescas Malagón** de la Licenciatura en **Ciencias Ambientales**, con número de cuenta **311050592**, con el trabajo profesional titulado: "Situación actual del Jaguar (*Panthera onca*) en un ambiente de ganadería extensiva en Sierra de Vallejo Nayarit", bajo la dirección como **tutor** del Dr. Rodrigo Núñez Pérez y como **co-tutor** al M. en C. Luis Fernando Alvarado Ramos.

El jurado queda integrado de la siguiente manera:

**Presidente:** Dr. Rodrigo Macip Ríos  
**Vocal:** Dr. Luis Daniel Ávila Cabadilla  
**Secretario:** Dr. Rodrigo Núñez Pérez  
**Suplente 1:** Dr. Fernando Antonio Rosete Vergés  
**Suplente 2:** Dr. Juan Luis Peña Mondragón

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Morelia, Michoacán a, 23 de noviembre del 2018.

  
**DR. VÍCTOR HUGO ANAYA MUÑOZ**  
SECRETARIO GENERAL

## **AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES**

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirme las puertas en mi formación de bachillerato y licenciatura. Por otorgarme la Beca de Titulación por Proyectos de Investigación para Egresados de Alto Rendimiento. Fue muy importante para poder llevar a cabo las actividades necesarias en la realización y finalización de este proyecto.

A la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia por los cuatro años de licenciatura y a todos los profesores que la conformaron en cada una de las materias cursadas. Mil gracias por prepararme para poder comprender y tratar de solucionar las distintas problemáticas ambientales que nos atañen hoy en día.

A la Unidad de Planeación y Manejo Territorial y todos los que la conforman por cobijarme durante casi dos años en su laboratorio mejorando este documento.

A servicios escolares y todos los que la integran por guiarme durante toda mi carrera y en este último proceso de titulación

Al comité que se encargó de dirigir y corregir esta tesis:

Dr. Rodrigo Macip Ríos (Miembro del jurado).

Dr. Luis D. Ávila Cabadilla (Miembro del jurado).

Dr. Juan L. Peña Mondragón (Miembro del jurado).

Dr. Fernando A. Rosete Vergés (Miembro del jurado).

Dr. Rodrigo Núñez Pérez (Miembro del jurado y asesor).

A las asociaciones civiles Conservación de Vida Silvestre y Desarrollo Comunitario y Proyecto Jaguar, por toda su confianza depositada en mí. A Rodrigo, Canek e Ivonne, sin ustedes esto no hubiera sido posible, gracias por todo su apoyo tanto económico, logístico y emocional.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de Nayarit por la proporción de datos para este estudio.

## **AGRADECIMIENTOS PERSONALES**

A mis padres Elvira y José, por todo su cariño, su apoyo incansable y por dejarme seguir siempre mis sueños. Por siempre guiarme por el camino correcto y alentarme a seguir adelante, por brindarme todas las herramientas necesarias, en especial en mi estancia en Morelia y en este proceso de titulación. Gracias por estar siempre. A mis hermanos Angel y Jesica, por siempre motivarme e inspirarme a seguir adelante, estuvieron siempre presentes en todo este proceso.

A mi asesor de tesis Rodrigo Núñez, por toda la paciencia y la confianza depositada en mí para la realización de este proyecto, por tu amistad, por todos esos consejos y charlas durante todo este proceso. Por contagiarme del verdadero compromiso con la conservación.

A mi co-asesor Fernando Alvarado, por la confianza en mí, por siempre brindarme una mano cuando la necesitaba y por hacer que este documento quedara lo mejor posible.

A Michelle, por todo tu apoyo y todo el amor que nos falta. No encuentro palabras para agradecer todo este tiempo contigo. Sin duda eres parte de este logro tan importante para mí, gracias por tu infinita paciencia en este proceso, por acompañarme en esas desveladas tratando de mejorar este documento, mil gracias por estar siempre.

A mis amigos de la carrera, Emiliano, Mau, Cesar, Carla, Annie, Mitzi, Karina, Tasha, Javi, JJ, Jairo y Pedro por todas esas risas, charlas, consejos, momentos y experiencias vividas durante toda la carrera, esperando que sean muchas más. Sin duda una de las mejores cosas que me dejó la universidad. A mis amigos de la infancia Erik, Pancho, Tony, Cezar y Ernesto, por motivarme a seguir mis sueños, a pesar de la distancia sé que puedo contar con ustedes en cualquier momento. Siempre era bueno verlos después de meses en Morelia.

A Canek, por todos esas experiencias y charlas amenas. El trabajo en campo era muy demandante, pero gracias a tu apoyo y consejos, que sin dudad me fueron de mucha ayuda, se facilitaron las caminatas y toda la puesta de cámaras.

A los habitantes de la comunidad de Úrsulo Galván, en especial a nuestro guía y amigo Reyes por hacer que adentrarnos a la selva fuera mucho más fácil.

## **DEDICATORIA**

*A mis padres José y Elvira  
por todo su amor e invaluable apoyo*

## ÍNDICE

Resumen .....	1
Abstract.....	3
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.1 Diversidad biológica en México.....	5
1.2 Selvas Medianas Subcaducifolias en México y Nayarit.....	6
1.3 Los carnívoros .....	7
1.4 Los felinos .....	7
1.5 El jaguar.....	9
1.5.1 Distribución del jaguar en América.....	10
1.5.2 Distribución del jaguar en México .....	12
1.5.3 Conservación y amenazas del jaguar.....	13
1.6 La ganadería en Nayarit.....	15
1.7 Importancia de conocer la situación actual del jaguar en la Sierra de Vallejo, Nayarit 17	
<b>2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>18</b>
2.1 Fototrampeo para el estudio de los carnívoros .....	18
2.2 Consecuencias a la pérdida de diversidad biológica .....	19
2.3 Densidades poblacionales de felinos en el mundo .....	20
2.3.1 Densidades poblacionales del jaguar en América .....	21
2.3.2 Densidades poblacionales del jaguar en México.....	22
2.4 Modelos de captura-recaptura .....	23
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>25</b>
3.1 Objetivo general.....	25
3.2 Objetivos específicos .....	25
<b>4. ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>26</b>
4.1 Ubicación .....	26
4.2 Fisiografía y geología .....	28
4.3 Clima.....	28
4.4 Vegetación .....	29

4.5 Fauna.....	31
4.6 Actividades humanas .....	32
<b>5. MÉTODOS .....</b>	<b>33</b>
5.1 Estimación de la abundancia y la densidad .....	33
5.1.1 Fototrampeo y diseño de muestreo.....	33
5.1.2 Análisis de datos captura-recaptura.....	35
5.2 Identificación del grado de conservación de la selva con mayores registros de jaguar .....	38
5.3 Tamaño poblacional del jaguar en la Sierra de Vallejo y la Sierra de Zapotán.....	40
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
6.1 Estimación de la abundancia y la densidad .....	41
6.2 Identificación del grado de conservación de la selva con mayores registros de jaguar .....	48
6.3 Tamaño poblacional del jaguar en la Sierra de Vallejo y la Sierra de Zapotán.....	50
<b>7. DISCUSIÓN.....</b>	<b>55</b>
7.1 Estimación de la abundancia y la densidad .....	55
7.2 Proporción de sexos en la población de jaguares.....	62
7.3 Identificación del grado de conservación de la selva con mayores registros de jaguar y ámbito hogareño .....	64
7.4 Tamaño poblacional del jaguar en la Sierra de Vallejo y la Sierra de Zapotán.....	67
7.5 Modelos espacialmente explícitos (SECR) y modelos convencionales de captura-recaptura.....	69
<b>8. IMPLICACIONES PARA SU CONSERVACIÓN.....</b>	<b>71</b>
<b>9. CONCLUSIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>10. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>11. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>74</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribución del jaguar histórica y actual en América .....	11
<b>Figura 2.</b> Distribución del jaguar histórica y actual en México. ....	13
<b>Figura 3.</b> Número de bovinos registrados por entidad federativa en el 2014.....	15
<b>Figura 4.</b> Número de cabezas de ganado totales y en dos municipios de Nayarit .....	16
<b>Figura 5.</b> Polígono de la Sierra de Vallejo y la Sierra de Zapotán, Nayarit .....	27
<b>Figura 6.</b> Dos capturas fotográficas del mismo jaguar .....	37
<b>Figura 7.</b> Dos capturas fotográficas de distintos jaguares .....	37
<b>Figura 8.</b> Estaciones de fototrampeo en la Sierra de Vallejo .....	44
<b>Figura 9.</b> Captura de individuos durante el periodo de muestreo.....	46
<b>Figura 10.</b> Densidades del diseño de muestreo y la submuestra analizados por medio del modelo convencional y el espacialmente explícito .....	47
<b>Figura 11.</b> Tipos de cubierta en la Sierra de Vallejo y la Sierra de Zapotán y estaciones de fototrampeo con registro y sin registro de jaguar .....	49
<b>Figura 12.</b> Individuos de jaguar registrados .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Especies de flora representativas de la Sierra de Vallejo y su categoría de riesgo en México .....	30
<b>Tabla 2.</b> Especies de fauna representativas de la Sierra de Vallejo y su categoría de riesgo en México.....	31
<b>Tabla 3.</b> Recategorización de los tipos de cubierta en el polígono de Sierra de Vallejo-Sierra de Zapotán .....	39
<b>Tabla 4.</b> Historia de captura del diseño de muestreo durante 50 días.....	42
<b>Tabla 5.</b> Historia de captura de la submuestra del diseño de muestreo durante 50 días.....	43
<b>Tabla 6.</b> Individuos capturados y recapturados en este estudio con sus distancias máximas recorridas .....	45
<b>Tabla 7.</b> Estimaciones de área efectiva de muestreo por medio de MMDM y 1/2MMDM.	45
<b>Tabla 8.</b> Registro de jaguares en los diferentes sitios de fototrampeo. ....	48
<b>Tabla 9.</b> Densidades estimadas para el diseño de muestreo y la submuestra por medio de los modelos convencionales y los espacialmente explícitos .....	56
<b>Tabla 10.</b> Densidades estimadas para jaguares por medio del fototrampeo en distintas zonas de México, bajo el método convencional captura-recaptura y el método espacialmente explícito captura-recaptura .....	58

## Resumen

Las poblaciones de jaguar (*Panthera onca*) en México se han reducido de manera considerable en las últimas décadas, en parte debido a la pérdida y fragmentación de su hábitat, así como a la cacería tanto del jaguar, como de sus presas. Conocer la abundancia de los felinos silvestres es muy importante para su conservación. A pesar de esto, poco se sabe de la situación de las poblaciones de jaguar en gran parte de México, entre ellas el sur del estado de Nayarit.

La Sierra de Vallejo, ubicada en la costa sur de Nayarit, es una región la cual se presume podría albergar a una importante población de jaguares, las cuales deben ser evaluadas con técnicas y metodologías apropiadas para estas especies. Para estimar poblaciones de jaguar en México se ha empleado tradicionalmente el muestreo de por lo menos 80 km<sup>2</sup> y un mínimo de 20 estaciones de fototrampeo, de igual forma, se ha empleado el análisis de captura-recaptura usando el programa CAPTURE y determinando el área efectiva de muestreo post-hoc. No obstante, actualmente se sugiere que una mayor área de muestreo y número de estaciones arrojan resultados más robustos. De igual forma, los modelos espacialmente explícitos (SECR) como el programa DENSITY se consideran una mejor opción de análisis de captura-recaptura.

El presente estudio tuvo como objetivo general estimar el tamaño poblacional del jaguar en la Sierra de Vallejo y Sierra de Zapotán, Nayarit. Como objetivos específicos calcular la abundancia poblacional y la densidad del jaguar, determinar la proporción de sexos dentro de la población de jaguares. Así como identificar el grado de conservación de la selva con mayores registros de jaguar y evaluar el efecto que tiene el tamaño del área de muestreo y

número de estaciones en los resultados de densidad analizados con el modelo convencional y el espacialmente explícito.

Con 42 estaciones y 150 km<sup>2</sup> se identificaron 14 ejemplares (siete machos y siete hembras) y se obtuvo una densidad de 6.0 ind/100 km<sup>2</sup> 1/2MMDM y 3.1 ind/100 km<sup>2</sup> MMDM con CAPTURE y 6.1 ind/100 km<sup>2</sup> con DENSITY. Para la submuestra de 29 estaciones y 80 km<sup>2</sup> se identificaron 10 jaguares (cinco machos y cinco hembras) y se obtuvo una densidad de 4.6 ind/100 km<sup>2</sup> 1/2MMDM y 2.2 ind/100 km<sup>2</sup> con CAPTURE y 4.7 ind/100 km<sup>2</sup> con DENSITY. Se calculó el tamaño poblacional del jaguar de 34 a 44 jaguares aproximadamente en zonas conservadas dentro del polígono propuesto como ANP. El grado de conservación de la selva que se identificó con mayores registros de jaguar fue la cubierta “Conservada”, encontrando 10 jaguares independientes y dentro de la “No conservada” se registraron siete jaguares, repitiéndose tres individuos en ambas cubiertas. No se encontraron diferencias significativas en el uso de hábitat.

Nuestros resultados demuestran claramente que Sierra de Vallejo concentra una población importante de jaguares. De igual forma, confirma que de acuerdo al tamaño e intensidad de muestreo los resultados de densidad pueden variar de manera importante y se puede traducir en toma de decisiones erróneas. La protección de esta zona es fundamental para la conservación de la especie en México.

## Abstract

The populations of jaguars (*Panthera onca*) in Mexico have been reduced considerably in recent decades, mainly due to the loss and fragmentation of their habitat, and by the effects of hunting on both, the jaguar and its prey. Estimate of the abundance of wild cats is very important for their conservation. Despite this, little is known about jaguar populations in some areas of Mexico such as Nayarit.

Sierra de Vallejo, (on the coast of Nayarit) is a region which could host a large population of jaguars, however, this is essential to have appropriate methodologies to evaluate their populations. For jaguars, the usual technique consist in sampling at least 80 km<sup>2</sup> and a minimum of 20 photo-trapping stations. It is suggested that a larger sampling area yields to more robust results, likewise, capture-recapture analysis has been employed using the CAPTURE program and determined the effective post-hoc sampling area. Currently, spatially explicit models (SECR) are considered a better option to determine population density.

The general objective of this study was to calculate the population size of the jaguar in Sierra de Vallejo and Sierra de Zapotán, Nayarit. The specific objectives include calculate the population abundance and jaguar density, determine the sex ratio within the jaguar population, and identify the degree of conservation of the rain forest with the largest jaguar records and evaluate the effect of the size of the sampling area and number of stations in the density results analyzed with the conventional and the spatially explicit models.

The population size of the jaguar in conserved areas within the Sierra de Vallejo-Sierra de Zapotán polygon was calculated of 34 jaguars. For the first sampling design (42 stations and

150 km<sup>2</sup>) get the results of 14 individuals (seven males and seven females) with a density of 6.0 ind/100 km<sup>2</sup> 1/2MMDM and 3.1 ind/100 km<sup>2</sup> MMDM obtained with program CAPTURE and 6.1 ind / 100 km<sup>2</sup> with program DENSITY 5.0. When a smaller area of sampling was used (29 stations and 80 km<sup>2</sup>), 10 jaguars (five males and five females) were identified and with density of 4.6 ind/100 km<sup>2</sup> 1/2MMDM and 2.2 ind/100 km<sup>2</sup> MMDM was obtained with CAPTURE and 4.7 ind / 100 km<sup>2</sup> with DENSITY. The habitat type identified with the largest jaguar records for the first sampling design was the "Conserved" cover, finding 10 independent jaguars and within the "Not conserved" seven jaguars were recorded, repeating three individuals in both covers. No significant differences were found in the use of habitat.

Our results clearly show that Sierra de Vallejo is one of the areas in Mexico that concentrates a significant population of jaguars. Similarly, this shows that according to the size and intensity of the sampling, the density results can vary significantly and can be translated into erroneous decision making. The protection of this area is fundamental for the conservation of this species in Mexico.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Diversidad biológica en México

México se caracteriza por tener una amplia diversidad biológica y es catalogado como un país megadiverso, esta riqueza de especies se debe principalmente a su ubicación geográfica, a su alto grado de heterogeneidad ambiental y a su historia biogeográfica (Sarukhán et al., 2009; Ramírez-Pulido et al., 2005; Toledo, 1988). Es el cuarto país con mayor diversidad biológica a nivel mundial (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). Se han identificado alrededor de 25 mil especies de plantas vasculares (Rzedowski, 1991) y 5,488 especies de vertebrados (aves, peces, anfibios, reptiles y mamíferos) (Ramírez-Pulido et al., 2005). Los mamíferos es uno de los grupos más diversos en México, colocándose en el tercer lugar a nivel mundial, con alrededor de 535 especies (Sarukhán et al., 2009; Ramírez-Pulido et al., 2005).

De las 535 especies de mamíferos en México, 450 especies pertenecen a los mamíferos terrestres, los restantes corresponden a mamíferos marinos (Cervantes et al., 1994; Ramírez-Pulido et al., 2005). Dentro de las especies de mamíferos terrestres, se encuentran los mamíferos pequeños, compuestos en su mayoría por pequeños roedores y murciélagos, de igual forma, se encuentran los mamíferos medianos y grandes (Cervantes et al., 1994). Esta gran diversidad biológica representa de igual forma a los distintos tipos de ecosistemas en donde habitan estas especies. En México, se han registrado alrededor de 58 tipos de ecosistemas, que van desde matorrales y bosques hasta manglares y selvas (INEGI, 2014b; Challenger y Soberón, 2008).

## **1.2 Selvas Medianas Subcaducifolias en México y Nayarit**

En México las selvas medianas subcaducifolias (SMSC) se distribuyen mayormente por la vertiente del Pacífico y Caribe, desde el centro de Sinaloa hasta la zona costera de Chiapas y Yucatán, pasando por los estados de Nayarit, Jalisco, Guerrero y Oaxaca (INEGI, 2017; Rzedowski, 2006; Maass et al., 2010). En este sentido, las SMSC son de gran importancia ya que albergan una amplia diversidad de especies de flora y fauna (Rzedowski, 2006). Su extensión cubre alrededor de 419 mil hectáreas en México y representan a nivel nacional el 0.21 % respecto a todos los tipos de vegetación (Rzedowski, 2006).

Estas selvas están disminuyendo drásticamente, de manera que actualmente las podemos encontrar en forma de manchones discontinuos, aislados y con alta probabilidad de desaparecer (INEGI, 2017; Rzedowski, 2006). Una de las principales amenazas para las SMSC en México es la deforestación a gran escala (FAO, 2009), lo que ha llevado a la transformación de millones de hectáreas de selvas a plantaciones agrícolas y tierras de agostadero para la ganadería extensiva, siendo esta última de las más perjudiciales para este tipo de vegetación (FAO, 2009; Maass et al., 2010).

A nivel nacional, el estado de Nayarit forma parte de los estados en el occidente de México que albergan a las SMSC y es considerado uno de los estados con mayor diversidad de vertebrados, con aproximadamente 621 especies, las cuales en su mayoría se encuentran en estas selvas (Rzedowski, 2006; Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; Sánchez-Cordero et al., 2014). Asimismo, Nayarit se coloca en un rango entre medio y alto grado de prioridad para la conservación de mamíferos. Del total de mamíferos registrados para México (535 especies) (Cervantes et al., 1994; Ramírez-Pulido et al., 2005), se han reportado

aproximadamente 115 especies para Nayarit, de las cuales 54 son terrestres y las restantes marinas y/o voladoras (Ceballos et al., 1998; Sánchez-Cordero et al., 2014).

### **1.3 Los carnívoros**

Dentro del grupo de los mamíferos se encuentra el gremio de los carnívoros, los cuales tienen un amplio espectro alimenticio que va desde frutas e insectos hasta grandes vertebrados (Ewer, 1973). Sin embargo, es uno de los grupos más vulnerables a la extinción, debido principalmente a presiones antropogénicas como la cacería, la disminución de sus presas naturales y la destrucción de su hábitat (Cardillo et al., 2004; Hernández-Huerta, 1992; Ripple et al., 2014). Aunado a esto, su tasa reproductiva es baja y necesitan grandes extensiones de territorio para satisfacer sus necesidades biológicas (Cardillo et al., 2004).

### **1.4 Los felinos**

Los félicos, junto con el grupo de los úrsidos y cánidos forman parte de los grandes carnívoros. El continente americano alberga 12 de las 40 especies de felinos que existen actualmente en el mundo (Nowell y Jackson, 1996). Son esencialmente depredadores y de los más especializados para cazar a sus presas, capaces de capturar presas de tallas iguales o similares a su peso con ayuda de sus mandíbulas provistas de grandes caninos y garras retractiles para capturar y matar con eficacia (Ewer, 1973; McDonald y Loveridge, 2010). Asimismo, los felinos que cazan mediante el acecho están mejor adaptados a ambientes con vegetación densa como las SMSC, debido a que tienen un cuerpo más adecuado para cazar

mediante el sigilo y carreras cortas (Kleiman y Eisenberg, 1973; Eisenberg, 1986). Estas adaptaciones por parte de los felinos se deben principalmente a las necesidades por alimentarse y sobrevivir (Kleiman y Eisenberg, 1973).

La familia felidae se distribuye en prácticamente todos los continentes, menos en los polos, en Australia ni Oceanía (Ewer, 1973). En México existen 6 de las 12 especies de felinos en el continente americano: lince (*Linx rufus*), el tigrillo o margay (*Leopardus wiedii*), el ocelote, (*Leopardus pardalis*), el jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), el puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*) (Ceballos et al., 2010; Nowell y Jackson, 1996).

Los felinos y los grandes carnívoros o carnívoros “tope” en general, juegan un papel muy importante y único en los ecosistemas, puesto que, ejercen un control de arriba hacia abajo o *top-down*, es decir, la abundancia de cada nivel trófico está determinada por los individuos del nivel trófico superior (Menge, 1992). De esta forma, contribuyen a regular las poblaciones de los mesodepredadores y herbívoros, éstos a su vez regulan especies más pequeñas y el crecimiento de la vegetación (Hairston et al., 1960; Menge, 1992). La eliminación de depredadores “tope” origina cambios estructurales en el ecosistema, lo cual lleva a la disminución de la diversidad biológica (Clark et al., 1996). En este sentido, la protección de estas especies influye de manera directa e indirecta en el resto de las especies en el ecosistema (Miller y Núñez, 1999; Ripple et al., 2014).

## 1.5 El jaguar

El jaguar (*Panthera onca*), es el depredador más grande de México y del continente americano. Es un felino corpulento con las mandíbulas más fuertes del mundo (Seymour, 1989). Es un depredador que ocurre en una amplia variedad de hábitats con vegetación densa (Brown y López-González, 2001), sin embargo, los drásticos cambios que han sufrido estos sitios debido a presiones antropogénicas han obligado a que el jaguar, siendo una especie versátil, se adapte a hábitats con cierto grado de perturbación (Brown y López-González, 2001; Sanderson et al., 2002; Núñez, 2007; Núñez, 2011a).

Como todos los carnívoros, el jaguar requiere de la disponibilidad de presas para sobrevivir (Seymour, 1989; Oliveira, 1994; Caso et al., 2008). La densidad de presas nos puede decir de manera indirecta la cantidad de energía o alimento disponible en un área para esta especie y en algunos casos predecir la abundancia de éstos (Eisenberg, 1986; Carbone y Gittleman, 2002). Este felino se alimenta de una amplia variedad de presas a lo largo de toda su distribución, se han identificado más de 85 especies de presas (Seymour, 1989). En México, dentro de sus presas más importantes están mamíferos de talla grande y mediana como el venado cola blanca (*Odocoileos virginianus*), el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), el coati (*Nasua narica*) y el armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*) (Aranda, 1998; Núñez, et al. 2000; Ceballos, 2012). Es una especie oportunista, la cual no se especializa en un solo alimento. Al no haber presas naturales disponibles, rápidamente hace uso del recurso alternativo disponible, el cual puede ir desde aves de corral hasta ganado vacuno (Rabinowitz, 1986; Núñez, 2007; Hoogesteijn et al., 2017).

### **1.5.1 Distribución del jaguar en América**

A finales del siglo XIX abarcaba una amplia extensión geográfica desde Arizona hasta la zona norte de Argentina (Ceballos et al., 2012). La distribución del jaguar se ha visto modificada a través del tiempo, hoy en día, debido a la pérdida del hábitat, el jaguar ha desaparecido de gran parte de su distribución histórica, incluso se considera extinto en países como el Salvador y Uruguay (Ceballos et al., 2012) (Figura 1).



Figura 1. Distribución del jaguar histórica y actual en América (Figura tomada de Panthera, 2016).

Las zonas en donde se localizan las mayores poblaciones de jaguar se ubican en cinco zonas del continente americano: en el noreste de Brasil se encuentra el Pantanal, el Cerrado y la Amazonía; en Perú; los Llanos de Colombia y Venezuela y la selva Maya en el sureste de México (Ceballos et al., 2012) (Figura 1). Para el año 2012 se estimó la población del jaguar a nivel mundial en 50 000 individuos. Es en Brasil donde habitaban aproximadamente el 60% de ellos (Ceballos et al., 2012).

### **1.5.2 Distribución del jaguar en México**

La distribución histórica del jaguar en México se expandía desde los estados de Campeche y Yucatán y por casi toda la costa del océano Pacífico, desde las zonas tropicales y subtropicales en los estados de Chiapas, hasta los estados de Sonora y Tamaulipas (Ceballos et al., 2010) (Figura 2). Actualmente, el jaguar ocurre en ambientes en donde las poblaciones humanas han invadido su espacio (Ceballos et al., 2010). Las poblaciones de jaguar han disminuido considerablemente y su distribución se ha reducido aproximadamente más del 60% del área que ocupó originalmente en México (Chávez y Ceballos, 2006) (Figura 2 y 3). La población estimada para el 2012, fue de menos de 5 mil individuos a nivel nacional (Ceballos et al., 2012).

Las principales zonas en las que se concentran las mayores poblaciones de jaguar son: Calakmul, Campeche; en las selvas de Yucatán; en la selva Lacandona en Chiapas; en los Chimalapas en Oaxaca, y en las selvas y manglares de Jalisco, Nayarit y Sinaloa (Ceballos et al., 2010).



Figura 2. Distribución del jaguar histórica y actual en México (Figura tomada de Panthera, 2016)

### 1.5.3 Conservación y amenazas del jaguar

Actualmente, el jaguar a nivel internacional se encuentra dentro del Apéndice I de la Convención Internacional del Tráfico de Especies (CITES) (CITES, 2013). Para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) la especie está catalogada como “Casi amenazado” (NT por sus siglas en inglés) (Quigley et al., 2017). En México se encuentra dentro de la Norma Oficial Mexicana 059 bajo la categoría “Peligro de extinción” (NOM-059 SEMARNAT) (DOF, 2010).

Las poblaciones de jaguar en México enfrentan diversas amenazas, teniendo consecuencias directas en el tamaño de sus poblaciones (Jedrzejewski et al., 2017). Una de

estas amenazas es el conflicto entre los jaguares y las actividades pecuarias, se ha calculado que en México se pierden cerca de 100 jaguares al año debido a esta interacción (Ceballos et al., 2010). Actualmente su hábitat sufre una gran presión debido a la deforestación para dar continuidad a la expansión de la frontera agrícola-ganadera, generando problemas ecológicos y sociales entorno a la especie (Núñez, 2007; Hoogesteijn et al., 2017; Rabinowitz, 1986).

El conflicto entre jaguares y ganaderos puede ser considerado el mayor problema a resolver en toda su área de distribución, en especial en zonas donde la ganadería se realiza de forma extensiva (Zimmermann et al., 2005). En México, el medio rural se caracteriza por tener economías de subsistencia, en algunos casos, la ganadería es el principal sustento para las familias y en otros se considera una actividad secundaria que les sirve como reserva en caso de problemas económicos (Núñez, 2007; Peña-Mondragón y Castillo, 2013). En esos casos, la depredación de ganado puede representar para ellos una gran pérdida económica (Núñez, 2007; PACE, 2009; Peña-Mondragón, 2015).

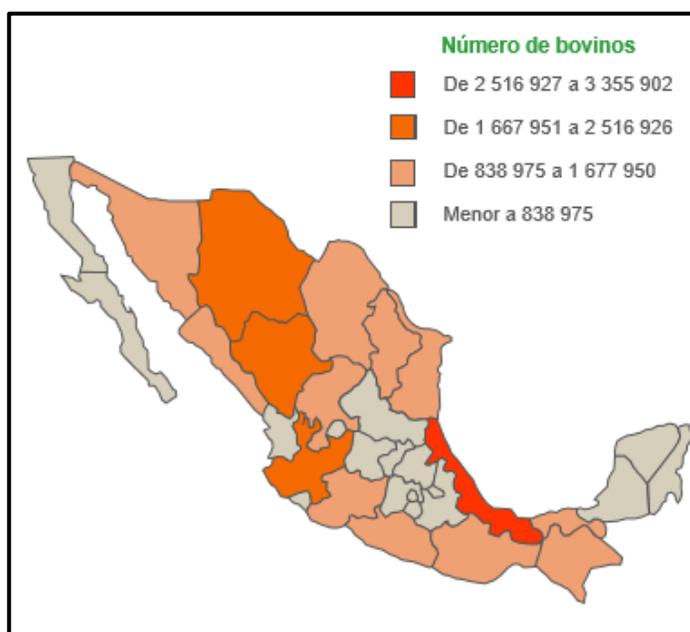
La depredación del ganado por parte del jaguar es considerada por los habitantes como una gran pérdida económica y es motivo suficiente para sacrificar a estos depredadores (Burgas et al., 2014; Jedrzejewski et al, 2017). Se tiene registrado que en la Sierra de Vallejo en Nayarit existe envenenamiento a jaguares y muertes por arma de fuego (Núñez, 2007). En esta zona han señalado que, de ser compensados por la pérdida de su ganado, no tendrían la necesidad de sacrificar a depredadores como el jaguar (Núñez, 2007; Hoogesteijn y Hoogesteijn, 2011).

La depredación de ganado puede atribuirse a varios factores por parte del depredador; como ser individuos viejos, juveniles inexpertos y enfermos o heridos, disminuyendo sus capacidades físicas para cazar presas naturales (Hoogesteijn y Hoogesteijn, 2011). Aunado a

esto, la falta de presas naturales y la disponibilidad tan alta de ganado bovino de forma extensiva en la zona, hacen que la relación entre el jaguar y el ganado se intensifique (CONANP, 2012; Rabinowitz, 1986; Polisar et al., 2003). Se ha argumentado que la pérdida de riqueza y de abundancia de las presas naturales tiene un efecto directo en los ataques de jaguar al ganado (Weber y Rabinowitz, 1996; Hoogesteijn y Hoogesteijn, 2011).

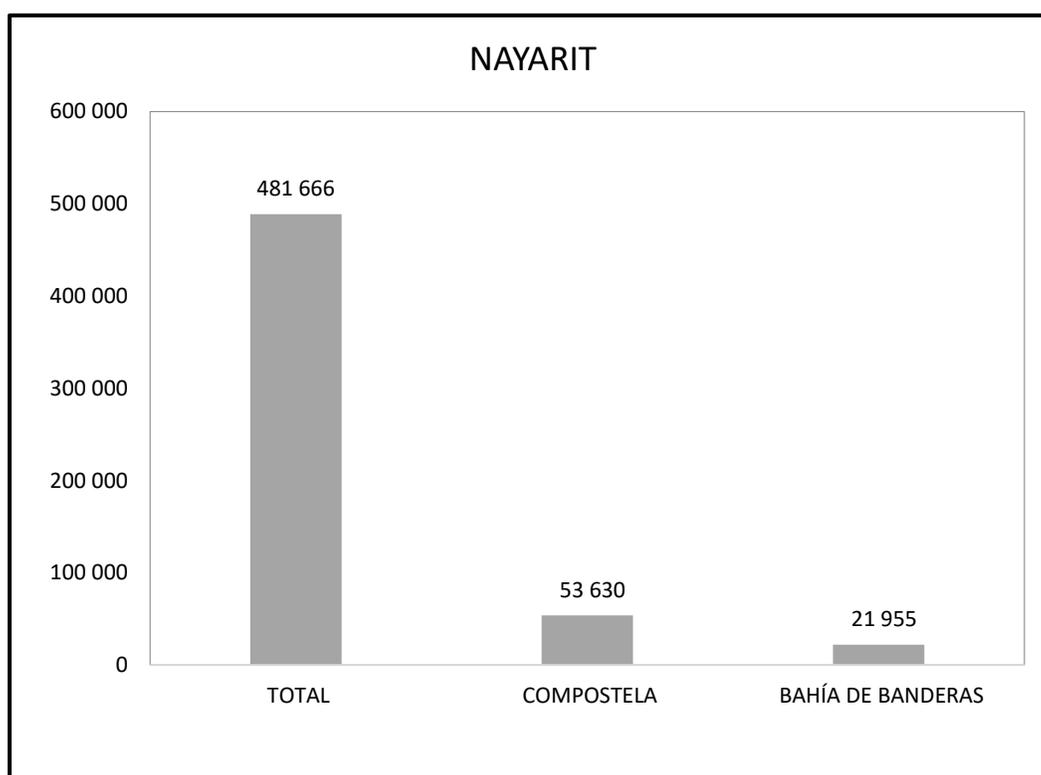
## 1.6 La ganadería en Nayarit

Para el año 2014 se registraron alrededor de 28 millones de cabezas de ganado bovino a nivel nacional (Figura 3). El estado de Nayarit se colocó en la posición número 18 con 481,666 cabezas de ganado (INEGI, 2014a).



**Figura 3. Número de bovinos registrados por entidad federativa en el 2014 (Figura tomada de INEGI, 2014).**

El estado de Nayarit está dentro de los estados con menor número de bovinos registrados en proporción con todos los estados (INEGI, 2014a). Cabe destacar que estos datos son sólo de cabezas de ganado registradas ante el Padrón Ganadero Nacional. A nivel municipal, Compostela es el municipio con mayor número de cabezas de ganado registradas en Nayarit, con un total de 53 mil 630 y Bahía de Banderas con 21 mil 955 cabezas de ganado (INEGI, 2007). La importancia de estos dos municipios es debido a que son los que componen el área de estudio de la Sierra de Vallejo (Figura 4).



**Figura 4. Número de cabezas de ganado totales y en dos municipios de Nayarit (Elaboración propia, datos de INEGI, 2007).**

## **1.7 Importancia de conocer la situación actual del jaguar en la Sierra de Vallejo, Nayarit**

La conservación de especies como el jaguar, es de suma importancia debido a que juegan un papel clave dentro de su hábitat y la disminución de sus poblaciones podría ocasionar un desequilibrio en el ecosistema, desencadenando alteraciones en las cadenas tróficas (Rabinowitz y Nottingham, 1986; Núñez, 2007; McDonald y Loveridge, 2010).

Es esencial conocer la situación actual del jaguar en una zona con ganadería extensiva como Sierra de Vallejo, Nayarit, para desarrollar planes y esfuerzos de conservación de la especie. Los depredadores tope como el jaguar, juegan un rol muy importante de regulación dentro de los ecosistemas, y su desaparición podría causar severos efectos en los procesos ecológicos (Gittleman y Gomper, 2005). En este trabajo se calculó la abundancia y la densidad poblacional y se estimó el tamaño poblacional del jaguar en la Sierra de Vallejo y Sierra de Zapotán, de igual forma la proporción de sexos en la población de jaguares. Simultáneamente se identificó el tipo de hábitat con mayores registros de jaguar y se evaluó el efecto del tamaño de área de muestreo y número de estaciones en los resultados de densidad, analizados por medio de los modelos espacialmente explícitos (SECR) y los modelos convencionales. Como especie clave es esencial conocer el estado actual de sus poblaciones en ecosistemas antropizados como la Sierra de Vallejo, de esta forma se tendrá un mejor panorama de la situación del jaguar para realizar esfuerzos a favor de su conservación.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Fototrampeo para el estudio de los carnívoros**

El estudio de la ecología animal ha sido un tema ampliamente estudiado, la mayoría de los estudios se concentran en entender qué hábitats ocupan las especies, el aumento o disminución de sus poblaciones y las causas que influyen en esto (Burt, 1943; Bailey, 1993; Carbone y Gittleman, 2002; Cagnacci et al., 2010). Particularmente el conocimiento sobre los mamíferos se ha incrementado recientemente y con ello el surgimiento de nuevas tecnologías que ha permitido el uso de herramientas de investigación que facilitan y optimizan estos procesos, un ejemplo de ello son las cámaras trampa (Karanth y Nichols, 1998; Díaz-Pulido y Payan, 2012). Uno de los usos principales de las cámaras trampa ha sido para determinar la ausencia o presencia de animales, patrones de actividad, relación depredador-presa, calcular abundancia y densidad o bien, para evaluar los planes de conservación de cualquier especie, entre otros usos (Karanth et al., 2006; Weckel et al., 2006; Ávila et al., 2016). Las cámaras trampa, en combinación con algunos análisis estadísticos de captura-recaptura, permiten estimar las densidades poblacionales de distintas especies de fauna, principalmente de mamíferos en diferentes partes del mundo (Karanth y Nichols, 1998; de la Torre, 2009). Esta técnica no invasiva, permite identificar a los individuos fotografiados por medio del patrón de manchas en la piel de distintas especies crípticas o marcas distintivas en los individuos, según sea el caso (Karanth y Nichols, 1998).

Dentro del grupo de los mamíferos, la investigación de los carnívoros ha venido en aumento (Karanth et al., 2006), debido especialmente a la presión antropogénica que entran en conflicto con las necesidades biológicas básicas de los mamíferos y la intención de conservarlos (Karanth et al., 2006). A lo largo del tiempo se han desarrollado estudios para

estimar la abundancia poblacional de distintas especies de carnívoros (Aranda, 1996; Carbone y Gittleman, 2002; Chávez, 2010; Figel et al., 2016; Mattioli et al., 2018). La estimación de abundancias y densidades por hábitat es fundamental para entender distintos patrones macroecológicos (Díaz-Pulido y Payan, 2011). En este sentido, la abundancia de las especies clave dentro de los ecosistemas es fundamental para diseñar e impulsar actividades de conservación (Gross et al., 1996; Woodroffe y Ginsberg, 1998).

## **2.2 Consecuencias a la pérdida de diversidad biológica**

La eliminación de la diversidad biológica puede traer graves consecuencias a los distintos ecosistemas, un ejemplo de esto fue lo que documentó Burgas et al. (2014) en Guanacaste, Costa Rica, en donde evaluaron la riqueza y abundancia relativa de especies de fauna silvestre en dos fincas (una con ataques al ganado por parte de grandes felinos y otra sin ataques). Donde no existen ataques la abundancia relativa de especies silvestres es mayor que en la finca donde si hubo ataques. Esto apoya la idea de mantener y recuperar las poblaciones de las presas naturales del jaguar como medida para reducir los ataques al ganado y así mantener las poblaciones de jaguar (Burgas et al., 2014; Cassaigne et al., 2016). Hoy en día se sabe que la gran mayoría de los casos de depredación de carnívoros silvestres sobre animales domésticos refleja algún tipo de desequilibrio en el ecosistema local (Hoogesteijn y Hoogesteijn, 2005).

La disminución de las poblaciones de los grandes carnívoros como el jaguar debido a la cacería o envenenamiento es un problema que viene ocurriendo desde hace tiempo y podría ser considerado como una de las causas más importantes del decline de sus

poblaciones (Jedrzejewski et al., 2017). La cacería, en muchas ocasiones es en respuesta a la depredación de ganado y estos ataques son más frecuentes debido a la disminución de sus presas naturales (Weber y Rabinowitz, 1996). Es decir, la abundancia de estas presas podría tener un efecto directo en la frecuencia de ataques al ganado (Weber y Rabinowitz, 1996; Hoogesteijn y Hoogesteijn, 2005; Hoogesteijn y Hoogesteijn, 2011).

Como medidas para poder disminuir los ataques al ganado se han diseñado manuales sencillos en los cuales se pretende proveer a los ganaderos de una herramienta para poder conocer al depredador del ganado, medidas para el manejo de sus rebaños y brindar posibles soluciones para lograr una coexistencia entre los félidos y el ser humano (Hoogesteijn y Hoogesteijn, 2005).

### **2.3 Densidades poblacionales de felinos en el mundo**

La estimación de abundancias y densidades de felinos se ha realizado en distintas partes del mundo para distintas especies entre ellas los felinos, tal es el caso de Bhutan, Asia, en donde se obtuvieron densidades de 0.52 ind/100 km<sup>2</sup> para el tigre (*Panthera tigris tigris*) y 1.04 ind/100 km<sup>2</sup> para el leopardo (*Panthera pardus fusca*) (Wangyel y Macdonald, 2009). En Nagarhole, India se obtuvo una densidad de 13.3 ± 14.7 ind/100 km<sup>2</sup> para el tigre (*Panthera tigris*) (Karanth, 1994). Mientras que, en La Paz, Bolivia se estimó una densidad de ocelotes de 40.5 ind/100 km<sup>2</sup> (Ayala et al., 2010). En Rumbak, India se calculó una densidad para el leopardo de las nieves (*Panthera uncia*) de 8.49 ± 0.22 ind/100 km<sup>2</sup> (Jackson et al., 2005). Para el caso del puma (*Puma concolor*), una especie ampliamente distribuida

en América, se determinó para Bolivia una densidad de  $6.8 \pm 1.5$  ind/100 km<sup>2</sup>, para Belize de  $3.4 \pm 1.3$  ind/100 km<sup>2</sup> y para Argentina de  $0.67 \pm 0.2$  ind/100 km<sup>2</sup> (Kelly et al., 2008).

La información obtenida en cada uno de los estudios fue con el fin de conocer y entender la situación poblacional de cada especie en las diferentes zonas de estudio, para así tener mayores herramientas e impulsar actividades a favor de su conservación.

### **2.3.1 Densidades poblacionales del jaguar en América**

Para el jaguar se han realizado estudios a lo largo del continente americano, sobre el ámbito hogareño (Núñez, 2006), la distribución espacial (Chávez y Ceballos, 2006) y la abundancia y densidad (Ceballos et al., 2002; de la Torre y Medellín, 2011; Núñez et al., 2017) entre otros. Dentro de los estudios de densidad se han reportado en el Chaco Boliviano una densidad de  $5.2 \pm 1.7$  jaguares/100 km<sup>2</sup> (Maffei et al. 2004), en el Parque Nacional el Corcovado en Costa Rica de 6.98 jaguares/100 km<sup>2</sup> (Salom-Pérez et al. 2007), en la cuenca del Cockscomb en Belice de 10 jaguares /100 km<sup>2</sup> (Harmsen et al. 2009), para el Pantanal en Brasil de 11.7 jaguares/100 km<sup>2</sup> (Soisalo y Cavalcanti, 2006). Todos los datos reportados para el jaguar se han utilizado los modelos de captura-recaptura convencionales. También se han desarrollado estudios para mejorar las estimaciones de la densidad del jaguar con modelos espacialmente explícitos (SECR), un ejemplo es el que se realizó en la Guyana Francesa, encontrando una densidad de  $3.22 \pm 0.87$  SE ind/100 km<sup>2</sup> (Petit et al., 2017).

### 2.3.2 Densidades poblacionales del jaguar en México

En México, se han realizado monitoreos del jaguar a lo largo del tiempo; en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, se obtuvo una densidad de 1 ind/24 a 27 km<sup>2</sup> (Aranda, 1998). En estudios más recientes se ha obtenido densidades de 5.3 ind/100 km<sup>2</sup> para la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco (Núñez, 2011a), en Montes Azules, Chiapas 4.7 ± 1.7 ind/100 km<sup>2</sup> (de la Torre, 2009), en Marismas Nacionales, Nayarit de 5.9 ind/100 km<sup>2</sup> (Núñez, 2011b), en Cacaxtla, Sinaloa con una densidad de 1.59 ind/100 km<sup>2</sup> (Coronel-Arellano et al., 2017), estos estudios por medio de los modelos de captura-recaptura convencionales. En la Reserva El Edén, Quintana Roo se estimó una densidad de 3.5 ind/100 km<sup>2</sup> (Ávila et al., 2015), utilizando los modelos espacialmente explícitos, al igual que en San Blas, Nayarit donde se encontró una densidad de 2.4 ind/100 km<sup>2</sup> (Figel et al., 2016). Cabe destacar que son sólo algunos ejemplos de los esfuerzos para la estimación de la densidad de la especie en México.

A pesar de estos esfuerzos para conocer la densidad poblacional de jaguares en México, poco se sabe de las poblaciones de este felino en paisajes con alta densidad humana en el estado de Nayarit. En el 2010, bajo el marco del Programa de Conservación de Especies en Riesgo de la CONANP, se realizó el primer estudio para conocer la abundancia y distribución potencial del jaguar en la Sierra de Vallejo y su área de influencia, encontrando una densidad mínima de 4.6 jaguares/100 km<sup>2</sup> (Núñez et al., artículo en revisión). Además, se encontró que la abundancia de las presas potenciales: venado cola blanca, pecarí, tejón y armadillo era baja (Núñez et al; artículo en revisión). La estimación de estas densidades, tiene una gran relevancia y su objetivo es estudiar a la biodiversidad y conservación de la fauna silvestre, conociendo el estado de sus poblaciones (Kelly, 2008; Tobler et al., 2008).

## 2.4 Modelos de captura-recaptura

Para conocer el estado de las poblaciones del jaguar se han realizado estudios de la estimación de abundancias y densidades poblacionales, con métodos estandarizados como es el caso del Censo Nacional del Jaguar (CENJAGUAR), utilizando técnicas como captura-recaptura por medio del fototrampeo y programas como CAPTURE (Otis et al., 1978), con el cual se puede obtener la abundancia, la probabilidad de captura (la cual nos dice que tan probable es capturar a un individuo por ocasión), el intervalo de confianza y el error estándar de la abundancia (Díaz-Pulido y Payan, 2011). Este programa provee estimaciones bajo diferentes modelos buscando el que más se adecue a los datos (Otis et al., 1978). Sin embargo, presenta algunas limitaciones, entre ellas, no calcula la densidad como tal, calcula la abundancia, y el área para estimar la densidad se calcula a posteriori, asumiendo que el área efectiva de muestreo es constante, lo cual no se apega a la realidad (Efford et al., 2004).

Las limitaciones de las estimaciones con CAPTURE han llevado al desarrollo de nuevos modelos de captura-recaptura espacialmente explícitos (SECR por sus siglas en inglés) (Efford et al., 2004), donde la probabilidad de captura variará según el área. Estos modelos se basan en la probabilidad de captura y trabajan ante el supuesto de que los animales tienen áreas de acción circulares que se distribuyen al azar y las capturas sucesivas son independientes (Efford et al., 2004). La probabilidad de captura variará en función de la cercanía al centro de su área de acción, entre más alejada, menor probabilidad de captura (Efford et al., 2004).

Un ejemplo de los programas que utilizan estos modelos es DENSITY (Efford y Fewster, 2012), el cual no asume que el área efectiva de muestreo sea constante como lo hace CAPTURE, esto debido a que la probabilidad de detección es variable (Efford et al., 2004).

DENSITY es un programa que usa las ubicaciones en donde se detecta cada animal, para ajustarse a un modelo espacial del proceso de detección, y así, obtener estimaciones de densidad de poblaciones sin sesgo por efectos de borde o detección incompleta (Efford et al., 2004). Otra ventaja de estos modelos (SECR) es que no están sesgados por una estimación informal del área efectiva de muestreo, esto genera beneficios potenciales sobre el uso de captura-recaptura convencional, reduciendo así, de manera significativa el error (Efford y Fewster, 2012).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Calcular el tamaño poblacional del jaguar en la Sierra de Vallejo y Sierra de Zapotán, Nayarit.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- a) Calcular la abundancia poblacional del jaguar en la Sierra de Vallejo, Nayarit.
- b) Estimar la densidad poblacional de jaguar en Sierra de Vallejo, Nayarit.
- c) Determinar la proporción de sexos en la población de jaguares.
- d) Identificar el grado de conservación de la selva con mayores registros de jaguar.
- e) Evaluar el efecto del tamaño del área de muestreo y número de estaciones en los resultados de densidad
- f) Evaluar si existen diferencias en los resultados de densidad analizados con el modelo convencional y el espacialmente explícito.

## **4. ÁREA DE ESTUDIO**

La región de la Sierra de Vallejo-Sierra de Zapotán es considerada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) como región prioritaria 062 para su conservación, con una superficie de 140 000 has (Arriaga et al., 2000; CONANP, 2012). En el 2004, Sierra de Vallejo fue declarada Área Natural Protegida como Reserva de la Biosfera a nivel estatal, comprendiendo una superficie de 41 000 has (DOEN, 2004). En el 2005, habitantes de los ejidos asentados dentro de la ANP, promovieron un juicio de amparo contra el decreto de la declaratoria, misma que fue concedida y a la fecha no ha tenido resolución (RANP, sf).

### **4.1 Ubicación**

La Sierra de Vallejo, ubicada en la costa sur del estado de Nayarit, con coordenadas extremas: N 20° 46 56" y O 105° 30 09"; N 21° 13 32" O 104° 55 07". (Arriaga et al., 2000) (Figura 5). Forma parte de la provincia Sierra Madre del Sur y la subprovincia Sierras de la costa de Jalisco y Colima (Arriaga et al., 2000).

Forma parte del polígono de región prioritaria para la conservación que igualmente comprende a la Sierra de Zapotán. Este polígono forma parte de dos municipios del estado de Nayarit, Bahía de Banderas y Compostela (Figura 5), con aproximadamente 75,520 y 150,250 habitantes respectivamente (INEGI, 2017; Martínez y Ceballos, 2010; CONANP, 2012). Dentro de la región de la Sierra de Vallejo y la Sierra de Zapotán, existen 21 ejidos, 12 en el municipio de Compostela y 9 en Bahía de Banderas (CONANP, 2012).

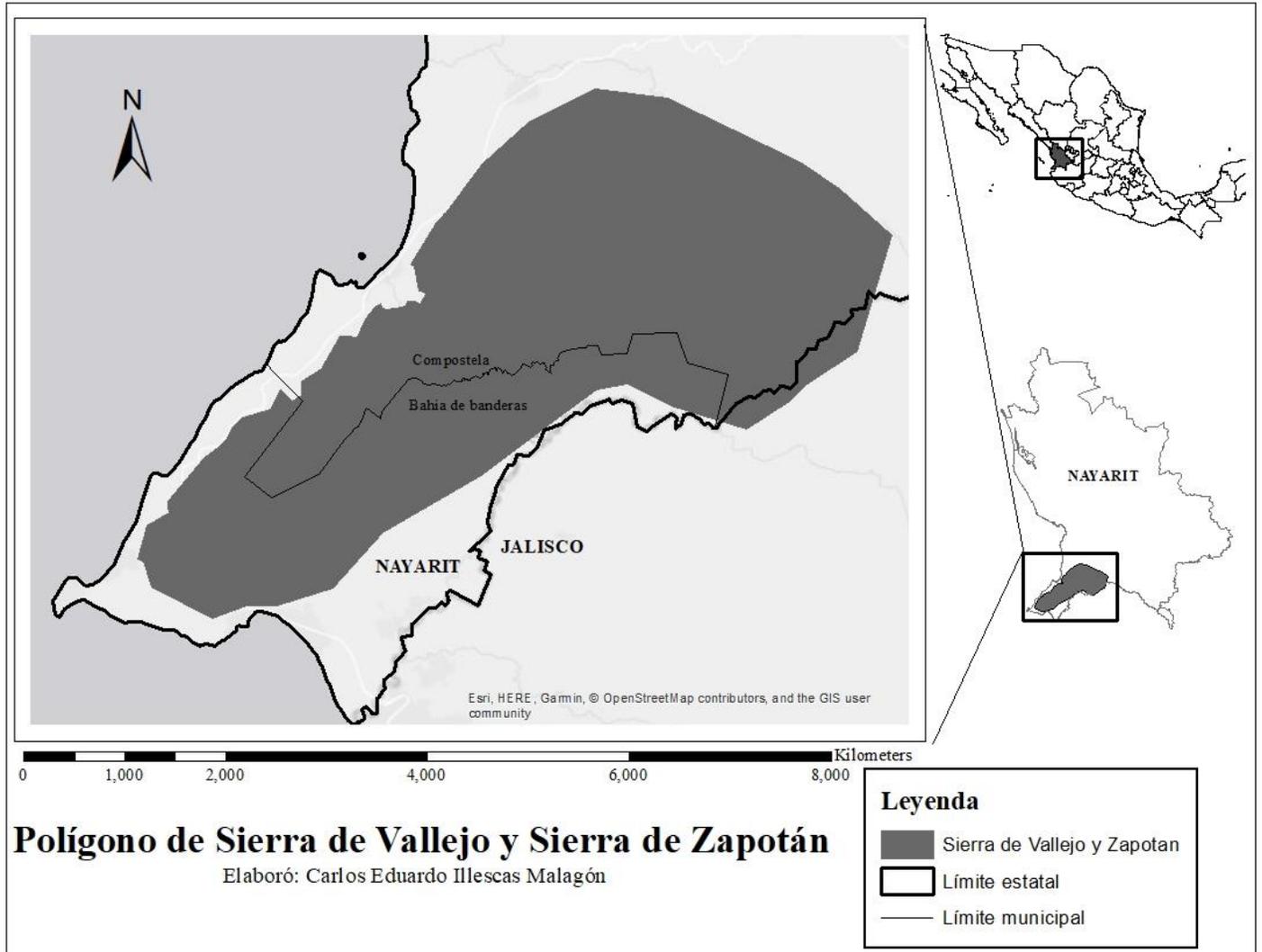


Figura 5. Polígono de la Sierra de Vallejo y la Sierra de Zapotán, Nayarit (Elaboración propia).

## **4.2 Fisiografía y geología**

La Sierra de Vallejo se localiza en la zona en donde coinciden las provincias fisiográficas de la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico Transversal. La Sierra Madre del Sur comprende parte de los estados de Nayarit, Jalisco, Michoacán, México, Colima, Puebla y Veracruz (INEGI, 2011). Sierra de Vallejo posee una topografía muy accidentada y un alto grado de desarrollo de redes de ríos y arroyos (Martínez y Ceballos, 2010; INEGI, 2011).

La provincia Sierra Madre de Sur comprende los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Puebla, Oaxaca, Morelos y Guerrero (CONANP, 2012). Dentro de esta provincia se encuentran ecosistemas de alta biodiversidad con un alto grado de endemismos (INEGI, 2011). La unión entre ambas provincias da como resultado una amplia diversidad de formas terrestres, favorece la existencia de una alta variabilidad climática y de paisajes naturales (CONANP, 2012). Estas características se deben mayormente a que forma parte de la placa tectónica de Rivera y Cocos y la de Norteamérica. Esta relación se da a lo largo de la zona de subducción (CONANP, 2012).

## **4.3 Clima**

El área de estudio presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, con clave: Aw, según la clasificación de Koppen modificada por García (2004) (García, 2004; Arriaga et al., 2000; CONANP, 2012). Esta zona tiene una precipitación promedio de 1200 mm anuales con una temperatura media anual de más de 20 °C y no pasa los 28 ° C (Arriaga et al., 2000; Rzedowski, 2006; CONANP, 2012).

## 4.4 Vegetación

La Sierra de Vallejo alberga diferentes tipos de vegetación como la selva baja caducifolia, selva mediana caducifolia, bosque de encino y selva mediana subcaducifolia, siendo este último la más predominante en toda la sierra con alrededor del 58%. El resto pertenece a selva baja caducifolia con el 15%, bosque de encino con el 14% y el 13% compuesto por otro tipo de vegetación (Martínez y Ceballos, 2010; Rzedowski, 2006; Arriaga et al., 2000).

La selva mediana subcaducifolia (SMSC) en la Sierra de Vallejo forma parte de los últimos grandes bloques de SMSC en el norte del Pacífico mexicano (Arriaga et al., 2000), ésta se desarrolla en altitudes entre los 0 y los 1300 msnm. En muchos sitios del litoral del Pacífico se encuentran prácticamente a la orilla del mar y la altura de la vegetación forestal va de los 15 a los 40 m (Rzedowski, 2006).

En general, para las selvas secas de México se han registrado alrededor de 6 mil especies de plantas, casi el 20% de la flora en México (Rzedowski, 1991). En la tabla 1 se enlistan algunas de las principales especies de flora que constituyen las selvas medianas subcaducifolias en Sierra de Vallejo.

**Tabla 1. Especies de flora representativas de la Sierra de Vallejo y su categoría de riesgo en México**

<b>CLASE</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>GÉNERO</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>CATEGORIA DE RIESGO NOM 059</b>
Bromeliales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i>	<i>seleriana</i>	Tilandsia de seler	Amenazada
Cycadales	Zamiaceae	<i>Zamia</i>	<i>loddigessi</i>	Palmiche	Amenazada
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	<i>chrysantha</i>	Guayacán	Amenazada
Liliopsida	Arecaceae	<i>Orbignya</i>	<i>guacuyule</i>	Palmar	Protección especial
Magnoliopsida	Burseraceae	<i>Bursera</i>	<i>simaruba</i>	Palo mulato	Amenazada
		<i>Bursera</i>	<i>arborea</i>	Cuajilote	Amenazada
	Euphorbiaceae	<i>Hura</i>	<i>polyandra</i>	Ovillo	Sin protección
	Fabaceae	<i>Enterolobium</i>	<i>cyclocarpum</i>	Nacastillo	Sin protección
		<i>Hymenaea</i>	<i>courbaril</i>	Guapinol	Sin protección
		<i>Swartzia</i>	<i>simplex</i>	Naranjo de monte	Sin protección
	Lauraceae	<i>Nectandra</i>	<i>salicifolia</i>	Laurel	Sin protección
	Moraceae	<i>Brosimum</i>	<i>alicastrum</i>	Ramon	Sin protección
		<i>Castilla</i>	<i>elastica</i>	Caucho	Sin protección
		<i>Ficus</i>	<i>glabrata</i>	Jonote	Sin protección
	Malvaceae	<i>Ceiba</i>	<i>pentandra</i>	Ceiba	Sin protección
		<i>Pseudobombax</i>	<i>ellipticum</i>	Coquito	Sin protección
	Meliaceae	<i>Cedrela</i>	<i>odorata</i>	Cedro americano	Protección especial

## 4.5 Fauna

Se han reportado cerca de 610 especies de vertebrados (mamíferos, aves, reptiles y anfibios) para las selvas medianas subcaducifolias de Jalisco y Nayarit (Ceballos y Valenzuela, 2010).

En la tabla 2 se enlistan algunas de las especies de vertebrados terrestres reportadas en la Sierra de Vallejo.

**Tabla 2. Especies de fauna representativas de la Sierra de Vallejo y su categoría de riesgo en México.**

CLASE	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORIA DE RIESGO NOM 059
Reptilia	Boidae	<i>Boa</i>	<i>constrictor</i>	Boa constrictor	Amenazada
	Colebridae	<i>Lampropeltis</i>	<i>triangulum</i>	Falsa coralillo	Amenazada
	Iguanidae	<i>Ctenosaura</i>	<i>pectinata</i>	Iguana negra	Amenazada
	Viperidae	<i>Crotalus</i>	<i>basiliscus</i>	Cascabel del pacífico	Protección especial
Aves	Accipitridae	<i>Buteogallus</i>	<i>anthracinus</i>	Aguililla negra	Protección especial
		<i>Accipiter</i>	<i>cooperii</i>	Gavilán de cooper	Protección especial
	Ardeidae	<i>Tigrisoma</i>	<i>mexicanum</i>	Garza tigre	Protección especial
	Pssitacidae	<i>Amazona</i>	<i>finschi</i>	Loro corona lila	Peligro de extinción
		<i>Amazona</i>	<i>oratrix</i>	Loro de cabeza amarilla	Peligro de extinción
		<i>Ara</i>	<i>militaris</i>	Guacamaya verde	Peligro de extinción
Mammalia	Canidae	<i>Canis</i>	<i>latrans</i>	Coyote	Sin protección
		<i>Urocyon</i>	<i>cinereoargenteus</i>	Zorra gris	Sin protección
	Cervidae	<i>Odocoileus</i>	<i>virginianus</i>	Venado cola blanca	Sin protección
	Dasypodidae	<i>Dasypus</i>	<i>novemcinctus</i>	Armadillo	Sin protección
	Didelphidae	<i>Didelphis</i>	<i>virginiana</i>	Tlacuache	Sin protección
	Felidae	<i>Panthera</i>	<i>onca</i>	Jaguar	Peligro de extinción
		<i>Puma</i>	<i>concolor</i>	Puma	Sin protección
		<i>Leopardus</i>	<i>pardalis</i>	Ocelote	Peligro de extinción
		<i>Leopardus</i>	<i>wiedii</i>	Margay	Peligro de extinción
		<i>Herpailurus</i>	<i>yagouaroundi</i>	Jaguarundi	Amenazada
	Mephitidae	<i>Spilogale</i>	<i>pygmaea</i>	Zorrillo pigmeo	Amenazada
	Procyonidae	<i>Nasua</i>	<i>narica</i>	Coatí	Sin protección
	Tayassuidae	<i>Pecari</i>	<i>tajacu</i>	Pecarí	Sin protección

La Sierra de Vallejo es considerada dentro de Nayarit como una de las zonas con mayor importancia para la conservación de distintas especies, entre ellas los mamíferos (Martínez y Ceballos, 2010). Del total de especies de mamíferos reportadas para Nayarit (115 especies), la Sierra de Vallejo alberga aproximadamente el 24% de especies, lo cual acentúa la importancia de este sitio para la conservación de algunas especies de mamíferos (Martínez y Ceballos, 2010).

#### **4.6 Actividades Humanas**

Dentro de las principales actividades humanas, las económicas juegan un papel muy importante en la región, dentro de ellas las que más destacan son las del sector primario como: la ganadería extensiva, la agricultura, la pesca y la silvicultura; el resto de la población económicamente activa se distribuye entre los sectores secundario y terciario como la construcción, el comercio, los servicios y el turismo (CONANP, 2012).

La ganadería en esta zona, podría ser la actividad económica más importante y de igual forma la que afecta en mayor medida a la conservación de la Sierra de Vallejo. Esta actividad se maneja de forma extensiva, por lo que se deja al ganado libre en los bosques y selvas de Sierra de Vallejo, sobrepastoreando y degradando los suelos y vegetación de la zona (INEGI, 2007; INEGI, 2011; CONANP, 2012). Asimismo, al no tener delimitados los linderos de los núcleos agrarios y los ranchos ganaderos, el ganado, principalmente bovino, se vuelve más vulnerable a ataques por parte de depredadores como el jaguar (Hoogesteijn, y Hoogesteijn, 2011; CONANP, 2012; INEGI, 2014a; Peña-Mondragón, 2015).

## **5. MÉTODOS**

Con el objetivo de evaluar el efecto del tamaño del área de muestreo en la estimación de densidad, se desarrolló un diseño de muestreo con 42 estaciones y 150 km<sup>2</sup> de área de muestreo y posteriormente, de ese diseño de muestreo se tomó una submuestra de 80 km<sup>2</sup> y 29 estaciones, como lo sugieren metodologías estandarizadas del Censo Nacional del Jaguar (CENJAGUAR) (PACE, 2009). En ambos casos se emplearon dos programas con diferentes modelos, uno de ellos fue el programa CAPTURE (Otis et al., 1978), con el modelo convencional y el otro fue el programa DENSITY 5.0 (Efford et al., 2004), con un modelo espacialmente explícito. Esto con la finalidad de evaluar el efecto del tamaño del área de muestreo y número de estaciones. De igual forma se determinó la proporción de sexos en la población de jaguares y se identificó el tipo de hábitat con mayores registros de jaguar en Sierra de Vallejo.

### **5.1 Estimación de la abundancia y la densidad**

#### **5.1.1 Fototrampeo y diseño de muestreo**

En la temporada de secas, de noviembre del 2016 a mayo del 2017 se desarrolló el muestreo en la Sierra de Vallejo, Nayarit. A pesar de que el polígono comprende de igual forma a la Sierra de Zapotán, sólo se cubrió a la Sierra de Vallejo por cuestiones económicas y logísticas, en donde se instalaron 42 estaciones de fototrampeo, cada una de ellas a una distancia de por lo menos 1 km, de manera que cubrieran parcialmente el área de muestreo y cumplieran con el supuesto de que todos los individuos tengan la misma probabilidad de ser fotografiados, por ende, las estaciones de fototrampeo deben estar colocadas a cierta

distancia, la cual trata de cubrir de manera uniforme toda el área de muestreo y no dejar huecos lo suficientemente grandes como el tamaño del área de actividad de un jaguar (de la Torre, 2009; Karanth y Nichols, 1998).

Se instalaron un total de 48 cámaras trampa marca Cuddeback® (modelo Ambush IR Plus Model 1309 y Professional Color Model 1347, Green Bay, WI) seis estaciones fueron dobles para fotografiar ambos flancos de los jaguares (Figura 6 y 7). Siguiendo metodologías estandarizadas (Silver, 2004), estas cámaras estuvieron activas 24 hrs al día durante 50 días con la finalidad de cumplir el supuesto de población cerrada (Karanth y Nichols, 1998; Silver, 2004).

El supuesto de población cerrada hace referencia a que durante todo el periodo de muestreo no debe existir inmigración, emigración, nacimientos o muertes en el área de muestreo cubierta (Silver, 2004), por lo tanto, este supuesto puede cumplirse limitando el tiempo de muestreo a un máximo de tres meses (Karanth y Nichols, 1998).

Para maximizar la probabilidad de captura, las cámaras fueron colocadas en sitios con características potencialmente altas para poder fotografiar a los individuos, como veredas transitadas por animales, arroyos, filos de montaña, etc. Asimismo, en sitios donde se encontraba evidencias de la presencia de jaguares (excretas, marcas en los árboles de rasguños, etc.) y también en sitios donde los habitantes de las comunidades aledañas a la Sierra de Vallejo, afirmaban la presencia de jaguar. Se colocaron a una altura promedio de 30-45 cm del suelo y a una distancia de aproximadamente dos metros a la vereda, con el fin de que fotografiara al individuo de cuerpo entero, en zonas como arroyos secos, filos de montaña, veredas, etc.

### 5.1.2 Análisis de datos captura-recaptura

Para estimar la abundancia y densidad de los jaguares se identificaron individualmente los jaguares fotografiados por medio del patrón de sus manchas en ambos flancos del jaguar, de igual forma se determinó el sexo de cada uno de ellos con base en la presencia o ausencia de testículos (Figuras 6 y 7). Los datos registrados de todas las cámaras que registraron la presencia de jaguar se ordenaron en una historia de captura, la cual consta de una matriz de ausencia y presencia, en donde las columnas fueron los días de esfuerzo y los renglones los individuos fotografiados (Tabla 4 y 5). La historia de captura se agrupó en 10 bloques de cinco días cada bloque, esto con la finalidad de tener mayores probabilidades de captura y obtener de manera más precisa la densidad de jaguares en el programa **DENSITY** y **CAPTURE** (Otis et al., 1978; Efford et al., 2004).

Para estimar el número de individuos en el área de muestreo, con base en la historia de captura, y por medio del programa **DENSITY 5.0**, el cual es un programa que emplea un modelo espacialmente explícito (**SECR**), se estimó la densidad con el modelo heterogéneo para el diseño de muestreo y la submuestra. El modelo heterogéneo es recomendable usarlo en situaciones donde los individuos tienen diferentes probabilidades de ser capturados, ya que, es la situación más parecida a las condiciones naturales (Núñez et. al., artículo en revisión; Núñez, 2011b). El programa **DENSITY** calcula directamente la densidad poblacional, eliminando la necesidad de calcular el área efectiva de muestreo y posteriormente la densidad, como lo haría el programa **CAPTURE**, sin embargo, para poder comparar el efecto que tiene el análisis con los dos programas, también se analizaron los datos por medio del programa **CAPTURE** para los dos diseños de muestreo.

Una vez calculada la abundancia por medio de la historia de captura y **CAPTURE**, se obtuvo la densidad, para esto, es necesario añadir un área adicional (buffer) a cada estación de fototrampeo, esto con el fin de tomar en cuenta a los individuos que su área de actividad está representada parcialmente en el área de muestreo (Karanth y Nichols, 2002; de la Torre y Medellín, 2011; Silver, 2004). Para definir el tamaño de esta área buffer se han desarrollado enfoques como el de Wilson y Anderson (1985), el cual recomienda *la mitad del promedio de las distancias máximas recorridas por los individuos recapturados* (*1/2MMDM* por sus siglas en inglés). Por otro lado, se ha discutido recientemente que usar este enfoque podría sobreestimar los datos de densidad y se ha propuesto usar *el promedio de las distancias máximas recorridas por los individuos* (*MMDM* por sus siglas en inglés), ya que, se ha demostrado que usarlo da una estimación más cercana a las distancias máximas recorridas por los jaguares analizadas por medio de radiocollares (Soisalo y Cavalcanti, 2006; Dillon y Kelly, 2008; Núñez, 2011a).

Con el fin de obtener una estimación de la densidad más robusta se utilizaron los dos enfoques mencionados anteriormente. Una vez calculadas las distancias adicionales para el área buffer se utilizó un sistema de información geográfica ArcMap 10.5 (ESRI, Inc, Redlands, CA) para adicionar el área mencionada y poder definir así el área efectiva de muestreo, para posteriormente calcular la densidad poblacional.

$$D = N/A$$

Donde:

**D** = Densidad

**N** = Abundancia dada por CAPTURE

**A** = Área efectiva de muestreo en km<sup>2</sup>



Figura 6. Dos capturas fotográficas del mismo jaguar

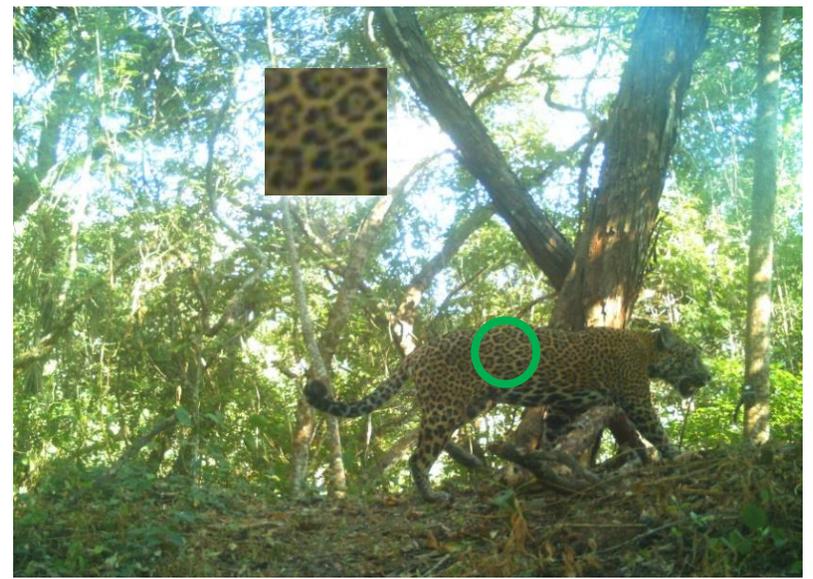
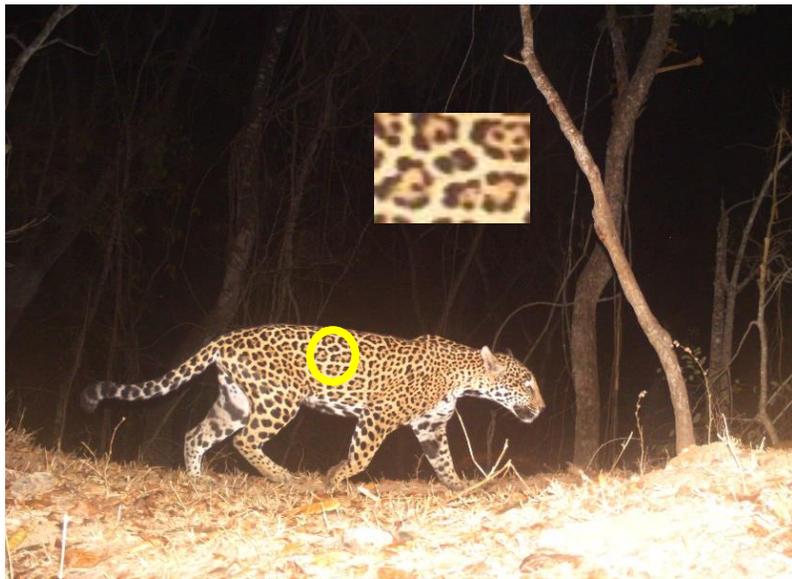


Figura 7. Dos capturas fotográficas de distintos jaguares

## **5.2 Identificación del grado de conservación de la selva con mayores registros de jaguar**

Se utilizó la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VI de INEGI para identificar el tipo de cubierta vegetal presente, debido a que es la clasificación más reciente (INEGI, 2014b). El polígono de la Sierra de Vallejo, que de igual forma comprende la Sierra de Zapotán, cubren una superficie de aproximadamente 1400 km<sup>2</sup>. Sin embargo, no toda esta área se encuentra en buen estado de conservación. En este sentido, dicha fuente clasifica el estado de la vegetación en “Primaria”, como aquella vegetación no afectada por factores antrópicos y vegetación “Secundaria”, aquella que ha sido afectada por factores antrópicos (INEGI, 2014b). Para nuestro análisis y debido a que, se ha reportado la presencia de jaguar en ecosistemas en buen estado de conservación (Seymour, 1989; Carbone y Gittleman, 2002; Eisenberg, 2014). Nosotros realizamos la distinción entre estos estados de la vegetación reclasificándola en primaria como “Conservada” y la vegetación secundaria como “No conservada”. La primera agrupa a: selva mediana subcaducifolia, selva mediana caducifolia, selva mediana subperenifolia, selva baja caducifolia, bosque de encino, bosque de pino-encino y bosque de encino-pino, cubriendo poco más del 50% del total (Tabla 3) (INEGI, 2014b).

La segunda agrupa a: vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, vegetación secundaria arbustiva de selva mediana caducifolia, vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia, vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperenifolia, vegetación secundaria arbustiva de

selva mediana subperenifolia, vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia y vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia (Tabla 3) (INEGI, 2014b). Esta área cubre alrededor del 34% del área total. El resto de las cubiertas de nuestro polígono corresponden a áreas urbanas agropecuarias (Tabla 3). Con alrededor del 14% del área total.

**Tabla 3. Recategorización de los tipos de cubierta en el polígono de Sierra de Vallejo-Sierra de Zapotán.**

<b>SUPERFICIE (%)</b>	
Conservado (Vegetación primaria)	51.4
No conservado (Vegetación secundaria)	34.3
Cultivo/Pastizales	14.2
Asentamientos Humanos	0.1
<b>TOTAL</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (INEGI, 2014b).

Conservado: selva mediana subcaducifolia, selva mediana caducifolia, selva mediana subperenifolia, selva baja caducifolia, bosque de encino, bosque de pino-encino y bosque de encino-pino

No conservado: vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, vegetación secundaria arbustiva de selva mediana caducifolia, vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia, vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperenifolia, vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperenifolia, vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia y vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia.

Con base en los registros fotográficos y el tipo de hábitat en donde se colocaron las estaciones de fototrampeo, se identificó el tipo de hábitat con mayor preferencia por parte del jaguar en el área de muestreo. Para identificar si existieron diferencias significativas en el uso de hábitat en los individuos de jaguar, se realizó la prueba de Chi cuadrada ( $\chi^2$ ) con un alfa = **0.05**. También se realizó la prueba en hembras y machos, esto para saber si existe preferencia de hábitat por algún sexo.

$$\chi^2 = \sum \frac{(o-E)^2}{E}$$

Donde:

***o***= Valor observado

***E***= Valor esperado

### **5.3 Tamaño poblacional del jaguar en la Sierra de Vallejo y la Sierra de Zapotán**

Para estimar el tamaño poblacional de jaguar en el polígono propuesto como ANP (Sierra de Vallejo y Sierra de Zapotán). Los datos de densidad del jaguar se extrapolaron al área clasificada como “Conservada” exclusivamente, calculada con base en la serie VI de INEGI. El hábitat potencial del jaguar se definió como la vegetación conservada, ya que, se ha reportado que los jaguares prefieren un hábitat con vegetación más densa y con disponibilidad de agua, evitando ambientes modificados (Núñez, 2006; Chávez, 2010). A partir del área de vegetación conservada reportados por INEGI, se estimó la extensión del hábitat potencial para la especie en la región de la Sierra de Vallejo y Sierra de Zapotán.

$$\mathbf{T_p = D * A_c}$$

Donde:

**T<sub>p</sub>**= Tamaño poblacional

**D** = Densidad de jaguares por cada 100 km<sup>2</sup>

**A<sub>c</sub>** = Área conservada obtenida de INEGI en km<sup>2</sup>

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Estimación de la abundancia y la densidad

Se realizó un esfuerzo de muestreo de 2,100 días trampa. Se obtuvieron un total de 57 fotografías que corresponden a 14 individuos de jaguar adultos, siete hembras y siete machos (Tabla 4), con un éxito de captura de 6.6 capturas por cada 1000 días trampa. De las 42 estaciones colocadas, 16 fotografiaron jaguares, todas las estaciones cubrieron un polígono mínimo convexo de 154.17 km<sup>2</sup> (Figura 8).

De acuerdo al diseño de muestreo con mayor área y número de estaciones, y el programa DENSITY 5.0, la abundancia obtenida fue de  $19.0 \pm 3.9$  individuos y la probabilidad de captura ( $\hat{p}$ ) fue de 0.1211. La densidad poblacional en Sierra de Vallejo se estimó de 6.1 ind/100 km<sup>2</sup> con un valor mínimo posible de 2.8 y un valor máximo de 13.2 con DENSITY 5.0. La abundancia obtenida por medio del programa CAPTURE fue de  $19 \pm 3.7$  individuos y la densidad obtenida con 1/2MMDM fue de 6.0 ind/100 km<sup>2</sup> y con el MMDM fue de 3.1 ind/100 km<sup>2</sup>, con una probabilidad de captura ( $\hat{p}$ ) de 0.1238 y una distancia máxima recorrida por un jaguar de 9.510 km y la mínima de 4.720 km (Tabla 6 y 7).

**Tabla 4. Historia de captura del diseño de muestreo durante 50 días.**

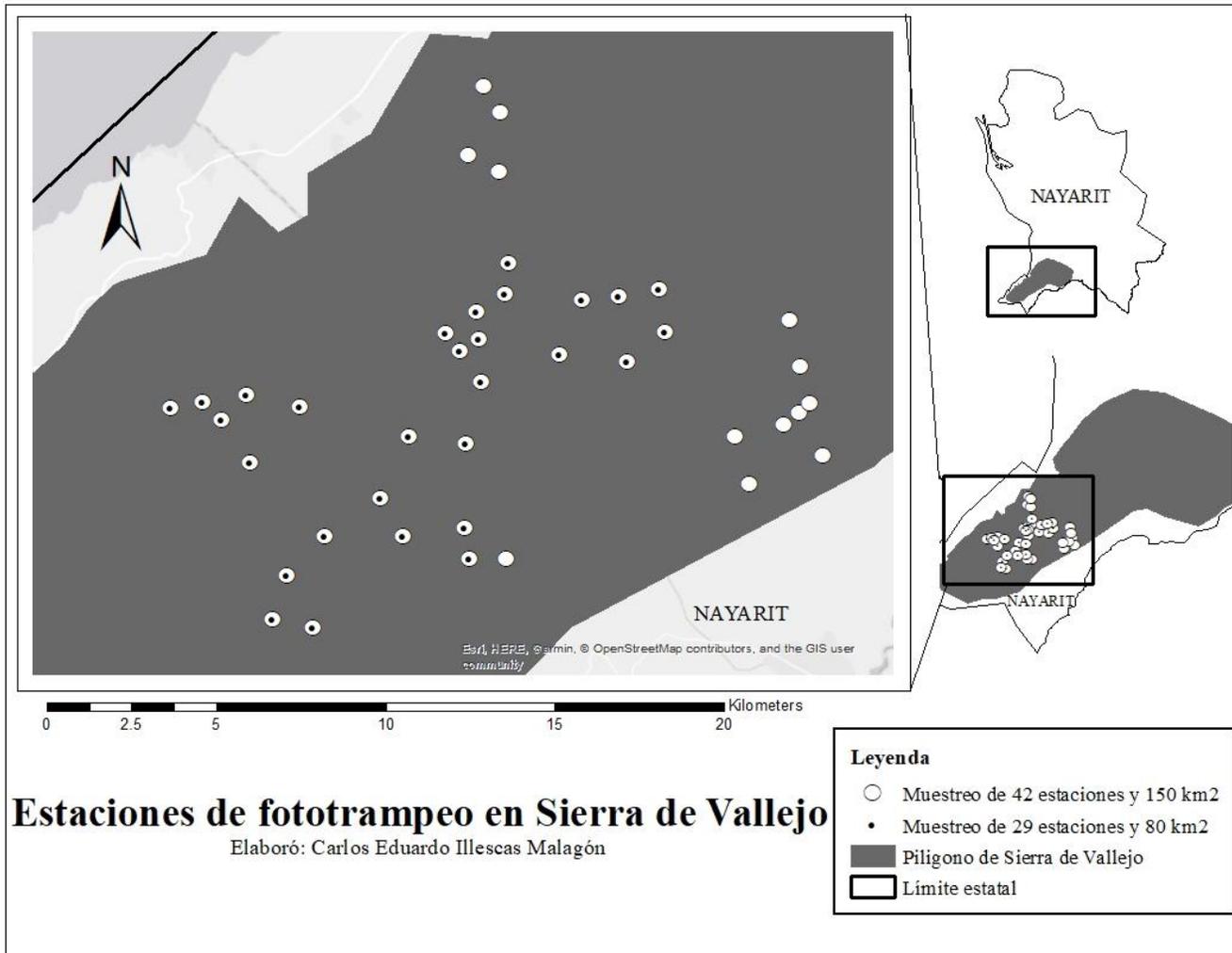
INDIVIDUOS	BLOQUES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
M2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
M3	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1
M4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
M5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
M6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
M7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
H3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
H4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
H5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
H6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
H7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Para la submuestra de 29 estaciones y 80 km<sup>2</sup> se realizó un esfuerzo de muestreo de 1,450 días trampa. Obteniendo un total de 33 fotografías de 10 jaguares independientes, 5 machos y 5 hembras (Tabla 5). De las 29 estaciones de fototrampeo colocadas, 13 fotografiaron jaguares, las cuales cubrieron un polígono mínimo convexo de 81.68 km<sup>2</sup> (Figura 8).

Por medio del programa DENSITY 5.0 la abundancia obtenida fue de  $11 \pm 2.5$  individuos con una probabilidad de captura ( $\hat{p}$ ) de 0.1364. La densidad poblacional de acuerdo a esta submuestra fue de 4.7 ind/100 km<sup>2</sup> con un valor mínimo posible de 1.6 y un valor máximo de 11.8 con DENSITY 5.0. La abundancia calculada con CAPTURE fue de  $10 \pm 1.7$  individuos y la densidad obtenida con 1/2MMDM fue de 4.6 ind/100 km<sup>2</sup> y con el MMDM fue de 2.2 ind/100 km<sup>2</sup>, con una probabilidad de captura ( $\hat{p}$ ) de 0.1665 y una distancia máxima recorrida por un jaguar de 9.510 km y la mínima de 4.720 km (Tabla 6 y 7).

Tabla 5. Historia de captura de la submuestra del diseño de muestro durante 50 días.

INDIVIDUOS	BLOQUES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
M2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
M3	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1
M5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
M7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
H4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
H5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
H6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
H7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0



**Figura 8. Estaciones de fototrampeo en la Sierra de Vallejo (Elaboración propia)**

**Tabla 6. Individuos capturados y recapturados en este estudio con sus distancias máximas recorridas**

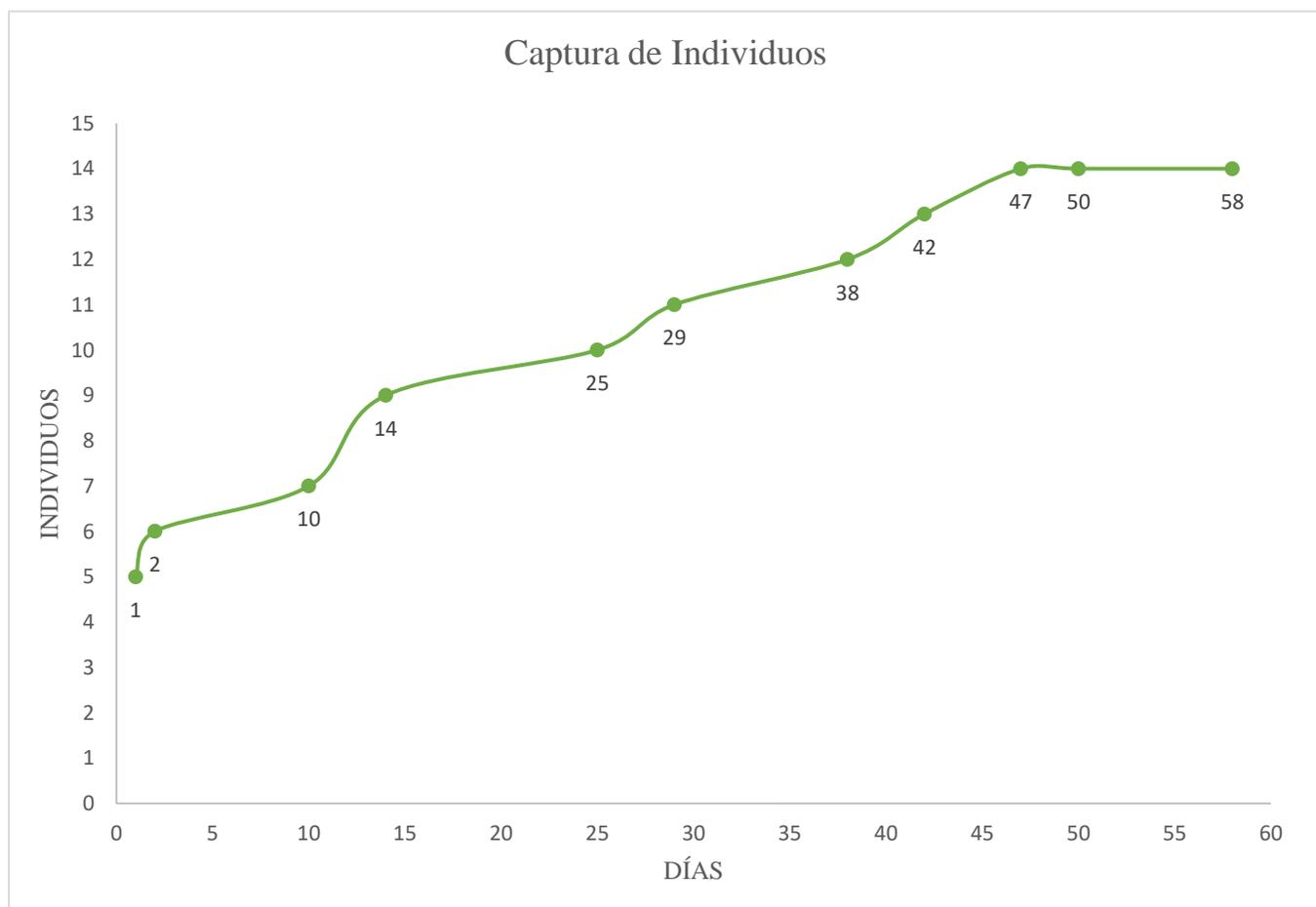
<b>Individuos</b>	<b>Número de Capturas</b>	<b>Número de Capturas en distintas estaciones</b>	<b>Distancia Máxima recorrida en Km</b>
<b>M1</b>	4	3	6.048
<b>M2</b>	1	0	–
<b>M3</b>	7	2	4.72
<b>M4</b>	1	0	–
<b>M5</b>	7	5	9.51
<b>M6</b>	1	0	–
<b>M7</b>	1	0	–
<b>H1</b>	1	0	–
<b>H2</b>	2	0	–
<b>H3</b>	2	0	–
<b>H4</b>	3	3	6.273
<b>H5</b>	1	0	–
<b>H6</b>	1	0	–
<b>H7</b>	1	0	–

De todos los jaguares fotografiados, seis tuvieron recapturas y solo cuatro tuvieron recapturas en diferentes estaciones diferentes a la primera vez, el jaguar con mayor distancia recorrida fue el individuo M5 con 9.51 km y el que tuvo un registro con la menor distancia recorrida fue el M3 con 4.72 km (Tabla 6).

**Tabla 7. Estimaciones de área efectiva de muestreo por medio de MMDM y 1/2MMDM.**

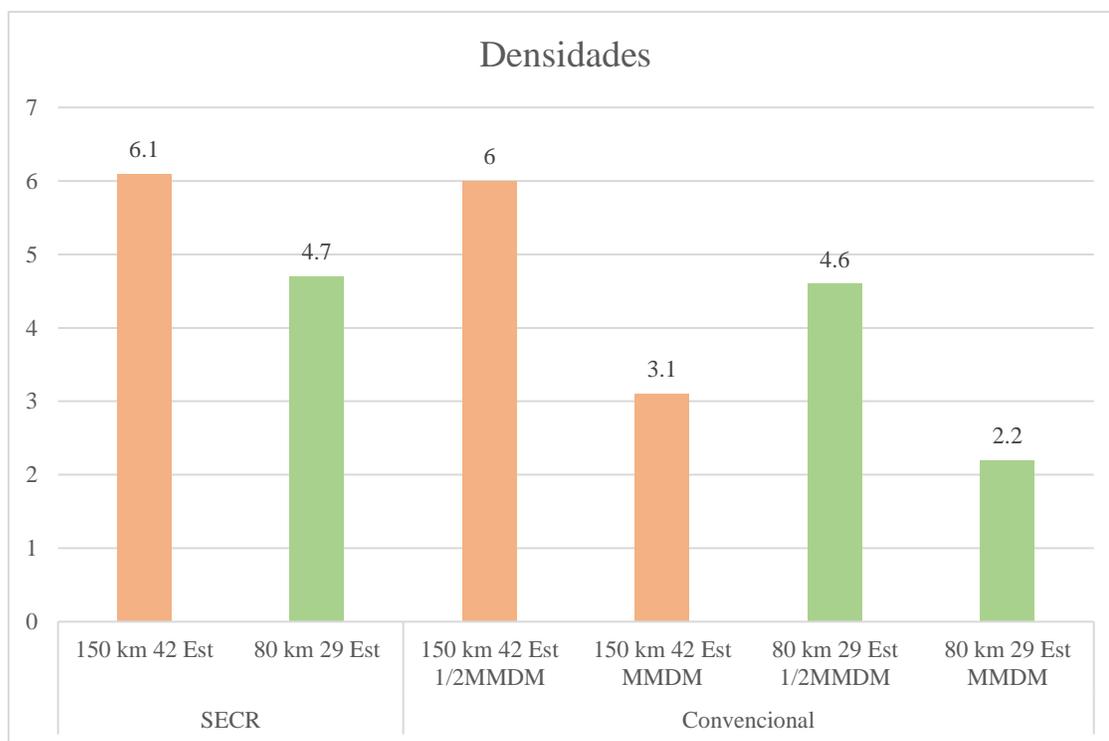
<b>Diseños de muestreo</b>	<b>Promedio de las distancias máximas recorridas en km</b>	<b>Mitad del promedio de las distancias máximas recorridas en km</b>	<b>Polígono mínimo convexo en km<sup>2</sup></b>	<b>Área efectiva de muestreo con MMDM en km<sup>2</sup></b>	<b>Área efectiva de muestreo con 1/2MMDM en km<sup>2</sup></b>
<b>42 Estaciones</b>	6.6	3.3	154	606	313
<b>29 Estaciones</b>	6.6	3.3	81	450	215

Para el día 1 del periodo de muestreo, ya se habían fotografiado a 5 individuos de los 14 totales, para el día 10 se habían registrado 2 jaguares más, teniendo registrada a la mitad de los jaguares fotografiados en este estudio. Para el día 29 se tenía registro de 11 jaguares y en los siguientes 20 días se fotografiaron 3 jaguares más. Del día 1 al día 50 se fotografiaron individuos diferentes, sin embargo, a partir del día 50 comenzaron a repetirse los individuos y por ende la curva comenzó a estabilizarse como se muestra en la gráfica. Lo que supone que se fotografiaron a todos o a la mayoría de los jaguares en esa zona (Figura 9).



**Figura 9. Captura de individuos durante el periodo de muestreo**

En la figura 10 se muestran las densidades obtenidas para los dos diseños de muestreo que se realizaron en este estudio. Puede observarse que entre mayor el área de muestreo y número de estaciones la densidad es mayor, de igual forma, el modelo espacialmente explícito (SECR) presentó mayores densidades mínimas que las estimaciones hechas con el modelo convencional usando el programa CAPTURE.



**Figura 10. Densidades del diseño de muestreo y la submuestra analizados por medio del modelo convencional y el espacialmente explícito**

## 6.2 Identificación del grado de conservación de la selva con mayores registros de jaguar

En este estudio las estaciones de fototrampeo fueron colocadas en sitios potenciales para el registro de jaguares, como arroyos, filos de montaña y caminos y veredas abiertas por los animales (Tabla 8). De las 42 estaciones colocadas, 15 fueron colocadas en arroyos, 15 en veredas y 12 en filos de montaña, teniendo los siguientes registros de hembras y machos.

Tabla 8. Registro de jaguares en los diferentes sitios de fototrampeo.

	Arroyos	Veredas	Filos de montaña
HEMBRAS		H4	H1
		H5	H2
			H3
			H4
			H6
			H7
	MACHOS	M1	M3
M2		M4	M5
M3		M5	
M5		M6	
M7			

De las 42 estaciones de fototrampeo colocadas, 24 de ellas se encuentran dentro de la cubierta “Conservada” y 18 dentro de la cubierta “No conservada” (Figura 11). Dentro de la cubierta “Conservada”, se tuvo registro de 10 jaguares independientes y dentro de la “No conservada” se registraron 6 jaguares, repitiéndose 2 individuos en ambas cubiertas (Figura 11).

No existieron diferencias significativas en el uso de hábitat en la población de jaguares ( $\chi^2=0.29$ ,  $P>0.05$ ,  $gl=3$ ). De igual forma, para los machos y hembras de manera separada no se detectaron diferencias significativas en el uso de hábitat ( $\chi^2=0.151$ ,  $P>0.05$ ,  $gl=3$ ) para ambos sexos.

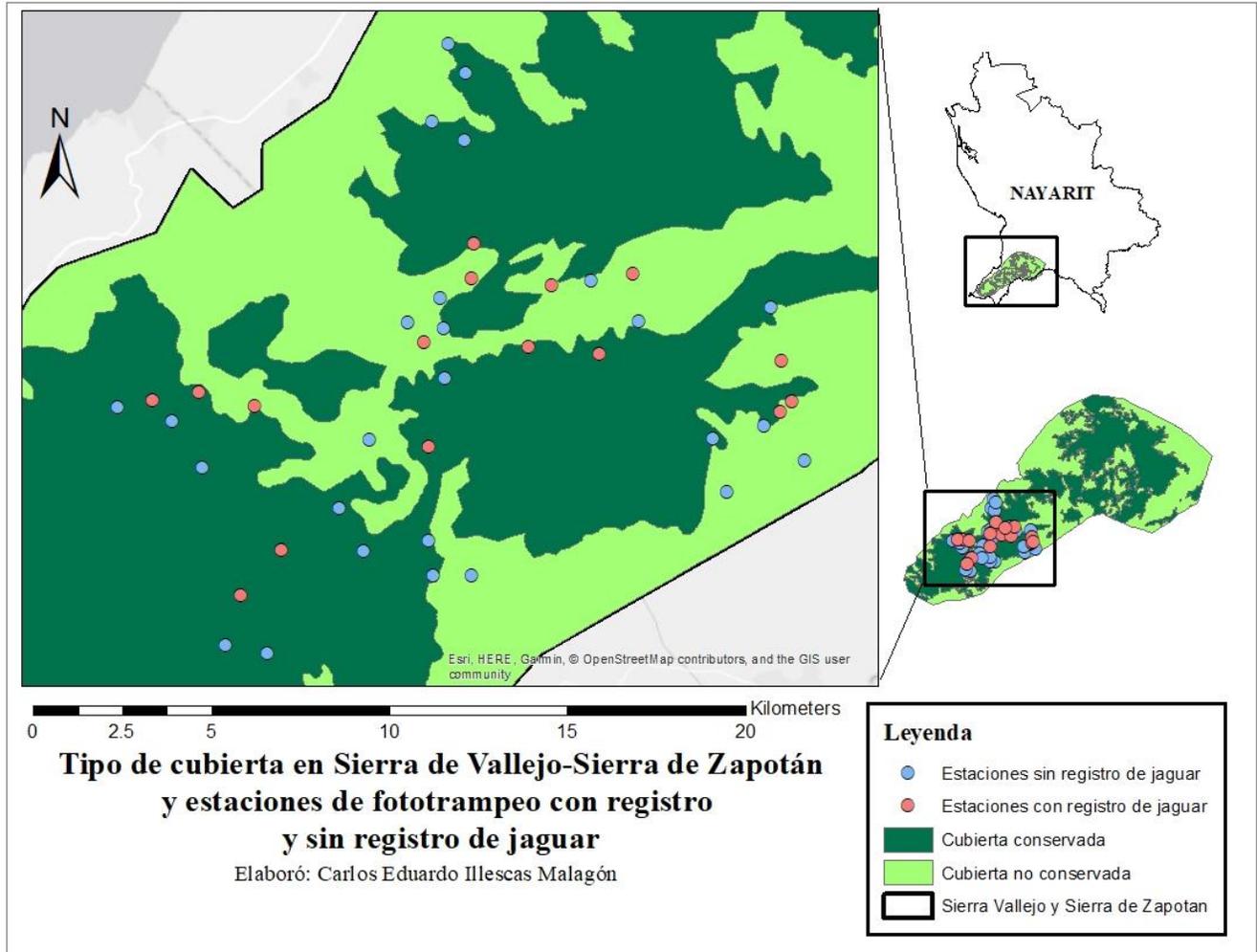
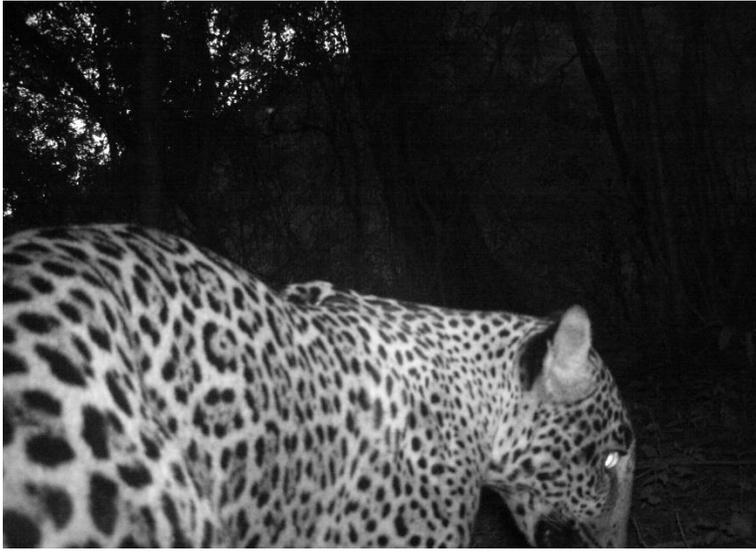


Figura 11. Tipos de cubierta en la Sierra de Vallejo y la Sierra de Zapotán y estaciones de fototrampeo con registro y sin registro de jaguar

### **6.3 Tamaño poblacional del jaguar en la Sierra de Vallejo y la Sierra de Zapotán**

Se extrapolaron los resultados de densidad más conservadores obtenidos por medio del fototrampeo y del modelo SECR (6.1 ind/100 km<sup>2</sup> y 4.7 ind/100 km<sup>2</sup>), al área en buen estado de conservación y disponible para el jaguar en todo el polígono (720 km<sup>2</sup>), suponiendo que la densidad para la Sierra de Zapotán es similar a la obtenida para la Sierra de Vallejo. Se calculó una población aproximada de entre 34 a 44 individuos en esta zona, a pesar de que el área disponible para el jaguar en toda el área de Sierra de Vallejo y Sierra de Zapotán es de aproximadamente el 51%.



**H1**



**H2**



**H3**



**H4**



**H5**



**H6**



**H7**



**M1**



M2



M3



M4



M5



M6



M7

**Figura 12. Individuos de jaguar registrados**

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1 Estimación de la abundancia y la densidad

La abundancia y la densidad estimada para el jaguar por medio del modelo espacialmente explícito (con 42 estaciones) fue relativamente alta con 6.1 ind/100 km<sup>2</sup>. Esta densidad fue superior a la obtenida en la misma zona en el año 2010, estimando una densidad de 5.6 ind/100 km<sup>2</sup> (Núñez et al., artículo en revisión). Cabe mencionar que en este último estudio se instalaron 23 estaciones, el área efectiva de muestreo fue de 89 km<sup>2</sup> y no fue calculado por medio de SECR, sino por el método convencional de captura-recaptura. Si lo comparamos con los resultados obtenidos en este estudio con el diseño de muestreo de 29 estaciones por medio del programa CAPTURE y la media de las distancias máximas obtenidas, es mayor a lo estimado en este trabajo (2.2 ind/100 km<sup>2</sup>).

Si se comparan las densidades obtenidas entre los dos diseños de muestreo podemos observar que, en medida que el diseño de muestreo tenga más estaciones de fototrampeo y cubran una mayor área, las capturas de diferentes individuos serán mayores (Tabla 9). Es por eso que la abundancia y densidad son mayores en el diseño de muestreo más robusto, apegándose mejor a las poblaciones reales. Por otro lado, si se comparan las densidades entre modelos se puede observar que son muy parecidas (Tabla 9). Debido a esto, podemos tener mayor certeza de que la densidad obtenida en este estudio para la Sierra de Vallejo es la más cercana a la realidad. Esto pudo haber sucedido debido al tamaño del área efectiva de muestreo y al número de estaciones, consideramos que los sesgos generados al calcular la densidad poblacional están estrechamente ligados al modelo que se ocupa para estimar la densidad (Efford et al., 2004; Tobler y Powell, 2013), sin embargo, el tipo de diseño de muestreo se cree tiene mayor influencia en los resultados.

**Tabla 9. Densidades estimadas para el diseño de muestreo y la submuestra por medio de los modelos convencionales y los espacialmente explícitos**

<b>DISEÑOS DE MUESTREO</b>	<b>SECR (DENSITY)</b>	<b>DISEÑOS DE MUESTREO</b>	<b>Convencionales (CAPTURE) MMDM</b>
42 est. 150 km <sup>2</sup>	6.1	42 est. 150 km <sup>2</sup>	6
29 est. 80 km <sup>2</sup>	4.7	29 est. 80 km <sup>2</sup>	4.6

La densidad obtenida en el presente trabajo es similar a las calculadas para otras áreas en buen estado de conservación en México, tales como Chamela-Cuixmala, Jalisco (5.4 ind/ 100 km<sup>2</sup>) (Núñez, 2011a). Inclusive mayor o igual que en otras regiones como en el Chaco Boliviano (5.4 ind/ 100 km<sup>2</sup>) (Maffei et al., 2004), pero, menor que en áreas como Cockscomb Basin en Belice (10 ind/100 km<sup>2</sup>) (Harmsen et al. 2009) y en el Parque Nacional el Corcovado en Costa Rica (6.98 ind/100 km<sup>2</sup>) (Salom-Pérez et al. 2007). Esta similitud de densidad en áreas en buen estado de conservación, puede deberse a la disponibilidad de presas en la zona, que se abordará más adelante en este apartado. Cabe mencionar que el presente estudio es de los pocos que se han realizado con el modelo de captura-recaptura espacialmente explícito (SECR) (Tabla 10). En la Reserva El Edén, Quintana Roo se estimó una densidad de 3.5 ind/100 km<sup>2</sup> (Ávila et al., 2015), utilizando los modelos espacialmente explícitos, al igual que en San Blas, Nayarit donde se encontró una densidad de 2.4 ind/100 km<sup>2</sup> (Figel et al., 2016).

En este trabajo se registraron 14 individuos de jaguar, con un total de 32 capturas y recapturas, son números relativamente altos si los comparamos con otros sitios como en Montes Azules, Chiapas en la transición de lluvias-secas con 7 jaguares identificados, con un total de 13 capturas y recapturas (de la Torre, 2009) o en Corcovado, Costa Rica con 4 jaguares identificados y 7 capturas y recapturas (Salom-Pérez et al., 2007), en Ravelo, Bolivia con 5 jaguares identificados y 23 capturas y recapturas (Maffei et al., 2004) y parecidas a las obtenidas en Cockscomb Basin,

Belice con 11 jaguares identificados y 23 capturas y recapturas (Silver et al., 2004). En los sitios que presentaron mayores abundancias, podría esperarse que fueran los sitios mejor conservados, sin embargo, la variación en la detección de individuos y recapturas en los diferentes estudios antes mencionados, puede deberse principalmente a la intensidad del muestro, según el número de estaciones colocadas, el área que cubrieron y los días trampa (Chávez et al 2013).

La detección de un mayor número de jaguares en este estudio puede deberse al número de estaciones y al área efectiva de muestreo, ya que, se instalaron un total de 42 estaciones de fototrampeo, en un área de 150 km<sup>2</sup>. La colocación de más estaciones en una unidad de muestreo puede incrementar la probabilidad de detección y reducir el tiempo de latencia para la primera detección (TLPD), este tiempo de latencia también puede reducirse si las estaciones de fototrampeo se colocan en lugares estratégicos como senderos, arroyos, corredores riparios etc. (Chávez et al., 2013). En este estudio, las estaciones de fototrampeo se colocaron en sitios potenciales para la detección, los cuales no se modificaron, es decir, no se abrieron nuevos caminos. Se ha reportado en algunos estudios que los caminos abiertos recientemente son menos utilizados por los felinos y por ende el número de capturas y recapturas disminuye de manera considerable (Maffei et al., 2004; Dillon y Kelly, 2008; Weckel et al., 2006).

**Tabla 10. Densidades estimadas para jaguares por medio del fototrampeo en distintas zonas de México, bajo el método convencional captura-recaptura y el método espacialmente explícito captura-recaptura (Elaboración propia)**

AUTOR	AÑO	ZONA DE ESTUDIO	DENSIDAD REPORTADA POR EL AUTOR	DENSIDAD CADA 100 KM2	POLIGONO CONVEXO KM2	ÁREA EFECTIVA DE MUESTREO KM2	NUM. DE ESTACIONES	MÉTODO
Aranda	1996	Lacandona, Chiapas	1 ind/13 a 20 km <sup>2</sup>	6 ind/100 km <sup>2</sup>	–	–	–	Huellas
Aranda	1998	Calakmul, Campeche	1 ind/24 a 27 km <sup>2</sup>	3.9 ind/100 km <sup>2</sup>	–	–	–	Huellas
Ceballos et al.	2002	Calakmul, Campeche	1 ind/15 Km <sup>2</sup>	6.6 ind/100 km <sup>2</sup>	–	–	–	Telemetría
de la Torre	2009	Montes azules, Chiapas	4.7 ± 1.7 ind/100 km <sup>2</sup>	4.7 ± 1.7 ind/100 km <sup>2</sup>	82	150	33	Convencional Captura-Recaptura
			1.8 ± 0.6 ind/100 km <sup>2</sup>	1.8 ± 0.6 ind/100 km <sup>2</sup>	80	150	32	
Chávez	2010	Calakmul, Campeche	3.3 ± 6.6 ind/100 km <sup>2</sup>	3.3 ± 6.6 ind/100 km <sup>2</sup>	48	–	20	Convencional Captura-Recaptura
Núñez et al.	–	Sierra de Vallejo, Nayarit	5.6 ind/100 km <sup>2</sup>	5.6 ind/100 km <sup>2</sup>	40	–	23	Convencional Captura-Recaptura
Núñez	2011	Chamela-Cuixmala, Jalisco	5.4 ind/100 km <sup>2</sup>	5.4 ind/100 km <sup>2</sup>	72	–	29	Convencional Captura-Recaptura
Núñez	2011	Marismas Nacionales, Nayarit	4.8 a 5.9 ind/100 km <sup>2</sup>	4.8 a 5.9 ind/100 km <sup>2</sup>	–	83	18	Convencional Captura-Recaptura
			1.9 a 2.5 ind/100 km <sup>2</sup>	1.9 a 2.5 ind/100 km <sup>2</sup>	–	159	17	
Rosas-Rosas & Bender	2012	Sierra Madre Occidental, Sonora	1.1 ind/100 km <sup>2</sup>	1.1 ind/100 km <sup>2</sup>	–	360	26	Convencional Captura-Recaptura
Ávila et al.	2015	"El Eden", Quintana Roo	3.5 ind/100 km <sup>2</sup>	3.5 ind/100 km <sup>2</sup>	47	190	24	Espacialmente Explícito Captura-Recaptura
Carrera-Treviño et al.	2016	"El cielo" Tamaulipas	5.9 ± 1.3 ind/100 km <sup>2</sup>	5.9 ± 1.3 ind/100 km <sup>2</sup>	21	134	22	Convencional Captura-Recaptura
Figel et al.	2016	San Blas, Marismas Nacionales, Nayarit	2.04 ind/100 km <sup>2</sup>	2.04 ind/100 km <sup>2</sup>	59	194	27	Espacialmente Explícito Captura-Recaptura
Coronel-Arellano et al	2017	Cacaxtla, Sinaloa	1.59 ind/100 km <sup>2</sup>	1.59 ind/100 km <sup>2</sup>	72	313	24	Convencional Captura-Recaptura
Núñez et al.	2017	Cacaxtla, Sinaloa	2.3 ind/100 km <sup>2</sup>	2.3 ind/100 km <sup>2</sup>	–	259	45	Convencional Captura-Recaptura
			2.2 ind/100 km <sup>2</sup>	2.2 ind/100 km <sup>2</sup>				Espacialmente Explícito Captura-Recaptura

En un ambiente con ganadería extensiva y con problemas de antropización tan evidentes, como en la Sierra de Vallejo se esperaría que la densidad de jaguar fuera baja comparada con áreas en buen estado de conservación. Una de las razones por la que las poblaciones se mantienen relativamente altas podría deberse a la disponibilidad de presas (Carbone y Gittleman, 2002). Esto es un factor determinante en la abundancia de los carnívoros (Seymour, 1989; Carbone y Gittleman, 2002; Fuller y Sievert, 2001), y de acuerdo a la densidad del jaguar obtenida se esperaría una alta abundancia de presas como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el pecarí (*Pecarí tajacu*) o el coatí (*Nasua narica*), sin embargo, se reportó que esta abundancia es baja (Núñez et al., artículo en revisión). Esto puede deberse principalmente a la caza ilegal, la cual reduce drásticamente sus poblaciones. De igual forma, la ganadería extensiva de esta zona podría tener fuerte influencia en la abundancia de presas, ya que genera un profundo impacto en la vegetación, sobre todo en el sotobosque (Hoogesteijn et al., 2017; Hoogesteijn y Hoogesteijn, 2011). Es común encontrar en esta zona ganado vacuno y evidencia de su presencia en gran parte de la Sierra de Vallejo, cabe mencionar que, en las fotografías obtenidas durante el fototrampeo, se registraron casi en su totalidad fotografías de ganado bovino.

En este sentido, la densidad del jaguar en la Sierra de Vallejo no refleja la abundancia de presas naturales, por lo que el jaguar podría estar complementando sus hábitos alimenticios por medio de la depredación de ganado (Rabinowitz, 1986; Hoogesteijn et al., 2017; Núñez et al., artículo en revisión). De igual forma, existen varios reportes de ataques al ganado bovino por parte del jaguar en localidades aledañas a la Sierra de Vallejo.

El periodo de muestreo en este estudio fue de 50 días, dentro de este periodo se pudieron fotografiar a todos o a la mayoría de jaguares presentes en el área de muestreo en

Sierra de Vallejo. Según nuestros resultados, en los primeros 20 días se fotografió a más de la mitad de los individuos (Figura 9). La figura 9 se basó en los principios de una gráfica de acumulación de especies, en medida que la curva alcanza la asíntota, supone que se registraron todos o la mayoría de los individuos. Este resultado sugiere que, para estudios de esta naturaleza, este periodo de muestreo podría ser una buena referencia. Sin embargo, el historial de captura que se obtuvo para este estudio podría indicar que existió una respuesta a la captura por parte de los individuos de jaguar, ya que, como se mencionó anteriormente, la mayoría de los registros ocurrieron en los primeros 20 días, disminuyendo el número de capturas y número de individuos fotografiados en los días restantes. Dicho de otro modo, la probabilidad de captura de un individuo pudo haber disminuido después de la primera captura (Otis et al., 1978; de la Torre, 2009). De acuerdo a Wegge et al., (2004), esto pudo haber ocurrido debido a que los jaguares pudieron haber detectado los sitios en donde se colocaron las cámaras y después de la primera captura evitaron transitar por esos sitios. Para otros carnívoros como los coyotes (*Canis latrans*) (Sequin et al., 2003), los zorros rojos (*Vulpes vulpes*) (Meek et al., 2016) el leopardo de las nieves (*Panthera uncia*) (Jackson et al., 2005) y el tigre (*Panthera tigris*) (Karanth y Nichols, 1998) también han reportado respuestas negativas después de la primera captura.

Para las estimaciones de densidad hechas por medio de los modelos convencionales de captura-recaptura fue necesario agregar un área adicional a cada una de las estaciones y así calcular el área efectiva de muestreo, esta área adicional se calculó con base en  $1/2\text{MMDM}$  y en  $\text{MMDM}$ . La diferencia que existe entre ambos resultados de densidad estimados por medio de los modelos de captura-recaptura convencionales es la elección de

la distancia adecuada del ancho del área adicional para estimar el área efectiva de muestreo (Soisalo y Cavalcanti, 2006; Dillon y Kelly, 2008).

A lo largo del tiempo ha existido el debate acerca de qué técnica utilizar, ya que, el MMDM obtenido mediante el fototrampeo representa una aproximación al diámetro del área de actividad de la especie de interés (Wilson y Anderson, 1986; Maffei y Noss, 2008). Se ha demostrado que el uso de MMDM obtenido por medio de fototrampeo sólo representa el 58% del MMDM estimado con telemetría (Soisalo y Cavalcanti, 2006). Por lo que, dividirlo entre dos ( $1/2$ MMDM) reduciría de manera significativa el área de actividad de la especie de interés, sugiriendo adherir al área de muestreo el MMDM completo para evitar subestimar el área efectiva de muestreo y por ende la densidad (Dillon y Kelly, 2008). Sin embargo, Núñez (2011) en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala comparó los resultados de densidad por medio de fototrampeo con  $1/2$ MMDM y por telemetría, obteniendo como resultados que usando  $1/2$ MMDM se apega mejor a los resultados obtenidos por telemetría para su área de estudio. Lo que supone que, para estudios en zonas relativamente grandes, como es el caso de Soisalo y Cavalcanti (2006) es recomendable usar el MMDM completo para evitar subestimar el área efectiva de muestreo, mientras que para áreas más pequeñas, conservadas y con alta disponibilidad de presas como lo hizo Núñez (2011), es sugerible emplear el  $1/2$ MMDM para obtener los datos del área efectiva de muestreo más precisos. La distancia entre las estaciones de fototrampeo, el tamaño de área de muestreo y el estado de conservación del sitio influirán directamente en las MMDM obtenidas (Maffei y Noss, 2008).

Si las densidades se calculan por medio del  $1/2$ MMDM y se extrapolan los resultados a áreas muy grandes puede convertirse en un problema, ya que, se obtendría un tamaño poblacional subestimado y podría traer problemas contraproducentes para la especie, debido

a que se implementarían medidas de conservación para el jaguar a un nivel más bajo de lo que realmente requiere (de la Torre, 2009). Es por eso que, calcular el tamaño del diámetro de sus áreas de actividad más cercano a la realidad es utilizando técnicas como la radio-telemetría, sin embargo, si no se tienen los recursos para realizarlo mediante esta técnica, entonces se recomienda usar modelos espacialmente explícitos con el fin de evitar el debate de cual es más conveniente utilizar y evadir este tipo de subestimaciones en los resultados de densidad (Tobler y Powell, 2013; Maffei y Noss, 2008; de la Torre, 2009).

## **7.2 Proporción de sexos en la población de jaguares**

Se obtuvieron los registros de 14 jaguares diferentes, con una proporción de sexos de 1:1, siete hembras y siete machos. Siendo uno de los pocos estudios en donde se presenta esta situación en la población de jaguares, ya que, tiende a existir normalmente una dominancia por los machos en estudios de fototrampeo (Foster et al, 2010; Coronel-Arellano et al., 2017).

Un ejemplo de lo anterior se registró en la región del Pantanal en Brasil, donde se determinó una proporción de sexos de 15 machos y 10 hembras (Soisalo y Cavalcanti, 2006), en 3 zonas de Guatemala se registraron 4 machos y 2 hembras (Moreira et al., 2007). Para México, en Marismas Nacionales, Nayarit se obtuvo una proporción de 5 machos y 4 hembras (Núñez, 2011b), en Cacaxtla, Sinaloa se registraron 2 hembras y 2 machos (Coronel-Arellano et al., 2017) y en la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Chiapas se obtuvo registro de 4 machos y 3 hembras (de la Torre, 2009).

La dominancia por los machos en los estudios puede deberse a que, como se ha observado en los grandes carnívoros, los individuos machos tienden a tener un ámbito

hogareño más grande que el de las hembras, tratando de cubrir mayor territorio (Sunquist, 1981; Rabinowitz y Nottingham, 1986; Bailey, 1993; Srbek-Araujo, 2017), por ende, pudieron existir mayores registros de machos en las estaciones de fototrampeo.

Por otro lado, se ha reportado que las hembras tienen una respuesta biológica de comportamiento mayor a las cámaras trampa que los machos y más aún si se encuentran criando a sus cachorros, de igual forma, son menos propensas a utilizar caminos y veredas hechas por el hombre (Salom-Pérez et al., 2007; Sollmann et al., 2011; Srbek-Araujo, 2017) en donde comúnmente se instalan las cámaras trampa.

De acuerdo a lo resultados de Srbek-Araujo (2017) en los boques atlánticos de Brasil, los jaguares hembra evitaron deliberadamente las cámaras trampa, lo cual podría provocar sesgos orientados hacia los machos, tanto en el tamaño de población como en la proporción de sexos (Srbek-Araujo, 2017). Se ha sugerido que el uso de cámaras trampa debe realizarse de la manera menos intrusiva posible y de esa forma, evitar las subestimaciones de la reproducción y por ende las estimaciones de la estructura poblacional (Srbek-Araujo, 2017).

Nuestros resultados pueden deberse al diseño e intensidad del muestreo, ya que, los estudios antes mencionados se basaron en un diseño de muestro menos robusto que en el de este estudio, teniendo menor probabilidad de capturar a todos los jaguares en el área de estudio. Es decir, podemos asumir que al tener un diseño de muestro con mayor número de estaciones de fototrampeo y más noches trampa pudimos capturar más jaguares, tanto hembras como machos, teniendo una proporción de sexos de 1:1.

### **7.3 Identificación del grado de conservación de la selva con mayores registros de jaguar y ámbito hogareño**

La extrapolación de la densidad obtenida a los kilómetros de área conservada reportada por INEGI en la Sierra de Vallejo y la Sierra de Zapotán, en teoría sería el hábitat del jaguar, sin embargo, no representa precisamente su hábitat en esta zona, ya que, de los 14 individuos fotografiados, 10 ocurrieron en la cubierta “Conservada” y 6 en la “No conservada”, repitiéndose 2 individuos en ambas cubiertas. Por lo tanto, a pesar de que se obtuvo mayor registro de jaguares en la cubierta “Conservada”, no se asume que el hábitat del jaguar se restrinja a sólo vegetación conservada. Asimismo, las estaciones de fototrampeo no fueron colocadas equitativamente en ambas cubiertas, ya que, 24 de las 42 estaciones fueron colocadas en la cubierta “Conservada”, mientras que las 18 restantes fueron colocadas en la cubierta “No conservada”.

En lo general hubo mayor probabilidad de que los jaguares fueran registrados en mayor número en la cubierta “Conservada”. No obstante, no existieron diferencias significativas en el uso de hábitat conservado y no conservado. Lo mismo ocurrió al restringir la estimación a cada uno de los sexos por separado. En conclusión, la población de jaguares se mueve indistintamente por los diferentes tipos de hábitat en la zona.

Los registros de jaguares en zonas con algún grado de perturbación soportan el hecho de que el jaguar es una especie versátil y puede desarrollarse en hábitats alterados como en la Sierra de Vallejo (Brown y López-González, 2001; Sanderson et al., 2002; Núñez, 2007). Cabe resaltar que la captura fotográfica de distintos individuos en zonas no conservadas no da por hecho que sea su hábitat, ya que sólo pueden ser sitios de paso o transitorios por los jaguares (Núñez, 2006).

De acuerdo al registro de hembras y machos en los distintos sitios de colocación de estaciones de fototrampeo, nuestros resultados señalan que los machos tuvieron mayores registros, ya que se detectaron en arroyos, veredas y filos de montaña, mientras que las hembras se restringieron a veredas y filos de montaña, esto puede deberse a la preferencia de hábitat y al ámbito hogareño de machos y hembras en los jaguares (Powell, 2000).

El ámbito hogareño de los jaguares y de los grandes carnívoros en general, es el área que ocupa un individuo para sus actividades diarias de búsqueda de alimento, caza, reproducción y crianza de cachorros (Burt, 1943; Powell, 2000). Se ha observado que el ámbito hogareño de los jaguares machos es mayor a los calculados para las hembras, como ya se ha observado en los grandes felinos (Sunquist, 1981; Rabinowitz y Nottingham, 1986; Núñez et al., 2002). El ámbito hogareño puede ser estimado mediante el polígono convexo, sin embargo, se ha argumentado que al usar este método se subestima el tamaño real del ámbito hogareño, ya que no considera las irregularidades del paisaje (Powell, 2000) recomendando como mejor opción los collares satelitales.

Se ha estudiado el ámbito hogareño de jaguares con collares satelitales, para la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, se reportó un ámbito hogareño de las hembras de jaguar de  $42 \pm 16 \text{ km}^2$  y para los machos aproximadamente  $100 \text{ km}^2$  (Núñez, 2011), es decir, los machos tienden a desplazarse mayor distancia que las hembras. De igual forma, en Belice se registró para las hembras  $10\text{-}11 \text{ km}^2$  y para los machos  $28\text{-}40 \text{ km}^2$  (Rabinowitz y Nottingham, 1986). Lo que soporta los resultados obtenidos en este estudio, ya que, con base en las capturas registradas, los machos fueron los que tuvieron mayor distancia recorrida, debido a que fueron capturados en los tres tipos de sitios de colocación de las estaciones de fototrampeo, teniendo registro en arroyos, veredas y en menor número filos de montaña

(Tabla 8), mientras que las hembras registraron menor actividad, teniendo la mayoría de las capturas en los filos de montaña y sólo dos capturas en veredas (Tabla 8). El hecho de que los machos hayan tenido mayor registro en los arroyos (Tabla 8) puede deberse a la disponibilidad de presas, ya que, el estudio fue realizado en temporada de secas y sus presas se encuentran localizadas cerca de los arroyos en busca de agua, facilitando la caza e invirtiendo menor tiempo de búsqueda (Mandujano et al., 2002; Núñez, 2006).

La diferencia del ámbito hogareño de los jaguares machos y hembras, se debe principalmente al sistema de apareamiento poligínico de los machos (Kitchener, 1991; Seindensticker et al., 1973). Los machos mantienen un ámbito hogareño mayor para incrementar la posibilidad de traslaparlo con el ámbito hogareño de una hembra y así aumentar la posibilidad de reproducirse (Sunquist, 1981; Kitchener, 1991). Por otro lado, las hembras no tienen la necesidad de expandir su ámbito hogareño como lo harían los machos, ellas por lo general buscan áreas con la presencia de madrigueras para sus crías y con la disponibilidad de presas para facilitar la crianza (Kitchener, 1991), mover su ámbito hogareño podría representar un riesgo, como sucedió en este estudio, concentrándose sólo en los filos de montaña, sin embargo, para los machos no lo es, ya que, la mayor parte de su tiempo se pasan patrullando su territorio (Logan y Sweanor, 2000). El ámbito hogareño de los carnívoros en general puede estar sumamente relacionado con la densidad y la distribución de las presas, además de factores como el paisaje, sexo y talla (Sandell, 1989; Grigione et al., 2002).

## **7.4 Tamaño poblacional del jaguar en la Sierra de Vallejo y la Sierra de Zapotán**

El tamaño poblacional del jaguar obtenido para Sierra de Vallejo y Sierra de Zapotán fue estimado en relación a la densidad más conservadora calculada por los SECR (4.7 jaguares/100 km<sup>2</sup>), y la más alta calculada por los SECR (6.1 jaguares/100 km<sup>2</sup>), se estimó que entre 34 a 44 jaguares podrían estar presentes en las dos sierras aproximadamente, según el área conservada y potencialmente disponible para el jaguar. Sin embargo, se debe resaltar que no se tomó en cuenta los kilómetros de área “No conservada” reportada por INEGI para la estimación del tamaño poblacional.

En las zonas no conservadas también puede haber presencia de jaguares (Núñez et al., artículo en revisión), como sucedió en este estudio. No se tomó en cuenta este tipo de cubierta, ya que, se ha reportado que la presencia del jaguar en los ecosistemas demuestra el buen estado de conservación del sitio (Seymour, 1989; Carbone y Gittleman, 2002; Eisenberg, 2014). Por otro lado, se ha reportado que los jaguares pueden adaptarse a ecosistemas alterados (Brown y López-González, 2001; Sanderson et al., 2002; Núñez, 2007; Núñez, 2011a) y nuestros resultados apoyan esta idea, ya que, casi la mitad de los registros (10 en “Conservada” y 6 en “No conservada”) se dieron igualmente en la cubierta “No conservada”. Si se extrapolan los resultados de densidad al área “No conservada” con el mismo intervalo de densidades (4.7 - 6.1 /100 km<sup>2</sup>) para estimar el tamaño poblacional, habría aproximadamente de 32 a 41 jaguares sólo en la cubierta “No conservada”.

Para la Sierra de Vallejo se ha reportado anteriormente un tamaño poblacional de 28 a 48 jaguares (Núñez et al., artículo en revisión). Cabe mencionar que este tamaño poblacional fue estimado mediante densidades obtenidas con los modelos convencionales de

captura-recaptura y utilizando el programa CAPTURE y se extrapola al área de distribución potencial calculada mediante el modelo de nicho ecológico utilizando el programa Maxent (Núñez et al., artículo en revisión).

De acuerdo al área potencial para el jaguar y a las densidades obtenidas por medio de los modelos SECR el tamaño poblacional estimado es relativamente alto, considerando que el área potencial para el jaguar cubre 720 km<sup>2</sup> y que el área de Sierra de Vallejo y Sierra de Zapotán no está decretada como ANP, resaltando la importancia de esta zona para la conservación de poblaciones importantes de jaguares. En otros estudios realizados en México, han encontrado un tamaño poblacional de hasta aproximadamente 66 a 171 individuos en un área potencial de 3,651 km<sup>2</sup> en las Reservas de la Selva Lacandona (de la Torre, 2009).

Sierra de Vallejo puede ser considerada como un sitio potencial para conectar otras áreas en el occidente de México con poblaciones de jaguar por medio de corredores biológicos. La Reserva de la Biosfera (RB) Marismas Nacionales en Nayarit, la RB Chamela-Cuixmala y la RB Sierra de Manantlán en Jalisco son ejemplos de estas zonas en el occidente de México. Su conexión podría facilitar el movimiento de los jaguares y evitar el aislamiento de sus poblaciones (Rodríguez et al., 2013).

## **7.5 Modelos espacialmente explícitos (SECR) y modelos convencionales de captura-recaptura**

Los resultados de densidad sesgados no se restringen sólo al uso de los modelos convencionales de captura-recaptura, estas sobreestimaciones son asociadas de igual manera al tamaño del área de muestreo y al número de estaciones, se pueden usar los modelos SECR pero si el diseño de muestro no es el adecuado, los sesgos en los resultados serán imprescindibles (Efford, 2004; Efford et al., 2004).

Se han realizado estudios en donde se comparan las densidades estimadas por medio de los modelos SECR y modelos convencionales, Tobler y Powell (2013), analizaron 74 estudios a lo largo del continente americano, desde México hasta el norte de Argentina, todos los estudios variando el número de estaciones, tamaño del área de muestreo, distancia entre las estaciones, días de muestreo, individuos fotografiados, densidades y modelos utilizados. Encontraron que, de los 74 estudios, aproximadamente el 90% de ellos no cumplen con los requisitos mínimos, estimando resultados altamente sesgados, sobreestimando las densidades, estos errores eran principalmente por la subestimación del MMDM para el caso de los modelos convencionales, solo nueve estudios registraron un área efectiva de muestreo de más de 200 km<sup>2</sup> (Tobler y Powell, 2013). De todos los estudios analizados por Tobler y Powell (2013), aproximadamente 25 estudios tuvieron menos de 20 estaciones de fototrampeo, lo que viola el supuesto de un mínimo de 27 estaciones de fototrampeo en un área de 81 km<sup>2</sup> (Chávez et al., 2013).

Los sesgos generados para ambos modelos en los distintos estudios pueden corregirse aumentando el número de estaciones de fototrampeo y el área efectiva de muestreo, ya que, una mayor área de muestreo aumenta el tamaño de la muestra y cubre mayor heterogeneidad

del hábitat haciendo que el muestreo sea más representativo al total del área y tengan mayor validez los resultados al extrapolarlos (Tobler y Powell, 2013; Efford, 2004; Efford et al., 2004). Recalcular los resultados de densidad con los dos modelos en los distintos estudios que se han hecho a lo largo del continente americano sería interesante para identificar cuánto varía la densidad entre diferentes modelos (Tobler y Powell, 2013).

Después de más de una década de estudios de densidad del jaguar en los distintos hábitats que cubre su rango de distribución, nuestro conocimiento sigue siendo incipiente acerca del estado real de sus poblaciones (Tobler y Powell, 2013), ya que, como se ha mencionado anteriormente, algunos estudios que se han realizado en el continente americano acerca del estado de sus poblaciones no cumplen con los requisitos mínimos, obteniendo resultados sesgados. Para futuros estudios acerca del estado de las poblaciones de jaguar, sería altamente recomendable seguir usando un número razonable de estaciones de fototrampeo, utilizando los modelos espacialmente explícitos (SECR) como en este estudio, y, si se dispone de datos de telemetría u otros métodos para estimar las distancias máximas recorridas por los individuos podrían ser mucho más robustos los resultados. Esos resultados podrían usarse como una estimación de población máxima para evaluar posibles cambios en las prioridades de conservación (Tobler y Powell, 2013; Eizirik et al., 2002).

Es evidente que se deben realizar estudios a gran escala, aumentando el área y el número de estaciones, esto permitirá mejorar las estimaciones de densidad y se podrá recalcular la densidad para confirmar las estimaciones hechas en ciertos lugares del continente, combinándolos con datos de telemetría (Tobler y Powell, 2013). Se entiende que para llevar esto a cabo, se requieren grandes esfuerzos logísticos y financieros, pero, usar esto como excusa para realizarlos, sabiendo que no serán los más adecuados debido al área o

número insuficiente de estaciones, podría ser contraproducente para la especie (Tobler y Powell, 2013; Efford, 2004). Si un estudio no puede cumplir con ciertos requisitos, podrían concentrar esos esfuerzos en la realización de otro tipo de estudios como en la presencia o distribución de la especie, uso de corredores, preferencia de hábitat, genética, dieta, etc. Que son igual de importantes que la estimación de densidad (Efford, 2004; Zeller et al., 2011; Tobler y Powell, 2013).

## **8. IMPLICACIONES PARA SU CONSERVACIÓN**

Nuestros resultados tienen claras implicaciones en la conservación del jaguar en México y específicamente en el occidente de México. El tamaño poblacional obtenido en la zona de Sierra de Vallejo-Sierra de Zapotán demuestran la importancia del sitio como refugio para la especie, en especial para evitar el aislamiento de las poblaciones de jaguar y crear las condiciones adecuadas para el movimiento de los jaguares y otras especies por medio de iniciativas como los corredores biológicos (PACE, 2009; Zeller et al., 2011; Rodríguez et al., 2013). Las poblaciones aisladas o con pocos individuos son más propensas a la desaparición de sus poblaciones debido a la alta presión antropogénica y a los efectos negativos del ambiente como enfermedades y al entrecruzamiento genético (Núñez, 2006).

La disminución y fragmentación del hábitat es uno de los mayores retos en la conservación del jaguar y en general de los grandes carnívoros (Woodroffer y Ginsberg, 1998). Sierra de Vallejo es un ejemplo de la fragmentación de su hábitat, la recuperación y conservación de esta zona traerá beneficios a la población de jaguares en México y a otras especies de flora y fauna dentro de los ecosistemas en donde habita el jaguar.

## 9. CONCLUSIONES

- El tamaño poblacional del jaguar en la Sierra de Vallejo obtenido en este trabajo es de suma importancia y promueve el seguimiento de actividades a favor de su conservación.
- La alta densidad de jaguares estimada resalta la importancia de conservar la Sierra de Vallejo, por lo que, es importante que el decreto como Área Natural Protegida prosiga, no sólo por el valor de conservación que tiene para el jaguar, sino también para otras especies de menor nivel trófico, conservando un ecosistema de forma integral.
- La proporción de sexos en la población de jaguares pudo estar estrechamente relacionada al sitio en donde se colocaron las estaciones de fototrampeo, obteniendo una proporción de 1:1.
- El jaguar no tiene preferencia por algún tipo de hábitat según nuestros resultados, sin embargo, es importante considerar mejorar el estado de conservación de la Sierra de Vallejo.
- Nuestros resultados demuestran que, a mayor tamaño del área e intensidad de muestreo, éstos pueden variar de manera considerable.
- Según nuestros resultados, la densidad no varió de forma considerable al analizarlos con el modelo convencional y el espacialmente explícito.

- Mejorar el estado de conservación de esta zona es fundamental para mantener poblaciones importantes de jaguar en el occidente de México. La conexión de esta zona por medio de corredores biológicos favorecerá su conservación a largo plazo.
- Es importante, impulsar iniciativas que mejoren del manejo ganadero, ya que, una de las principales razones por la que se intensifican los ataques al ganado, sobre todo el bovino, es debido al mal manejo ganadero que existe en la Sierra de Vallejo. Esto, podría reducir de manera significativa los ataques al ganado y por ende la cacería del jaguar.
- Con las acciones adecuadas de conservación, la Sierra de Vallejo se fortalecerá como una zona importante de refugio de la especie. En este sentido, la población de jaguares y sus presas podría aumentar en su abundancia.

## **10. RECOMENDACIONES**

- Es importante considerar estimar la densidad poblacional en la Sierra de Zapotán, para así obtener un tamaño poblacional más preciso del número de jaguares presentes en las dos sierras.
- Para evitar posibles errores en la estimación de MMDM se recomienda usar los modelos espacialmente explícitos.
- Es muy importante implementar muestreos con diseños adecuados para obtener resultados confiables y evitar la toma de decisiones erróneas, en particular en especies en peligro de extinción y prioritarias de conservación como el jaguar.

## 11.LITERATURA CITADA

- Aranda, M. (1996). Distribución y abundancia del jaguar (*Panthera onca*) (Carnivora; Felidae) en el Estado de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*. Vol 68, 45-52.
- Aranda, M. (1998). Densidad y estructura de una población de jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana*. Vol 75, 199-201.
- Arriaga, L., Espinoza, C., Aguilar, E., Martínez, L., Gómez, L. y Loa, E. (2000). Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. Consultado en Junio del 2017 de <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html>
- Ávila, D., Chávez, C., Lazcano, M., Pérez, S. y Alcántara, J. (2015). Estimación poblacional y conservación de felinos (Carnivora: Felidae) en el norte de Quintana Roo, México. *Biología Tropical*. Vol 63(3), 799-813.
- Ávila, D., Chávez, C., Lazcano, M., Mendoza, G. y Pérez, S. (2016). Traslape de patrones de actividad entre grandes felinos y sus principales presas en el norte de Quintana Roo, México. *Therya*. Vol 7(3), 439-448.
- Ayala, G., Viscarra, M. y Wallace., R. (2010). Densidad y patrones de actividad de ocelotes (*Leopardus pardalis*) en Río Hondo, Parque Nacional, y Área Natural de Manejo integrado Madidi, La Paz, Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*. Vol 28, 119-129.

- Bailey, T. (1993). *The African Leopard: Ecology and Behaviour of a solitary felid*. Columbia University Press. New York.
- Boron, V., Tzanopoulos, J., Gallo, J., Barragan, J., Jaimes-Rodríguez, L., Schaller, G. y Payan, E. (2016). Jaguar densities across human-dominated landscapes in Colombia: The contribution of unprotected areas to long term conservation. *PLOS ONE*. Vol 11(5), 1-14.
- Brown, D. y López-González. (2001). Natural History. (pp. 15-66). En: *Borderland Jaguars, Tigres de la Frontera*. The University of Utah Press. Utah, USA.
- Burgas, A., Amit, R. y López, B. (2014). Do attacks by jaguars *Panthera onca* and pumas *Puma concolor* (Carnivora: Felidae) on livestock correlate with species richness and relative abundance of wild prey? *Biología Tropical*. Vol 63(4), 1459-1467.
- Burt, W. (1943). Territoriality and home ranges concepts as applied to mammals. *Journal Mammalogy*. Vol 24, 236-254.
- Cagnacci, F., Boitani, L., Powell, R. y Boyce, M. (2010). Animal ecology meets GPS-based radiotelemetry: a perfect storm of opportunities and challenges. *The Royal Society*. Vol 365, 2157-2162.
- Carbone, C. y Gittleman, J. (2002). A common rule for the scaling of carnivore density. *Science*. Vol 295, 2273-2276.
- Cardillo, M., Purvis, A., Sechrest, W., Gittleman, J., Bielby, J. y Mace, G. (2004). Human Population Density and Extinction Risk in the World's Carnivores. *PLOS BIOLOGY*. Vol 2(7), 909-914.

- Carrera-Treviño, R., Torres, I., Martínez, L. y López, M. (2016). El jaguar (*Panthera onca*) (Carnivora: Felidae) en la Reserva de la Biosfera “El Cielo”, Tamaulipas, México.
- Caso, A., López, C., Payan, E., Eizirik, E., De Oliveira, T. y Leiter, R. (2008). *Panthera onca*. The IUCN Red List of Threatened Species. Consultado en Mayo del 2017 en <http://www.iucnredlist.org/>
- Cassaigne, I., Medellín, R., Thompson, R., Culver, M., Ochoa, A., Vargas, K. y Childs, J. (2016). Feeding habits of the jaguar (*Panthera onca*) (Carnivora: Felidae) in Tortuguero National Park, Costa Rica. *Biología Tropical*. Vol 66(1), 70-77.
- Ceballos, G., Rodríguez, P., Medellín, R., (1998). Assessing conservation priorities in megadiverse Mexico: mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Ecological Applications*. Vol 8(1), 8-17.
- Ceballos, G., Chávez, C., Rivera, A. y Manterola, C. (2002). Tamaño Poblacional y Conservación del Jaguar en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. (pp.403-418). Medellín, R., Equihua, C., Chetkiewicz, C., Crawshaw, P., Rabinowitz, A., Redford, K., Robinson, J., Sanderson, E., Taber, A. (Eds) En: El Jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ceballos, G. (2010). El jaguar señor de las selvas. (pp.47-95). Ceballos, G., List, R., Medellín, R., Bonacic, C. y Pacheco, J. (Eds). En: Los felinos de América, Cazadores Sorprendentes. Grupo Cars. México.
- Ceballos, G. y Valenzuela, D. (2010). Diversidad, ecología y conservación de los vertebrados en Latinoamérica. (pp.93-118). Ceballos, G., Martínez, L., García, A., Espinoza, E.,

- Creel, J. y Dirzo, R. (Eds). En: Diversidad, Amenazas y Áreas Prioritarias para la Conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México. Fondo de Cultura Económica, CONABIO, CONANP, TELMEX, WWF.
- Ceballos, G., Chávez, C. y Zarza, H. (2012). Censo Nacional del Jaguar y sus Presas. 1ra etapa. CONANP, IE-UNAM, WWF/Telcel, TELMEX y CONABIO. Informe Final SNIB-CONABIO Proyecto HE011. México, D.F.
- Cervantes, F., Castro, C. y Ramírez-Pulido, J. (1994). Mamíferos terrestres nativos de México. *Serie Zoológica*. Vol 65, 177-190.
- Challenger, A. y Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. (pp.87-108). Acosta, J., Bazaldúa, L., Bolívar, A., Bourguet, S., Gutiérrez, S., Monroy, E., Puon, H., Retíf, A. y Sánchez, J. (Eds). En: Capital Natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México.
- Chávez, C. y Ceballos, G. (2006). El Jaguar Mexicano en el Siglo XXI: Situación Actual y Manejo. Chávez, C. y Ceballos, G. (Eds). México. CONABIO. WWF/Telcel. UNAM. México.
- Chávez, C. (2010). *Ecología y conservación del jaguar (Panthera onca) y puma (Puma concolor) en la región de Calakmul y sus implicaciones para la península de Yuactán*. Tesis de Doctorado. Universidad de Granada.
- Chávez, C., de la Torre, A., Barcenas, H., Medellín, R., Zarza, H. y 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.

- CITES (2013). Apendices I, II y III. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. UNEP.
- Clark, T., Paquet, P. y Curlee, P. (1996). Large carnivore conservation in the Rocky Mountains of the United States and Canada. *Conservation Biology*. Vol 10 (4), 936-939.
- CONANP (2012). Estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida con la categoría de Área de protección de recursos naturales “Sierra de Vallejo-Rio Ameca”. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT, México.
- Coronel-Arellano, H., Lara-Díaz, N. y López-González, C. (2017). Abundancia y Densidad del Jaguar (*Panthera onca*) en el APFF Meseta de Cacaxtla, Sinaloa, México. *Acta Zoológica Mexicana*. Vol 33 (1), 116-119.
- de la Torre, A. (2009) *Estimación Poblacional del Jaguar (Panthera Onca) y abundancia relativa de sus presas en la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Chiapas, México*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- de la Torre, A. y Medellín, R. (2011). Jaguars (*Panthera onca*) in the greater lacandona ecosystem, Chiapas, Mexico: population estimates and future prospects. *Oryx*. Vol 45(4), 546-553.
- Díaz-Pulido, A. y Payan, E. (2011). Densidades de ocelotes (*Leopardus pardalis*) en los llanos colombianos. *Maztozoología Neotropical*. Vol 18 (1), 63-71.
- Díaz-Pulido, A. y Payan, E. (2012). Historia del fototrampeo (pp.6-8). Khatib, J. y González, C. (Eds). En: Manual de Fototrampeo: una herramienta de investigación para la

conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recurso Biológicos Alexander von Humboldt. Panthera Colombia.

Dillon, A. y Kelly, M. (2008). Ocelot home range overlap and density: comparing radio telemetry with camera trapping. *Journal of Zoology*. Vol 275, 391-398.

DOEN. (2004). Decreto que declara a la Sierra de Vallejo, ubicada en los municipios de Compostela y Bahía de Banderas, Nayarit; como Área Natural Protegida bajo la categoría de Reserva de la Biosfera Estatal. Diario Oficial del Estado de Nayarit. Nayarit, México.

DOF. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. México.

Efford, M. (2004). Density estimation in live-trapping studies. *Oikos*. Vol 106, 598-610.

Efford, M., Dawson, D. y Robbins, C. (2004). DENSITY: software for analysing capture-recapture data from passive detector arrays. *Animal Biodiversity and Conservation*. Vol 27 (1), 117-228.

Efford, M. y Fewster, R. (2012). Estimating population size by spatially explicit capture-recapture. *Oikos*. Vol 122 (6), 918-928.

Eisenberg, C. (2014). *The Carnivore Way: Coexisting with and Conserving North America's Predators*. Island Press. Washington D.C

- Eisenberg, J. (1986). Life history strategies of the felidae: Variation on a common theme. (pp.293-303). Miller, D. y Everett, D. (Eds). En: *Cats of the World: Biology Conservation and Management*. Natural Wildlife Federation. Washington D.C
- Eizirik, F., Indrusiak, C. y Johnson, W. (2002). Análisis de la viabilidad de las poblaciones de jaguar: evaluación de parámetros y estudios de caso en tres poblaciones remanentes del sur de Sudamérica. (pp.501-518). Medellín, R., Equihua, C., Chetkiewicz, C., Crawshaw, P., Rabinowitz, A., Redford, K., Robinson, J., Sanderson, E., Taber, A. (Eds). En: *El jaguar en el nuevo milenio*. Fondo de cultura económica. México.
- Ewer, R. (1973). *The Carnivores*. Cornell University. Press Ithaca. New York.
- FAO (2009). El ganado y el medio ambiente. En *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Consultado en Agosto del 2017 de <http://www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0680s.pdf>
- Figel, J., Ruiz-Gutierrez, F. y Brown, D. (2016). Densities and Perceptions of jaguars in Coastal Nayarit, México. *Wildlife Society Bulletin*. Vol 40(3) 506-5013.
- Foster, R., Harmsen, B. y Doncaster, C. (2010). Habitat use by sympatric jaguars and pumas across a gradient of human disturbance in Belize. *Biotropica*. Vol 42, 724-731.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Gittleman, J. y Gomper, M. (2005). Plight of predators. The importance of carnivores for understanding patterns of biodiversity and extinction risk. (pp.370-380). Barbosa, P.

- y Castellanos, I. (Eds). En: Ecology of predator-prey interactions. University Press. Oxford.
- Gómez, T. (1994). Neotropical cats, ecology and conservation. Sao Luis, Brasil. EDUFMA.
- Grigione, M., Beier, P., Hopkins, A., Neal, D., Padly, D., Schonewald, C. y Johnson, M. (2002). Ecological and allometric determinants of home-range size for mountain lions (*Puma concolor*). *Animal Conservation*. Vol 5, 317-324.
- Gross, P., Kelly, M. y Caro, T. (1996). Estimating carnivore densities for conservation purposes: indirect methods compared to baseline demographic data. *Oikos*. Vol 77, 197-206.
- Hairston, N., Smith, F. y Slobodkin, L. (1960). Community Structure, Population Control, and Competition. *American Naturalist*. Vol 94, 421-425.
- Harmesen, B., Foster, R., Silver, S. y Ostro, L. (2009). Spatial and Temporal Interactions of Sympatric Jaguars (*Panthera onca*) and Pumas (*Puma concolor*) in a Neotropical Forest. *Journal of Mammalogy*. Vol 90, 612-620.
- Hernández-Huerta, A. (1992). Los Carnívoros y sus Perspectivas de Conservación en las Áreas Protegidas de México. *Acta Zoológica*. Vol 54, 1-23.
- Hoogesteijn, R. y Hoogesteijn, A. (2005). Manual sobre problemas de depredación causados por jaguares y pumas en hatos ganaderos. Wildlife Conservation Society. Nueva York.

- Hoogesteijn, R. y Hoogesteijn, A. (2011). Estrategias para disminuir la depredación. (pp.15-50). Microart Ltda (Eds) En: Estrategias anti-depredación para fincas ganaderas en Latinoamérica: Una guía. Campo Grande, Brasil. Panthera. Brasil.
- Hoogesteijn, A., López, C., Núñez, R., Rosas-Rosas, O. y Febles, J. (2017). El jaguar y las comunidades rurales: uso de densidad humana y bovina para identificar zonas de conflicto a nivel nacional en México. (pp.49-61). Castaño-Uribe, C., Lasso, C., Hoogesteijn, R., Díaz-Pulido, A. y Payan, E. (Eds). En: Conflictos entre felinos y humanos en América Latina. Bogotá, Colombia.
- INEGI (2007). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Instituto Nacional de Estadística, Geografía. México. Consultado en noviembre del 2017 de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est>
- INEGI (2011). Estadísticas Jalisco y Nayarit. Instituto Nacional de Estadística Geografía. México.
- INEGI (2014a). Encuesta Nacional Agropecuaria 2014. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI (2014b). Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México
- INEGI (2017). Anuario estadístico y geográfico de Nayarit 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Jackson, R., Roe, J., Wangchuk, R. y Hunter, D. (2005). Camera-Trapping of Snow Leopards. *CATS NEWS*. Vol 42, 19-21.

- Jedrzejewski, J., Carreño, R., Sánchez-Mercado, A., Schmidt, K., Abarca, M., Robinson, H., Boede, E., Hoogesteijn, R., Vilorio, A., Cerda, H., Velázquez, G. y Zambrano-Martínez, S. (2017). Human-Jaguar Conflicts and the Relative Importance of Retaliatory Killing and Hunting for Jaguar (*Panthera onca*) Populations in Venezuela. *Biological Conservation*. Vol 209, 524-532.
- Jorgenson, J. y Redford, K. (1993). Humans and big cats as predators in the neotropics. (pp.367-390). Dunstone, N. y Gorman, M. (Eds). En: *Mammals as Predators*. Clarendon Press. Oxford.
- Karanth, K. y Nichols, J. (1998). Estimation of Tiger Densities in India Using Photographic Captures and Recaptures. *Ecology*. Vol 79(8), 2852–2862.
- Karanth, K. y Nichols, J. (2002). *Monitoring tigers and their prey, a manual for researchers, managers and conservationist in tropical Asia*. Centre for Wildlife Studies. Bangalore.
- Karanth, K., Nichols, J., Kumar, N. y Hines, J. (2006). Assessing tiger population dynamics using photographic capture-recapture sampling. *Ecology*. Vol 87(11), 2925-2937.
- Kelly, M., Noss, A., Bitetti, M., Maffei, L., Arispe, R., Paviolo, A., Angelo, C. y Di Blanco, Y. (2008). Estimating puma densities from camera trapping across three study sites: Bolivia, Argentina y Belize. *Journal of mammalogy*. Vol 89(2), 408-418.
- Kitchener, A. (1991). *Natural history of wild cats*. Cornell University Press. Nueva York.
- Kleiman, D. y Eisenberg, J. (1973). Comparison of canid and felid social systems from an evolutionary perspective. *Journal of Animal Behaviour*. Vol 21, 637-659.

- Llorente-Bousquets, J. y Ocegueda, S. (2008). Estado del conocimiento de la biota. (283-322). Acosta, J., Bazaldúa, L., Bolívar, A., Bourguet, S., Gutiérrez, S., Monroy, E., Puon, H., Retíf, A. y Sánchez, J. (Eds). En: Capital natural de México, vol 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México.
- Logan, K. y Sweanor, I. (2000). Puma. (pp347-377). Demarias, S y Krausman, P. (Eds). En: Ecology and management of large mammals in North. Prentice-Hall. Upper Saddle River. New Jersey.
- Maass, M., Búrquez, A., Trejo, I., Valenzuela, D., González, M., Rodríguez, M. y Arias, H. (2010). Amenazas. (pp.321-346). Ceballos, G., Martínez, L., García, A., Espinoza, E., Bezaury., J. y Dirzo, R. (Eds). En: Diversidad, Amenazas y Áreas Prioritarias para la Conservación de las Selvas secas del Pacífico de México. Fondo de Cultura Económica. CONABIO, México.
- Maffei, L., Cuellar, E. y Noss, A. (2004). One thousand jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's Chaco? Camera trapping in the Kaa-Iya National Park. *Journal of Zoology*. Vol 262, 295-304.
- Maffei, L. y Noss, A. (2008). How small is too small? Camera trap survey áreas and density estimates for ocelots in the Bolivian Chaco. *Biotropica*. Vol 40(1), 71-75.
- Mandujano, S., Gallina, S., Arceo, G., Sánchez-Rojas y Silva-Villalobos, G. (2002). Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus sinaloae*). (pp415-422). Noguera, F., García-Aldrete y Quesada-Avendaño, M. (Eds). En: Historia Natural de Chamela. Instituto de Biología UNAM. México.

- Martínez, L. y Ceballos, G. (2010). Sierra de Vallejo, Nayarit. Ceballos, G., García, A., Martínez, L., Espinoza, E., Bezaury, J. y Dirzo, R. (Eds). En: Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del oeste de México. Fondo de Cultura Económica, CONABIO, CONANP, TELMEX, WWF. México
- Mattioli, L., Canu, A., Passilongo, D., Scandura, M. y Apollonio, M. (2018). Estimation of pack density in grey wolf (*Canis lupus*) by applying spatial explicit capture-recapture models to camera trap data supported by genetic monitoring. *Frontiers in Zoology*. Vol 15(38), 2-15.
- McDonald, D. y Loveridge, A. (2010). The biology and conservation of wild cats. McDonald, D. y Loveridge, A. (Eds). Oxford University Press. Oxford.
- Meek, P., Ballard, G., Fleming, P. y Falzon, G. (2016). ¿Are we getting the full picture? Animal responses to camera traps and implications for predator studies. *Ecology and Evolution*. Vol 6(10), 3216-325.
- Menge, B. (1992). Community regulation: Under what conditions are bottom-up factors important on Rocky Shores?. *Ecology*. Vol 73, (755-765).
- Miller, B. y Núñez, R. (1999). Ecología de jaguares y pumas en el oeste de México: Fase II. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J090. México.
- Moreira, J., McNab, R., Thornton, D., García, R., Ponce-Santiso, G. y Radachowsky, J. (2007). Abundancia de Jaguares en La Gloria-El Lechugal, Zona de Usos Múltiples, Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. *Wildlife Conservation Society*. Guatemala.

- Nowell, K. y Jackson, P. (1996). Wild cats: Status, survey and conservation action plan. Nowell, K. y Jackson, P. (Eds). IUCN. Suiza.
- Núñez, R. (1999). *Hábitos alimentarios del jaguar (Panthera onca) y del puma (Puma concolor) en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco*. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Núñez, R., Miller, B. y Lindzey, F. (2000). Food habits of jaguars and pumas in Jalisco, Mexico. *Journal of Zoology*. Vol 252, 373-379.
- Núñez, R. (2002). Ecología del jaguar en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México. (107-126). Medellín, R., Equihua, C., Chetkiewicz, C., Crawshaw, P., Rabinowitz, A., Redford, K., Robinson, J., Sanderson, E., Taber, A. (Eds). En: El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Núñez, R. (2006). *Área de actividad, patrones de actividad y movimiento del jaguar (Panthera onca) y del puma (Puma concolor), en la Reserva de la Biosfera "Chamela-Cuixmala", Jalisco*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Núñez, R. (2007). Distribución y situación actual del jaguar (*Panthera onca*) y actitudes hacia su conservación en el occidente de México. Ceballos, G., Chávez, C., List, R. y Zarza, H. (Eds) En Conservación y manejo del jaguar en México: estudios de caso y perspectivas (pp. 25-40). CONABIO. WWF/Telcel. UNAM. México.
- Núñez, R. (2011). Estimating jaguar population density using camera-traps: a comparison with radio-telemetry estimates. *Journal of Zoology*. Vol 258(1), 39-45.

- Núñez, R. (2011). Monitoreo de Jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales. CONANP. Consultado en Mayo del 2017 en [http://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/marismas\\_nacionales/info.pdf](http://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/marismas_nacionales/info.pdf)
- Núñez, R., González-Palacios, S., Anguiano-Méndez, D. y Juárez-Ochoa, I. (2017). Densidad poblacional del jaguar (*Panthera onca*) en el APFF Meseta de Cacaxtla, Sinaloa. (pp. 199-200). En: Memorias del XIV Congreso Nacional de Mastozoología: Problemas globales. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Núñez, R., Saracho, E., Lorenzana, G., Anguiano-Méndez, D. y Corona-Corona, E. (artículo en revisión). Abundancia del jaguar (*Panthera onca*) en la Costa Sur de Nayarit, México.
- Oliveira, T. (1994). Neotropical cats: Ecology and conservation. EDUFMA. Sao Luis, Brasil.
- Otis, D., Burnham, K., White, G. y Anderson, D. (1978). Statistical inference from the capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs*. Vol 62, 1-135.
- PACE (2009). Programa de Acción para la Conservación de la Especies: Jaguar. SEMARNAT. México.
- Panthera (2016). Jaguar Range Map. PANTHERA. Consultado el 17 de enero del 2019 en: [https://www.panthera.org/cms/sites/default/files/Panthera\\_JaguarRangeMap\\_January2017.pdf](https://www.panthera.org/cms/sites/default/files/Panthera_JaguarRangeMap_January2017.pdf)
- Peña-Mondragón, J. y Castillo, A. (2013). Livestock predation by jaguars and other carnivores in Northeastern Mexico. *Therya*. Vol 4(3), 431-446.

- Peña-Mondragón, J. (2015). *Manejo de Ganado y Conservación del Jaguar en dos Sitios Contrastantes de México*. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Petit, M., Denis, T., Rux, O., Richard-Hansen, C. y Berzins, R. (2017). Estimating jaguar (*Panthera onca*) density in a preserved coastal area of French Guiana. *Mammalia*. Vol 82 (2), 188-192.
- Polisar, J., Maxit, I., Scognamillo, D., Farrell, L., Sunquist, M. y Eisenberg, J. (2003). Jaguars, pumas, their prey base, and cattle ranching: ecological interpretations of a management problem. *Biological Conservation*. Vol 109, 297-310.
- Powell, R. (2000). Animal home ranges and territories and home range estimators. (pp. 65-110). Boitani, L. y Fuller, K. (Eds). En: *Research Techniques in Animal Ecology*. Columbia University Press. New York.
- Rabinowitz, A. (1986). Jaguar predation on domestic livestock in Belize. *Wildlife Society Bulletin*. Vol 14, 170-174.
- Rabinowitz, A. y Nottingham, B. (1986). Ecology and Behaviour of Jaguar (*Panthera onca*) in Belize, Central America. *Journal of Zoology*. Vol 210, 149-159.
- Ramírez-Pulido, J., Arroyo-Cabrales, J. y Castro-Campillo, A. (2005). Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana*. Vol 21(1), 21-82.
- RANP. (sf). *Sistemas Estatales de Áreas Naturales Protegidas en Nayarit*. Red Nacional de Sistemas Estatales de Áreas Naturales Protegidas. CONANP. México.

- Ripple, W., Estes, J., Beschta, R., Wilmers, C., Ritchie, E., Hebblewhite, M., Berger, J., Elmhagen, B., Letnic, M., Nelson, M., Schmitz, O., Smith, D., Wallach, A. y Wirsing, A. (2014). Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science*. Vol 343, 151-162.
- Rodríguez, C., Monroy, O., Zarco, M. (2013). Corridors for jaguar (*Panthera onca*) in Mexico: Conservation strategies. *Journal for Nature Conservation*. Vol 21, 438-443.
- Rosas- Rosas, O. y Bender, L. (2012). Estado de la población de jaguares (*Panthera onca*) y pumas (*Puma concolor*) en el noreste de Sonora, México. *Acta Zoológica Mexicana*. Vol 28(1), 86-101.
- Rzedowski, J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*. Vol 14, 3-21.
- Rzedowski, J. (2006). Bosque Tropical Subcaducifolio. (pp.190-199). Rzedowski, J. (Eds). En: Vegetación de México. CONABIO, México.
- Salom-Pérez, R., Camillo, E., Sáenz, J. y Mora, J. (2007). Critical condition of the jaguar *Panthera onca* population in Corcovado National Park, Costa Rica. *Oryx*. Vol 41, 51-56.
- Sánchez-Cordero, V., Botello, F., Flores-Martínez, J., Gómez-Rodríguez, R., Guevara, L., Gutiérrez-Granados, G. y Rodríguez-Moreno, A. (2014). Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Vol 85, 496-504.
- Sandell, M. (1989). The mating tactics and spacing behavior of solitary carnivores (pp 164-182). Gittleman, J. (Ed). En: Carnivore behavior, ecology and evolution. Cornell University Press. New York.

- Sanderson, E., Redford, K., Chetkiewicz, C., Medellin, R., Rabinowitz, A., Robinson, J. y Taber, A. (2002). Planning to Save a Species: the Jaguar as a Model. *Conservation Biology*. Vol 16 (1), 58-72.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S. y de la Maza, J. (2009). Capital Natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. CONABIO. México.
- Séquin, E., Jaeger, M., Brussard, P. y Barret, R. (2003). Wariness of coyotes to camera traps relative to social status and territory boundaries. *Canadian Journal Zoology*. Vol 81, 2015-2025.
- Seymour, K. (1989). *Panthera onca*. *Mammalian Species*. Vol 340, 1-9.
- Silver, S. (2004). Estimando la abundancia del jaguar mediante trampas-cámara. Wildlife Conservation Society. New York, EUA.
- Silver, S., Ostro, L., Marsh, L., Maffei, L., Noss, A., Kelly, M., Wallace, R., Gómez, H. y Ayala, G. (2004). The use of camera traps for estimating jaguar *Panther onca* abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx*. Vol 38, 148-154.
- Soisalo, M. y 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*. Vol 129(4), 487-496.
- Sollman, R., Furtado, M., Gardner, B., Hofer, H., Jacomo, A., Torres, N., Silveira, L. (2011). Improving density estimates for elusive carnivores: accounting for sex-specific

- detection and movements using spatial capture-recapture models for jaguar in central Brazil. *Biological Conservation*. Vol 144(3), 1017-1024.
- Srbek-Araujo, A. (2017). Do female jaguars (*Panthera onca* Linneus, 1758) deliberately avoid camera traps?. *Mammalian Biology*. Vol 88, 26-30.
- Sunquist, M. (1981). The social organization of tiger (*Panthera tigris*) on Royal Chit wan National Park, Nepal. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.
- Terborgh, J. (2005). The big things that run the world. *Conservation Biology*. Vol 2, 402-403.
- Tobler, M., Carrillo-Percestequi, S., Pitman, R., Mares, R. y Powell, G. (2008). Further notes on the analysis of mammals inventory data collected with camera traps. *Animal Conservation*. Vol 11, 187-189.
- Tobler, M. y Powell, G. (2013). Estimating jaguar densities with camera traps: Problems with current designs and recommendations for future studies. *Biological Conservation*. Vol 159, 109-118.
- Toledo, V. (1988). La diversidad biológica de Latinoamérica: un patrimonio amenazado. *Ambiente y desarrollo*. Vol. 4(3), 13-24.
- Wangyel, S. y Macdonald, D. (2009). The use of camera traps for estimating tiger and leopard populations in the high-altitude mountains of Bhutan. *Biological Conservation*. Vol 142, 606-613.
- Weber, W. y Rabinowitz, A. (1996). A global perspective on large carnivore conservation. *Conservation Biology*. Vol 10 (4), 1046-1054.

- Weckel, M., Giuliano, W. y Silver, S. (2006). Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. *Journal of Zoology*. Vol 270, 25-30.
- Wilson, R. y Anderson, D. (1985). Evaluation of two density estimators of small mammals population size. *Journal of Mammalogy*. Vol 66, 13-21.
- Woodroffer, R. y Ginsberg, J. (1998). Edge effects and the extinction of populations inside protected areas. *Science*. Vol 280, 2126-2128.
- Zeller, K., Nijhawan, S., Salom-Pérez, R., Potosme, S. y Hines, J. (2011). Integrating occupancy modeling and interview data for corridor identification: a case study of jaguars in Nicaragua. *Biology Conservation*. Vol 144, 892-901.
- Zimmermann, A., Walpole, M. y Leader-Williams, N. (2005). Cattle ranchers attitudes to conflicts with jaguar (*Panthera onca*) in the Pantanal of Brazil. *Oryx*. Vol 39, 406-412.