



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

“Abundancia y densidad de venado cola blanca
(*Odocoileus virginianus*) en el ejido de San José
Axuxco, Puebla”

TESIS

Que para obtener el título de:
BIÓLOGO

PRESENTA:
Yago Sebastian Llamas Franco

Directora de tesis: Dra. Verónica Farías González

Los Reyes Iztacala, Estado de México, 2015





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A mis padres por apoyarme en todos los aspectos como cuando estuve brincando de carrera en carrera, hasta que por fin me enamoré de la carrera de biología. Gracias por apoyarme moralmente al animarme a salir adelante y a cumplir todas mis metas, gracias por el apoyo económico, comprando libros, útiles, pagando prácticas de campo y transporte. Un parrafito se queda corto con lo agradecido que estoy con ustedes.

A mi hermano por haberme inculcado desde pequeño ese amor por la naturaleza y haberme enseñado muchas cosas de los animales, haber cuidado y dormido con tantos animales en el cuarto fue una experiencia que nunca voy a olvidar. También gracias por apoyarme en la manejada a la universidad mientras yo andaba en muletas en pleno trámite de titulación, a buena hora se me ocurrió lesionarme.

A Lola, por recibirme siempre con tanto amor y admiración cada que llegaba a casa cansado y por distraerme jugando siempre que estaba estresado por exámenes o tareas, seguramente no estarás toda mi vida, pero quedará tu nombre en esta tesis, la cual es una parte importante de mi vida.

A mis amigos de la vida, en orden alfabético, Magaña, Marianiux, Reta y Pasa, por haber soportado como los iluminaba con mis conocimientos de los animales y por evitar sus impulsos de asesinar cualquier bicho que se les cruzara porque sabían que me iba a enojar, siempre voy a estar ahí para informarlos, no lo olviden; también gracias por entender algunas ocasiones en que no podía salir ya sea porque tenía examen o porque estaba preparando mi tesis, aquí está el resultado final amigos. A Montse I. que me enseñó que no importa qué camino tomes, siempre y cuando llegues a la meta, como siempre me dijiste “por algo pasan las cosas” y pues, aquí estoy cumpliendo uno de mis cientos de sueños.

A mis amigos que me acompañaron en todo mi transcurso de la carrera, Esther, Angie, Montse, Isaac y Emmanuel por pasar tantos momentos tan increíbles y siempre tratar de estar en los mismos equipos, tuvimos peleas de vez en cuando por mis irreverencias, pero sé que siempre han estado ahí para mí así como yo siempre he estado aquí para ustedes.

A Mariel, por apoyarme los últimos dos años de carrera, siempre animándome e impulsándome a lograr mis metas, siempre estuviste incondicionalmente para mí y te estoy agradecido, por tu tiempo y tu enorme cariño.

A la Dra. Verónica Farías González, por haberme aceptado para trabajar con usted, por haberme llevado a al campo así como enseñarme el uso correcto de las cámaras trampa, gracias por su amistad, sus consejos y por apoyarme en todo el proceso de titulación.

A mis revisores de tesis, el Dr. Héctor Godínez, la Dra. Leticia Ríos, el Dr. Jorge Ciro y el Mtro. Tizoc Altamirano, por apoyarme con sus consejos y sus conocimientos para lograr una mejor tesis de investigación.

A los ejidatarios de San José Axuxco por permitirnos realizar este estudio en sus tierras, así como la enorme disposición y atención brindada durante todo el proyecto.

Esta investigación fue realizada gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM, proyectos IN221814 Diversidad y abundancia de mamíferos silvestres en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán, IA200812 Áreas prioritarias para la conservación de mamíferos en la reserva de la biósfera Tehuacán Cuicatlán.

Índice

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
Antecedentes	4
II. OBJETIVOS	6
Objetivo general	6
Objetivos particulares.....	6
III. MÉTODOS	7
Venado cola blanca.....	7
Área de estudio	8
Diseño del muestreo	10
Estimación de la abundancia absoluta.....	11
Estimación de la densidad	12
Estimación de la frecuencia de captura	14
Biología del venado cola blanca.....	15
IV. RESULTADOS.....	15
Estimación de la abundancia absoluta.....	15
Estimación de la densidad	16
Estimación de la frecuencia de captura	18
Biología del venado cola blanca.....	20
V. DISCUSIÓN	21
Abundancia absoluta.....	21
Densidad de venado cola blanca	22
Frecuencia de capturas.....	23
Biología del venado cola blanca.....	24

VI. CONCLUSIONES	25
IX. LITERATURA CITADA.....	26

Resumen

La cacería excesiva del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*, Zimmermann, 1780), además de la fragmentación del hábitat, ha llevado a extinciones locales de poblaciones de venado cola blanca. Debido a esto es importante implementar estrategias de manejo o conservación, los cuales se plantean con base a dos parámetros poblacionales, la abundancia y la densidad. El periodo de muestreo duró del primero de mayo del 2013 al 30 de abril del 2014, donde fueron colocadas 5 cámaras trampa de marca Little Acorn (modelo Ltl-6210MC). Las cámaras estuvieron separadas a una distancia de ≥ 1000 metros entre sí, a lo largo de una cañada y a lo largo de la arista del Cerro Tepetroja, sobre senderos ya existentes, los cuales de acuerdo a los ejidatarios de San José Axuxco son utilizados por la fauna silvestre. Las cámaras fueron colocadas a 20-30cm del nivel del suelo en cactáceas columnares. Se activaron por sensores de luz infrarrojo y tomaron una fotografía seguida de un video con una duración de 20 segundos, donde se imprimió la fecha y hora y dejando un intervalo de 30 segundos entre cada activación de la cámara. Se estimó la abundancia mediante un modelo de captura-recaptura con el programa CAPTURE, donde se obtuvieron 8 ± 3.38 individuos. Para el cálculo de la densidad se obtuvieron dos áreas de muestreo utilizando el promedio de las distancias máximas recorridas (MMDM) y la mitad de dicho promedio ($\frac{1}{2}$ MMDM). Las densidades obtenidas en el área de muestreo fueron de 0.22 ind./km² (MMDM) y 0.59 ind./km² ($\frac{1}{2}$ MMDM). La abundancia, así como la densidad de venado cola blanca estimadas en este trabajo en el ejido de San José Axuxco, Puebla es baja en comparación con diversos estudios de venado cola blanca en diferentes localidades de la República Mexicana.

I. Introducción

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*, Zimmermann, 1780) es la especie de caza mayor más importante de México y Norteamérica (Villarreal, 2002). En México se distribuye prácticamente en todo el territorio nacional exceptuando la Península de Baja California (Rojo, 2007). Su amplia distribución se debe a que *O. virginianus* tiene la habilidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales (Smith, 1991). Es la especie de venado más estudiada en México y tiene la capacidad de modificar la estructura de la vegetación (Rooney, 2003), también es una de las principales presas de carnívoros de tamaño grande (Smith, 1991; Ramos-Robles, 2013).

En la actualidad, la cacería excesiva, además de la fragmentación del hábitat, ha llevado a extinciones locales de poblaciones de venado cola blanca (Lara-Díaz, 2011). Debido a esto es importante implementar estrategias de manejo o conservación, para que las poblaciones se mantengan y no disminuyan en número (Ojasti y Dallmeier, 2000). Los planes de manejo y conservación de fauna silvestre generalmente se plantean con base a dos parámetros poblacionales, la abundancia y la densidad.

Por abundancia se entiende el número total de individuos de una población (p. ej. 18 venados), mientras que la densidad es el número de individuos por unidad de superficie (p. ej. 2 venados/km²). La abundancia y la densidad de las poblaciones son parámetros fundamentales en la toma de decisiones para los programas de manejo de fauna silvestre (Naranjo, 2000).

Por ejemplo si se observa un decremento en la densidad de una población a lo largo de un periodo de tiempo, es necesario implementar medidas que permitan el crecimiento de la población. Contrariamente, si se observa un incremento en la densidad, podrían aplicarse acciones como la cosecha o la remoción regulada de individuos (Naranjo, 2000).

Existen diversos métodos para estimar abundancia y densidad de una población, dependiendo de la localidad en la que se esté realizando el estudio (Mandujano, 2014). Para venados se han utilizado métodos de conteos directos e indirectos; Dentro de los directos se encuentran el método de conteo directo en transectos de franja y el de transectos de línea. Mientras que en los métodos de conteo indirecto está el conteo de huellas y el de excretas (Mandujano, 2014). Sin embargo también existe el método de conteo indirecto por fototrampeo, el cual ha sido escasamente utilizado para la estimación de la abundancia y densidad de venado cola blanca a pesar de permitir estimaciones rápidas, adecuadas y robustas (Lara-Díaz, 2011).

El fototrampeo es un método eficiente, no intrusivo en casi cualquier condición ambiental, permite una determinación precisa de las especies, así como la posibilidad de evaluar edad, sexo y la estructura poblacional de cierta especie. Es un método de muestreo de bajo costo a largo plazo, el nivel de perturbación al ambiente es bajo, y existe una eficiencia similar en la determinación de las especies mediante fotografías diurnas, como nocturnas. Permite realizar estudios de abundancia, densidad y patrones de actividad. Puede ser utilizado por personal no entrenado, se logran cubrir áreas extensas simultáneamente y las cámaras trampa pueden ser utilizadas de nuevo para otros estudios poblacionales (Kucera y Barret, 1993; Maffei *et al.* 2002; Karanth y Nichols, 2002; Silveira *et al.*, 2003; Kelly *et al.* 2008; Monroy-Vilchis *et al.*, 2011).

Estudios poblacionales de abundancia y densidad por el método del fototrampeo han sido ampliamente utilizados en especies que presentan marcas distintivas a nivel individuo como poblaciones de tigre (*Panthera tigris*) en la India (Karanth y sunquist, 1995; Karanth y Nichols, 1998), leopardos (*Panthera pardus*; Henschel y Ray, 2003), ocelotes (*Leopardus pardalis*; Díaz-Pulido, 2011), jaguar (*Panthera onca*; Maffei *et al.*, 2002; Hernández-Saintmartín *et al.*, 2013) y leopardo de las nieves (*Panthera uncia*; Jackson *et al.*, 2005). Estos estudios al permitir identificar al individuo mediante las fotografías tomadas, se utilizan modelos de captura-

recaptura con las herramientas CAPTURE y/o Mark para estimar la abundancia y posteriormente la densidad.

Sin embargo, también existen estudios de especies que no presentan marcas distintivas a nivel individuo como el puma (*Puma concolor*; Kelly *et al.*, 2008), lobo de crín (*Chrysocyon brachyurus*; Trolle *et al.*, 2007), jabalí (*Sus scrofa*; Hebeisen *et al.*, 2008), lobo (*Canis lupus*; Galaverni *et al.*, 2012), hiena (*Hyaena hyaena*; Singh *et al.*, 2014), entre otros. En la mayoría de los estudios poblacionales de especies sin marcas distintivas a nivel individuo se ha utilizado la frecuencia de registros como un índice de abundancia relativa (IAR) expresados en el número de registros por unidad de esfuerzo (Carbone *et al.*, 2001) y a pesar de que se desconoce la proporción que representa la frecuencia de capturas en la abundancia absoluta de la especie, se ha demostrado que están correlacionados positivamente con la densidad de la población de un área determinada y permiten realizar estimaciones de abundancia con fines comparativos, ya sea entre sitios muestreados, o entre sexos de la misma especie en la misma localidad (Karanth y Nichols, 2002; Kelly, 2008).

Antecedentes

Diversos autores mencionan qué aspectos biológicos del venado cola blanca varían de acuerdo a la localidad en la que se encuentre (Smith, 1991; Leopold, 1972; Gallina *et al.*, 2010).

En México, la abundancia y densidad de venado cola blanca han sido estimados mediante distintos métodos, tanto conteo directos, como indirectos. En el estudio realizado por González-Marín y cols. (2008), se utilizó un conteo directo por transectos de franja para estimar la densidad y distribución de ungulados en la Reserva ecológica El Edén, en Quintana Roo, México. Como resultados obtuvieron que el venado cola blanca fue el ungulado de mayor densidad (5.5 ± 4.1 ind./km²) y el que mayormente se distribuye en el área de estudio.

Mandujano y Gallina (1993) estimaron la densidad de venado cola blanca en un bosque tropical en Chamela, Jalisco, utilizando el método de conteo directo con transectos de línea el cual consistió en un conteo de los avistamientos de venados, tomando como medidas la distancia perpendicular del animal al transecto, el ángulo y la distancia radial del observador al animal. Las densidades que obtuvieron a lo largo de 2 años variaron entre 10 y 13 ind./km².

El método más utilizado en los estudios de venado cola blanca es el conteo de grupos fecales en transectos fijos (Lara-Díaz *et al.*, 2011). Ortiz-Martínez y cols. (2005) estimaron la densidad poblacional en un bosque templado de la sierra norte de Oaxaca, México. La densidad estimada fue de 1.13 ± 1.15 ind./km², concluyendo que su densidad fue baja al comparar con estudios realizados en sitios similares. Otro estudio realizado con la misma metodología de conteo de grupos fecales, es el realizado por Camargo-Sanabria y Mandujano (2011), donde estiman la densidad de venado cola blanca en La Mixteca Poblana utilizando 3 métodos diferentes de conteo de grupos fecales. Concluyeron que el método de transecto en línea es el más adecuado para la estimación de la densidad por conteo de grupos fecales; en este estudio se obtuvo una densidad de 7.3 ind./km².

En México se ha estimado la abundancia y densidad de venado cola blanca por el método de fototrampeo en la Sierra de San Luis, Sonora. Este estudio fue realizado por Lara-Díaz y cols. (2011). La duración del muestreo fue de septiembre a octubre del 2009, periodo donde los machos presentaban astas bien desarrolladas y algunas hembras iban acompañadas de cervatillos, por lo que estimaron la abundancia con la identificación a nivel individuo para después obtener la densidad. Como resultados obtuvieron una abundancia de 130 ± 26 individuos y una densidad de 2.36 ± 0.48 ind./km².

En 2012, Ortiz-García y cols. estimaron la distribución potencial de 3 especies de ungulados (*Pecari tajacu*, *Mazama temama* y *Odocoileus virginianus*) dentro de la Reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC). Los resultados indicaron que

la distribución potencial de venado cola blanca abarcó el 92% del área total de la RBTC. Este estudio es importante ya que para obtener datos de presencia debieron realizar registros rápidos en campo, donde llevaron a cabo muestreos en 9 localidades dentro de la RBTC; una de las localidades fue San Gabriel Casa Blanca, localidad vecina de San José Axuxco, Puebla, donde se realizó el presente estudio.

De igual manera Ramos-Robles y cols. (2013), analizaron la relación entre la densidad poblacional de venado cola blanca con algunas características del hábitat. Seleccionaron 4 localidades dentro de la Región de La Cañada; una de las localidades estudiadas fue San Gabriel Casa Blanca. La densidad la estimaron por el método de conteo de grupos fecales, obteniendo una densidad de 2.6 ind./km².

Los pobladores de San José Axuxco, Puebla, buscan implementar medidas de conservación de venado cola blanca en sus tierras, ya que a pesar de encontrarse dentro de la RBTC, la caza ilegal de estos animales sigue siendo una amenaza. Para que ellos puedan tomar acciones es necesario que se realicen previamente estudios poblacionales de la especie, como la frecuencia de capturas, la abundancia y la densidad. También es necesario conocer aspectos biológicos del venado como lo es el ciclo de crecimiento de las astas de los venados machos, los meses en la que los cervatillos presentan motas y los tipos de grupos sociales, todo esto para permitirles elaborar un plan de conservación más completo. Es por eso que en el presente trabajo se proponen los siguientes objetivos:

II. Objetivos

Objetivo general

Estimar la abundancia y densidad de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en el ejido de San José Axuxco, Puebla por el método de fototrampeo.

Objetivos particulares

- Estimar la abundancia absoluta de venados mediante identificación individual utilizando un modelo de captura-recaptura.

- Estimar la densidad de venados macho a partir del modelo de captura-recaptura.
- Estimar la frecuencia de capturas de venados hembras y machos, mediante el conteo de registros fotográficos.
- Describir el ciclo de las astas en venados machos, temporada de crías y tipos de grupo sociales del venado cola blanca en el área de estudio.

III. Métodos

Venado Cola Blanca

Gallina y cols. (2010) mencionan que las características físicas del venado cola blanca varía de acuerdo a la localidades en la que se encuentran las poblaciones. El venado cola blanca presenta variación estacional del pelaje. En el verano el pelaje es corto, delgado y varía de rojizo a brillante oscuro a lo largo del dorso y pálido en la cara, garganta y pecho; por otra parte, en invierno varía a café grisáceo, con pelaje más largo y grueso. Presentan una larga cola de color café en la parte dorsal y blanco en la ventral así como bandas blancas en la nariz, en la región orbital y un parche blanco en la garganta; de cada lado del mentón tiene manchas labiales negras, la parte interior de las patas, el vientre y el mentón son de color blanco (Smith, 1991). El pelaje en cervatillos es de color café rojizo con puntos blancos dorsales que desaparecen a los 3-4 meses de edad (Ditchkoff, 2011).

Las astas se logran observar únicamente en machos, se pueden ver como pequeñas protuberancias el primer año de edad para después convertirse en ramificaciones (Smith, 1991) dirigidas hacia afuera y adelante del cráneo en una rama principal que puede presentar de 2 a 6 puntas (Leopold, 1959). Éstas astas se encuentran presentes de abril a febrero (Smith, 1991).

La gestación promedio del venado cola blanca varía desde 187 a 222 días (Smith, 1991), teniendo camadas de uno a 3 individuos. Las hembras son capaces de reproducirse a partir de los 6-7 meses de edad, pero no lo hacen sino hasta el año y medio, edad en la que los machos se vuelven sexualmente activos (Verme y Ullrey, 1984 en Smith, 1991).

El venado cola blanca puede conformarse principalmente en 2 grupos sociales diferentes: 1) Matriarca, con sus hijas (de generaciones pasadas) y sus cervatillos. 2) Grupos fraternales de machos adultos con ocasionalmente machos jóvenes (Hawkins y Klimstra, 1970). Grupos mixtos de hembras y machos pueden suceder ocasionalmente, pero la relación entre ambos sexos se restringe únicamente a la época de apareamiento (Smith, 1991). Los cervatillos comienzan a seguir a su madre a las 3-4 semanas postparto; a las 8 semanas, los cervatillos se vuelven miembros regulares de los grupos de hembras (Hirth, 1977). Existen pocas interacciones dentro de un grupo conformado de machos; aseo mutuo y una interacción dominante-subordinado siendo la más común (Smith, 1991).

Área de estudio

El ejido de San José Axuxco se localiza a 18°13' 52" N y 97° 12' 27" O, en el municipio de San José Miahuatlán, en el estado de Puebla. Colinda al sur con el Cerro Tepetroja, al norte con la localidad de Coxcatlán, al este con el Río Salado, y al oeste con la barranca Tehuico (Figura 1)

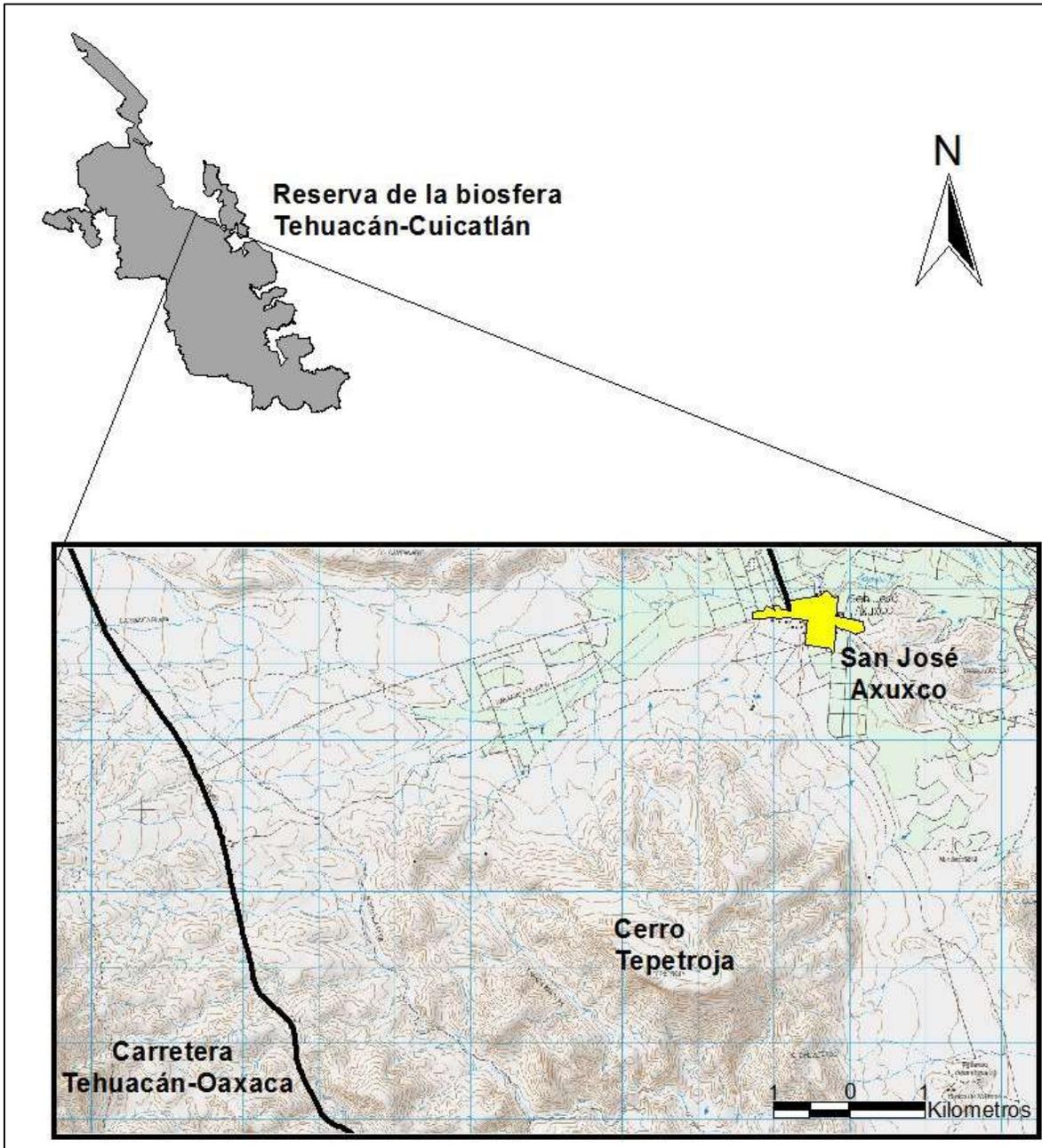


Figura 1. Localización del área de estudio dentro de la Reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Modificado de carta topográfica INEGI (2001).

El clima presente en la localidad es seco muy cálido, debido a la sombra orográfica causada por la Sierra Madre Oriental (Valiente, 1991 en Ríos-Casanova *et al.*, 2004). La temperatura media anual es de 12 a 22°C y una precipitación media anual de 400-500 mm; la altitud es de los 1000-1300 m (Valiente, 1991 en Ríos-Casanova, 2004).

San José Axuxco se encuentra próximo a diversas fuentes de agua entre riachuelos intermitentes como el Río Zapoteco y algunos ríos permanentes como el Comulco y el Salado. Además hay presentes escurrideros provenientes del Cerro Tepetroja.

El tipo de vegetación presente en San José Axuxco corresponde a un bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1978), presentándose especies como *Cephalocereus columna-trajani*, *Neoubuxbaumia tetetzo*, *Stenocereus stellatus*, *Ceiba parvifolia*, *Fouquieria Formosa* y varias especies de *Bursera* y *Mimosa* (Godínez-Alvares *et al.*, 2008). Algunos de los tipos de suelo presentes son Feozem hápico, Leptosol molico, Regosol calcárico (Medina, 2000).

Diseño del muestreo

Se obtuvo la información colectada en el acervo del Laboratorio de Recursos Naturales de la Unidad de Biotecnología y Prototipos de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. El periodo de muestreo duró del primero de mayo del 2013 al 30 de abril del 2014, donde fueron colocadas 5 cámaras trampa de marca Little Acorn (modelo Ltl-6210MC) (Tabla 1). Las cámaras estuvieron separadas a una distancia de ≥ 1000 metros entre sí, a lo largo de una cañada y a lo largo de la arista del Cerro Tepetroja, sobre senderos ya existentes, los cuales de acuerdo a los ejidatarios de San José Axuxco son utilizados por la fauna silvestre. Las cámaras fueron colocadas a 20-30cm del nivel del suelo en cactáceas columnares. Se activaron por sensores de luz infrarrojo y tomaron una fotografía seguida de un video con una duración de 20 segundos, donde se imprimió la fecha y hora y dejando un

intervalo de 30 segundos entre cada activación de la cámara. Cada cámara trampa fue georreferenciada con un GPS (Garmin modelo GPSmap 62s).

Tabla 1. Localización de las cámaras trampa, en coordenadas geográficas con notación decimal.

Nombre cámara- trampa	Longitud	Latitud
AX01	-97.25326	18.20266
AX02	-97.24753	18.19293
AX03	-97.23978	18.18714
AX04	-97.24753	18.18178
AX05	-97.23009	18.19293

Estimación de la abundancia absoluta

La estimación de la abundancia por este método tiene dos supuestos (Karanth y Nichols, 2004): 1) La población debe ser cerrada. 2) Que todos los individuos dentro del área de muestreo tengan una probabilidad de ser fotografiados mayor a cero.

Para cumplir con el primer supuesto, se tomaron los datos de 3 meses en que los machos presenten sus astas completamente desarrolladas, asumiendo que es un tiempo adecuado para que en la población no haya migraciones, inmigraciones, muertes y nacimientos. Este periodo de tres meses ha sido utilizado por una variedad de investigadores en estudios del jaguar (Karanth y Nichols, 1998; Maffei *et al.*, 2004). Lara-Díaz y cols. (2011) utilizaron la misma técnica en venado cola blanca durante un periodo de 2 meses, sin embargo, en ningún momento especifican la razón de la duración del muestreo.

En cuanto al segundo supuesto, Sánchez-Rojas (1997) menciona que la distancia recorrida diariamente por un venado en un bosque tropical caducifolio, varía de 1.4 a 2.5 km; es por esto que la distancia entre cámaras de ≥ 1000 metros, permitiría que los individuos tuvieran una probabilidad de captura mayor a cero. El estudio realizado por Sánchez-Rojas es el único que trata de estimar el ámbito hogareño,

así como el área de actividad del venado cola blanca en un bosque tropical caducifolio en México.

Con el historial de captura-recaptura, los datos se acomodaron en una matriz de presencia (se le asignó un valor de 1) y ausencia (valor de 0), donde las columnas fueron los días que estuvieron activas las cámaras y los renglones los individuos identificados. Utilizando estos datos se calculó la abundancia absoluta mediante el programa CAPTURE, el cual contiene 4 modelos básicos los cuales asumen diferentes fuentes de variación en la probabilidad de captura (Otis *et al.*, 1978). El modelo más sencillo es el modelo M_0 (*modelo nulo*), el cual asume que la probabilidad de captura es la misma para todos los individuos y durante todos los periodos de muestreo. El modelo M_t (*variación temporal en la probabilidad de captura*) asume que la probabilidad de captura varía entre los distintos eventos de muestreo, pero todos los individuos presentan la misma probabilidad de captura. El modelo M_b (*modelo de respuesta a la captura*), asume que la probabilidad de captura de los individuos antes de ser fotografiados por primera vez es una, pero después de la primera captura esta probabilidad cambia. El modelo M_h (*modelo de heterogeneidad a la captura*) considera que la probabilidad de captura de cada uno de los individuos en la población es diferente (Otis *et al.*, 1978).

El programa CAPTURE incluye un algoritmo de selección de modelo, el cual realiza un análisis entre todos los modelos, para seleccionar el modelo más apropiado de acuerdo a los datos. A los modelos se les asigna un valor de 0 a 1, donde 0 es el modelo menos adecuado y 1 es el más adecuado a los datos (Otis *et al.*, 1978). Una vez seleccionados los 2 modelos más adecuados para los datos, CAPTURE realiza una estimación de la probabilidad de captura y de la abundancia absoluta con su error estándar (Otis *et al.*, 1978).

Estimación de la densidad

Una vez obtenidas las abundancias absolutas de machos por identificación a nivel individuo, se estimó el área de muestreo de acuerdo al método propuesto por

Karanth y Nichols (1998), donde a cada cámara trampa se le adiciona un área adicional (área buffer) con el fin de tomar en cuenta aquellos individuos que su área de actividad está representada parcialmente en el área muestreada.

Para calcular la distancia a la que se agregará el área buffer, existen 2 enfoques:

- El promedio de las distancias máximas recorridas (MMDM por sus siglas en inglés) de los individuos recapturados.
- La mitad del promedio de las distancias máximas recorridas ($\frac{1}{2}$ MMDM) por los individuos recapturados.

Para calcular el MMDM se tomaron en cuenta únicamente las distancias máximas recorridas por los individuos que fueron fotografiados por más de una cámara; las distancias máximas fueron sumadas y se dividieron entre el número de individuos fotografiados por más de una cámara (Karanth y Nichols, 2002; Soilsalo y Cavalcanti, 2006); el valor obtenido (MMDM) se dividió entre dos, para obtener $\frac{1}{2}$ MMDM (Wilson y Anderson, 1985). El área de muestreo obtenida a partir de ambos enfoques, permite una aproximación del diámetro del ámbito hogareño de la especie estudiada. Sin embargo, mucho se ha discutido acerca de con cuál de los dos enfoques se logra una mejor aproximación a dicho ámbito hogareño, por lo que en el presente estudio se utilizarán ambos y dependiendo de los resultados se discutirá cuál es el enfoque más apropiado para utilizar en el área de estudio.

Una vez obtenidos ambos enfoques, se le agregó el área buffer a cada cámara trampa mediante el programa ArcViewGIS 3.1, se disolvieron las sobreposiciones de los polígonos formados para evitar un doble conteo a la hora de realizar el cálculo del área con uso de la extensión *XTools* y la herramienta *Calculate area, perimeter, acres and length*.

Una vez obtenidas las áreas de muestreo a partir de MMDM y $\frac{1}{2}$ MMDM, se procedió a calcular la densidad, dividiendo la abundancia absoluta obtenida por el programa CAPTURE entre ambas áreas de muestreo.

Estimación de la frecuencia de captura

Se utilizaron los siguientes criterios para obtener el número de registros de individuos:

- Se consideraron como un solo registro fotográfico a todas aquellas fotografías y videos de un mismo individuo identificable tomadas en el transcurso de un periodo de 24 horas, de las 00:00 hasta las 23:59.
- Si en el transcurso del periodo de 24 horas aparecieron diferentes individuos, el número de registros era igual al número de individuos identificables.
- En caso de no lograr distinguir entre un individuo u otro por sus características físicas únicas, se consideraban todas las fotografías y videos como un solo registro.

Una vez obtenidos los registros se dividieron entre el esfuerzo de muestreo. El esfuerzo de muestreo se obtiene multiplicando el número de cámaras por la suma total de días que estuvieron activas las cámaras, descontando aquellos días en que algunas cámaras no funcionaron por falta de batería o por descompostura. El resultado se multiplicó por 100 el cual sirvió como una unidad estándar para un mejor arreglo de los datos (Carbone *et al.*, 2001)

Se obtuvo también la frecuencia de captura total de venado cola blanca en el área de estudio, sumando los registros totales de hembras, machos e indeterminados, y se dividió entre el esfuerzo de muestreo.

Tabla 2. Valores de los criterios de selección de los modelos de captura-recaptura.

	M_h	M_o	M_b	M_t
Criterio de selección	1.00	0.99	0.47	0.00

CAPTURE estimó la probabilidad de captura, la abundancia absoluta y el error estándar para los dos modelos seleccionados. Para el modelo de heterogeneidad a la captura (M_h) estimó una abundancia de 8 individuos (EE \pm 3.38) con una probabilidad de captura de 0.03. Para el modelo nulo (M_o) estimó una abundancia de 6 individuos (EE \pm 0.27) y una probabilidad de captura de 0.04 (Tabla 3).

Tabla 3. Estimación de la probabilidad de captura, abundancia y su error estándar realizado en CAPTURE.

Modelo	Probabilidad de captura	Abundancia absoluta	Error estándar
Heterogeneidad a la captura (M_h)	0.03	8	3.38
Nulo (M_o)	0.04	6	0.27

Estimación de la densidad

De los 6 individuos recapturados en los meses de octubre, noviembre y diciembre, fueron 4 los fotografiados por más de una cámara trampa.

El individuo OvAxM1 presentó una distancia máxima de 2.7 km al igual que el OvAxM4 y OvAxM5, ya que sus máximas distancias recorridas se registraron entre la cámara AX01 y AX05. El venado OvAxM3 recorrió una distancia máxima de 1.2km ya que su recorrido se encontró entre la cámara AX10 y AX12 (Tabla 4).

Tabla 4. Distancias máximas de los recorridos realizados por los individuos identificados.

Identificador	Máximo recorrido	Distancia máxima (km)
OvAxM1	AX01→AX05	2.7
OvAxM2	No recapturado	--
OvAxM 3	AX12→AX10	1.2
OvAxM 4	AX05→AX01	2.7
OvAxM 5	AX05→AX01	2.7
OvAxH1	No recapturado	--
Promedio		2.32

Se obtuvo un promedio con el total de las distancias máximas obtenidas y se calculó el MMDM que fue de 2.32 km mientras que $\frac{1}{2}$ MMDM fue de 1.16 km. Utilizando estas estimaciones se calcularon ambas áreas buffer que fueron agregadas a cada cámara trampa para estimar el área de muestreo (Tabla 5, Figura 3).

Una vez obtenido el valor de las áreas de muestreo se calcularon las densidades; donde se dividió la abundancia absoluta obtenida por el programa CAPTURE entre las áreas de muestreo. La abundancia absoluta utilizada para estimar la densidad fue aquella obtenida mediante el modelo de heterogeneidad de captura (M_h) ya que tuvo el mayor valor en el criterio de selección de CAPTURE, además diversos autores mencionan que este modelo representa un mayor realismo biológico, ya que la probabilidad de captura de los individuos pudiera ser diferente debido a dominancia, sexo, condición social o edad de cada uno de los individuos (Karanth y Nichols, 1998; Maffei *et al.*, 2004). Utilizando el enfoque MMDM se obtuvo un área de muestreo de 34.97 km² y una densidad de 0.22 ind./km². Por otra parte, utilizando el enfoque $\frac{1}{2}$ MMDM el área de muestreo es de 13.54 km² y la densidad de 0.59 ind./km² (Tabla 5).

Tabla 5. Estimación de las densidades a partir de la abundancia absoluta con el modelo M_h y de las áreas de muestreo obtenidas de los enfoques MMDM y $\frac{1}{2}$ MMDM.

Abundancia absoluta con modelo M_h	Enfoque utilizado para el ancho del área buffer	Área de muestreo en km^2	Estimación de la densidad (individuos/ km^2)
8 individuos	MMDM	34.97	0.22
8 individuos	$\frac{1}{2}$ MMDM	13.54	0.59

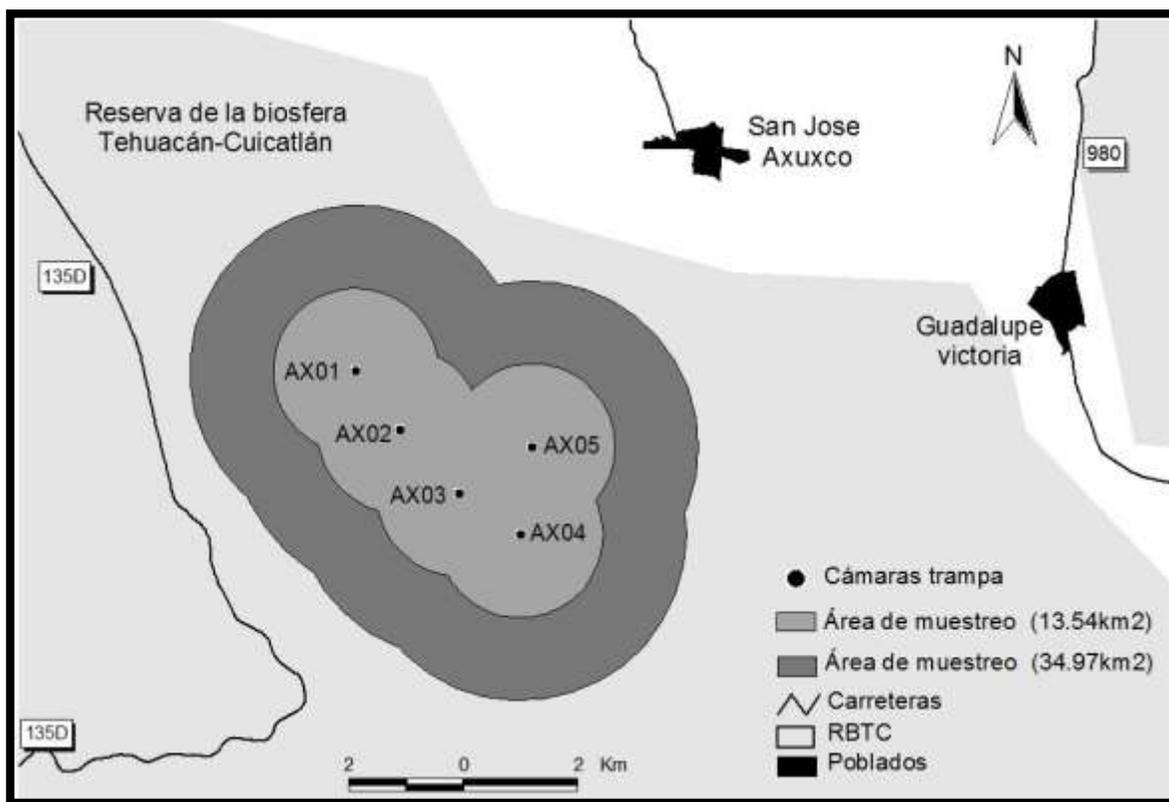


Figura 3. Localización de las cámaras trampa y áreas de muestreo mediante el enfoque de $\frac{1}{2}$ MMDM y del MMDM.

Estimación de la frecuencia de captura

Se obtuvieron las frecuencias de capturas mensuales y totales tanto de hembras, machos e indeterminados. Las 5 cámaras estuvieron presentes todo el periodo de

muestreo, sin embargo por falta de batería o descomposturas los días trampa a lo largo del muestreo variaron. El esfuerzo de muestreo total fue de 1595 días-trampa (Tabla 6).

Tabla 6. Esfuerzo de muestreo del 1 de mayo de 2013 al 30 de abril de 2014 en San José Axuxco, Puebla.

	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14	feb-14	mar-15	abr-14	total
Cámaras	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Días-trampa	124	115	146	137	141	140	94	117	155	140	155	131	1595

Se obtuvo un total de 77 registros fotográficos de venados macho, donde el mes en el cual se registran más individuos es el perteneciente al mes de octubre. Las hembras presentaron un total de 64 registros, siendo también octubre el mes con mayor número de registros. Los individuos indeterminados con un total de 10 registros, fueron aquellos en los que en la fotografía o en el video, no se presentaban elementos suficientes para determinar entre sexos (Tabla 7).

Tabla 7. Conteo de registros fotográficos mensuales de hembras, machos e indeterminados.

	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14	feb-14	mar-15	abr-14	total
Hembras	6	6	4	5	6	12	4	6	3	3	7	2	64
Machos	7	2	7	7	-	15	3	14	12	2	6	2	77
Indeterminados	1	-	3	2	-	-	-	-	1	3	-	-	10

En el mes de octubre se presentó la mayor frecuencia de hembras (8.57 registros/días-trampa) y diciembre de machos (11.97 registros/días-trampa). Mientras que las menores frecuencias se presentaron en el mes de abril para las hembras (1.53 registros/días-trampa) y septiembre para los machos ya que no se obtuvieron registros fotográficos para ellos. (Figura 4).

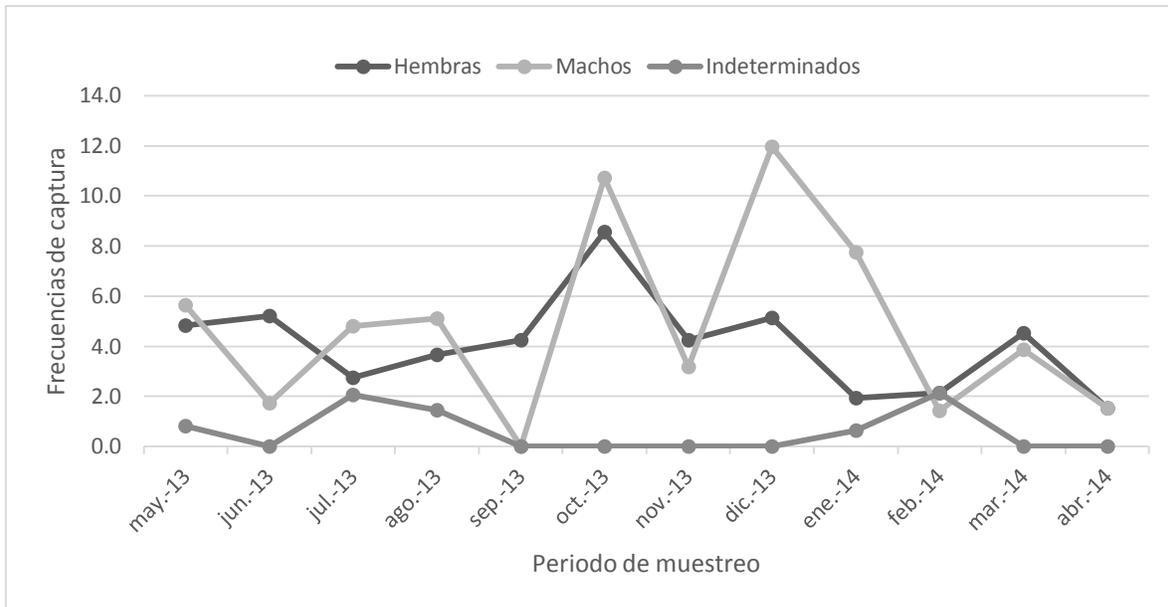


Figura 4. Frecuencias de captura mensuales de hembras, machos e indeterminados.

La frecuencia de captura total de venado cola blanca en el área de estudio fue de 9.47 registros/día-trampa.

Biología del venado cola blanca

Los venados macho presentes en el área de estudio en San José Axuxco, Puebla, comienzan con el desarrollo de sus astas entre mayo y septiembre, presentando una textura aterciopelada. Se registraron machos con un máximo de 3 puntas por asta. A partir de octubre y hasta enero todos los machos presentan astas ya mineralizadas y bien desarrolladas. Las astas se desprenden en los meses de febrero a abril.

Únicamente se lograron observar 2 cervatillos moteados en el mes de agosto del 2013.

En cuanto a los grupos sociales se lograron observar 4 tipos: 1) Hembras seguidas por hembras más jóvenes o por sus cervatillos. 2) Machos jóvenes siguiendo machos más adultos. 3) Macho siguiendo una hembra. 4) Individuos solitarios.

V. Discusión

Abundancia absoluta

Son pocos los estudios donde se apliquen modelos de captura-recaptura mediando la identificación a nivel individuo de venado cola blanca por sus características físicas únicas. Lara-Díaz y cols. (2011) realizaron el primer estudio donde se utilizó este método en la Sierra de San Luis, Sonora. En dicho estudio lograron identificar a 46 individuos diferentes y solo 4 de ellos presentaron una o más recapturas. Estimaron una abundancia absoluta de 130 ± 26.51 individuos en un área de 55.10 km² la cual contrasta con los 8 ± 3.38 individuos encontrados en un área de 34.97 km² con el enfoque MMDM. Además de ser mayor el área de muestreo, la diferencia de los resultados también pudo deberse a que el tipo de vegetación en el estudio de Lara- Díaz y cols. corresponde a pastizal principalmente y como se mencionó anteriormente las áreas con menor cobertura vegetal permiten que se creen grupos sociales mayores, permitiendo así una mayor abundancia de venado cola blanca. Por otro lado Lara-Díaz y cols. colocaron un total de 31 cámaras trampa, siendo mayor a las 5 colocadas en el presente estudio, lo que permite una mayor probabilidad de fotografiar una mayor cantidad de individuos.

Mucho se ha discutido en la literatura acerca de la utilización de este método con especies que no presentan marcas distintivas a nivel individuo como los jaguares o los tigres, los cuales presentan un pelaje manchado único en cada individuo (Foster y Harmsen, 2011; Karanth y Nichols, 2011). Sin embargo, en este estudio se propone el uso de ésta técnica para el venado cola blanca, siempre y cuando la identificación a nivel individuo se realice en la temporada en la que los machos presenten sus astas ya mineralizadas, para así distinguir entre individuos. Para la identificación de las hembras, al no presentar ornamenta, se debe realizar con cuidado la identificación poniendo mucha atención en conjunto al tamaño corporal, tamaño de las manchas blancas orbitales y labiales así como alguna herida presente desde el primer día de muestreo. No se recomienda asumir una

identificación de una hembra si no se cuenta con más de una característica física notoria.

Densidad de venado cola blanca

Este es el primer estudio donde se estima la densidad de venado cola blanca a partir de áreas de muestreo donde se utilizó el MMDM y el $\frac{1}{2}$ MMDM. Lara-Díaz y cols. (2011) utilizaron para su área de estudio el ámbito hogareño descrito por Smith en 1991 obteniendo una distancia de las cámaras trampa al área buffer de 0.959km. Estimaron una densidad de 2.36 individuos/km², la cual contrasta con la obtenida en el presente estudio donde se obtuvieron densidades menores a 0.6 individuos/km².

Mediante el conteo de grupos fecales, Sánchez-Rojas y cols. (2009), quienes estimaron una densidad de 2.1 individuos/km², en un bosque templado de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, México. En la Sierra Norte de Oaxaca, Ortiz-Martínez y cols. (2005) estimaron una densidad de 1.13 individuos/km². Dos años después, López-Téllez y cols., realizaron una evaluación poblacional de venado cola blanca en la mixteca poblana, donde estimaron una densidad promedio de 1.8 individuos/km². Ramos-Robles y cols. (2013), obtuvieron una densidad de 2.6 individuos/km², en San Gabriel Casa Blanca dentro de la Reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

La baja densidad estimada de venado cola blanca pudo deberse principalmente a que se utilizaron únicamente 6 individuos que fueron recapturados para obtener la abundancia absoluta. Sin embargo, muchos venados que no lograron ser identificados a nivel individuo fueron descartados del análisis a pesar de que presentaron una mayor cantidad de registros fotográficos. Ahora bien, se puede decir que la densidad estimada, fue para aquellos individuos que presentaron más de una captura, más no para la población entera del área de muestreo. Para esto, es necesario la colocación de una mayor cantidad de cámaras trampa en el área de estudio, así como un periodo de análisis mayor a un año para que así pueda existir la posibilidad de obtener más de una captura de aquellos individuos que no lograron

ser identificados y se pueda realizar una estimación de la densidad más robusta en el ejido de San José Axuxco.

Por otro lado, Wilson y Anderson (1985) mencionan que $\frac{1}{2}$ MMDM es igual o mayor al área real del ámbito hogareño de una especie. Sin embargo, Parmenter (2003), encuentra que el uso de $\frac{1}{2}$ MMDM provoca constantemente una sobrestimación de las densidades.

Cavalcanti (2006), usó radio telemetría en conjunto con cámaras trampa para comparar los distintos enfoques para estimar la densidad de jaguares, utilizó a) MMDM, b) $\frac{1}{2}$ MMDM, c) MMDM obtenido por radio telemetría y d) la mitad del ámbito hogareño del jaguar. Tuvo como resultados que el $\frac{1}{2}$ MMDM era menor a la mitad del ámbito hogareño del jaguar y que el MMDM era más próximo al obtenido por telemetría. Por otra parte Balme y cols. (2009) en Sudáfrica, compararon también diferentes enfoques con una población ya conocida de leopardos y encontraron que la mejor estimación del área de muestreo se realizaba con $\frac{1}{2}$ MMDM.

Este tipo de evidencias ha llevado a un debate entre investigadores, acerca de cuál enfoque es el más apropiado. En el presente estudio se puede observar que la densidad obtenida mediante $\frac{1}{2}$ MMDM es casi 3 veces mayor a la obtenida por MMDM, lo que nos podría estar indicando que con éste enfoque se está sobrestimando la densidad de venado cola blanca en el área de estudio, por lo que en el presente trabajo se propone el uso del enfoque MMDM para la estimación de la densidad en el área de estudio.

Frecuencia de capturas

La frecuencia de capturas de 9.47 registros/día-trampa es alta, comparada con la reportada por Cruz-Jácome y cols. (2015), quienes realizaron un estudio sobre la riqueza y la frecuencia de capturas de mamíferos medianos y grandes dentro de la Reserva de la biosfera de Tehuacán-Cuicatlán en la localidad de San Gabriel Casa

Blanca, donde se obtuvo una frecuencia de capturas de venado cola blanca de 8.33 registros/día-trampa.

Las frecuencias de capturas más altas se encontraron en el mes de octubre, esto debido a que en ese mes maduró el fruto del árbol de chupandía (*Cyrtocarpa procera*) y en los videos se pudo observar que al caer el fruto, era consumido por los venados en grandes cantidades.

El mes de diciembre también presentó la más alta frecuencia de capturas para los machos, en este momento ya se presenta la temporada de seca y como menciona McCullough (1990), los venados macho suelen ocupar los hábitats más desfavorables, por lo que requieren moverse más para satisfacer sus necesidades.

Biología del venado cola blanca

Los venados machos presentes en San José Axuxco, Puebla, comenzaron con un desarrollo de sus astas a partir del mes de mayo y se desprendían a partir de febrero. Esto concuerda con lo reportado por Gallina y cols. (2010), donde menciona que en general los individuos macho de *O. virginianus* presentan astas en los meses de abril a febrero.

Se observó la presencia de cervatillos dentro del área, en el mes de agosto. Estudios realizados en la Reserva de la biosfera La Michilía en el estado de Durango, México, reportan que la temporada de crías ocurre de agosto a septiembre (Weber y Galindo-Leal, 1995). Mandujano y cols. (2004), reporta que los cervatillos nacían entre los meses de junio y agosto en un bosque tropical caducifolio en Chamela, Jalisco. Sin embargo en la región de Calakmul, en Campeche, México, los cervatillos estuvieron presentes en todo el año, indicando una ausencia de estacionalidad en el área (Gallina *et al.* 2010). Sin embargo, únicamente se obtuvieron 2 registros de cervatillos, por lo que no se puede realizar una generalización de la temporada de crías de la población.

En cuanto a los grupos sociales se refiere, no se observó ningún grupo con más de 4 individuos, Smith en 1991 menciona que el tamaño del grupo social es inversamente proporcional a la densidad de cobertura, esto se debe a que en espacios abiertos los venados se juntan en grupos sociales grandes comúnmente de 20 individuos (Gallina, *et al.* 2010) para reducir la presión de depredación, en este caso el tipo de vegetación es un bosque tropical caducifolio, donde la vegetación es densa, con cactáceas columnares, árboles y arbustos de baja altura. Dicha cobertura vegetal podría estar proporcionando protección de depredación, siendo innecesaria la creación de grupos sociales grandes.

VI. Conclusiones

- Se obtuvo una abundancia absoluta de 8 ± 3.38 individuos de venado cola blanca en el área de estudio de acuerdo con un modelo de heterogeneidad a la captura (M_h).
- Se obtuvo una densidad de 0.59 individuos/km² con la mitad del promedio de las distancias máximas recorridas ($\frac{1}{2}$ MMDM) y 0.20 con el promedio de las distancias máximas recorridas (MMDM).
- Se obtuvo una frecuencia de captura total en el área de muestreo de 9.47 registros/día-trampa. Siendo diciembre el mes en que hubo una mayor frecuencia de machos y octubre para las hembras.
- A los venados cola blanca machos les comienzan a crecer sus astas en los meses de mayo a septiembre, de octubre a enero las presentan completamente mineralizadas, las cuales se desprenden entre febrero a abril. Los venados en el área de estudio en su mayoría son solitarios, pero ocasionalmente hay asociaciones de machos de distintas edades, al igual que grupos de hembras con crías.

VII. Literatura citada

CAMARGO-SANABRIA, A. A. y S. MANDUJANO. 2011. Comparison of pellet-group counting methods to estimate population density of White-tailed deer in a Mexican tropical dry forest. *Tropical Conservation Science*. 4(2): 230-243.

CARBONE, C., S. CHRISTIE, K. CONFORTI, T. COULSON, N. FRANKLIN, J. R. GINSBERG, M. GRIFFITHS, J. HOLDEN, K. KAWANISHI, M. KINNAIRD, R. LAIDLAW, A. LYNAM, D. W. MACDONALD, D. MARTYR, C. MCDUGAL, L. NATH, T. O'BRIEN, J. SEIDENSTICKER, D. J. L. SMITH, M. SUNQUIST, R. TILSON, y W. N. WAN SHAHRUDDIN. 2001. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation*. 4: 75-79.

CHÁVEZ, C., A. DE LA TORRE, H. BÁRCENAS, R.A. MEDELLÍN, H. ZARZA y G. CEBALLOS. 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, México.

DÍAZ-PULIDO, A. y E. PAYÁN-GARRIDO. 2011. Densidad de ocelotes (*Leopardus pardalis*) en los llanos colombianos. *Mastozoología Neotropical*. 18(1): 63-71.

DITCHKOFF, S. S. 2011. Anatomy and physiology. Pp. 43-73 en: HEWITT D. G. (ed.). *Biology and management of white-tailed deer*. Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL., 686 pp.

GALAVERNI, M., D. PALUMBO, E. FABBRI, R. CANIGLIA, C. GRECO y E. RANDI. 2012. Monitoring wolves (*Canis lupus*) by non-invasive genetics and camera trapping: a small-scale pilot study. *European Journal of Wildlife Research*. 58: 47-58.

GALLINA, S., S. MANDUJANO, J. BELLO, H. F. LÓPEZ-ARÉVALO, M. WEBER. 2010. White tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780). Pp. 101-118, en: BARBANTI-DUARTE, J. M. y GONZALEZ, S. (Eds.). Neotropical Cervidology: Biology and medicine of Latin American deer. Jaboticabal, Brazil: Funep y Gland, Suiza: IUCN, 394 pp.

GODÍNEZ-ALVAREZ, H., M. JIMÉNEZ, M. MENDOZA, F. PÉREZ, P. ROLDÁN, L. RÍOS-CASANOVA y R. LIRA. 2008. Densidad, estructura poblacional, reproducción y supervivencia de cuatro especies de plantas útiles en el Valle de Tehuacán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 79: 393-403.

GONZÁLEZ-MARÍN, R. M., S. GALLINA, S. MANDUJANO y M. WEBER. 2008. Densidad y distribución de ungulados silvestres en la reserva ecológica El Edén, Quintana Roo, México. Acta Zoológica Zexicana. 24(1) 73-93.

HAWKINGS, R. E. y W. D. KILMSTRA. 1970. A preliminary study of the social organization of White-tailed deer. The Journal of Wildlife Management. 34(2): 407-419.

HEBEISEN, C., J. FATTEBERT, E. BAUBERT y C. FISCHER. 2008. Estimating wild boar (*Sus scrofa*) abundance and density using capture-resights in Canton of Geneva, Switzerland. European Journal of Wildlife Research. 54: 391-401.

HENSCHEL P. y J. C. Ray. 2003. Leopards in African Rainforests: Survey and Monitoring Techniques. WCS Global Carnivore Program. 51 pp.

HERNÁNDEZ-SAINTMARTÍN, A. D., O. C. ROSAS-ROSAS, J. PALACIO-NÚÑEZ, L. A. TARANGO-ARÁMBULA, F. CLEMENTE-SÁNCHEZ y A. L. HOOGESTEIJN. 2013. Activity patterns of jaguar, puma and their potential prey in San Luis Potosí, Mexico. Acta Zoológica Mexicana. 29(3): 520-533.

HIRTH D. H. 1977. Social behavior of White-tailed deer in relation to hábitat. *Wildlife Monographs*. 53: 3-55.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI), (2001). Carta topográfica de Teotitlán de Flores Magón. Escala 1: 50 000. Extraído del Modelo Digital del Terreno. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México (en línea) Disponible en: www3.inegi.org.mx [consultado el 1° de septiembre del 2015].

JACKSON, R. M., J. D. ROE, R. WANGHUK y D. O. HUNTER. Estimating snow leopard population abundance using photography and capture-recapture techniques. *Wildlife Society Bulletin*. 34(3): 772-781.

KARANTH, K. U., y M. E. SUNQUIST. 1995. Prey selection by tiger, leopard, and dhole in tropical forests. *Journal of Animal Ecology*. 64:439–450.

KARANTH, K. U., y J. D. NICHOLS. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* 79:2852–2862.

KARANTH, K. U., J. D. NICHOLS, N. S. KUMAR, W. A. LINK, y J. E. HINES. 2004. Tigers and their prey: predicting carnivore densities from prey abundance. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*. 101:4854–4858.

KELLY, M.J., A.J. NOSS, M.S. DI BITETTI, L. MAFFEI, R.L. ARISPE, A. PAVIOLO, C.D. DE ANGELO y Y.L. DI BLANCO. 2008. Estimating puma densities from camera trapping across three study sites: Bolivia, Argentina and Belize. *Journal of Mammalogy*. 89(2): 408-418.

KUCERA, T. E. y R. H. BARRET. 1993. The Trailmaster® camera system for detecting wildlife. *Wildlife Society Bulletin*. 21(4): 505-508.

KUCERA, T. E. y R. H. BARRETT. 2010. A history of camera trapping. Pp. 9-26. En: O'CONNELL A. F., J. D. NICHOLS, K. U. KARANTH. Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses. Springer, New York. 271 pp.

LARA-DÍAZ, N.E., H. CORONEL-ARELLANO, A. GONZÁLEZ-BERNAL, C. GUTIÉRREZ-GONZÁLEZ y C.A. LÓPEZ-GONZÁLEZ. 2011. Abundancia y densidad de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus couesi*) en Sierra de San Luis, Sonora, México. *Therya*. 2(2): 125-137.

LEOPOLD, A.S. y F.F KNOWLTON. 1959. Wildlife of Mexico. The Game Birds and Mammals. University of California Press, Berkeley, EUA.. 568 pp.

MAFFEI, L., E. CUÉLLAR y A. J. NOSS. 2002. Uso de trampas-cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono chaco-chiquitanía. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*. 11: 55-65.

MANDUJANO, S y S. GALLINA. 1993. Densidad del venado cola blanca basada en conteos en transectos en un bosque tropical de Jalisco. *Acta Zoológica Mexicana*. 56: 1-37.

MANDUJANO, S. 2014. Métodos de estimación de la densidad de venados. Pp. 19-44, en: GALLINA, S., S. MANDUJANO y O. A. VILLARREAL. (Editores). Monitoreo y manejo del venado cola blanca: conceptos y métodos. Instituto de Ecología A.C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Xalapa, Ver. México. 220 pp.

MANDUJANO, R. S. 2011. Bibliografía de estudios de venados en México. Colección Manejo de Fauna Silvestre. México. 121 pp.

MEDINA, J.S. 2000. Determinación del vigor reproductivo de *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) a lo largo de una cronosecuencia edáfica en un abanico aluvial en

Coxcatlán, Valle de Tehuacán. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM, México. 48 pp.

MONROY-VILCHIS O., M.M. ZARCO-GONZÁLEZ, C. RODRÍGUEZ-SOTO, L. SORIA-DÍAZ y V. URIOS. 2010. Fototrampeo de mamíferos en la sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista de Biología Tropical*. 59(1): 373-383.

NARANJO, E.J. 2000. Estimaciones de abundancia y densidad en poblaciones de fauna silvestre tropical. Pp. 3746, *en*: Manejo de Fauna Silvestre en Amazonía y Latinoamérica. (Cabrera, E., C. Mercolli, y R. Resquin, eds.). Asunción, Paraguay.

OJASTI J., y F. DALLMEIER (ed.). 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington D.C. EUA. 290 pp.

ORTÍZ-MARTÍNEZ, T., S. GALLINA, M. BRIONES-SALAS y G. GONZÁLEZ. 2005. Densidad poblacional y caracterización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus oaxacensis*, Goldman y Kellog, 1940) en un bosque templado de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Acta zoológica mexicana*. 21(3): 65-78.

ORTÍZ-GARCÍA A.I., M.I. RAMOS-ROBLES, L.A. PÉREZ-SOLANO y S. MANDUJANO. 2012. Distribución potencial de los ungulados silvestres en la reserva de la biosfera de Tehuacán- Cuicatlán, México. *Theria*. 3(3): 333-348.

OTIS, D. L., K. P. BUMHAM, G. C. WHITE, y D. R. ANDERSON. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs* 62: 1-135

RAMOS-ROBLES M., S. GALLINA y S. MANDUJANO. 2013. Habitat and human factors associated with White tailed deer density in the tropical dry forest of

Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Mexico. *Tropical Conservation Science*. 6(1): 70-86.

RÍOS-CASANOVA, L., A. VALIENTE y V. RICO. (2004). Las hormigas del Valle de Tehuacán (Hymenoptera: Formicidae): una comparación con otras zonas áridas de México. *Acta Zoológica Mexicana* 20(1): 37-54.

ROJO, C.A., R.J.L. CRUZ, C.G. SOLANO y L. R. HERNÁNDEZ. 2007. Plan de manejo tipo de venado cola blanca en zonas templadas y tropicales de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México, México. 71 pp.

ROONEY, T. P. y D. M. WALLER. 2003. Direct and indirect effects of white-tailed deer in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*. 181: 165-176.

RZEDOWSKI, J. 1973. Geographical relationships of the flora of Mexican dry regions. Pp. 61-72. en: A. Graham (ed). *Vegetation and vegetational history of Northern Latin America*. Elsevier Scientific Publishing Company. New York. 393 pp.

SÁNCHEZ-ROJAS, G., S. GALLINA y S. MANDUJANO. 1997. Área de actividad y uso del hábitat de dos venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque tropical de la costa de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 72: 39-54.

SILVEIRA, L., A.T.A. JÁCOMO y J.A.F. DINIZ-FILHO. 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation*. 114: 351-355.

SMITH, W. P. 1991. *Odocoileus virginianus*. *Mammalian Species*. 388: 1-13.

SINGH, R., Q. QURESHI, K. SANKAR, P. R. KRAUSMAN, S. P. GOYAL y K. L. NICHOLSON. 2014. Population density of striped hyenas in relation to hábitat in a semi-arid landscape, western India. *Acta Theriologica*. 59: 521-527.

SOISALO, M., y S. CAVALCANTI. 2006. Estimating the density of jaguar population in the Brazilian Pantanal using camera-traps and capture-recapture sampling in combination with GPS radio-telemetry. *Biological Conservation*. 129: 487-496.

TROLLE, M., A. J. NOSS, E. S. LIMA, y J. DALPONTE. 2007. Camera-trap studies of maned wolf density in the Cerrado and the Pantanal of Brazil. *Biodiversity and Conservation*. 16:1197–1204.

VALIENTE, B. L. 1991. Patrones de precipitación en el Valle semiárido de Tehuacán, Puebla, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 61 pp.

VERME, L. J., y D. E. ULLREY. 1984. Physiology and nutrition. Pp. 91-118, en: *White-tailed deer: ecology and management* (L. K. Halls, ed.). Stackpole Books, Harrisburg, Pennsylvania, 870 pp.

VILLARREAL E. B. 2002. El *grand-slam* de venado cola blanca mexicano, una alternativa sostenible. *Archivos de Zootecnia* 51: 187-193.

WALLACE, R., H. GÓMEZ, G. AYALA y F. ESPINOZA. 2002. Camera trapping for jaguar (*Panthera onca*) in the tuichi valley Bolivia. *Journal of Neotropical Mammalogy*. 10: 133-139 pp.

WILSON, R. K., y D. R. ANDERSON. 1985. Evaluation of two density estimators of small mammals population size. *Journal of Mammalogy*. 66:13-21