



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE BIOLOGÍA

Distribución potencial y abundancia del Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*: Cervidae) en Michoacán

Tesis

**que como requisito parcial para obtener el título
profesional de**

Maestra en Ciencias Biológicas

Presenta

Sheyla Keyla Morales Espinosa

**Nombre y grado del Director de tesis:
Dr. Tiberio César Monterrubio Rico**

Noviembre de 2022.



DEDICATORIA

Agradezco a Dios por tanto amor y bendiciones recibidas desde siempre en mi vida y con mi familia.

A mis amados padres Mónica G. Espinosa Ponce y Magdaleno Morales González por su amor, trabajo duro y apoyo, porque sin ustedes esto no sería posible. A ustedes quienes confían en mí siempre, están conmigo en cada paso que doy.

A mis amados hermanos: Citlali, Ur y Lin por apoyarme, por la motivación, los consejos y por qué nunca falten las risas. A mi tía Linda por su apoyo siempre.

A Pado †, Akira, Chester, Coffe y Meme 🐾 por la motivación y amor incondicional.

A mis queridos amigos en especial a Erandi Rocha por su amistad, consejos, sinceridad y apoyo como amiga y profesional, por los días difíciles y también por los buenos momentos compartidos, ¡gracias!. A Luis Bedolla por su amistad por confiar en mí siempre no solo como persona y profesional también como artista, por inspirarme en la calidad de ser humano y profesional que se puede ser. A Angelita Castañeda e Isabel Villicaña por su amistad y apoyo incondicional.

"...lo condujeron a la salida y antes de partir le dijeron -eres un animal bueno y noble, hemos decidido concederte un deseo, pídenos lo que más anheles-. Sorprendido y muy contento les dijo: -lo que más deseo es que los venados estemos protegidos de los hombres-" .. "el tercer genio invocó -a partir de hoy, la piel de los venados tendrá el color de nuestra tierra y con ella serán confundidos, así los venados se ocultarán de los cazadores, pero si un día están en peligro, corran a lo más profundo de las cuevas y allí nadie los encontrará".

-Fragmentos "La Piel del Venado" Antigua leyenda Maya

"Una aguja de pino cayó en el bosque. El halcón lo vio. El venado lo escuchó, el oso blanco lo olió".

-Edith Pattou

"La naturaleza es siempre más sutil, más compleja y más elegante que lo que somos capaces de imaginar".

-Carl Sagan

"Todos tenemos sueños. Pero para convertir los sueños en realidad, se necesita una gran cantidad de determinación, dedicación, autodisciplina y esfuerzo".

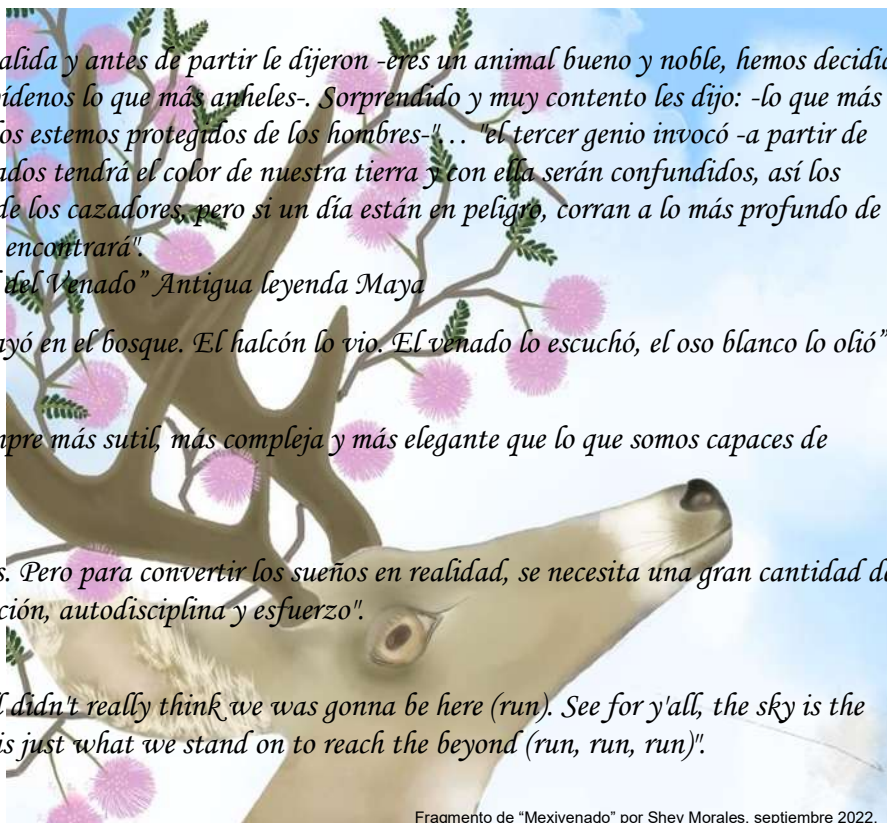
-Jesse Owens

"For some reason, y'all didn't really think we was gonna be here (run). See for y'all, the sky is the limit. For us, the sky is just what we stand on to reach the beyond (run, run, run)".

-Tyler, The creator

"La mayor aventura es la que nos espera. Hoy y mañana aún no se han dicho".

-J. R. R. Tolkien



Fragmento de "Mexivenado" por Shey Morales, septiembre 2022.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Tiberio César Monterrubio Rico por la confianza y oportunidad de trabajar en el Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios, por su asesoría, críticas y demás aportaciones constructivas y meritorias durante la realización de este y otros trabajos.

Al Dr. Juan Felipe Charré Medellín por su dirección y asesorías durante las etapas de este trabajo, por su paciencia, disposición de ayudar, por los consejos honestos, constructivos y demás aportaciones valiosas, así como las revisiones al proyecto.

Al Dr. Juan Carlos Montero Castro por sus aportaciones y comentarios constructivos, consejos valiosos, por el conocimiento transmitido y su disposición a apoyar en todo momento, así como las revisiones al proyecto.

Al Dr. Alejandro Hiram Marín Leyva por sus aportaciones y consejos valiosos, honestos y optimistas, su disposición a apoyar en todo momento, así como las revisiones al proyecto.

Al Dr. Juan Manuel Ortega Rodríguez por sus valiosos comentarios y revisiones.

A Erandi G. Rocha Serrato mejor amiga y colega, gracias por el apoyo, aportaciones a este trabajo, por su honestidad, por su aliento y consejos. A Isabel Villicaña por su amistad sincera, apoyo, motivación, sugerencias y consejos en general.

A todos los tesisistas y demás personas dentro del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios que hicieron posible la obtención de los datos prestados para este trabajo.

A CONACYT por la beca 758630 otorgada durante dos años de maestría.

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	5
ANTECEDENTES	8
Venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>).	8
Distribución	8
Descripción	8
Reproducción.....	9
Comportamiento.....	10
Hábitat y dieta	12
Importancia ecológica, económica y cultural.....	13
Índice de idoneidad de hábitat	14
Abundancia relativa.....	17
HIPOTESIS	20
OBJETIVOS	22
Objetivo General	22
Objetivos Particulares	22
CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	23
Descripción del área de estudio.....	23
Ecorregiones de Michoacán.....	24
Áreas protegidas de Michoacán.....	28
LITERATURA CITADA	31
ESTRUCTURA DE LA TESIS	44
CAPITULO I: Índice de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>) en Michoacán.	45
RESUMEN	45
ABSTRACT	47
INTRODUCCIÓN	49
Áreas protegidas	51
OBJETIVOS	53
MATERIALES Y MÉTODOS	54
Índice de idoneidad de hábitat “HSI”	54

Construcción del HSI	54
Validación del modelo	62
RESULTADOS	64
Índice de idoneidad de hábitat.	64
Idoneidad de hábitat por ecorregiones.....	67
Índice de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca las Áreas Naturales Protegidas.....	69
Validación del Índice de idoneidad de hábitat	72
DISCUSIÓN	74
Índice de idoneidad de hábitat	74
CONCLUSIONES	84
LITERATURA CITADA	85
CAPITULO II: Abundancia relativa y estructura poblacional del venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>) en bosques tropicales de Michoacán.....	96
RESUMEN	96
ABSTRACT	98
INTRODUCCIÓN	99
OBJETIVOS	105
MATERIALES Y MÉTODOS	106
Tasa de captura como medida de abundancia relativa.....	106
Determinación de la estructura poblacional	107
Determinación de la época de nacimiento	111
Patrones de actividad.....	111
RESULTADOS	112
Tasa de captura	112
Estructura Poblacional	116
Época de nacimientos.....	124
Subespecies	126
Patrones de actividad.....	129
DISCUSIÓN	133
Tasa de captura	133
Estructura poblacional.....	135
Época de nacimiento.....	137
Subespecies de venado cola blanca en Michoacán	139

Patrones de actividad.....	141
CONCLUSIONES	143
LITERATURA CITADA.....	145
ANEXOS	154

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variables empleadas para el modelo de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca en Michoacán.	56
Cuadro 2. Porcentaje de “influencia” de las variables en el modelo de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca en Michoacán.....	59
Cuadro 3. Superficie (km ²) que presenta cada nivel de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca en Michoacán.	66
Cuadro 4. Superficie en km ² y su proporción en los niveles de idoneidad en las ecorregiones.....	68
Cuadro 5. Tabla de contingencia entre categorías de idoneidad.....	68
Cuadro 6. Superficie en km ² y su proporción en los niveles de idoneidad en las tres Áreas Naturales Protegidas Federales en el estado.	71
Cuadro 7. Esfuerzo de muestreo y tasa de captura por ecorregión	113
Cuadro 8. Número de eventos y venados registrados por ecorregión.....	114
Cuadro 9. Esfuerzo de muestreo por años (incluye todas las regiones muestreadas ese año) y sus tasas de captura.....	115
Cuadro 10. Estructura poblacional (H=Hembras, M=Machos, ND=No Determinado)	119
Cuadro 11. Radio sexual para cada año.	121
Cuadro 12. Radio sexual en cada ecorregión.....	123

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ecorregiones de Michoacán basadas en Olson et al. (2001).	27
Figura 2. Mapa de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca.....	65
Figura 3. Idoneidad de hábitat para <i>O. virginianus</i> en las tres Áreas Naturales Protegidas Federales del estado.....	70
Figura 4. Frecuencia de registro de venado cola blanca con respecto a los niveles de idoneidad del modelo.	73
Figura 5. Características físicas del venado cola blanca: a) adultos, b) juveniles, c) hembra adulta, d) hembra juvenil, e) macho adulto y f) macho juvenil.....	110
Figura 6a. Fotos de referencia para cada una de las ocho tallas consideradas (a= adulto macho, b= adulto hembra, c= adulto no determinado, d=juvenil hembra, e= juvenil macho, f= juvenil no identificado).	117
Figura 6b. Foto-registros de referencia en cada una de las ocho tallas consideradas para las poblaciones de venado cola blanca en Michoacán (g= crías, h= no determinado).	118
Figura 7. Registros de venado de crías (a= cría en la que desaparecen sus manchones blancos, en marzo municipio de Lázaro Cárdenas, b=cría de menor edad, con aproximadamente un mes aproximadamente en diciembre municipio de Tocumbo, c= cervatillos durante febrero y d= cría que perdió sus manchas en mayo municipio de Tocumbo, Michoacán).	125
Figura 8. Representación del tiempo en meses de los eventos reproductivos durante el año del venado cola blanca en Michoacán.....	126
Figura 9. Individuos representativos de las tres subespecies reportadas dentro del estado (a1= venado (m) de Churumuco, a2= venado (h) de Churumuco, b1= venado (m) de Aquila, b2= venado (h) de Aquila, c1= venado (m) de Tocumbo, c2= venado (h) de Tocumbo, c3= venado (m) de Uruapan, c4= venado (h) de Uruapan).....	128
Figura 10. Patrón de actividad general del venado cola blanca.	130
Figura 11. Patrón de actividad de hembras.	131
Figura 12. Patrón de actividad de machos.	132

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Escala de valor (1-100) para las variables en la construcción del modelo de idoneidad para <i>O. virginianus</i>	154
Anexo 2. Idoneidad de hábitat y presencias del venado cola blanca en Michoacán.	155
Anexo 3. Tipo de vegetación y porcentaje de presencias del venado cola blanca en cada tipo para Michoacán.	156
Anexo 4. Foto-registros en la literatura de las tres subespecies presentes en Michoacán (a= <i>Odocoileus virginianus acapulcensis</i> Fuente:Naturalista, b= <i>Odocoileus virginianus sinaloae</i> Fuente:Naturalista, c= <i>Odocoileus virginianus mexicanus</i> Fuente:Naturalista).....	157
Anexo 5. Conteo de eventos independientes e venados registrados en los municipios de presencia en Michoacán.....	158
Anexo 6. Tipos de vegetación para este trabajo y sus equivalencias según diversos autores en México.	159

RESUMEN

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es una especie clave en sus ecosistemas, representa alimento para depredadores, dispersa semillas, mediante herbívora influye en el reclutamiento vegetal. Para comunidades rurales tiene valor alimenticio y cinegético. El objetivo del presente estudio es determinar un índice de idoneidad de su distribución, así como evaluar los niveles de abundancia de *O. virginianus* en Michoacán. Para el índice de idoneidad se consideró ocho variables ambientales, así como de presión antropogénica. Se estimó la tasa de captura, y se sexó y clasificó a los venados en tres categorías de edad, además de cuantificar los casos no determinados. Para Michoacán la superficie con condiciones de idoneidad potencial se presentó en el 81.4% del territorio estatal (47,411 km²) mientras que la ecorregión con mayor extensión en general para la distribución potencial del venado cola blanca es el Cinturón Volcánico Trans-mexicano con el 37.2%. Se analizó 2,927 eventos independientes de foto-trampeo donde se observó un total acumulado de 3,308 venados, el esfuerzo de muestreo total es de 29,231 días/trampa, la tasa de captura general fue de 11.3 venados/100 días-trampa. El mayor porcentaje de registros clasificados en categorías fue de hembras adultas con 42.8%, y machos adultos 15.1 %. El venado registró actividad durante las 24 horas del día, con un pico de actividad de las 09:00 am a las 01:00 pm. A pesar de la expansión de la frontera agropecuaria, el venado aún presenta distribución en cuatro regiones de Michoacán; las mayores abundancias en la Sierra Madre del Sur y el Balsas. Por ello es importante conocer, áreas con idoneidad favorable los niveles de abundancia

y la estructura poblacional de *O. virginianus* para conocer sus condiciones actuales y contribuir a los criterios sobre manejo y conservación a nivel regional y estatal.

Palabras clave: Herbívoro, Tasa de captura, Ecorregiones, Potencial, Conservación

ABSTRACT

The white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) is a key species in their ecosystems, it represents food for predators, it disperses seeds, and through herbivory it influences plant recruitment. For rural communities it has food and hunting value. The objective of this study is to determine a suitability index for its distribution, as well as to evaluate the abundance levels of *O. virginianus* in Michoacan. For the suitability index, eight environmental variables were considered, as well as anthropogenic pressure. The capture rate was estimated, and the deer were sexed and classified into three age categories, in addition to quantifying the undetermined cases. For Michoacan, the surface with conditions of potential suitability represented 81.4% of the state territory (47,411 km²), while the ecoregion with the greatest extension in general for the potential distribution of the white-tailed deer is the Trans-Mexican Volcanic Belt with 37.2%. 2,927 independent photo-trapping events were analyzed where a cumulative total of 3,308 deer was observed, the total sampling effort is 29,231 days/trap, the general capture rate was 11.3 deer/100 days-trap. The highest percentage of records classified in categories was of adult females with 42.8%, and adult males 15.1%. The deer registered activity during the 24 hours of the day, with a peak of activity from 09:00 am to 01:00 pm. Despite the expansion of the agricultural frontier, the deer is still distributed in four regions of Michoacan; the greatest abundances in the Sierra Madre del Sur and the Balsas. For this reason, it is important to know, in areas with favorable suitability, the levels of abundance and the population structure of *O. virginianus* in order to know its status and contribute to the criteria on management and conservation at the regional and state levels.

Keywords: Herbivore, Capture rate, Ecoregions, Potential, Conservation

INTRODUCCIÓN

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*, Zimmermann, 1780) es quizás el mamífero de caza más importante en México, presenta amplia distribución tanto en zonas templadas como tropicales. Sus poblaciones se recuperan de la cacería excesiva y toleran la modificación parcial de su hábitat. Proporciona trofeos y alimento a los cazadores y poblaciones rurales (Ceballos, 2005). Por su adaptabilidad el venado cola blanca es una especie apta para manejo y administración. Se estima que las poblaciones más abundantes de venado cola blanca en México se encuentran en los bosques de pino-encino, principalmente en la Sierra Madre Occidental (Ceballos, 2005).

Además de su potencial de aprovechamiento, la conservación de este ungulado es importante ya que es fuente de alimento para diversos depredadores, dispersa de semillas, y desempeña un papel preponderante en las comunidades indígenas como fuente complementaria de alimento, como trofeo cinegético y es parte de sus tradiciones (Naranjo et al., 2004; Villarreal-Espino, 2002). Por todas estas características es importante conocer el estatus y distribución de sus poblaciones en Michoacán, además de identificar el grado de idoneidad ecológica de las regiones del estado para su presencia potencial y el mantenimiento y/o establecimiento de sus poblaciones.

Una herramienta que puede ayudar a evaluar un conjunto de características ambientales que se relaciona con la presencia y abundancia del venado son los índices de idoneidad de hábitat que en particular identifican los requerimientos que

son indispensables para su viabilidad y permanencia, como es el alimento, agua y de manera negativa la presión humana (Gallina, 1994).

Para la mayoría de las especies de mamíferos los estudios sobre la dinámica poblacional se enfocan en el estimado de parámetros como la densidad poblacional, la estructura de edades, la proporción de sexos y la tasa de crecimiento (Ezcurra y Gallina, 1981). Las estimaciones de densidad poblacional permiten definir en forma indirecta el estado poblacional de la especie, además son el primer paso para establecer estrategias de manejo, aprovechamiento y conservación, (Ojasti, 2000; Villarreal 1999). Antes del uso de trampas cámara, las estimaciones de abundancia y tamaño poblacional en el venado cola blanca son realizadas con métodos indirectos, empleando índices a partir de rastros o conteo de grupos fecales en transectos fijos (Ezcurra y Gallina, 1981; Villarreal, 1999).

Sin embargo, con los índices es necesario conocer la tasa de defecación para la localidad, edad, el sexo y la subespecie en el hábitat de interés para evitar un sesgo en la estimación de la densidad, por lo que son sensibles a la variabilidad en las tasas de defecación y deterioro de las excretas (Camargo-Sanabria y Mandujano, 2009; Pérez Mejía et al., 2004).

Actualmente el foto-trampeo ofrece ventajas comparativas con respecto a índices o el trampeo directo y la telemetría, ya que estos últimos son más costosos, y proporcionan un reducido número de registros, además de que pueden alterar el comportamiento de los individuos (Krausman, 2002).

Las cámaras trampa permiten identificar especies terrestres de naturaleza sigilosa, permiten estimar riqueza, diversidad, abundancia relativa e incluso densidad (Karanth y Nichols, 1998; Kelly, 2008; O'Brien, 2008; Rowcliffe y Carbone, 2008; Tobler et al., 2008). La estimación del estatus poblacional y la determinación del uso de hábitat en mamíferos silvestres son esenciales, ya que estos parámetros son la base para tomar decisiones para administrar y conservar a las especies (Sánchez-Rojas et al., 2009).

Por ser el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) el ungulado con mayor distribución en México (Hall, 1981), habita múltiples ecosistemas, es considerado un importante recurso tanto ecológico como económico en México (Mandujano y Rico-Gray, 1991; Naranjo et al., 2004). La presencia del venado influye sobre el establecimiento, crecimiento, reproducción, composición y estructura de las comunidades vegetales, incidiendo sobre el flujo de nutrientes, formando parte del sustento alimenticio, comercial y cultural para las comunidades que lo aprovechan (Galindo-Leal y Weber, 1998).

En el presente trabajo se plantea como objetivos generar un índice de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca a nivel estatal, identificar áreas de aptitud o idoneidad potencial de la especie, así como estimar y comparar la abundancia relativa entre regiones describiendo su estructura poblacional para Michoacán, presentando así un panorama que permitirá conocer el estatus de la especie para el establecimiento de estrategias de conservación, aprovechamiento, recuperación y administración del venado cola blanca en Michoacán.

ANTECEDENTES

Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*).

Distribución

El venado cola blanca pertenece a la Familia de los Cervidae, incluye entre otras especies de América como al *Alce alces* (Alce), *Cervus elephus* (wapití), *Rangifer tarandus* (Caribú), *Odocoileus hemionus* (Venado bura), *Mazama americana* (Temazate rojo) y *Mazama gouazoubira* (Temazate gris yucateco). Se distribuye desde el sur de Canadá, Estados Unidos, Centroamérica hasta Bolivia está ampliamente distribuido en nuestro país, con excepción de la Península de Baja California (Galindo-Leal y Weber, 1998; Gallina et al., 2010).

Para el continente americano de donde se cree es originario el género *Odocoileus* se plantea a 38 subespecies, con 30 subespecies para el norte y centro del continente y 8 subespecies para la parte de sur del continente (Halls, 1984). Para México se estima que existen 14 de las 30 subespecies del norte y centro del continente representando el 47% de las subespecies. Es el único ciervo que potencialmente se distribuía sobre la mayor parte del territorio mexicano, con excepción de la Península de Baja California (Halls, 1984).

Descripción

El venado cola blanca presenta cuello largo y relativamente grueso, patas largas, hocico alargado y orejas grandes, así como por el mechón de pelos blancos en la base de la cola que eriza cuando esta excitado o en huida y una figura estilizada y fina. Los individuos alcanzan de 90 a 150 cm de largo en las hembras y

entre 135 a 205 cm en los machos, pueden presentar un peso de entre 36 a 140 kg, las hembras pesan 20 a 40% menos que los machos. Las subespecies de mayor tamaño corporal ocurren en latitudes mayores o mayores elevaciones, y presentan una alzada de 80 a 105 cm. La cola puede medir de 12 a 30 cm (Leopold, 1959; Sauer, 1984).

Cada lado de la barbilla tiene una mancha labial negra; solo los machos presentan astas que se proyectan hacia afuera y por adelante del cráneo, con una rama principal de la que salen de dos a seis ramificaciones. El tamaño y la forma de las astas reflejan la edad y su estado nutricional (Sauer, 1984), la herencia y la heterocigosidad (Scribner et al., 1989). Las orejas de gran tamaño son aproximadamente el 50% de la longitud de la cabeza.

Su pelaje corporal varía de café grisáceo en invierno y rojizo en el verano, aunque no todas las subespecies cambian de coloración en el pelaje. Los cervatillos presentan pelaje rojizo moteado en blanco hasta los tres meses de edad. Todas las partes inferiores, el interior de las piernas, la abertura y la barbilla son blancas. La cola es color café o gris en su cara externa, con los bordes y la cara interna rodeados de largos pelos blancos (Leopold, 1959).

Reproducción

La estación reproductiva del venado cola blanca dura alrededor de tres meses. Las hembras alcanzan la pubertad en el primer año y la mayoría se aparean por primera vez entre los 16 y 18 meses (1.5 años) de edad. El peso promedio a esta edad es de 25 kg (Weber et al., 1995). El periodo de gestación promedio es de

190 a 205 días, el alumbramiento ocurre en lugares aislados y bien protegidos (Galindo-Leal y Weber, 1998). El tamaño de la camada varía de una a tres crías y está relacionado con factores genéticos y nutrición.

Comportamiento

El venado cola blanca se comunica con sus congéneres utilizando los órganos de los sentidos y a través de comunicación química muy sofisticada y especializada. Poseen glándulas exocrinas especializadas en tarseles, metatarsales, interdigitales, prepuciales, lagrimales, glándulas del morro o nariz, que cumplen con aspectos especializados de comunicación (Galindo-Leal y Weber, 1998).

El venado cola blanca es más activo durante las primeras horas de la mañana y en el crepúsculo, pero varía de acuerdo con factores como sexo, edad, época reproductiva, características de hábitat, disponibilidad de alimento, patrones de actividad de los depredadores y actividades humanas (Galindo-Leal y Weber, 1998). El grupo social más común en el venado lo constituyen la hembra y sus crías. Los machos forman grupos mixtos de edad durante la época no reproductiva e incluso poco antes de la época reproductiva en que se vuelven solitarios.

En hábitats abiertos, el tamaño de los grupos es más numeroso que en hábitats cerrados. Los cervatillos acompañan a su madre desde la tercer o cuarta semana después del alumbramiento, y a las ocho semanas de edad las crías se integran a grupos de hembras. (Galindo-Leal y Weber, 1998).

El venado de cola blanca produce 13 sonidos vocales y no vocales distinguibles con interacciones intraespecíficas e interespecíficas. Los "gritos" son llamadas de dirección inespecíficas dadas por ciervos durante situaciones de alarma. La pisada y el resoplido de alerta son emitidos por los venados mayores, a menudo simultáneamente con otros venados o en secuencias cuando perciben a un depredador o invasor (Richardson et al., 1983).

Emiten resoplidos y resoplidos agresivos durante las disputas sobre el rango, especialmente entre machos. El gruñido es dado por los jóvenes y los individuos mayores durante las interacciones dominantes como una llamada cohesiva por las hembras (Richardson et al., 1983).

Los venados ocupan un rango hogareño bien definido año tras año, pero no son territoriales. Los individuos defenderán los sitios de camas (Gavin et al., 1984) y los recursos limitados (Smith, 1991). Los machos defenderán a las hembras durante el estro. La movilidad y el rango hogareño varían por la edad, el sexo, interacciones sociales, latitud, la estación y las características del hábitat y varía inversamente con la densidad, la cubierta vegetal y la diversidad del hábitat (Marchinton y Hirth, 1984).

El rango hogareño anual de las poblaciones sedentarias promedia 59 has y las áreas de uso estacional rara vez superan los 1.6 km de radio. Los desplazamientos lineales son típicos y representan la configuración más eficiente para usar recursos en entornos irregulares (Marchinton y Hirth, 1984). Los adultos machos se desplazan más lejos, con mayor frecuencia y ocupan rangos hogareños más extensos que juveniles y hembras (Smith, 1984).

Hábitat y dieta

El venado cola blanca habita en una amplia gama de tipos de vegetación, desde ambientes templados del norte, hasta subtropicales y semiáridos en América del Norte, e incluyen bosques tropicales y otras asociaciones ecuatoriales de América Central y el norte de América del Sur (Galindo-Leal y Weber, 1998). Los venados asignan mayor tiempo para la alimentación que a cualquier otra actividad y forrajean mientras se mueven entre áreas de alimentación, seleccionando el forraje más nutritivo disponible (McCullough, 1984).

Su dieta varía localmente en cada estación, y entre regiones, y esta característica explica su adaptabilidad a la variación ambiental. Su dieta incluye hojas, renuevos, frutos de arbustos y porción de material vegetal de origen leñoso de árboles y arbustos (Galindo-Leal y Weber, 1998). En hábitats xerófilos, las suculentas constituyen hasta el 70% de la dieta total en la estación seca (Krausman, 1978). En general, pastos y las hierbas dominan la dieta durante la primavera y verano, el consumo de especies vegetales es paralelo al ciclo anual de producción de hierbas (Smith, 1984).

A medida que la vegetación herbácea madura, cambian de consumo a hojas y ramitas suculentas de nuevo crecimiento. Durante el otoño las ramas cortas blandas y duras predominan en la dieta, incluyendo frutos. En México consumen arbustos de las familias Myrtaceae, Fabaceae, Caesalpiniaceae, y herbáceas de las familias Malvaceae, Compositae y Convolvulaceae, siendo los componentes más frecuentes en su dieta, por encima de pastos (Familia: Poaceae) y especies arbóreas (Mandujano y Gallina, 2005).

Granados et al. (2014), identificaron en Campeche una asociación entre estratos y temporadas del año en el forraje del venado cola blanca; durante la temporada de lluvia usan el estrato herbáceo, mientras que los arbustivos y arbóreos se asociaron a la temporada húmeda, los pastos y arbóreas a la época seca.

Importancia ecológica, económica y cultural

El venado cola blanca forma parte de cadenas tróficas en el hábitat como un herbívoro y como presa de grandes carnívoros. Influye en la estructura de la vegetación de los bosques principalmente por el ramoneo y participa en la dispersión de semillas (Galindo, 1998). Sus principales depredadores son el puma (*Puma concolor*), que depreda adultos y juveniles, el coyote (*Canis latrans*) y el gato montés (*Lynx rufus*) que depredan cervatillos. Los osos negros (*Ursus americanus*) y las águilas reales (*Aquila chrysaetos*) también hacen presa ocasional a cervatillos y juveniles (Galindo-Leal y Weber, 1998).

Los cadáveres de venado son consumidos por carroñeros como zopilotes (*Coragyps atratus* y *Cathartes aura*), cuervos (*Corvus corax*), pequeños y medianos carnívoros, como los zorros (*Urocyon cinereoargenteus*), zorrillos (*Mephitis macroura*), comadrejas (*Mustela frenata*) y coyotes (*Canis latrans*). Las excretas de venado son desintegradas por escarabajos. Las mudas de astas y los huesos son utilizados por ardillas (*Sciurus aureogaster*), ardillones (*Otospermophilus variegatus*) y ratones (*Peromyscus spp.* y *Microtus spp.*) (Galindo y Weber, 1998).

Su importancia económica radica en la cacería deportiva y de subsistencia, ya que se comercializa su carne y piel; en los pueblos indígenas el venado juega un papel importante en la economía, utilizan sus pieles para la elaboración de prendas de vestir, artesanías, implementos de cocina y herramientas de caza con sus astas, huesos y tendones. Mientras que en la cacería deportiva tiene demanda nacional e internacional lo que permite ingresos económicos considerables. Los trofeos son clasificados por las características de sus astas (Galindo y Weber, 1998; Villarreal, 2006).

Para las culturas de Huicholes, Mazahuas, Mexicanas, Kikapus, Tarahumaras, Tepehuanos, Yaquis, Coras y Seris, el venado es parte de sus costumbres, tradiciones y cosmovisión. Cuentan con historias, mitos y creencias formando parte de su folklor, siendo la inspiración y protagonistas de poesías, danzas, canciones populares, cuentos y fábulas que refieren al venado como símbolo de nobleza, fuerza, velocidad, pasión, belleza e inteligencia. Astas, patas, pieles son usadas en confección de artículos artesanales. Es culturalmente considerado como un hermano, animal totémico, dios-héroe, motivo de reverencia, fiestas o tradiciones religiosas (Galindo-Leal y Weber, 1998).

Índice de idoneidad de hábitat

El concepto de hábitat es central para comprender la ecología de los organismos, principalmente en temas relacionados a las poblaciones. Bajo este concepto se entiende la distribución de las especies en base a tolerancias y requerimientos con los rasgos del ambiente, por lo que el hábitat es la suma de factores del medio que una especie requiere para poder establecerse a largo plazo

(Hall et al., 1997). El hábitat es el espacio que presenta características físicas y biológicas indispensables para que una especie sobreviva y se reproduzca, considerando su dimensión espacial y temporal respectivas (Delfín-Alonzo y Gallina, 2007). Los atributos o elementos del hábitat forman parte de unidades espaciales en una región geofísica particular llamada paisaje, la cual puede reúne unidades de vegetación asociadas con aspectos físicos del terreno que son utilizados en forma selectiva por las especies, todos los paisajes están integrados por parches o fragmentos en una matriz en una escala geográfica extensa (Aguilera, 2010).

La evaluación cualitativa y cuantitativa de las características de los hábitats permite examinar su potencial para mantener a una especie a largo plazo, además permite conocer que área del paisaje es de mejor calidad para una especie (Choi y Lee, 2019; Gallina et al., 2015). Entre las técnicas para caracterizar y evaluar el hábitat, se encuentra a los índices de idoneidad de hábitat (HSI, por las siglas en ingles de Habitat Suitability Index), que es un método en el cual se otorgan puntuaciones o calificaciones (0 a 1, 0 a 100; donde 0= hábitat inadecuado, 1 o 100= hábitat adecuado), a la importancia relativa de las distintas unidades ecológicas que integran las variables y atributos mínimos que aseguren la sobrevivencia de las especies o la probabilidad de existencia de dicha especie, condicionada a la presencia o ausencia de los atributos mínimos (Álvarez et al., 2009; Cole y Smith, 1983).

Las calificaciones reflejan el potencial del hábitat para una especie, mediante la comparación de la información de la literatura, reportes, así como la opinión de

expertos sobre condiciones y niveles favorables asociados a su idoneidad. La calidad del hábitat equivale al índice de idoneidad del hábitat y representa la distribución espacial de variables en mapas que diferencian los distintos valores de idoneidad para toma de decisiones cuando se trata del manejo de poblaciones silvestres. Se genera mediante el cálculo de áreas que presentan una calificación de idoneidad del hábitat dentro de su distribución y se visualizan en los mapas de calidad de hábitat en los sistemas de información geográfica (SIG) (Delfín-Alonzo y Gallina, 1994; Gallina, 2009; Jonhson y Giligham, 2005).

Entre algunos ejemplos, para el estado de Veracruz, Bolívar-Cimé y Gallina (2012), incluyeron como variables relevantes a la vegetación, fuentes de agua, pendiente, orientación y temperatura para una zona con bosque tropical caducifolio, bosque de pino y pastizales. Por su parte Delfín-Alonzo et al. (2014), destacaron a la vegetación, fuentes de agua permanente e intermitentes, orientación y pendiente como las variables determinantes una zona con presencia de bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, bosque de pino y pastizales, dunas costeras y manglar.

Para Jalisco, consideraron como variables determinantes a la vegetación, altitud, condición topográfica, distancia a carreteras y distancia a zonas urbanas. (Ávila-Coria et al., 2019) en una región de bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, bosque de pino, bosque de mezquite y vegetación halófila. Para una zona del estado de Puebla Mandujano et al. (2019), incluyeron tipos de vegetación, temperatura media anual, pendiente, orientación, agua del área, proximidad a comunidades humanas y a

carreteras como variables relevantes en una región con bosque tropical seco, zonas de agricultura, bosque de pino y matorral desértico.

En la mayoría de estudios en México, se ha incluido a la vegetación como la variable de mayor influencia, seguida de cuerpos de agua, y presión antropogénica, y estas en conjunto conforman más del 50% en la influencia en la construcción de los índices (Ávila-Coria et al., 2019; Bolívar-Cimé y Gallina, 2012; Delfín-Alonso et al., 2009, 2014; Díaz-Pacheco, 2015 y Mandujano et al., 2019).

Abundancia relativa

El índice de abundancia relativa (IAR) suele expresarse como el número de observaciones en relación a un esfuerzo de muestreo. Algunos ejemplos de estos índices son el número de rastros encontrados por distancia recorrida (Cruz et al., 2007; Lira-Torres et al., 2005; Mandujano y Gallina, 2005; Reyna-Hurtado y Tanner, 2005). Para el foto-trampeo, la abundancia (IAR) se estima con el número de fotografías por esfuerzo de muestreo, donde se utiliza la formula; $IAR = C/EM \times 1000$ noches-trampa, donde C = Capturas o eventos independientes fotografiados, EM = Esfuerzo de Muestreo (número de cámaras trampa por días de monitoreo) y 1,000 o 100 días-trampa = (unidad estándar) (Karanth y Nichols, 2004; Kelly, 2008; O'Brien, 2008).

Sin embargo, se recomienda usar 100 días-trampa como unidad de estandarización para facilitar la comparación entre estudios (Chávez et al., 2013; Díaz-Pulido y Payán-Garrido, 2012). La tasa de captura se ha utilizado en general como una medida indirecta de la abundancia en especies en que no pueden

reconocerse individuos (Monroy-Vilchis et al., 2009; Silver et al., 2004). Los índices de abundancia relativa se asumen están positivamente correlacionados con la densidad de la población de un área determinada (Chávez et al., 2013).

En México las tasas de captura del venado varían entre regiones y tipos de vegetación. Desde 0.41 a 0.83 registros/100 día trampa para una región de San Luis Potosí con bosque de pino-encino, bosque tropical perennifolio y bosque caducifolio con una precipitación media anual de 1,819.8 mm (Avila-Najera, 2009), a 1.23 registros/100 días trampa para la Reserva Natural de Sierra Nanchititla (RNSN) en el Estado de México en donde predomina la vegetación de pino-encino, bosque tropical caducifolio y vegetación de agricultura (Monroy-Vilchis et al., 2011).

Tasas de captura se documentan relativamente bajas en bosques tropicales caducifolios del sur de México, como en Tehuantepec, Oaxaca donde se estimó tasas de 0.17 registros/100 días trampa, en un área de bosque tropical caducifolio con precipitación media anual de 932.2 mm (Cortés-Marcial y Briones-Salas, 2014). Mientras que Llescas-Furter (2016) estimaron en 0.33 registros/100 días trampa para el corredor biológico Calakmul-Laguna en Campeche donde se presenta 2,050 mm de precipitación media al año.

Para el estado de Michoacán las tasas de captura difieren entre regiones, estimándose valores de abundancia de 16 registros/100 días trampa para la región donde colindan la Sierra Madre del Sur y la Costa Michoacana, (periodo 2010-2011), zona de precipitación media anual de 1,000 mm (Charre-Medellín, 2012). Flores-Hernández (2013) estimó tasa de captura de 27.9 registros/100 días trampa para

un fragmento de bosque tropical subcaducifolio de la región costera del Michoacán, donde se presenta una precipitación media anual de 959 mm.

Valenzuela-García (2015) estimó tasas de 11 registros/100 días trampa para un promedio de 14 localidades donde predominó bosque tropical caducifolio en los municipios de Gabriel Zamora, La Huacana, Arteaga y Lázaro Cárdenas, localidades con intervalos de precipitación media anual de 600 a 900 mm.

Para un cuadrante de muestreo de jaguar, situado en la Sierra Madre del Sur, Charre-Medellín (2017) estimó las tasas de captura para temporadas seca y húmeda, obteniendo 4 y 5.5 registros/100 días trampa respectivamente, región donde predomina el bosque tropical caducifolio fragmentado.

HIPOTESIS

Ho. Las variables ambientales y de presión antropogénica no presentarán diferencias significativas para diferenciar idoneidad de hábitat para *O. virginianus*, Michoacán.

Ha. Las variables ambientales y de presión antropogénica si presentarán diferencias significativas para diferenciar idoneidad de hábitat para *O. virginianus*, Michoacán en Michoacán.

Ho. Variables ambientales determinantes como vegetación, y presión antropogénica permitirán distinguir en la distribución de *O. virginianus*, áreas con idoneidad de hábitat, pero esta distribución no presentará relación entre idoneidad de hábitat y la abundancia local medida con tasas de captura.

Ha. Variables ambientales determinantes como vegetación, y presión antropogénica permitirán distinguir en la distribución de *O. virginianus*, áreas con idoneidad de hábitat, la distribución presentará relación positiva entre idoneidad de hábitat y la abundancia local medida con tasas de captura.

Ho. No se observará variación significativa en la abundancia entre regiones para *O. virginianus* en el estado.

Ha. Se observará variación significativa en la abundancia entre regiones para *O. virginianus* en el estado.

Ho. Existirá similitud en la estructura poblacional de *O. virginianus* entre periodos de muestreo y regiones.

Ha. Existirá diferencias en la estructura poblacional de *O. virginianus* entre periodos de muestreo y regiones.

Ho. Los patrones de actividad de machos y hembras del venado cola blanca no mostraran diferencias significativas en ciclos de 24 horas.

Ha. Los patrones de actividad de machos y hembras del venado cola blanca mostraran diferencias significativas en ciclos de 24 horas.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Generar un índice de idoneidad de hábitat, estimar abundancia relativa y estructura poblacional para el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), analizando posteriormente como el índice de idoneidad de hábitat se relaciona con la abundancia en Michoacán.

Objetivos Particulares

- Generar un índice de idoneidad de hábitat con variables ambientales y variables de presión humana para el venado cola blanca en Michoacán.
- Analizar la relación entre el nivel de idoneidad y la abundancia (tasa de captura) del venado cola blanca en Michoacán.
- Describir la estructura poblacional y la proporción sexual que presenta *Odocoileus virginianus* en Michoacán.
- Describir los patrones de actividad que presenta *Odocoileus virginianus* en Michoacán.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Descripción del área de estudio

Michoacán se localiza en la región centro-occidente de México, entre las coordenadas 20° 24' y 17° 55' de latitud Norte; y los 100° 04' y 103° de longitud Oeste (Cue-Bar et al., 2006; Villaseñor-Gómez, 2005). Su extensión es de 58,364 km² (3% del territorio mexicano). Presenta un intervalo de elevación desde el nivel del mar hasta los 3,840 msnm en el volcán de Tancítaro (Villaseñor-Gómez, 2005). El estado es considerado el quinto más diverso en vertebrados del país (CONABIO, 2005; Flores y Gérez, 1994) con 42 especies de anfibios, 138 de reptiles, 164 especies de mamíferos y 547 de aves (CONABIO, 2005).

Los climas predominantes en el estado son los tropicales en el 54% del estado, principalmente en las ecorregiones del Balsas, Costa (bosques de Jalisco), la Sierra Madre del Sur, y partes bajas del Cinturón Volcánico Trans-mexicano, (Olson et al., 2001). El 29% del territorio es de clima templado, especialmente en el Cinturón Volcánico Trans-mexicano y en las mayores elevaciones de la Sierra Madre del Sur. El 15% constituido por clima cálido-seco, en las partes bajas y medias de la depresión del Balsas, solo el 1% del territorio es de clima templado húmedo, y el 0.5% cálidos húmedos (Bocco et al., 1999; García, 1990; INEGI, 2007). Todos los climas son de tipo Ganges “g”, lo que significa que la temperatura más alta se presenta antes del solsticio de verano; esta temperatura se alcanza en el mes de mayo (Bocco et al., 1999).

La variedad climática, la diversidad fisiográfica y litológica, han permitido el desarrollo de una diversidad de tipos de suelos, litosoles, rendzinas, andosoles, regosoles, vertisoles y fluvisoles (Bocco et al., 1999). Además, esta diversidad de condiciones climáticas en el estado se ven reflejadas en la variedad de comunidades vegetales incluyendo; bosque de coníferas en zonas altas y templadas; bosque de pino, oyamel y cedro; bosque de encino; bosque tropical caducifolio y subcaducifolio en zonas calientes, otros tipos de vegetación incluyen al bosque mesófilo de montaña, matorral subtropical, bosque espinoso y vegetación acuática y subacuática (Rzedowski, 2006).

Ecorregiones de Michoacán

El estado pertenece al reino biogeográfico Neotropical y presenta siete ecorregiones de acuerdo con el sistema propuesto por Olson y colaboradores (2001) (Figura 1). Las regiones son el Bajío, el Balsas, la Costa (Bosques de Jalisco), la Sierra Madre del Sur, el Cinturón Volcánico Trans-mexicano, y dos áreas colindantes con Guerrero que son los Manglares del Pacífico y Bosques Secos del Pacífico.

La Costa o Bosques Secos de Jalisco, corresponde a una estrecha franja de amplitud media de 3 km entre el Océano Pacífico y la Sierra Madre del Sur presenta la menor extensión con 782 km², sus máximas alturas son de 60 msnm, predominan los bosques secos tropicales y subtropicales de hoja ancha (Bocco et al., 1999; Correa, 2003; Olson et al., 2001).

La Sierra Madre del Sur, se extiende unos 200 km a lo largo del estado y cubre una superficie aproximada de 13,000 km², con una anchura de casi 100 km y una altitud promedio de 2,000 metros. Presenta grietas y fallas al ser una zona de gran actividad tectónica donde se presentan bosques de coníferas tropicales y subtropicales (CONABIO, 2007; Olson et al., 2001).

La Depresión del Balsas, tiene una superficie aproximada de 14,000 km² y es considerada la única depresión tropical interior del país, donde los cambios de altitud son notables con cañadas y cambios de cobertura vegetal. El relieve presenta laderas abruptas, lomeríos y mesas. El clima es cálido y seco, siendo el área más baja en Infiernillo y la de menor precipitación con 500 mm precipitación anual. Presenta el fenómeno de sombra orográfica para la lluvia y el calentamiento adiabático, y como consecuencia lluvias escasas, predominando bosque tropical caducifolio y matorral tropical. La Depresión del Balsas incluye tres subcuencas: Tepalcatepec, Tepalcatepec-Infiernillo y Balsas-Infiernillo (Bocco et al., 1999; CONAGUA, 2008; SEMARNAT, 2007; Villaseñor-Gómez, 2005).

Al norte se localiza el Cinturón Volcánico Trans-mexicano, con una superficie de 27,500 km², con al menos 50 volcanes que superan los 2,700 metros de altitud; destacando el Pico de Tancítaro, Patamban, y Nahuatzen. Predominan los bosques de coníferas tropicales y templados. En esta zona también se presentan numerosos valles y cuencas donde se localizan los lagos de Pátzcuaro, Zirahuén y Cuitzeo (Bocco et al., 1999; CONAGUA, 2008; Olson et al., 2001) (Figura 1).

Por último, el Bajío o la Depresión del Lerma, con una extensión de 4,100 km², limitada al sur por el Cinturón Volcánico Trans-mexicano, conformada por

grandes planicies con presencia de bosques secos tropicales y subtropicales. Además, presenta extensas áreas de agricultura y presencia de importantes asentamientos humanos (CONABIO, 2007; Olson et al., 2001).

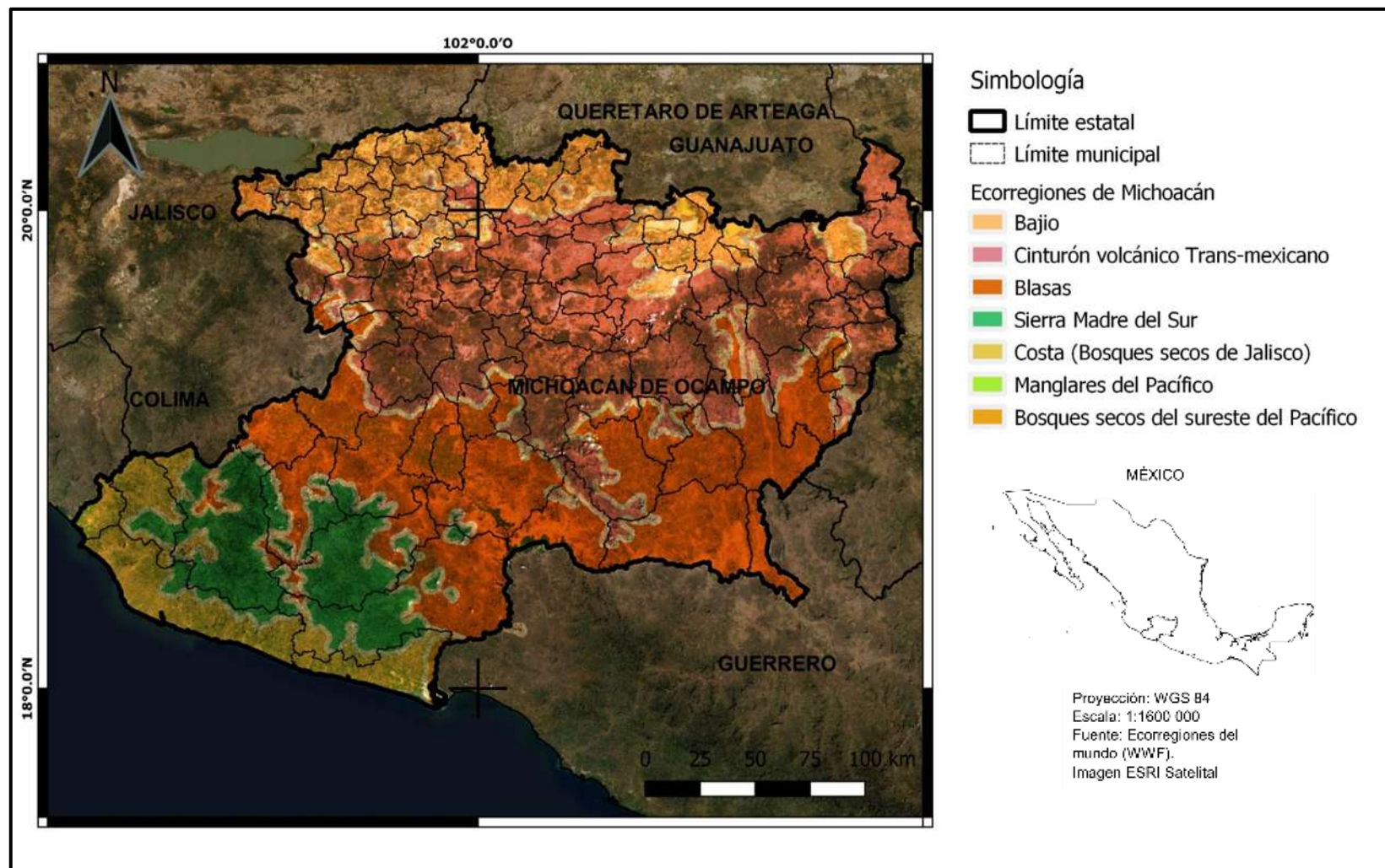


Figura 1. Ecorregiones de Michoacán basadas en Olson et al. (2001).

Áreas protegidas de Michoacán

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas cuenta con 184 áreas naturales federales que conforman una extensión de 909,651.2 km² de los cuales 214,974.1 km² representan el 10.94% de la superficie terrestre del país. Michoacán cuenta con 11 áreas naturales protegidas, dos de ellas comparten extensión con el Estado de México. Las tres áreas de mayor extensión son la Reserva de la Biosfera de Zicuirán-Infiernillo (RBZI), la Reserva de la Biósfera Santuario Mariposa Monarca, (RBSMM) y el Parque Nacional Pico de Tancítaro (PNPT) (CONANP, 2021; 2022).

La RBZI se ubica en la porción sureste del estado (longitud 102°14'12"O, 101°29'21"O y latitud 19°01'00"N, 18°11'43"N), en la depresión del Balsas, colinda con el estado de Guerrero, y cuenta con una extensión de 2,651 km², de los cuales 227 km² son de área núcleo y 2,424 km² corresponden a zonas de amortiguamiento. Presenta altitudes desde 200 a los 1,600 msnm (Cerro de la Bufa) y un intervalo de precipitación anual entre 500 y 900 mm (CONANP, 2021). El tipo de vegetación predominante en la RBZI es el bosque tropical caducifolio que presenta distintas asociaciones en función a elevación y pendiente, bosque de pino, bosque de encino, bosque de pino-encino, bosque tropical subcaducifolio, y palmar, las familias mejor representadas son: Fabaceae, Asteraceae, y Euphorbiaceae. (CONAFOR, 2014). Dentro de la reserva Zicuirán-Infiernillo se reporta la presencia de 86 especies de mamíferos dentro de ocho órdenes y 24 familias y 63 géneros, representando el 53% de las especies para el estado (total para Michoacán de 161 especies de mamíferos). Se cuenta con un total de 14 especies dentro de la Norma Oficial Nom-

059-SEMARNAT-2010 y se presentan un total de 18 especies endémicas para México como lo son *Notiosorex crawfordi* (Eulipotyphla) y *Spilogale pygmaea* (Carnivora) y una para Michoacán, *Rhogeessa mira* (Chiroptera) (CONANP, 2014).

La RBSMM ubicada entre los municipios de Temascalcingo, San Felipe del Progreso, Donato Guerra y Villa de Allende en el Estado de México, y Contepec, Senguio, Angangueo, Ocampo, Zitácuaro, y Aporo en Michoacán. Esta reserva cuenta con una extensión total de 562 km² de los cuales 338 km² son parte de Michoacán. Presenta tres zonas núcleo con 135.5 km² y 427 km² en dos zonas de amortiguamiento (CONANP, 2001).

Presenta una altitud que va desde 2,400 a 3,600 msnm y una precipitación promedio de 700 a 1,250 mm con temperaturas de -3° a 18° C, predominan los paisajes templados con clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw). Los tipos de vegetación incluyen el bosque de oyamel, bosque de pino-Oyamel, bosque de pino, bosque de encino y bosque de cedro (CONANP, 2001).

Dentro de la Reserva Monarca se reportan 56 especies de mamíferos *Didelphis virginiana* (Didelphimorphia), *Sorex saussurei* (Eulipotyphla), *Pteronotus parnelli* (Chiroptera), *Glossophaga mexicana* (Chiroptera), *Sylvilagus floridanus* (Lagomorpha), *Microtus mexicanus* (Rodentia), *Canis latrans* (Carnivora), *Mephitis macroura* (Carnivora), *Lynx rufus* (Carnivora) y *Odocoileus virginianus* (Artiodactyla), presenta dos especies amenazadas, tres raras y dos endémicas dentro de la NOM-059. Además, representa un patrimonio natural por sus características físicas, hidrológicas biogeográficas y ecológicas especialmente por el arribo anual completando el ciclo migratorio de la mariposa monarca recorriendo más de tres mil

kilómetros desde Canadá a través de EUA y la Sierra Madre Occidental hasta establecerse en el Cinturón Volcánico Trans-mexicano en Michoacán y México (CONANP, 2001).

El PNPT (longitud 102°13'14.34"O-102°24'07.42"O, latitud 19°31'09.83"N-19°20'30.61"N') localizado en los municipios de Tancítaro, Peribán de Ramos, Uruapan y Nuevo Parangaricutiro cuanta con una superficie de 234.5 km². Presenta altitudes desde los 2,100 a 3,860 msnm y temperaturas desde los 8° a los 18° C con extremos de 6.5° a los 22° C (CONANP, 2014). Presenta mayormente clima cálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano Cm w (Zamora, 2006) con tipos de vegetación que incluyen el bosque de pino-encino, bosque de pino y pastizales (INEGI, 2006). La fauna del Pico de Tancítaro está compuesta por aproximadamente 370 especies de vertebrados terrestres, incluyendo 95 especies de mamíferos en 20 familias siendo las más numerosas Chiroptera y Rodentia (Villaseñor, 2005). Veintiuna especies están registradas como endémicas de México, y diez especies se encuentran en alguna categoría dentro de la NOM-059 (SEMARNAT, 2010). Esta Área Natural Protegida proporciona servicios hidrológicos muy importantes, cuenta con zonas de captación y escurrimientos permanentes y temporales (CONANP, 2014).

LITERATURA CITADA

- Aguilera, B. F. (2010). Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 30(2), 9-29.
<https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/AGUC1010220009A>
- Álvarez-Cárdenas, S., Galina-Tessaro, S., Díaz-Castro, S., Guerrero-Cárdenas, I., Castellanos-Vera, A. y Mesa-Zavala, E. (2009). Evaluación de elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science* 2:189-203.
- Ávila-Coria, R., Villavicencio-García, R., Guerrero-Vázquez, S. y Treviño-Garza, E. (2019). Conectividad del paisaje y corredores de hábitat para el ocelote *Leopardus pardalis* y el venado cola blanca *Odocoileus virginianus* en el Occidente de México. *Revista del Desarrollo Urbano y Sustentable* 5-17: 38
- Ávila-Nájera, D. M. (2009). *Abundancia del Jaguar (Panthera onca) y de sus Presas en el Municipio de Tamasopo, San Luis Potosí*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de México.
- Bocco, V., Velásquez, G. A. y Torres, A. (2000). Ciencia, Comunidades Indígenas y Manejo de Recursos Naturales. Un Caso de Investigación Participativa en México. *Interciencia*. Vol. 25 No. 2 pp. 64-70.
- Bolívar-Cimé, B. & Gallina, S. T. (2012). An optimal habitat model for the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in central Veracruz, Mexico. Veracruz, México. *Animal Production Science* 52(8):707. DOI: 10.1071/AN12013.

- Camargo–Sanabria, A. A. y Mandujano, S. R. (2009). Evaluación de la morfometría de pellets como método de categorización de sexos y edades en venado cola blanca (*Odocoileus virginianus mexicanus*) en Puebla, México. *Revista Mexicana De Mastozoología (Nueva Época)*, 13(1), 92–104.
- Ceballos G. (2005). Los Mamíferos Silvestres en México. D.F. México. Fondo de Cultura Económica.
- Charre-Medellín, J. F. (2012). *Uso de manantiales por los Mamíferos en bosques Tropicales de Michoacán*. Tesis de Maestría. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Charre-Medellín, J. F. (2017). *Modelado de abundancias potenciales de felinos Silvestres en el trópico seco del centro-occidente de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Chávez, C., De la Torre, A., Bárcenas, 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. WWTF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, 88 Fundación Carlos Slim, CONANP, Servicios Ecológicos y científicos. (pp.108). México.
- Cole, J. A., & Smith, R. L. (1983). Habitat suitability indices for monitoring wildlife populations evaluation. *Transactions of the North American Wildlife y Natural Resources Conference* 48:367-375.

CONABIO. (2005). La Biodiversidad en Michoacán, Estudio de Estado. Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.

CONABIO. (2007). Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de Michoacán. México. D.F.

CONAGUA. (2008). Programa Nacional Hídrico 2007-2012. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera Edición. México D.F.

Comisión Forestal del Estado de Michoacán. (2014). Inventario Estatal Forestal y de Suelos de Michoacán de Ocampo, (1), 376.

CONANP. (2001). Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera Edición. México D.F.
https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/40_libro_pm.pdf

CONANP. (2014). Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera Edición. México D.F.
https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/73_libro_pm.pdf

CONANP. (2014). Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera Edición. México D.F.
https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/78_libro_pm.pdf

CONANP. (2022). Atlas interactivo de las áreas naturales protegidas de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado 12 de

marzo

del

2022

en

http://sig.conanp.gob.mx/website/interactivo/atlas/atlas_anp.htm

Correa, P. G. (2003). Atlas Geográfico del Estado de Michoacán. EDDISA, Morelia.

Cortés-Marcial, M. y Briones-Salas, M. (2014). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista Biológica Tropical*.

Cué-Bär, E. M., Villaseñor, J. L., Arredondo-Amezcu, L., Cornejo-Tenorio G. y Ibarra-Manríquez, G. (2006). La flora arbórea de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78: 47-81

Delfín-Alfonso C., Gallina T. S. y López-González, C. A. (2009). Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. *Tropical Conservation Science Vol.2 (2)*:215-228.

<http://www.tropicalconservationscience.org>.

Delfín-Alfonso, C., Gallina, S. y López-González, C. A. (2014). 8: Modelos de idoneidad de hábitat (HSI) para el venado cola blanca. En Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. *Tropical Conservation Science Vol.2 (2)*:121-136.

Díaz-Pacheco, I. (2015). *Análisis multicriterio e índices de calidad de hábitat para el manejo potencial del venado cola blanca en el trópico de Michoacán*. Tesis

de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp. 83.

Díaz-Pulido, A. y Payán Garrido, E. (2012). Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Panthera Colombia. 32 pp. 62 (4): 1,433-1,448.

Ezcurra, E., & Gallina, S. T. (1981). Biology and population dynamics of white-tailed deer in northwestern Mexico. In Ffolliott, P. S., y Gallina, S. (Eds) *Ortizin Deer biology, habitat requirements and management in western North America*. (pp 77-108) Instituto de Ecología, Veracruz, México.

Flores-Villela, O., y Gerez-Fernández, P. (1994). Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México. Segunda edición.1994. C.M, México.

Flores-Hernández, A. L. (2013). *Diversidad de Mamíferos en un Bosque Tropical Sub caducifolio fragmentado, en la Costa de Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Galindo-Leal, L. y Weber, M. (1998). El venado de la Sierra Madre Occidental: Ecología, Manejo y Conservación. México, D. F. *EDICUSA-CONABIO*, pp. 272

- Gallardo-Tellez E. (2018). *Variación del ensamble de mamíferos mediano y grandes en la estación biológica “Vasco de Quiroga” en Uruapan, Michoacán, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán pp. 88.
- Gallardo-Tellez E. (2021). *“Evaluación de efectos de antropización en los ensambles de mamíferos medianos y grandes de bosque templado de la región aguacatera de Michoacán*. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán pp. 144.
- Gallina, S., (1994). Uso del hábitat por el venado cola blanca en la Reserva de la Biosfera La Michilía, México. En: Rica-Vaughan, C. y Rodríguez, M. (Eds.). *Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa* (pp. 229-314). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Gallina, T. S., Mandujano, S., Bello, J., López, A. F. H., & Weber M. (2010). Chapter 11: white- tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann 1780). In: Barbanti D. J. M. & Gonzales S. (Edits). *Neotropical Cevidology. Biology y Medicine of Latin America Deer* (pp. 101-118). Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).
- Gallina, T. S., Mandujano R. S., y Villarreal Espino-Barros, O. A. (2014). Monitoreo y manejo del venado cola blanca: conceptos y métodos. Instituto de Ecología A.C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Xalapa pp. 220
- García E. (1990). “Climas”. Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM. México.

- Gavin, T. A., L. H. Suring, P. A. Vohs, Jr., & Meslow, E. C. (1984). Population characteristics, spatial organization, and natural mortality in the Columbian white-tailed deer. *Wildlife Monographs* 91:1-49
- Granados, D., Tarango, L., Olmos, G., Palacio, J., Clemente, F., y Mendoza, G. (2014). Dieta y disponibilidad de forraje del venado cola blanca *Odocoileus virginianus thomasi* (Artiodactyla: Cervidae) en un campo experimental de Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 699-710. Retrieved July 22, 2021, de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000100024&lng=en&tlng=es
- Hall, E. R. (1981). The mammals of North America, Vol. I. John Wiley y Sons. I. New York. USA
- Hall, E. R. (1984). The Mammals of North America. Second ed. John Wiley y Sons, New York USA.
- Hall, L. S., Krausman P. R. y Morrison M. L. (1997). The habitat concept y a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25:173-182.
- Halls, L. K. (ED.). (1984). White-tailed deer: ecology and management. Stackpole Books, Harrisburg, Pennsylvania, 870 pp.
- INEGI. (2006). Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250,000, Serie VI. Departamento de Uso del Suelo, Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

- INEGI. (2007). Censo Agropecuario: Características del sector agropecuario y forestal en Michoacán. México.
- Johnson, C. & Gilligham, M. P. (2005). An evaluation of mapped species distribution models used for conservation planning. *Environmental Conservation* 32:1-12
- Karanth, K. U. & Nichols, J. D. (1998). Estimation of tiger densities in india using photographic captures and recaptures. *Ecology* 79:2852-2862
- Karanth, K.U., R.S. Chundawat, J.D. Nichols, & Kumar, N.S. (2004). Estimation of tiger densities in the tropical dry forests of Panna, Central India, using photographic capture-recapture sampling. *Animal Conservation*. 7: 285-290.
- Kelly, M., & Holub, E. (2008). Camera trapping of carnivores: Trap success among camera types y across species, y habitat selection by species, on salt pond mountain, giles county, virginia. Northeastern. *Naturalist* 15:249- 262.
- Krausman, P. R., Schmidly, D. J., & Ables, E. D. (1978). Comments on the taxonomic status, distribution, y habitat of the Carmen Mountains white-tailed deer (*Odocoileus virginianus carminis*) in Trans-Pecos Texas. The Southwestern *Naturalist* 23:577-590.
- Krausman, P. (2002). Introduction to wildlife management. Prentice Hall, Nueva Jersey, EE.UU.
- Lee, E., Choi, T. R., Lee, T. D., & Sung, Y. (2019). Using Instagram While 'In a Relationship': The roles of narcissism and self-esteem. *Journal of Individual Differences*, 40(2), 111-117: An article critique

Leopold, A. S. (1959). *Fauna Silvestre de México*. Editorial Pax-México-IMERNAP. México (pp. 600).

Llascal-Furter, S. (2016). *Efecto de la Abundancia de Presas Silvestres sobre la Depredación de Ganado por Felinos en el Sur de México*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México. Estado de México, México.

McCullough, D. R. (1984). Lessons from the George Reserve, Michigan In L. K. Halls, (Eds.) *White-tailed deer: ecology and management* (pp, 211-242) (Stackpole Books, Harrisburg, Pennsylvania.

Mandujano, S. & Rico-Gray, V. (1991). Hunting, use, y knowledge of the biology of the whitetailed deer, *Odocoileus virginianus* (Hays), by the maya of central Yucatan, Mexico. *Journal of Ethnobiology* 11:175-183.

Mandujano-Rodríguez, S., y Gallina, S. (2004). Dinámica poblacional del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque tropical seco. En Cordero V. y Medellín, R. A. (Edits). *Contribuciones Mastozoologías en homenaje a Bernardo Villa Sánchez* (pp. 317–330). Instituto de Biología e Instituto de Ecología. Universidad Autónoma de México.

Mandujano-Rodríguez, S., & Hernández, C. (2019). Uso de bebederos artificiales por venado cola blanca en una UMA extensiva en la reserva de biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. *AgroProductividad* 12(6).
<https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1406>

- Marchinton, R. L., & Hirth, D. H. (1984). Behavior. In L. K. Halls, (Ed.) *White-tailed deer: ecology and management* (pp. 129- 168) Stackpole Books, Harrisburg, Pennsylvania
- Monroy-Vilchis, O., Cabrera, L., Suárez, P., Zarco González M., Rodríguez-Soto C., y Urios, V. (2008). Uso tradicional de vertebrados silvestres en la Sierra Nanchititla, México. *Interciencia* 33: 308-313.
- Monroy-Vilchis, O., Zarco-Gonzales, M. M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz L., y Urios, V. (2011). Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista Biologica Tropical Vol. 59 (1)*: 373-383.
- Naranjo, E. J. M., Guerra, M., Bodmer R. E., & Bolaños, J. E. (2004). Subsistence Hunting by Three Ethnic Groups of the Lacandon Forest, México. *Journal of Ehnobiology*, 24:233– 253.
- O'Brien, T.G. (2008). On the use of automated cameras to estimate species richness for large-y mammals. *Animal Conservation* 11:179-181.
- Ojasti, J y Dallmeyer, F. (2000). Manejo de Fauna Silvestre Neotropical, Instituto de Zoología Tropical, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela SI/MAB Series No. 5 Smithsonian Institution/MAB Biodiversity, Program, Washigton D.C. USA.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., & D'amico. J., A. (2001). Terrestrial Ecoregions of the

- World: A New Map of Life on Earth. *BioScience*, 51(11), 933.
<https://academic.oup.com/bioscience/article/51/11/933-938/227116>
- Pérez-Mejía, S., Mandujano, R. S., y Martínez-Romero, L., E. (2004). Tasa de defecación del venado cola blanca, *Odocoileus virginianus mexicanus*, en cautividad en Puebla, México. *Acta zoológica mexicana*, 20(3), 167-170. Recuperado en 22 de julio de 2021.
- Richardson, L. W., Jacobson, H. A., Muncy, R. J. & Perkins, C. J. (1983). Acoustics of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). *Journal of Mammalogy*, 64:245-252.
- Rowcliffe, J. & Carbone, C. (2008). Surveys using camera traps: are we looking to a brighter future? *Animal Conservation*. 11: 185-186.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México, D.F.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Primera Edición digital, pp. 247-273.
- Sauer, P. (1984). Physical characteristics. In: Halls, L. (Ed.), *White-Tailed 31 Deer. Ecology and Management* (pp. 73–90). Stackpole books,
- Sánchez-Rojas, G., Aguilar-Miguel, C., y Hernández-Cid, E. (2009). Estudio poblacional y uso de hábitat por el Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque templado de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, México. *Tropical Conservation Science Vol.2(2)*:204-214.

- Scribner, K. T., M. H. Smith, & Johns, P. E. (1989). Environmental and genetic components of antler growth. *In White-tailed deer*. Journal of Mammalogy, 70:284-291.
- SEMARNAT. (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. Diario Oficial de la Federación 30 diciembre, 2010.
- Silver, S., Ostro, L. E. T., Marsh, L. K., Maffei, L, Noss, A. J., Kelly M. J., Wallace, R. B., Gómez H., y Ayala, G. (2004). The use of camera traps for estimating jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx* 38:148-15
- Smith, N. S. (1984). Reproduction in Coues whitetailed deer relative to drought and cattle stocking rates. In P. R. Krausman and N. S. Smith, (Eds) *Deer in the southwest: a workshop Arizona* (pp. 13-20) USA.
- Smith, W. P. (1991). Mammalian Species. *Odocoileus virginianus*. *American Society of Mammalogists*. No. 388, pp1-13.
- Tobler M., S., Carrillo-Percestequi, R., Leite, R., Mares & Powell, G. (2008). An evaluation of camera traps for inventorying large- y medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation* 11: 169-178.
- Valenzuela-García, A. (2015). *Análisis de la estructura poblacional y patrón de actividad del venado cola blanca (Odocoileus virginianus) mediante trampas*

cámara en bosques tropicales de Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Villarreal, J. G. G. (1999). Venado Cola Blanca: Manejo y Aprovechamiento Cinegético. Unión Ganadera Regional de Nuevo León, Monterrey, México. Nuevo León México.

Villarreal, G.J.G. (2005). Situación actual y perspectiva de la ganadería diversificada en México. Memorias del II Encuentro Nacional Ganadero. Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas. México, D.F

Villarreal, J. G. G. (2006). *Venado Cola Blanca, Manejo y Aprovechamiento Cinegético*. Unión Ganadera Regional de Nuevo León (UGRNL). Fundación PRODUCE Nuevo León, A.C. Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas (CNOG). Segunda Edición. pp.411

Villaseñor-Gómez, L. E. (2005). La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado. México. Proceeding Third International Congress on the Biology of Deer

Weber, P., Rosas-Becerril, A., Morales-García A. & Galindo-Leal C. (1995). Reproductive biology of white-tailed deer in Durango, Mexico. *In Recent Developments in Deer Biology. Proceeding Third International Congress on the Biology of Dee*. Edinburgh, UK.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

Con el propósito de dar cumplimiento con los objetivos planteados, se presenta este trabajo de tesis en dos capítulos:

Capítulo I. Índice de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en Michoacán.

Capítulo II. Abundancia y estructura poblacional del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en bosques de Michoacán.

CAPÍTULO I: Índice de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en Michoacán.

RESUMEN

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es una especie de amplia distribución en México que se presenta en todo el territorio con excepción de la Península de Baja California. Es una especie importante para la alimentación tanto en las comunidades rurales, como para los principales carnívoros depredadores presentes en México como el puma y jaguar. Para su manejo y conservación se requiere de información sobre su distribución potencial para el estado. El objetivo generar un índice de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca a nivel estatal, identificar áreas de aptitud o idoneidad potencial de la especie. Para la generación del mapa de idoneidad de hábitat se requirió de ocho variables ambientales incluyendo presión antropogénica, la suma del porcentaje de influencia de cada variable fue 100% y se asignó una escala de valores a cada variable mediante la herramienta “Weighted Overlay” en ArcGis. Para el estado se presentó una superficie de 47,411 km² (81.4%) con idoneidad potencial para el venado cola blanca, y 10,781 km² (18.5%) de extensión sin idoneidad. La ecorregión con mayor extensión en general para la distribución potencial del venado cola blanca es el Cinturón Volcánico Trans-mexicano con el 37.2%, y la mayor cobertura es de idoneidad moderada. La ecorregión con menor extensión de idoneidad para distribución potencial en Michoacán es el Bajío, con solo el 7.8%. En las tres Áreas Naturales Protegidas de mayor extensión en el estado se presentó mayormente superficie en nivel moderado de idoneidad. Este trabajo presenta un el modelo de

idoneidad complementado por la zonificación de las ecorregiones y ANP's de mayor extensión el estado contribuyendo a la localización de sitios potenciales para la conservación y aprovechamiento de un herbívoro importante como el venado cola blanca.

Palabras clave: Distribución potencial, Variables ambientales, Presión antropogénica, Ecorregiones, Aprovechamiento.

ABSTRACT

The white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) is a widely distributed species in Mexico that occurs throughout the territory with the exception of the Baja California Peninsula. It is an important species for food both in rural communities and for the main predatory carnivores present in Mexico, such as the puma and jaguar. For its management and conservation, information on its potential distribution for the state is required. The objective is to generate a habitat suitability index for the white-tailed deer at the state level, identify areas of suitability or potential suitability for the species. For the generation of the habitat suitability map, eight environmental variables were required, including anthropogenic pressure, the sum of the percentage of influence of each variable was 100% and a scale of values was assigned to each variable using the "Weighted Overlay" tool in ArcGis. For the state, an area of 47,411 km² (81.4%) was presented with potential suitability for white-tailed deer, and 10,781 km² (18.5%) of extension without suitability. The ecoregion with the largest overall extent for potential white-tailed deer distribution is the Trans-Mexican Volcanic Belt at 37.2%, and the largest cover is of moderate suitability. The ecoregion with the least extension of suitability for potential distribution in Michoacan is El Bajio, with only 7.8%. In the three largest Natural Protected Areas in the state, the majority of the surface was presented at a moderate level of suitability. This work presents a suitability model complemented by the zoning of the largest ecoregions and ANPs in the state, contributing to the location of potential sites for the conservation and use of an important herbivore such as the white-tailed deer.

Keywords: Potential distribution, Environmental variables, Anthropogenic pressure, Ecoregions, Management.

INTRODUCCIÓN

El manejo y conservación de las especies requiere de información sobre su distribución geográfica y abundancia. Conocer los factores que determinan estos parámetros a escalas locales o en mayor amplitud brinda bases sólidas para la toma de decisiones sobre conservación y favorece los criterios para el manejo de la especie de interés (Mandujano, 2011).

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es una especie de amplia distribución en México, prácticamente se encuentra en todo el territorio con excepción de la Península de Baja California (Gallina, 2010). Es una especie importante para la alimentación tanto en las comunidades rurales, como para los principales carnívoros depredadores presentes en México como el puma (*Puma concolor*), jaguar (*Panthera onca*), coyote (*Canis letrancs*), y gato montés (*Lynx rufus*) (Ortega y Fulbright, 2007).

Es una especie que modifica la vegetación con su actividad de ramoneo principalmente en los arbustos. También dispersa las semillas de diversas plantas de las que se alimenta. Sin embargo, un rol importante de esta especie para las comunidades rurales, además de ser alimento de subsistencia tiene usos ornamentales, culturales y espirituales formando parte de su folklor (Gallina, 2010).

Por parte de las comunidades rurales, también representa una alternativa para el desarrollo económico como trofeo de caza, siendo la especie más relevante para actividad cinegética, generando ganancias económicas (Weber y González, 2003).

Sin embargo, no se sabe si áreas de actividad cinegética cumplen con los requisitos para mantener la viabilidad de poblaciones a largo plazo. Por ese motivo, el conocimiento que se obtiene sobre distribución y abundancia poblacional es útil para generar esas bases de conocimiento para aplicar a su manejo y conservación a escala local y regional. Un aspecto también necesario, es conocer que variables biológicas y climáticas favorecen e influyen tanto en la distribución como en la abundancia local (Weber y González, 2003).

Un avance importante en la metodología para estudiar la distribución de las especies, es la generación de modelos que predicen áreas idóneas para las especies, favorecida por la oferta de softwares especializados en propiedades geográficas, procesamiento y análisis digital, la difusión de información geoespacial y el desarrollo de técnicas en sistemas de información geográfica (Delfín-Alonso et al., 2009). Estas herramientas permiten determinar qué factores del ambiente se correlacionan para explicar la presencia de las especies en cada hábitat, siendo la suma de requerimientos de la especie para su presencia real o potencial. Los modelos predictivos para idoneidad incluyen una evaluación cualitativa y cuantitativa de factores bióticos y abióticos, su variación tanto en el tiempo como en el espacio y esta a su vez permite ver dichos componentes en el espacio físico, gracias a esta evaluación se puede conocer el potencial de los sitios favorables para la presencia de las especies a mediano y largo plazo (Mandujano et al., 2004).

Para evaluar y determinar la disponibilidad y aptitud del hábitat del venado cola blanca, se han desarrollado “Índices de Idoneidad de hábitat” (Hábitat Suitability Index HSI en inglés) para su desarrollo se ha empleado una variedad de métodos,

incluyendo el uso y generación de mapas en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con las variables sobre calidad o aptitud del hábitat que incluyen alimento, agua, cobertura, aspectos topográficos etc. (Delfín-Alonso et al., 2009; García, 2006). Una de las ventajas del uso de los sistemas de información geográfica en el modelado de idoneidad es que se puede visualizar y analizar información que abarca tanto regiones como áreas particulares, áreas protegidas e incluso a nivel municipal.

Áreas protegidas

Michoacán cuenta con once áreas naturales protegidas (ANP's) destacando por su extensión y relevancia ecológica la Reserva de la Biosfera de Zicuirán-Infiernillo (RBZI), la Reserva de la Biósfera Santuario Mariposa Monarca, (RBSMM) y el Parque Nacional Pico de Tancítaro (PNPT) representan las mayores superficies protegidas (CONANP, 2021).

La RBZI (2,636.98 km²), representa uno de los sitios de alta biodiversidad en el estado. Es la reserva de mayor área y a diferencia de la mayoría de las áreas naturales protegidas en Michoacán localizadas en zonas templadas del Cinturón Volcánico Trans-mexicano, esta se ubica en una zona tropical, se estima en ella se ha registrado el 53% de las especies del estado (CONANP, 2014).

La RBSMM (341.77 km²) es reconocida nacional e internacionalmente por que en sus bosques de pino y oyamel inverna hasta el 40% de mariposas que llegan a México, es reconocida por la UNESCO (CONANP, 2014).

El PNPT (232.39 km²), es una importante superficie para la captación de agua en el estado y es considerado un corredor biológico templado montañoso, donde se presenta bosque mesófilo de montaña, albergando alrededor de 207 especies de fauna, algunas incluidas dentro de la NOM-059 (CONANP, 2014).

OBJETIVOS

- ❖ Generar un modelo de Idoneidad de hábitat para *Odocoileus virginianus* en Michoacán empleando variables ambientales y antropogénicas reportadas en literatura especializada como determinantes.
- ❖ Examinar la relación de los niveles de aptitud del índice de idoneidad de hábitat mediante su sobreposición con las coordenadas de sitios que presentan valores de abundancia relativa del venado a escala local con esfuerzo de foto-trampeo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Índice de idoneidad de hábitat “HSI”

El modelado de idoneidad de hábitat debe incluir los atributos que aseguren la sobrevivencia y reproducción del venado cola blanca, para que la presencia o ausencia de los atributos puedan examinarse con respecto a niveles de idoneidad y la probabilidad de presencia de cada hábitat (Cole y Smith, 1983).

Para Michoacán, se incluyó ocho variables bióticas, abióticas así como fuentes de presión antropogénica los cuales reúnen los requerimientos determinantes de alimentación, cobertura, agua (tipos de vegetación, cuerpos de agua perennes, cuerpos de agua intermitentes), propiedades topográficas del paisaje (inclinación del terreno y altitud) y factores de presión (densidad poblacional, distancia a localidades y distancia a carreteras), estas variables en otros índices similares han reflejado la heterogeneidad del paisaje, se relacionan con la ecología del venado cola blanca y por lo tanto con la calidad del hábitat (Delfín-Alonso et al., 2014).

Construcción del HSI

El HSI es un modelo con valores de peso donde cada variable cuenta con un valor relativo de los rasgos ambientales (Johnson y Gilligham, 2005), la escala de aptitud o valores de calidad de hábitat son representados en una escala entre 1 y 100, donde a mayor valor numérico se atribuye mejor aptitud. Las variables ambientales consideradas para este trabajo, incluyen: 1) Tipos de vegetación cobertura de alta definición; 2) Cuerpos de agua intermitentes y 3) Cuerpos de agua

perennes (Hidrología de la zona 14N); 4) Altitud y 5) Pendiente (modelo digital de elevación); 6) Distancia a localidades humanas; 7) Densidad poblacional humana y 8) Distancia a carreteras (infraestructura y caminos).

Las variables fueron obtenidas en archivos shape (.shp) y el modelo digital de elevación en archivo ráster (.tif) descargadas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (<https://www.inegi.org.mx/>) y del sitio IDEA (Infraestructura de Datos Espaciales Abiertos) del Instituto de Geografía de la UNAM (<https://www.gits.igg.unam.mx/idea/descarga>).

Las variables fueron ajustadas el límite geográfico de Michoacán. Dentro de ArcMap se transformaron los archivos shape a archivos rasters (.tif) (Arc Toolbox; Conversions Tool) en un lienzo con proyección de coordenadas cónicas conforme de Lambert (WGS 84) en unidades de metros y resolución de pixel de 100 m² (1 Hectárea). Posteriormente se calculó la Densidad Kernel (Arc Toolbox; Spatial Analyst Tool) para la densidad poblacional humana, mientras que para las siete variables restantes se les calculó la “Distancia Euclidiana” (Arc Toolbox; Spatial Analyst Tool) para obtener la distancia entre dos puntos en el espacio de cada celda en el ráster hasta el origen más cercano (Cuadro 1).

Una vez calculadas las distancias a seis de las variables y la densidad en caso de los hab/km². Se realizó una reclasificación a cada variable para obtener diez categorías o rangos de valores y una reclasificación para 23 tipos de vegetación presentes en Michoacán mediante la herramienta “Reclassify” (Arc Toolbox; Spatial Analyst Tool) los archivos resultantes se exportaron como .tif y son estos archivos los que se requirieron para la construcción del modelo de idoneidad de hábitat.

Cuadro 1. Variables empleadas para el modelo de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca en Michoacán.

Archivos iniciales	Variable	Resumen de análisis de preprocesamiento	Variable (ajustadas al límite de Michoacán) para el índice
Cubierta de alta definición 2014 (.shp) (IDEA)	Vegetación	↓ Transformación a ráster (100m ²) Reclasificación en 23 tipos →	Vegetación (.tif)
Censo nacional 2020 (.shp) (INEGI)	Densidad poblacional humana	↓ Cálculo de la densidad poblacional (hab/km ²) ↓ Cálculo densidad Kernel (100m ²) Reclasificación 10 rangos →	Densidad poblacional humana (.tif)
Localidades 2020 (.shp) (INEGI)	Distancia a localidades	↓ Transformación a ráster (100m ²) ↓ Cálculo de la distancia euclidiana (100m ²) Reclasificación 10 rangos →	Distancia a localidades (.tif)
Red nacional de caminos (.shp) (IDEA)	Distancia a carreteras	↓ Extracción de carreteras ↓ Transformación a ráster (100m ²) ↓ Cálculo de la distancia euclidiana (100m ²) Reclasificación 10 rangos →	Distancia a carreteras (.tif)

Hidrología zona 14N (.shp) (IDEA)	Corrientes de agua intermitentes	↓ Extracción de corrientes intermitentes ↓ Transformación a ráster (100m²) ↓ Cálculo de la distancia euclidiana (100m²) Reclasificación 10 rangos →	Corrientes de agua intermitentes (.tif)
	Corrientes de agua permanentes	↓ Extracción de corrientes perennes ↓ Transformación a ráster (100m²) ↓ Cálculo de la distancia euclidiana (100m²) Reclasificación 10 rangos →	Corrientes de agua permanentes (.tif)
Modelo Digital de Elevación (.tif (90x90mts)) (INEGI)	Inclinación	↓ Extracción de pendiente (grados inclinación) ↓ Cálculo de la distancia euclidiana (100m²) Reclasificación 10 rangos →	Inclinación (.tif)
	Altitud	↓ Cálculo de la distancia euclidiana (100m²) Reclasificación 10 rangos →	Altitud (.tif)

Para la generación del mapa de idoneidad de hábitat se requirió de ocho variables reclasificadas en formato raster (.tif), posteriormente se utilizó la herramienta “Weighted Overlay” en la cual se cargaron las ocho variables y a cada una se le asignó un porcentaje de influencia para el modelo, la suma total de los porcentajes de las ocho variables debe ser igual a 100% (Delfín-Alonso et al., 2009; Díaz-Pacheco, 2015).

En ejemplos del desarrollo de índices de idoneidad de hábitat para *O. virginianus* en la literatura han asignado a la cobertura de la vegetación el mayor valor de influencia o de mayor importancia, por ser la variable determinante ya que mide indirectamente el alimento, refugio y espacio recreativo, ya que el venado es un herbívoro estricto, y que junto con la presión antropogénica ambas variables han sido consideradas las de mayor influencia hasta con el 50% en conjunto (Ávila-Coria et al., 2019; Delfín-Alonso et al., 2009; Díaz-Pacheco, 2015).

Con menor relevancia también se ha incluido cuerpos de agua (arroyos, manantiales y lagos), y atributos de la topografía (ej. orientación e inclinación) (Ávila-Coria et al., 2019; Bolívar-Cimé y Gallina, 2012; Delfín-Alonso et al., 2009; Díaz-Pacheco, 2015; Mandujano et al., 2019).

Basándose en antecedentes para México, en este modelo se asignó el valor de influencia más alto a la variable tipo de vegetación con el 40%, seguido por densidad humana con 15%, distancia a localidades humanas 15%, distancia a carreteras 10%, cuerpos de agua perennes, corrientes de agua intermitentes, elevación y altitud con el 5% respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de “influencia” de las variables en el modelo de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca en Michoacán.

Variable	Influencia
Tipo de Vegetación	40%
Densidad humana	15%
Distancia a localidades	15%
Distancia a carreteras	10%
Corrientes de agua permanentes	5%
Corrientes de agua intermitentes	5%
Pendiente	5%
Elevación	5%
Total	100%

Para cada una de las diez categorías en cada variable, se determinó una ponderación para cada rango o categoría en la “escala de valores”, con un rango de escala de 1 a 100, donde los sitios con “mayor aptitud” tuvieron los valores más altos en la escala y con “menor aptitud” los valores más bajos en la misma escala de valor.

Los criterios para determinar aquellos rangos menor o mayormente idóneos fueron determinados a partir de indicadores como abundancia relativa, densidad poblacional y considerando el tamaño del ámbito hogareño general (3.5-7 km²) y de uso estacional (1.6 km²) descritos en la literatura sobre la ecología del venado cola blanca, en este sentido para la vegetación se han reportado valores altos de

abundancia relativa para bosque tropical caducifolio y bosque tropical subcaducifolio con tasas de 16 a 28 registros de venado cada 100/días-trampa en Michoacán (Charre-Medellín, 2012; Flores-Hernández, 2013; Valenzuela-García, 2015).

Estos valores son similares a los reportados para sitios que presentan matorral xerófilo al norte de México en Sonora como reporta Lara-Díaz (2001), sin embargo, esta vegetación no se reporta para Michoacán, por su parte el bosque mesófilo de montaña reporta hasta 47.51 registros de venado cada 100/días-trampa para Jalisco (Aranda et al., 2012).

Estas asociaciones fueron consideradas como prioritarias en la escala de valores para la variable de cubierta vegetal, otras asociaciones consideradas de importancia para el venado en donde se reporta su presencia y abundancia incluyen al bosque de pino, bosque de encino, bosque de pino-encino, bosque de Oyamel (Avila-Najera (2009); Cortés-Marcial y Briones-Salas, 2014; Monroy-Vilchis et al., 2011).

Reforzando lo anterior valores favorables de densidad entre 10 a 12 venados/km² se han reportado en bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque de pino-encino y matorral subtropical los estados de Michoacán, Estado de México y Aguascalientes respectivamente (Díaz y Monroy-Vilchis, 2014; Mandujano y González-Zamora, 2009; Soria- Medina Torres et al., 2015) mientras que los asentamientos humanos, cultivos permanentes, y agricultura de temporal fueron asociados valores de escala bajos (Anexo 1).

La densidad poblacional, distancia a localidades y a carreteras fueron asignados en el segundo nivel de porcentaje de influencia para el modelo, como fuentes de presión para la presencia del venado, asignado valores altos en la escala a distancias remotas a las localidades y carreteras, considerando la medida promedio del ámbito hogareño de 3.5-7 km² (González-Marín, 2008; Smith, 1991; Soto-Wershitz et al., 2018). Valores medios considerados a partir de 2,000 m de distancia (rango hogareño promedio de 1,600 m) (Ávila-Coria et al., 2019; Díaz-Pacheco, 2015; Smith, 1982). Valores altos se asignaron a densidades de población humana bajos, mientras que distancias menores a 2,000 m se consideró con idoneidad baja en la escala de valores (Ávila-Coria et al., 2019).

Para el caso de las corrientes de agua permanentes e intermitentes, se asignó valores altos a menores distancias de accesibilidad y los valores decrecían conforme se alejaban de 1,600 m de distancia. La inclinación del terreno se asignó como favorable entre 2°-13.5° (o 4%-24% de inclinación), ya que facilitan el desplazamiento, huida y acceso alimento (Bolívar-Cimé y Gallina, 2012; Díaz-Pacheco, 2015). Finalmente, para la altitud se reporta para Michoacán la presencia del venado desde los cero hasta los 3,400 msnm, (Charre-Medellín, 2012; Flores-Hernández, 2013; López-Ortiz, 2017; Valenzuela-García, 2015).

Basado en los criterios anteriores, se generó un mapa de idoneidad de hábitat para *Odocoileus virginianus*. Se analizó la idoneidad considerando las ecorregiones dentro del estado: el Balsas, Cinturón Volcánico Trans-mexicano, Sierra Madre del Sur y Costa (Olson et al., 2001).

Además, se evaluó la aptitud de las tres áreas naturales protegidas de mayor extensión en Michoacán para el venado cola blanca, la RBZI (2,637 km²), la porción correspondiente al estado de Michoacán de la RBSMM, (342 km²) y el PNPT (232 km²), (CONANP, 2014).

Validación del modelo

Se examinó la proporción de registro de venado cola blanca en 196 sitios de muestreo con cámaras-trampa distribuidas en el estado en función a la amplitud proyectada. Las estaciones de foto-trampeo corresponden al esfuerzo de muestro del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios de la Facultad de Biología (UMSNH). Las coordenadas se sobrepusieron sobre el modelo, identificándose el nivel y la categoría de idoneidad para cada estación y evaluándose cuantitativa y cualitativamente la proporción de estaciones pertenecientes a los valores de idoneidad del modelo. Para examinar cuantitativamente se efectuaron dos pruebas, una de Spearman (R_o) para medir la correlación entre el valor de idoneidad y las tasas de captura de los sitios donde se registró al venado cola blanca, y una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para evaluar las tasas de captura entre áreas con distintas categorías de idoneidad.

Cualitativamente se examinaron y compararon las proporciones de presencia de cámaras que registraron al venado en cada una de las cuatro categorías de idoneidad, nula, baja, moderada y alta, escala en las que se clasificaron los valores numéricos del modelo de idoneidad mediante una tabla de contingencia, asumiendo en la prueba de hipótesis estadística que el porcentaje de detección es independiente del valor de aptitud en donde se quiere conocer si: “La distribución

de los registros de *O. virginianus* es independiente a la idoneidad, esperándose mayor proporción de registros a mayor valor de aptitud en el mapa de idoneidad de hábitat". Se realizó adicionalmente una correlación para examinar la posible relación entre la escala de valores de idoneidad del modelo con los valores de abundancia de las cámaras trampa a escala local.

RESULTADOS

Índice de idoneidad de hábitat.

En la elaboración del índice de idoneidad para el venado cola blanca se visualiza una representación gráfica que muestra una escala del 0 al 99 de aptitud para Michoacán, indicando en color rojo áreas de menor idoneidad, y por el contrario áreas en verde intenso representan áreas con mayor idoneidad (Figura 2).

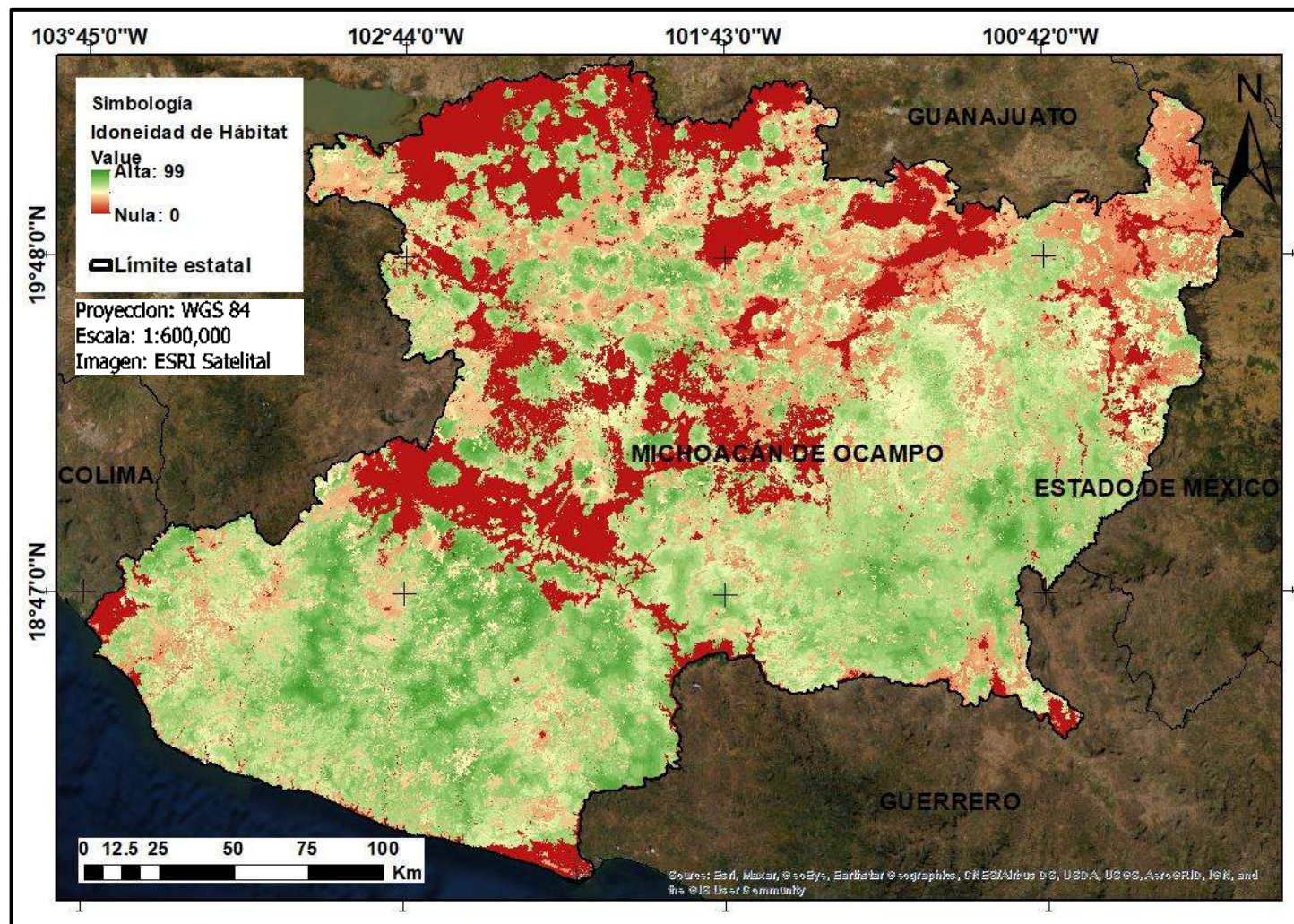


Figura 2. Mapa de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca.

Para el estado se presenta una estimación de 47,411 km² de superficie en condiciones de idoneidad potencial para el venado cola blanca, representando 81.4% y presentando 10,781 km² (18.5%) de extensión sin idoneidad. En términos cualitativos, la mayor extensión con 28,189 km² (48.4%) presenta condiciones moderadas de idoneidad, seguido de áreas de baja idoneidad con 10,866 km² (18.6%) y la menor extensión correspondió a extensión en alta idoneidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Superficie (km²) que presenta cada nivel de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca en Michoacán.

Nivel de Idoneidad	Superficie km ²	Proporción
Nula (0-10)	10,781	18.5%
Baja (11-39)	10,866	18.6%
Moderada (40-74)	28,189	48.4%
Alta (75-99)	8,356	14.3%
Total	58,192	100%

Idoneidad de hábitat por ecorregiones.

La ecorregión con mayor extensión en general para la distribución potencial (baja, moderada y alta) del venado cola blanca es el Cinturón Volcánico Trans-mexicano con el 37.2%, sin embargo, la mayor cobertura es de idoneidad moderada, seguida del Balsas con el 32% de la distribución y la mayor superficie de idoneidad alta con 3,550 km (6% del territorio estatal) y en tercera posición la Sierra Madre del Sur que presenta una superficie de 2,620 km² (4.4% del estado) (Cuadro 4).

En contraste la ecorregión con menor extensión de idoneidad para distribución potencial en Michoacán es el Bajío, con solo el 6.3% de la distribución potencial, es la ecorregión que presentó menor superficie de idoneidad alta y moderada y presentó la mayor superficie sin idoneidad con 4,085 km² (Cuadro 4). El Cinturón Volcánico Trans-mexicano y el Balsas presentaron las mayores superficies de idoneidad moderada con 10,604 km² y 9,542 km² respectivamente.

Cuadro 4. Superficie en km² y su proporción en los niveles de idoneidad en las ecorregiones.

Ecorregión	Nula (0-10)	Baja (11-39)	Moderada (40-74)	Alta (75-99)
Bajío	4,085(7%)	1,745(3%)	1,762(3%)	222(0.3%)
Balsas	2,892(5%)	2232(4%)	9,542(16%)	3,550(6%)
Cinturón Volcánico	3,321(6%)	5,631(9.6%)	10,604(18%)	1,415(2%)
Trans-mexicano				
Sierra Madre del Sur	11(0.01%)	447(0.7%)	3,313(6%)	2,620(4%)
Costa	456(0.7%)	800(1.3%)	2,950(5%)	545(0.9%)
Total	10,766(19%)	10,857 (18.6%)	28,171(48.4%)	8,352.4(14%)

La distribución entre valores esperados y observados para las categorías de aptitud mostraron diferencias cercanas a la significativa $X^2=7.67$, ($P=0.053$, 6 G.L.) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tabla de contingencia entre categorías de idoneidad

Ecorregión	Nula	Baja	Moderada	Alta	Total
Presencia observada (%)	8	9	108	71	196 (65.6)
Ausencia observada (%)	5	13	57	28	103 (34.5)
Total	13	22	165	99	299
Presencia esperada	8.5	7.5	108	64	
Ausencia esperada	4.4	14	56	34	

Índice de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca las Áreas Naturales Protegidas.

En las tres ANP's del estado la superficie de idoneidad de hábitat presentó mayor extensión de superficie en nivel moderado de idoneidad (Figura 3). Para la RBZI, área protegida de mayor tamaño (CONANP, 2014) la mayor extensión se presentó en valores moderados o de alta aptitud entre 40-93 (92.2%) equivalente a alta y moderada. Mientras que para la RBSMM la mayor superficie se encuentra en los niveles de idoneidad 40-74 (75%) en moderada, por último, el PNPT presenta mayor nivel de idoneidad entre los valores 40-74 (50.4%) de idoneidad moderada (Cuadro 6).

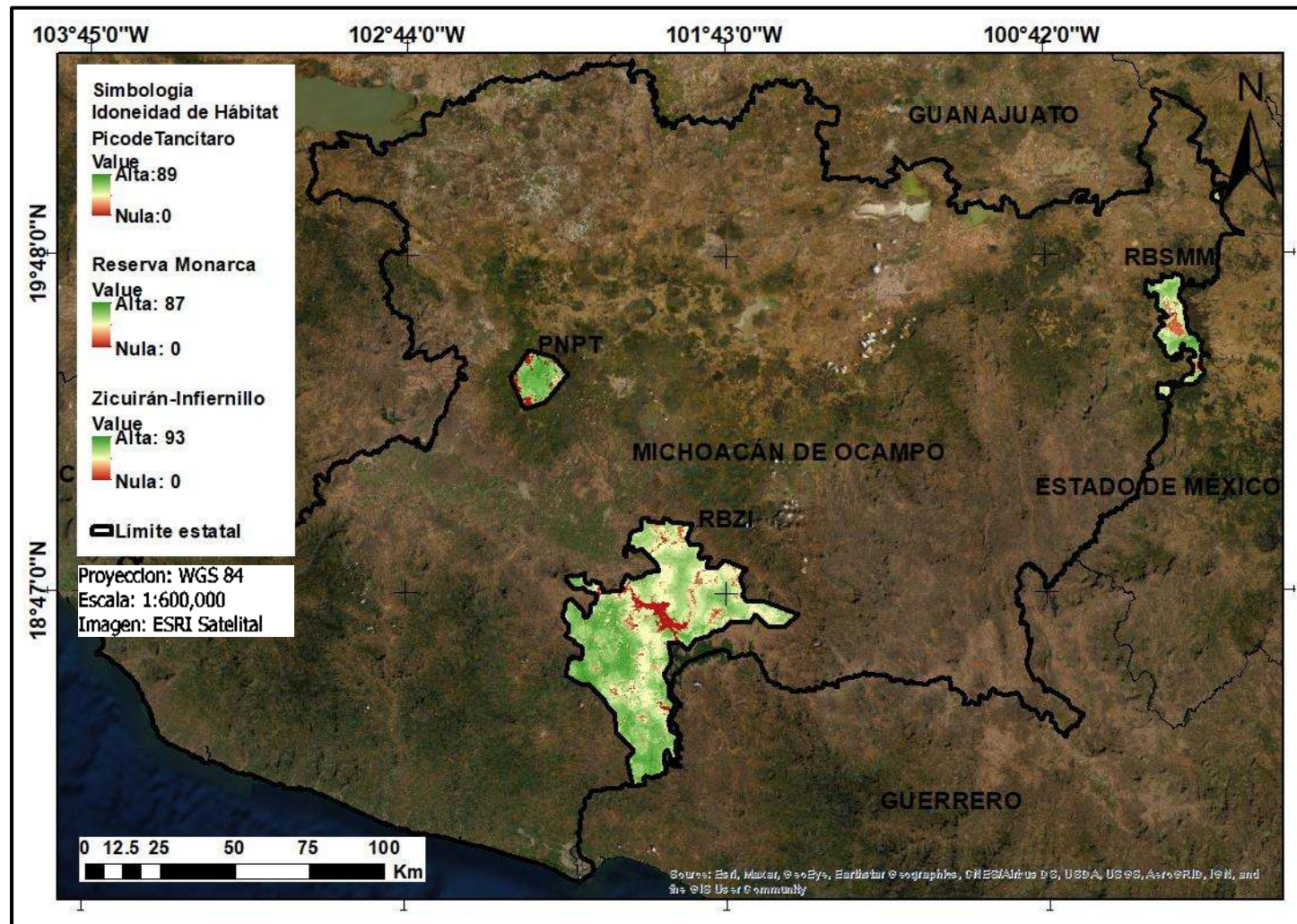


Figura 3. Idoneidad de hábitat para *O. virginianus* en las tres Áreas Naturales Protegidas Federales del estado.

Cuadro 6. Superficie en km² y su proporción en los niveles de idoneidad en las tres Áreas Naturales Protegidas Federales en el estado.

ANP	Nula (0-10)	Baja (11-39)	Moderada (40-74)	Alta (75-99)
Zicuirán-Infiernillo (2,636.6 km ²)	98.6 (3.7%)	106.3 (4%)	1,512 (57.3%)	919.3 (34.8%)
Reserva Monarca (Mich. 338.1 km ²)	4.6 (1.3%)	57.4 (17%)	253.7 (75%)	22.3 (6.6%)
Pico de Tancítaro (232.4 km ²)	48 (20.7%)	6.8 (3%)	117.3 (50.4%)	59.9 (25.8%)

Validación del Índice de idoneidad de hábitat

Se examinó el nivel de idoneidad con respecto a las 196 coordenadas de sitios con presencia de venado (Anexo 2) y se estimó la frecuencia de los sitios con relación a los valores del modelo de idoneidad. La mayor frecuencia se asoció con valores de idoneidad moderada (55%) y alta (36.2%), las cuales en conjunto representan el 90.3% (Figura 4).

Asociados a las presencias de venados cola blanca se registraron 12 tipos de vegetación de los 23 tipos presentes el estado en los que se presentó una mayor frecuencia de presencias en pastizal cultivado (n=25, 12.8%), bosque de pino (n=28, 14.2%), el bosque tropical caducifolio (n=55, 28%), bosque de encino (n=35, 17.9%), bosque tropical subcaducifolio (n=36, 18.4%) que en conjunto suman el 91.3% de las presencias (Anexo 3).

En la prueba de correlación de Spearman se observó un coeficiente de correlación (R_o) de 0.1 entre los registros y sus valores de idoneidad del modelo.

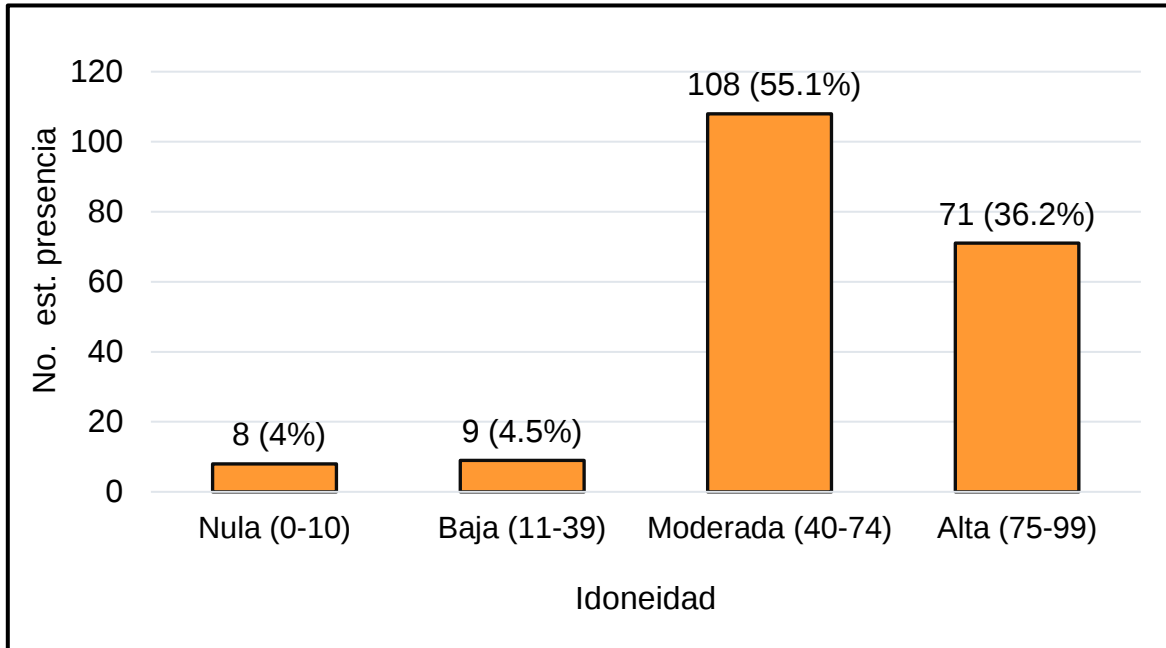


Figura 4. Frecuencia de presencias de venado cola blanca con respecto a los niveles de idoneidad del modelo.

DISCUSIÓN

Índice de idoneidad de hábitat

En México, al presentar el venado una extensa distribución que incluye casi la totalidad de tipos de vegetación en el país, se ha desarrollado índices de aptitud o idoneidad de hábitat para el venado cola blanca. En algunos estudios han desarrollado índices para regiones particulares de algunos estados, o para zonas específicas, utilizando índices similares con metodologías como el análisis multicriterio a escalas de áreas a nivel nacional y otras contrastando con escalas regionales de menor superficie (Ávila-Coria et al., 2019; Bolívar-Cimé y Gallina, 2012; Delfín-Alonso et al., 2009, 2012; Díaz-Pacheco, 2015; Flores-Armillas et al., 2011; Mandujano et al., 2019).

En dichos estudios se ha considerado como variables indispensables a la vegetación, distancia a cuerpos de agua, orientación, pendiente, elevación, distancia a carreteras, distancia a zonas urbanas y densidad poblacional.

En ellos han destacado la vegetación como la variable de mayor importancia; y peso en los modelos de idoneidad, seguido por la presión antropogénica y las fuentes de agua, llegando a conformar más del 50% de importancia a la vegetación y la presión antropogénica en conjunto para la presencia del venado (Ávila-Coria et al., 2019; Díaz-Pacheco, 2015; Mandujano et al., 2019).

Los tipos de vegetación que se han reportado como favorables dentro de los índices reportados para la especie incluyen principalmente al bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque de pino-encino, bosque mesófilo

de montaña, bosque de pino, matorral xerófilo, con cuerpos de agua a distancias menores a 1,600 m y factor de presión incluyendo distancia a zonas urbanas y distancias a carreteras mayores 2,000 m (Ávila-Coria et al., 2019; Diaz-Pacheco, 2015; Mandujano et al., 2019).

En el modelo de este estudio la vegetación contribuyó con el 40% de la influencia sobre la idoneidad seguido por la presión antropogénica con 40%; incluyendo densidad poblacional (15%), distancia a localidades humanas (15%) y distancia a carreteras (10%).

Por tratarse del primer índice de idoneidad de hábitat a escala estatal, no es posible compararlo con algún modelo equivalente, sin embargo, existen dos modelos de distribución potencial a escala nacional, Ceballos et al. (2006) en el que se presenta un modelo basado en datos de variables climáticas (BioClim, México) y registros de presencia del venado integrados en el Laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre y el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (CONABIO) mediante el uso de GARP.

En el generaron un mapa de consenso con diez (1 al 10) clases de distribución potencial, en donde a pesar de las dificultades climáticas y de tipos de cobertura de vegetación, se muestra a las regiones del sureste, suroeste, oriente, occidente y parte del noreste de México con gran extensión de distribución potencial. Para Michoacán en particular, se presenta distribución potencial en aptitud muy favorable (10) para casi la totalidad de su extensión.

Otro modelo de distribución potencial hecho a escala nacional, Mandujano et al. (2015) incluyó dos umbrales que representan la presencia-ausencia de probabilidad de distribución de la especie en todo el país. Para Michoacán utilizaron 47 registros de presencia, al analizar la distribución potencial con el umbral de corte más liberal (minimum training presence), todo el estado aparece como apto para distribución potencial, mientras que usando un umbral más estricto (10 percentile training presence), la distribución potencial es menor indicando falta de aptitud para distribución potencial a zonas del Bajío y del Balsas.

Ambos modelos, hechos a una escala nacional sobre-estimaron la distribución potencial del venado cuando son ajustadas a comparados con los resultados obtenidos en este estudio a escala estatal. Los modelos hechos a escala nacional en su generación son utilizados conjuntos de datos que no reflejan un muestreo extensivo en el territorio estatal, por lo que deben ser interpretados con cautela y verificados mediante la generación de modelos hechos a escala estatal y basados en la recopilación de datos actualizados y que consideran mayor representatividad territorial para el venado.

En el modelo generado en este estudio, la superficie con aptitud alta y moderada representan el 62% del estado, y las áreas sin aptitud son el 18.5%, por lo que las estimaciones hechas a escala nacional sobreestiman el área de aptitud para la especie en alrededor del 30%.

Las regiones con la mayor superficie de aptitud alta se presentan en las ecorregiones del Balsas, el Cinturón Volcánico Trans-mexicano y la Sierra Madre del Sur, regiones donde se presenta proporcionalmente la mayor disponibilidad de

bosque tropical caducifolio, primario y secundario, así como el bosque de pino primario, ambos tipos de vegetación presentan condiciones favorables de cobertura y alimento arbóreas (Mandujano y Gallina, 2005), para la permanencia de *O. virginianus* en Michoacán en ausencia de presión humana (Díaz-Pacheco, 2015; Mandujano et al., 2019; Valenzuela-García, 2015).

Mientras que la extensión sin aptitud se ubica al norte del Cinturón Volcánico Trans-mexicano, el Bajío y el extremo oriental del Balsas respectivamente. En ellas la cobertura y uso de suelo tiene predominio de agricultura de riego, agricultura de temporal, cultivos perennes, pastizales inducidos y asentamientos humanos que incluyen las principales áreas urbanas, estos usos de suelo y coberturas son desfavorables para la permanencia del venado y de la biodiversidad en su conjunto, el cambio de usos de suelo y la densidad poblacional humana (Díaz-Pacheco, 2015; Mandujano y Gallina, 2005).

En las áreas de idoneidad favorable como en la Sierra Madre del Sur y áreas de la Costa Michoacana, diversos estudios reportan variación en las abundancias relativas de 4 a 27.9 registros por cada 100 días-trampa (Charre-Medellín, 2012; 2017; Flores-Hernández, 2013; Valenzuela-García, 2015).

Algunos estudios anteriormente han analizado la aptitud de las regiones de Michoacán para la especie, y con metodologías distintas, Yáñez-Arenas et al. (2012) empleando el algoritmo MaxEnt, modelo basado únicamente en datos climáticos de temperatura, precipitación y datos de presencias reportados desde 1950 donde evaluaron la altitud para venado cola blanca y pecarí de la región del Bajo Balsas,

determinando un área potencial de 5,321 km² de los 6,904.9 km² considerados en la evaluación total para la región.

Comparativamente en este estudio se estimó aptitud moderada y alta con 13,091 km² para el Balsas, las diferencias pueden atribuirse a el tamaño del área considerada a modelar, ya que el área considerada en este estudio es el estado y en el de Yáñez-Arenas et al. (2012) fue en la región del Bajo Balsas que representa el 11.7% (6,904.9 km²) del estado.

En el Bajo Balsas se presentan los valores de temperatura y precipitación extremos para el estado (hasta de 45°C y 690 mm de precipitación promedio) (Villaseñor, 2005) lo cual podría afectar las predicciones para áreas mayores a escalas de ecorregiones o estatal en donde los valores de temperatura y precipitación se mantienen en un rango constante (8° a 31° C y 850 mm anuales) (INEGI, 2021), por lo que debe tener en cuenta las diversas condiciones dentro de un área a escala estatal para una representación adecuada en la construcción del modelo de idoneidad.

Posteriormente mediante el análisis multicriterio y un proceso analítico jerárquico se hizo un índice de aptitud por Díaz-Pacheco (2015), incluyendo análisis de variables abióticas y bióticas incluyendo terreno, ríos, carreteras, tipos de vegetación y población humana analizadas mediante herramientas SIG. En dicho estudio también planteo cuatro categorías de aptitud, en donde la Sierra Madre del Sur resultó ser la ecorregión con mayor superficie de altitud alta, estimándose 4,483 km², mientras que la Costa presentó menor extensión de aptitud alta con 1,265 km².

En el presente estudio las superficies de aptitud alta en la Sierra Madre del Sur fueron de 2,619 km² y para la Costa en 544 km², es decir de menor dimensión respectivamente. Este estudio, y el de Diaz-Pacheco coincidieron en determinar cómo áreas favorables para el venado tres ecorregiones del estado, la Costa, la Sierra Madre del Sur y el Balsas.

Aunque difieren en la extensión del área de mayor aptitud, posiblemente como resultado del uso de tres distintos modelos de vegetación y uso de suelo utilizados por Diaz-Pacheco, (2015) en donde se muestra de manera general los tipos de vegetación (Inventario Forestal SEMARNAT-UNAM, 2000), un índice de vigor-verdor (NDVI) que describe la relación entre la biomasa verde y su área espectral y un tercer mapa en un compuesto satelital que estableció tipos de vegetación actualizados de la zona tropical del estado.

En la selección de las variables utilizadas para el índice de idoneidad en el presente trabajo se consideró las preferencias reportadas por múltiples autores en la literatura y que además de contar con la mejor definición como en el modelo de vegetación utilizado y que mejora su interpretación en escalas de superficie menores.

Por sus objetivos, las ANP's deben favorecer toda acción de aprovechamiento y uso del venado como recurso de subsistencia, o cinegético, basándose en la identificación de áreas e idealmente crear un modelo estatal de aprovechamiento.

En el caso de la RBZI, las zonas núcleo (227 km²) presentan áreas con los valores más altos de idoneidad para la reserva (>75), mientras que zonas de amortiguamiento destinadas al aprovechamiento sustentable de recursos naturales (1,359.4 km²) y aprovechamiento de ecosistemas (856.3 km²) (CONANP, 2014) circundantes a las zonas núcleo presentan idoneidad alta y moderada (>40).

Dentro de la RBZI se ha reportado presencia del venado en vida silvestre (CONANP, 2014; Guido-Lemus, 2015) también presente dentro de la subzona destinadas al aprovechamiento sustentable de recursos naturales donde se ubica la mayor parte de UMAS para la reserva en donde forma parte de las especies de aprovechamiento junto a otras especies como el pecarí, la paloma huilota, y el armadillo (CONANP, 2014).

Dentro de la RBSMM, las zonas núcleo (135.5 km²) así como en las subzonas de aprovechamiento sustentable de recursos naturales (327.4 km²) aprovechamiento de ecosistemas (96 km²) presentan desde idoneidad nula hasta alta y se reporta al venado dentro de programas de aprovechamiento para mamíferos cinegéticos (CONANP, 2001).

Por su parte dentro del PNPT presenta dentro de su extensión de zonas núcleo (28 km²) y subzonas de aprovechamiento sustentable de recursos naturales (22.9 km²) donde se reporta la presencia silvestre del venado (CONANP, 2014; Gallardo-Tellez, 2018; 2021) presentando idoneidad alta, mientras que la subzona aprovechamiento sustentable de ecosistemas presenta idoneidad nula y baja para el venado.

En general para las tres ANP's se presenta más del 75% de su superficie con idoneidad favorable para el venado dentro de áreas primordiales de conservación y en zonas de aprovechamiento mientras que idoneidades bajas y nulas están asociadas a las actividades agrícolas y áreas urbanas como es el caso de la RBSMM y el PNPT siendo mayormente notorias en los límites y alrededores de las ANP's (Anexo 2).

Este trabajo presenta información sobre el modelo de idoneidad complementada por la zonificación de las ANP's e información sobre la presencia del venado dentro de zonas importantes en las ANP refuerza criterios de conservación ya que se puede observar la presencia de un herbívoro importante como el venado asociado al buen estado de los hábitats.

En el modelo de idoneidad de hábitat, se examinó la correlación entre el modelo y las estimaciones de abundancia, en el supuesto de a mayor idoneidad-mayor abundancia de parámetros en el venado. Esta validación empleando el índice de correlación de Spearman puede ser considerada como no significativa con $R_o=0.1$ sugiriendo que la frecuencia de registros en superficies con valores de idoneidad, no está asociado a variables ambientales consideradas en este trabajo y que podrían estar asociadas a otras no consideradas como como abundancia de depredadores u otro tipo de interacciones.

Por otro lado, al analizar gráficamente la distribución y asociación de los datos de idoneidad con las tasas de captura observamos lo que han señalado algunos expertos como una distribución triangular (Brown, 1984; Soberón y Nakamura, 2009; VanDerWal et al., 2009). En este patrón tanto los valores bajos y

medios de abundancia se distribuyen en toda la amplitud de valores de idoneidad y solo se observa relación positiva en los límites superiores de la distribución de datos.

Este fenómeno ha sido analizado por Jiménez-Valverde (2011) quien observo la relación triangular de abundancia e idoneidad argumentando que, aunque una regla es que las mayores abundancias se encuentran al centro del rango de distribución de las especies, hay diversos factores que afectan dicha hipótesis de “centro abundante”.

En un estudio sobre la relación entre abundancia y aptitud climática como idoneidad de hábitat (Osorio-Olvera et al., 2016) sugiere una correlación positiva entre abundancia e idoneidad para una especie virtual, sin embargo, observaron que al incluir dentro de los atributos climáticos procesos poblacionales como la dispersión de la proporción de individuos la correlación abundancia-idoneidad disminuye. Por su parte Pearce y Ferrier (2001) sugieren que a escala local se espera una fuerte relación entre probabilidad de ocurrencia y abundancia cuando existe una fuerte relación entre densidades poblacionales y variables ambientales.

Sin embargo, otros factores además de los climáticos hacen que las especies presenten altas densidades en lugares con baja idoneidad o probabilidad de ocurrencia y viceversa (Nielsen et al., 2005) incluyendo la agregación, competencia intraespecífica y la presión de los depredadores que pueden obligar a los individuos a concentrarse en áreas menos adecuadas, por lo tanto explicar la relación entre probabilidad de ocurrencia y abundancia local es un fenómeno complejo que depende de múltiples factores que se encuentran interactuando en asociación (Jiménez-Valverde et al., 2009).

Para este trabajo se sugieren hipótesis del factor de presión de caza, la presión de los depredadores (puma, jaguar, coyote, lince y ocelote) y la disponibilidad del alimento durante las diversas temporadas del año, ya que gran parte de las presencias registradas se presentaron en climas tropicales donde los periodo de lluvia y sequias son bastante marcados y el uso de diversas plantas para consumo también cambia para la especie y/o la combinación de estas pueden estar afectando a nivel local la tasa de captura del venado cola blanca (Holmern et al., 2004; Redford, 2005; Wright et al., 2000).

Por lo tanto, se recomienda que en estudios posteriores sean consideradas tanto la caza, como presencia y abundancia de los depredadores, así con la disposición y uso del alimento entre temporadas para poder observar cómo cambia la abundancia local del venado y que tanto se relaciona con la idoneidad predicha.

Por lo tanto, tomando como base el modelado de sitios idóneos para el venado sumando a la información sobre sus poblaciones y en conjunto con la información sobre otras especies dentro de sitios conservados y reservas respaldan e implementan la importancia del cuidado de las áreas naturales y el establecimiento de otras áreas biológicas y sociales prioritarias en Michoacán.

CONCLUSIONES

- ❖ Michoacán presenta 36,545 km² de superficie de idoneidad favorable moderada y alta (rango entre 40 a 99) para el establecimiento de *Odocoileus virginianus*.
- ❖ La validación del índice de idoneidad de hábitat mostró una relación positiva entre la frecuencia de registros de *O. virginianus* y las superficies con valores altos de idoneidad.
- ❖ Las ecorregiones del Balsas (3,550 km²), la Sierra Madre del Sur (2,620 km²) el Cinturón Volcánico Trans-mexicano (1,415 km²) presentaron la mayor extensión con idoneidad alta para el estado, para la Sierra Madre del Sur y el Balsas se presentaron los valores más altos de tasa de captura 22.8 y 20.7 registros/100 días-trampa respectivamente, mientras que para Cinturón Volcánico Trans-mexicano la tasa de captura fue de 2.8 registros/100 días-trampa.
- ❖ La RBZI presentó una extensión de idoneidad favorable moderada y alta en conjunto del 88.6% lo que corresponde a 2,432 km² el 92.2% del área de la reserva, mientras que la RBSMM presentó en el 81.6% con 276 km² de su superficie y para el PNPT se contabilizó el 76% de su superficie 177 km²
- ❖ El presente trabajo propone de forma detallada un índice de idoneidad a nivel estatal que refuerza la información disponible sobre superficies idóneas para el venado cola blanca a otros niveles regionales, ecorregiones y contribuyendo a nivel nacional.

LITERATURA CITADA

- Aranda, M., Botello, F. y López-de Buen, L. (2012). Diversidad y datos reproductivos de mamíferos medianos y grandes en el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:778-784. DOI:10.7550/rmb.24850
- Ávila-Coria, R., Villavicencio-García, R., Guerrero-Vázquez, S. y Treviño-Garza, E. (2019). Conectividad del paisaje y corredores de hábitat para el ocelote *Leopardus pardalis* y el venado cola blanca *Odocoileus virginianus* en el Occidente de México. *Revista del Desarrollo Urbano y Sustentable*. 5-17: 38-52.
- Ávila-Nájera, D. M. (2009). *Abundancia del Jaguar (Panthera onca) y de sus Presas en el Municipio de Tamasopo, San Luis Potosí*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de México.
- Bolívar-Cimé, B. & Gallina, S. T. (2012). An optimal habitat model for the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in central Veracruz, Mexico. Veracruz, México. *Animal Production Science* 52(8):707. DOI: 10.1071/AN12013.
- Brown., J.H. (1984) On the relationship between abundance and distribution of species. *American Naturalist*, 124, 255–279.
- Camargo–Sanabria, A. A., y Mandujano, S. (2009). Evaluación de la morfometría de pellets como método de categorización de sexos y edades en venado cola blanca (*Odocoileus virginianus mexicanus*) en Puebla, México. *Revista Mexicana De Mastozoología (Nueva Época)*, 13(1), 92–104.

Ceballos G. (2005). Los Mamíferos Silvestres en México. D.F. México. Fondo de Cultura Económica.

<https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2009.13.1.38>

Ceballos, G., S. Blanco, C. González, y Martínez, E. (2006). Distribución potencial de *Odocoileus virginianus* (Venado cola blanca) con base al Atlas Mastozoológico de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. En 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Proyecto: DS006. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/biodiv/distpot/dp_mamif/dpmartio/odo_virggw

Charre-Medellín, J. F. (2009). *Distribución y diversidad de Mamíferos medianos y grandes en el municipio de Arteaga, Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Charre-Medellín, J. F. (2012). *Uso de manantiales por los Mamíferos en bosques Tropicales de Michoacán*. Tesis de Maestría. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Charre-Medellín, J. F. (2017). *Modelado de abundancias potenciales de felinos Silvestres en el trópico seco del centro-occidente de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Cole, J. A., y Smith, R. L. (1983). Habitat suitability indices for monitoring wildlife populations evaluation. Transactions of the North American Wildlife y Natural Resources Conference 48:367-375.

CONANP. (2001). Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera Edición. México D.F.
https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/40_libro_pm.pdf

CONANP. (2014). Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera Edición. México D.F.
https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/73_libro_pm.pdf

CONANP. (2014). Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera Edición. México D.F.
https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/78_libro_pm.pdf

Cortés-Marcial, M. y Briones-Salas, M. (2014). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista Biológica Tropical*.

Delfín-Alfonso, C., Gallina, S. A., y López-González, C.A. (2009). Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. *Tropical Conservation Science* 2:215–228.

Delfín-Alfonso, C., Gallina, S. y López-González, C. A. (2014). 8: Modelos de idoneidad de hábitat (HSI) para el venado cola blanca. En Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. *Tropical Conservation Science Vol.2 (2):121-136*.

Díaz-Pacheco, I. (2015). *Análisis multicriterio e índices de calidad de hábitat para el manejo potencial del venado cola blanca en el trópico de Michoacán*. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán 83 pp.

Flores-Armillas, V. H., Gallina, S., García-Barrios, J. R., Sánchez-Cordero, V., y Jaramillo-Monroy, F. (2011). Selección de hábitat por el venado cola blanca *Odocoileus virginianus mexicanus* (Gmelin, 1788) y su densidad poblacional en dos localidades de la región centro del Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. 2011. *TERYA 2(3):263-277*. DOI: 10.12933/therya-11-31

Flores-Hernández, A. L. (2013). *Diversidad de Mamíferos en un Bosque Tropical Sub caducifolio fragmentado, en la Costa de Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Gallina, T. S. (2010). Taller “Conceptos y Métodos de estimación Poblacional”, en el X Congreso Nacional y I Congreso Latinoamericano de Mastozoología, septiembre del 2010. Universidad de Guanajuato. Guanajuato. México.

- Gallina, T., S., Mandujano R., S., y Villarreal Espino-Barros, O. A. (Eds.). (2014). Monitoreo y manejo del venado cola blanca: Conceptos y métodos. Instituto de Ecología, A. C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Xalapa, Ver. México pp. 220.
- García, D. (2006). La escala y su importancia en el análisis espacial. *Ecosistemas* 15:7–17
- González-Marín, R., Gallina T. S., Mandujano R. S. y Weber, M. (2008). Densidad y distribución de ungulados silvestres en la Reserva Ecológica El Edén, Quintana Roo, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, año/vol. 24, número 001 pp. 73-93 Xalapa, México.
- Guido-Lemus, D. (2015). *Riqueza, abundancia y patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes, en diferentes condiciones de manejo en la región del Bajo Balsas, Michoacán*. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo pp.122.
- Holmern, T., Johannesen, A., Mbaruka, J., Mkama, S., Muya, J. & Roskaft, E. 2004. Human-Wildlife Conflicts and Hunting in the Western Serengeti, Tanzania. *Norwegian Institute for Nature Research*. Trondheim, NO. 27 p.
- INEGI. (2017). Anuario Estadístico y Geográfico de Michoacán de Ocampo. Retrieved from
- INEGI. (2021). *Michoacán de Ocampo*. Monografías de información por entidad. <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mich/territorio/default.aspx?tema=me&e=16>

- Jiménez-Valverde, A., Diniz, F., de Azevedo, E. B. & Borges, P. A. V. (2009). Species distribution models do not account for abundance: the case of arthropods on *Terceira Island*. *Ann. Zool. Fennici* 46: 451–464.
- Jiménez-Valverde, A. (2011). Relationship between local population density y environmental suitability estimated from occurrence data. The International Biogeography Society. Málaga, Spain.
- Johnson, C. y Gilligham, M. P. (2005). An evaluation of mapped species distribution models used for conservation planning. *Environmental Conservation* 32:1-12.
- López-Ortiz, E. (2017). *Riqueza y abundancia de los mamíferos medianos y grandes de la estación biológica "Vasco de Quiroga" en Uruapan, Michoacán, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán pp 57. y Anexos.
- Mandujano, R. S., Gallina, T. S., Arceo, G. y Pérez-Jiménez, L. A. (2004). Variación estacional del uso y preferencia de los tipos vegetaciones por el venado cola blanca en un bosque tropical de Jalisco. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 20:45–67.
- Mandujano-Rodríguez S. y Gallina S. (2004). Dinámica poblacional del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque tropical seco. En Sánchez Cordero V. y Medellín R. A. (Edits) *Contribuciones Mastozoologías en homenaje a Bernardo Villa Instituto de Biología e Instituto de Ecología*. Universidad Autónoma de México (pp. 317–330).

Mandujano-Rodríguez S. y González-Zamora, A. (2009). Evaluation of natural conservation areas y wildlife management units to support minimum viable populations of white-tailed deer in Mexico. *Tropical Conservation Science*. Vol. 2 (2):237–250.

Mandujano, S. (2011). Consideraciones para el manejo el manejo del venado cola blanca en UMA extensivas en bosques tropicales. En Sánchez, O., Zamorano, P., Peters E., & Moya, H. (Edits.). *Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México*. (pp. 249-275). SEMARNAT, México.

Mandujano R., S., Sandoval-Comte, A., Escobedo-Morales, L.A. y A. González-Zamora. (2016). Modelación de la distribución y abundancia de las subespecies de venado cola blanca en México: Implicaciones de conservación y manejo. Instituto de Ecología A.C. Informe final SNIB-ACONABIO, proyecto No. JM016. México D. F
http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/biodiv/distpot/dp_mamif/dpmartio/odo_virggw

Mandujano R., S., Morteo-Montiel, O., Yáñez-Arenas, C., Ramos-Robles, M., Barrera-Salazar, A., López-Tello, E., Ramírez-Barajas, P., & López-Téllez, C. (2019). Chapter 4: Distribution and Abundance of White-Tailed Deer at Regional and Landscape Scales at Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Mexico. In Gallina-Tessaro, S. (Ed.), *Ecology and Conservation of Tropical Ungulates in Latin America*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28868-6_4

- Mandujano-Rodríguez, S., & Hernández, C. (2019). Uso de bebederos artificiales por venado cola blanca en una UMA extensiva en la reserva de biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. *Agro Productividad*, 12(6).
<https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1406>
- Medina-Torres, S. M., Gastélum-Vizcarra, E. L., Lara-Ponce, E. y Piña-Ruiz, H. H. (2015). Inventario participativo de mamíferos silvestres en el ejido San Ignacio, municipio de Morelos, Chihuahua. *Acta Zoológica Mexicana*, 31(2): 221-233.
- Monroy-Vilchis, O., Zarco-Gonzales, M. M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L. y Urios, V. (2011). Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista Biológica Tropical Vol. 59 (1)*: 373-383.
- Nielsen, S. E., Johnson, C. J., Heard, D. C. y Boyce, M. S. (2005). Can models of presence-absence be used to scale abundance? Two case studies considering extremes in life history. *Ecography* 28: 197–208.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., & D'amico, J. A. (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience*, 51(11),933.
<https://academic.oup.com/bioscience/article/51/11/933-938/227116>
- Ortega, S. J. A., & Fulbright T. E. (2007). *Ecología y Manejo de Venado cola blanca. Primera Edición 2007*. Texas A&M University Press. Texas, USA.

Osorio-Olvera, L. A., Falconi, M., y Soberón, J. (2016). Sobre la relación entre idoneidad del hábitat y la abundancia poblacional bajo diferentes escenarios de dispersión. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.00>

Pearce, J. & Ferrier, S. (2001). The practical value of modelling relative abundance of species for regional conservation planning: a case study, *Biological Conservation*. Vol. 98.

QGIS Development Team (2017) Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Available:
<http://qgis.osgeo.org>.

Redford, K. 2005. Introduction: How to value large carnivorous animals. In Ray, J; Redford, K; Steneck, R; Berger, J. (Eds). *Large carnivores and the conservation of biodiversity*. Island Press pp 526 Washington, US..

SEMARNAT. (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. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. México. DF.

SEMARNAT. (2014). Plan de manejo tipo para la conservación y aprovechamiento sustentable del Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) en climas templados y tropicales de México extensiva y cría en cautiverio. (pp. 71). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.

- Smith, W. P. (1982). Status and habitat use of Columbian whitetailed deer in Douglas County, Oregon, Ph.D. dissert., Oregon State University, Corvallis pp. 273
- Smith, W. P. (1991). Mammalian Species. *Odocoileus virginianus*. *American Society of Mammalogists*. No.388 pp. 1-13.
- Soberón., J. & Nakamura, M. (2009) Niches and distribu- tional areas: Concepts, methods, and assump- tions. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 106, 19644–19650
- Soto-Werschitz A., Mandujano R. S., & Gallina T. S. (2018). Home-range analyses y habitat use by white-tailed deer females during the breeding season. *THERYA*, Vol. 9 (1): 1-6. DOI: 10.12933/therya-18-513 ISSN 2007-3364
- Valenzuela-García, A. 2015. *Análisis de la estructura poblacional y patrón de actividad del venado cola blanca (Odocoileus virginianus) mediante trampas cámara en bosques tropicales de Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- VanDerWal., J., Shoo., L. P., Johnson., C. N., & Williams, S.E. (2009) Abundance and the environmental niche: Environmental suitability estimated from niche models predicts the upper limit of local abun- dance. *American Naturalist*, 174, 282–291.
- Weber, M. y González. S. (2003). Latin America deer diversity and conservation: A review of status and distribution. *Ecoscience* 10:443-454.

Wright, J., Zeballos, H., Dominguez, I., Gallardo, M., Moreno, M. y Ibanez, R. 2000.

Poachers alter mammal abundances, seed dispersal and seed predation in a Neotropical Forest. *Conservation Biology* 14(1):227-239

Yáñez-Arenas, C. A., (2009). *Distribución y densidad poblacional del venado cola blanca (Odocoileus virginianus) en el Bajo Balsas, Michoacán, México*. Tesis de Posgrado Maestría en Ciencias. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México pp.100.

Yáñez-Arenas C. A., Mandujano R. S., Martínez-Meyer E., Pérez-Arteaga A. y González-Zamora, A. (2012). Modelación de la distribución potencial y el efecto del cambio de uso de suelo en la conservación de los ungulados silvestres del Bajo Balsas, México. Veracruz. México. *THERYA* Vol.3(1):67-79. DOI: 10.12933/therya-12-62.

CAPÍTULO II: Abundancia relativa y estructura poblacional del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en bosques tropicales de Michoacán.

RESUMEN

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es una especie significativa, representa alimento para depredadores superiores, herbívoro dispersor semillas mediante ramoneo, influye en el reclutamiento vegetal y para comunidades rurales tiene valor cinegético. El objetivo del presente estudio es evaluar los niveles de abundancia de *O. virginianus* en Michoacán, así como conocer su estructura poblacional y patrones de actividad. Se analizó 2,927 eventos independientes de foto y video trapeo donde se observó un total acumulado de 3,308 venados, promedio de 1.1 por evento. Se estimó la tasa de captura, se sexó y clasificó a los venados en categorías de edad. El esfuerzo de muestreo total fue de 29,231 días/trampa, la tasa de captura general fue de 11.3 venados/100 días-trampa. El mayor porcentaje de registros clasificados en tallas fue de hembras adultas con 42.8%, y machos adultos 15.1 %. El mayor valor de tasa de captura obtenida fue de 108.8 registros/100 días-trampa (2010) y el menor de 1 registro/100 días-trampa (2007). El venado presentó las mayores abundancias en la Sierra Madre del Sur y el Balsas. En Michoacán la unidad social básica de *O. virginianus* está formada por una hembra adulta y sus crías. El venado registró actividad durante las 24 horas del día, con un pico de actividad de las 09:00 am a las 01:00 pm. Conocer los niveles de abundancia y la estructura poblacional de *O. virginianus* a nivel regional y estatal, esta información es útil para el conocimiento del estatus e implementación de los criterios de manejo y conservación de sus poblaciones en Michoacán.

Palabras clave: Tasa de captura, Ecorregión, Tallas, Patrones de actividad, Conservación.

ABSTRACT

The white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) is a significant species, it represents food for superior predators, a herbivore that disperses seeds through browsing it influences plant recruitment and for rural communities it has hunting value. The objective of the present study is to evaluate the abundance levels of *O. virginianus* in Michoacán, as well as to know its population structure and activity patterns. 2,927 independent photo and video trapping events were analyzed, where a cumulative total of 3,308 deer was observed, an average of 1.1 per event. The capture rate was estimated, the deer were sexed and classified into age categories. The total sampling effort was 29,231 trap-days, the overall capture rate was 11.3 deer/100 trap-days. The highest percentage of records classified in sizes was of adult females with 42.8%, and adult males 15.1%. The highest capture rate value obtained was 108.8 records/100 trap-days (2010) and the lowest was 1 record/100 trap-days (2007). The deer presented the greatest abundances in the Sierra Madre del Sur and the Balsas. In Michoacán, the basic social unit of *O. virginianus* is formed by an adult female and her offspring. The deer registered activity during the 24 hours of the day, with a peak of activity from 09:00 am to 01:00 pm. Knowing the levels of abundance and the population structure of *O. virginianus* at the regional and state levels, this information is useful for knowing the status and implementation of management and conservation criteria for its populations in Michoacán.

Keywords: Catch rate, Ecoregion, Sizes, Activity patterns, Conservation.

INTRODUCCIÓN

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es un mamífero silvestre de importancia ecológica y de gran relevancia cinegética y de aprovechamiento rural, por lo que el estudio sobre la situación que presentan sus poblaciones es esencial para las comunidades silvestres (Gallina y Mandujano, 2009). Sabemos por estos estudios que el venado cola blanca es una especie muy flexible y resiliente en su respuesta demográfica, ya que en poco tiempo puede recuperar sus niveles poblacionales después de una perturbación, si se controlan las presiones que causaron a su disminución inicialmente (Gallina y Mandujano, 2009).

Para estimaciones poblacionales para el venado cola blanca se han implementado métodos como el conteo de huellas, conteo de grupos fecales, conteos directos incluso telemetría sin embargo, estos métodos están sujetos a las condiciones propias de los sitios incluyendo condiciones ambientales y es difícil representar directamente la presencia o número de individuos presentes, además de ser costosos en algunos casos como la telemetría con poca disponibilidad para estudios individuales (Monroy-Vilchis et al., 2011)

El uso de trampas cámara es una técnica muy útil con la cual se ha facilitado la estimación de parámetros de ecología poblacional como densidad, abundancia relativa, y comportamiento en mamíferos medianos y grandes debido a la cantidad de registros que se pueden obtener en cada estación de captura además de proporcionar evidencia fotográfica de las características físicas, comportamiento, patrones de actividad, reproductivos y edad relativa de los individuos permitiendo

registrar hembras con crías y machos adultos y juveniles (Lara-Díaz et al., 2011; Monroy-Vilchis, 2011).

En México se han realizado estudios para estimar abundancia y estructura poblacional en hábitats tanto templados como áridos y especialmente en ambientes tropicales mediante el uso de foto-trampeo en algunos estados de la república en donde los valores de abundancia relativa se encuentran desde los 47.5 registros/100 días-trampa en bosque mesófilo de montaña de Jalisco (Aranda et al., 2012).

Mientras que en bosques tropicales caducifolios de Oaxaca y Campeche se observaron niveles de abundancia de 0.18 y 0.33 registros/100 días-trampa respectivamente (Cortés-Marcial y Briones-Salas, 2014, Llescas Furter, 2016). Para áreas de bosque de pino encino y algunos sitios de bosque tropical en los estados de San Luis Potosí y el Estado de México se determinó niveles de abundancia de 0.41 y 1.23 registros/100 días-trampa respectivamente (Avila-Najera, 2009; Monroy-Vilchis et al., 2011).

Para Michoacán se han determinado valores de 4 registros, 11 registros, 16 registros y 27.9 registros cada 100 días- trampa en cada caso en bosque tropical caducifolios, bosque tropical subcaducifolio, bosque de pino y bosque de encino principalmente (Charre-Medellín, 2012; Flores-Hernández, 2013 y Valenzuela-García, 2015).

Para la estructura poblacional donde el tamaño del grupo social está inversamente relacionado con la densidad de cobertura vegetal en donde bosques

denso rara vez incluyen en sus grupos sociales más de una hembra adulta, crías del año actual y su hija del año anterior, los machos son solitarios, mientras que los grupos grandes están asociados a matorrales abiertos (Álvarez-Romero y Medellín, 2005; Smith, 1984). Los machos pueden llegar a formar grupos pequeños durante el periodo de apareamiento en una jerarquía de dominancia donde marcan su territorio, pero no tratan de establecer un territorio permanente o dominar un grupo de hembras (Álvarez-Romero y Medellín, 2005).

Dentro de los grupos de venados y machos solitarios podemos distinguir entre edades relativas de los individuos: las hembras adultas en general de menor tamaño que los machos sin presencia de astas, todas las partes de su cuerpo bien definidas, costillas bien arqueadas y piel flexible; los machos adultos de mayor tamaño, huesos fuertes, presentan astas y cuello es musculoso (Santiago-Juárez, 2012). Los juveniles en general de menor tamaño con músculos menos definidos, los machos con astas “infantiles” con moderado engrosamiento o hipertrofia de los músculos del cuello, las crías conservan su pelaje moteado y siempre se encuentran en compañía de su madre (Santiago-Juárez, 2012).

Además de conocer dentro de la estructura poblacional categorías de edad, la proporción de sexos hembras: machos nos ayuda a saber si estas poblaciones están en crecimiento, (Villareal, 2006). Dicha proporción cambia a través de las poblaciones (individuos de las distintas categorías de edad) y del tiempo (años, temporadas etc.) incluso si parámetros como la abundancia es similar entre las poblaciones (Mandujano et al., 2010).

Para el venado cola blanca proporciones que muestran un macho por cada dos y tres hembras se consideran mantienen un crecimiento poblacional favorable. Sin embargo, aunque la proporción sexual al nacer se encuentra uno a uno, se observa mayor tendencia a la mortalidad de machos jóvenes y adultos que tiende a mantener mayor el número de hembras (Mandujano et al., 2010; Villarreal, 1999).

De acuerdo con Ojasti et al. (2000) poblaciones saludables presentan una alta representatividad de juveniles mientras que proporciones mayores a 0.5 crías por hembra adulta se considera existen condiciones favorables en el hábitat que puedan proveer alimento suficiente para sostener el crecimiento poblacional, por el contrario, proporciones menores a 0.2 crías por hembra puede ser una indicador de baja calidad del hábitat incluyendo alimentación precaria, sobrepoblación o alta incidencia por depredadores (Villareal, 2006).

En México se reportan 14 subespecies del venado cola blanca (Halls, 1984; Mandujano-Rodríguez, 2011; Villareal, 1999; 2014). La delimitación geográfica entre las subespecies se basa en características como el color del pelaje, el tamaño corporal, la forma y tamaño de las astas. Para Michoacán se reportan tres subespecies; *O. virginianus sinaloae*, *O. virginianus mexicanus* y *O. virginianus acapulcensis* (Villareal et al., 2015).

La presencia de estas tres subespecies de venado cola también se reporta dentro del Safari Club Internacional (Villarreal et al., 2015). En el Libro “Records de Trofeos de Caza” (SCI Record Book of Trophy Animals) se considera dos categorías geográficas que incluyen al estado: Categoría 4) venado cola blanca mexicano de la Costa del Pacífico (que incluye a: *O. v. sinaloae*; *O. v. acapulcensis*, *O. v.*

oaxacensis, *O. v. toltecus*, *O. v. nelsoni*, *O. v. thomasi*) y Categoría 5) venado cola blanca mexicano del Altiplano o Mesa Central (que incluye a: *O. v. miquihuanensis* y *O. v. mexicanus*). La clasificación propuesta por el SCI incluye siete categorías para México en las cuales clasifican dentro de siete zonas geográficas del país a las 14 subespecies de venado cola blanca (Villarreal et al., 2015).

En un análisis filogenético basado en ADN mitocondrial se examinó variabilidad y distancia genética entre nueve de las 14 subespecies de venado cola blanca en México (*O. v. texanus*, *O. v. couesi*, *O. v. veraecrucis*, *O. v. sinaloae*, *O. v. mexicanus*, *O. v. acapulcensis*, *O. v. oaxacensis*, *O. v. toltecus*, y *O. v. yucatanensis*), validando la identidad genética de las nueve subespecies, y estableciendo que las subespecies de la región norte-centro del país que incluye a *O. v. mexicanus*, *O. v. sinaloae* presentes en Michoacán al igual que *O. v. acapulcensis* de la región centro-suroriente presentan estrecha relación, y estas a su vez mantienen mayor diferenciación con las subespecies de la región del sur (Ambriz-Morales et al., 2016).

La conservación y el aprovechamiento sustentable del venado en México está legalmente establecido en dos esquemas: las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y las Unidades de Manejo para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAs). Sin embargo, aunque exista una base legal y normativa en el uso y aprovechamiento, este requiere de una evaluación de la situación que presentan sus poblaciones en cada región de la distribución de la especie.

El objetivo principal del presente capítulo es describir la abundancia, la estructura poblacional del venado cola blanca en bosques templados y tropicales del estado mediante foto-trampeo además de analizar estos parámetros para las tres Áreas Naturales Protegidas de mayor extensión en el estado, la Reserva de la Biosfera de Zicuirán-Infiernillo (RBZI), la Reserva de la Biósfera Santuario Mariposa Monarca, (RBSMM) compartiendo con el estado de México y el Parque Nacional Pico de Tancítaro (PNPT).

OBJETIVOS

- Estimar un índice de abundancia relativa como tasa de captura general y por periodo de muestro anual (2007 al 2020) para el venado cola blanca Michoacán.
- Describir la estructura poblacional por tallas de edad relativa en categorías de adultos, juveniles, crías y por sexo, contabilizando la frecuencia de venados en cada talla establecida, así como la proporción sexual macho:hembra del venado cola blanca por periodo anual (2007-2020) en Michoacán.
- Determinar la época de nacimiento y los patrones de actividad que presenta *Odocoileus virginianus* en general, así como los patrones para hembras y machos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tasa de captura como medida de abundancia relativa

La tasa de captura con trampas cámara se ha utilizado como una medida indirecta de la abundancia de organismos en especies que no pueden ser reconocidos individualmente (Charre-Medellín, 2012; Chávez et al., 2013; Díaz-Pulido y Payán-Garrido, 2012; Monrroy-Vilchis et al., 2009), ésta se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

Foto-registros independientes

Tasa de captura = ----- X 100

Esfuerzo de captura (días/trampa)

Donde se divide la proporción de foto-registros independientes entre el esfuerzo de muestreo, y se estandarizó a 100 días (Chávez et al., 2013; Díaz-Pulido y Payán-Garrido, 2012; Yasuda, 2004). Los registros independientes son una o más fotografías independientes obtenidas sobre un individuo o grupo de individuos reconocibles en ciclos de 24 horas.

En caso de obtenerse varias fotografías independientes en una misma cámara en distintos horarios y no reconocibles como individuos distintos, se consideró como un solo registro independiente. En el caso de las fotografías independientes en las que se observó más de un individuo, el número de registros independientes considerado fue igual al número de individuos observados en la misma (Charre-Medellín, 2012).

Determinación de la estructura poblacional

Se analizó la estructura poblacional de un tamaño de muestra de 2,927 eventos de captura y registros fotográficos con presencia de *Odocoileus virginianus*. Los registros provinieron de muestreos realizados durante 14 años (2007-2020), en 24 proyectos del Laboratorio de vertebrados terrestres prioritarios (LVTP) de la facultad de biología (UMSNH) que incluye 10 tesis de licenciatura, 8 tesis de maestría y una de doctorado además de cinco proyectos de monitoreo de fauna (Charre-Medellín, 2009, 2012, 2017; Flores-Torres, 2018; Gallardo-Tellez, 2018, 2021; Gómez-Cárdenas, 2019; Guido-Lemus, 2012, 2015; López-Ortiz, 2017).

Los eventos correspondieron al registro de una o más fotografías que representan la secuencia de la presencia del venado cola blanca en un periodo de tiempo determinado tomando como número de individuos totales a todos los individuos presentes durante la duración de la secuencia. Para cada evento se contabilizó el número total de individuos para cada estación de muestreo. Los 2,927 eventos de venado fueron registrados en 196 estaciones únicas de muestreo o de foto-trampeo.

La estructura de edades se determinó a partir de rasgos morfológicos característicos de tres etapas distintivas del crecimiento del venado cola blanca reportadas en la literatura. Se utilizó como base las descripciones provenientes de la ficha técnica de la obra Mammalian Species en las que se clasifican tres tallas corporales principales: adultos, juveniles y crías (Smith, 1991). Para poder evaluar el tamaño relativo se utilizó como referencia elementos naturales (rocas, árboles, lianas) al distinguir las tallas de los venados.

Los machos juveniles se distinguieron con los criterios de menor talla corporal menores, menor masividad en cuello, patas delanteras y patas traseras; abdomen con menor volumen; piel más firme; cara menos tosca; astas de menor tamaño y sin ramificaciones o de tipo aleznillo.

Los machos adultos en contraste presentan cuerpo más robusto mayor masividad en cuello, patas delanteras y patas traseras; abdomen con mayor volumen; piel menos firme; cara más tosca; astas de mayor tamaño y con ramificaciones (Figura 5e, f) (Valenzuela, 2015).

En el caso de las hembras la observación de grupos sociales permitió diferenciar las tallas e identificar su edad, además de facilitar la diferenciación entre sexos. Para las hembras se consideró principalmente ausencia de astas y botones además de las características corporales descritas en machos (Figura 5c).

Dentro de los grupos sociales se registró el número de hembras con crías que conservaban pelaje moteado, los cuales fueron considerados como cervatos (Villarreal, 2006). Se contabilizó el número de individuos de cada talla en cada evento de foto y video-trampeo para cada paraje, periodo de muestreo y épocas del año en cada año.

Para determinar la relación macho-hembra se dividió el total de venados registrados hembra entre el total de machos, de manera similar se realizó para la relación adulto-juvenil donde se dividió el número total de venados registrados entre el total de adultos.

Además de los conteos se observó el pelaje, tamaño general, forma de las astas para determinar si existen diferencias morfológicas distinguibles entre los venados de las distintas regiones del estado (Cinturón Volcánico Trans-mexicano, Balsas, Sierra Madre del Sur y la Costa) que coinciden con las descripciones y distribuciones hechas para las distintas subespecies.



Figura 5. Características físicas del venado cola blanca: a) adultos, b) juveniles, c) hembra adulta, d) hembra juvenil, e) macho adulto y f) macho juvenil.

Determinacion de la época de nacimiento

Se analizaron los registros fotográficos de crías estimando su edad, a partir del cálculo del inicio y duración de los periodos del ciclo reproductivo del venado cola blanca de forma en retroceso los cuales son: la integración de las madres y sus crías (crías de dos meses) al forrajeo, el nacimiento, la duración del periodo de gestación (6-7 meses).

Patrones de actividad

Para determinar los patrones de actividad de los venados se utilizaron los 2,927 eventos totales registrados. Los datos correspondientes a las horas registradas en cada evento se organizaron en una matriz de Microsoft Excel (2016) para su posterior procesamiento en el programa Oriana V4.0 (2019) las horas de todos los eventos se graficaron en su totalidad para registrar la actividad del venado cola blanca en todo el estado, posteriormente se dividieron y graficaron los eventos correspondientes a hembras y machos (Gallardo-Tellez, 2021).

RESULTADOS

Tasa de captura

Se analizó la abundancia relativa mediante la revisión de 57,015 archivos fotográficos, videos y el cálculo de la tasa de captura. El venado cola blanca tuvo presencia en el 65.5% ($n=196$ de 299) de las estaciones de muestreo donde se obtuvieron aproximadamente 13,192 fotografías que corresponden a 2,927 eventos independientes con un promedio general de 4.5 fotos de venado por evento independiente. En algunos casos el venado o grupo de venados se mantuvo frente a las cámaras por periodos prolongados, generando hasta 50 fotografías o hasta tres videos.

Se obtuvo un esfuerzo de muestreo acumulado de 29,231 días/trampa. Para las ecorregiones, donde se efectuó mayor esfuerzo de muestreo fue en el Cinturón Volcánico Trans-mexicano con 14,340 días-trampa mientras que la Sierra Madre del Sur presentó el menor esfuerzo con 3,752 días-trampa. El mayor número de venados se registró en el Balsas con 1,379 individuos.

La tasa de captura general para el estado de 11.3 registros/100 días-trampa, la Sierra Madre del Sur presentó el mayor valor con 22.6 registros/100 días-trampa mientras que el Cinturón Volcánico Trans-mexicano presentó el menor valor con 2.8 registros/100 días-trampa (Cuadro 7).

Cuadro 7. Esfuerzo de muestreo y tasa de captura por ecorregión

Ecorregión	Esfuerzo días-trampa	No. Venados	Tasa de captura
Balsas	6,707	1,379	20.7
Cinturón Volcánico Trans- mexicano	14,340	411	2.8
Sierra Madre del Sur	3,752	851	22.6
Costa	4,432	667	15
Total	29,231	3,308	11.3

En los 2,927 eventos independientes se contabilizó 3,308 venados para un promedio general de 1.1 venados por evento. La ecorregión del Balsas registro 1,228 eventos (41.9%) así como el mayor número de venados registrados con 1,379 individuos (41.6%), mientras que el Cinturón Volcánico Trans-mexicano registró la menor cantidad de eventos con 345 (11.7%) y menor registro de venados con 411 individuos (12.4%) (Cuadro 8).

Debido a que el esfuerzo fue diferente entre regiones el número de detecciones y venados registrados presentó diferencias asociadas a un esfuerzo distinto.

Cuadro 8. Número de eventos y venados registrados por ecorregión

Ecorregión	No. eventos (%)	No. venados (%)	Venados por evento
Balsas	1,228 (41.9)	1379 (41.6)	1.12
Cinturón Volcánico Trans- mexicano	345 (11.7)	411 (12.4)	1.19
Sierra Madre del Sur	738 (25.2)	851 (25.7)	1.15
Costa	616 (21)	667 (20.1)	1.08
Total	2,927	3,308	1.13

Para los trece años en los cuales se obtuvo registros del venado cola blanca el año 2018 reportó el mayor número de eventos con 680, la mayor cantidad de venados con 770 y el mayor esfuerzo de muestreo con 7,121 días-trampa, mientras que durante el 2007 se obtuvo el menor registro de eventos con dos venados y un esfuerzo de muestreo de 286 días-trampa (Cuadro 9).

La tasa de captura para los trece años de muestreo presentó como mayor valor durante el año 2010 con 108 registro/100 días trampa, mientras que durante el 2007 se presentó el valor mínimo de 1 registro/100 días trampa (Cuadro 9).

Cuadro 9. Esfuerzo de muestreo por años (incluye todas las regiones muestreadas ese año) y sus tasas de captura.

Año	Eventos	Venados	Esf. (días- trampa)	Venados/event o	Tasa de captura
2007	2	3	286	1.50	1
2008	10	11	252	1.10	4.3
2009	28	29	318	1.04	9.1
2010	305	370	340	1.21	108.8
2011	571	628	3,727	1.10	16.8
2012	49	49	1,726	1	2.8
2013	362	419	2,103	1.16	19.9
2014	136	140	1,903	1.03	7.3
2015	111	120	1,818	1.08	6.6
2016	86	99	2,633	1.15	3.7
2017	420	481	1,349	1.15	35.6
2018	680	770	7,121	1.13	10.8
2019	133	154	5,012	1.16	3.
2020	34	35	643	1.03	5.4
Total	2,927	3,308	29,231	1.13	11.3

Estructura Poblacional

Se contabilizaron 3,278 venados contabilizados en 2,927 eventos que en promedio estuvieron conformados por 1.1 venados por evento en general el 87.9% (2,572) de los eventos solo mostraba un venado en cada evento, el 11.2% (328) de los eventos mostraban dos venados/evento y solo el 1% de los eventos registro tres y cuatro venados/evento (25 y 2 respectivamente).

Se registraron dentro de las ocho tallas de edad establecidas al total de 3,278 venados. El mayor porcentaje de venados en los registros fueron los adultos con 68.7% incluyendo adultos sin sexar, venados identificados como juveniles constituyeron el 20% incluyendo aquellos individuos cuyo sexo no se determinó (Figura 6a). Las crías o cervatos observados fueron el 3.3% (Cuadro 10).

Entre los adultos, las hembras fueron el mayor grupo poblacional con 1,406 registros (42.8%), seguido de machos con 15.1% (n=496), y adultos sin sexar 10.7% (n=351). En los juveniles el mayor grupo correspondió a hembras con el 7.8% (n=257), machos con 6.4% (n=213). En general un 7.9% de los registros no fue posible establecer sexo o edad (Cuadro 10).

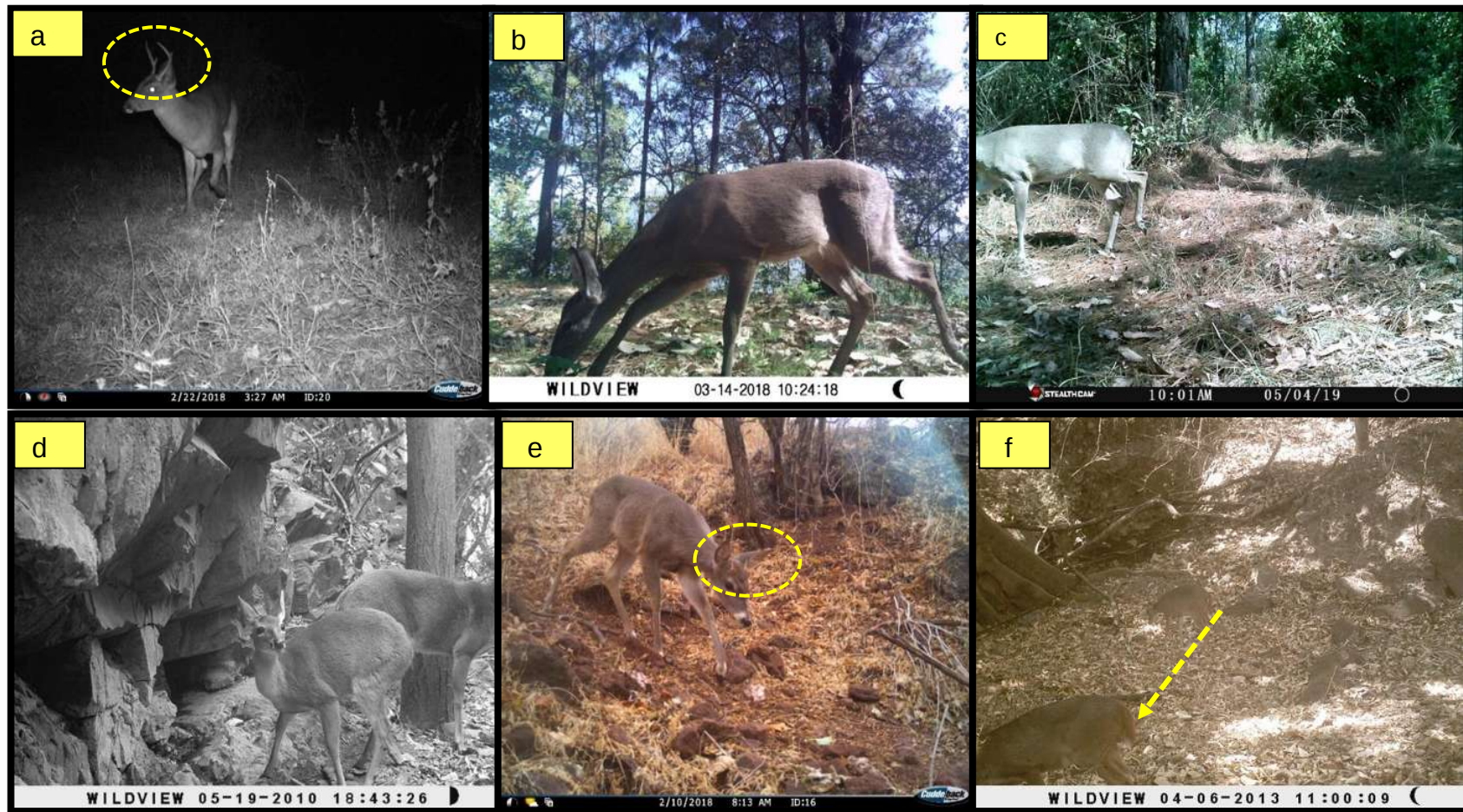


Figura 6a. Fotos de referencia para cada una de las ocho tallas consideradas (a= adulto macho, b= adulto hembra, c= adulto no determinado, d=juvenil hembra, e= juvenil macho, f= juvenil no identificado).

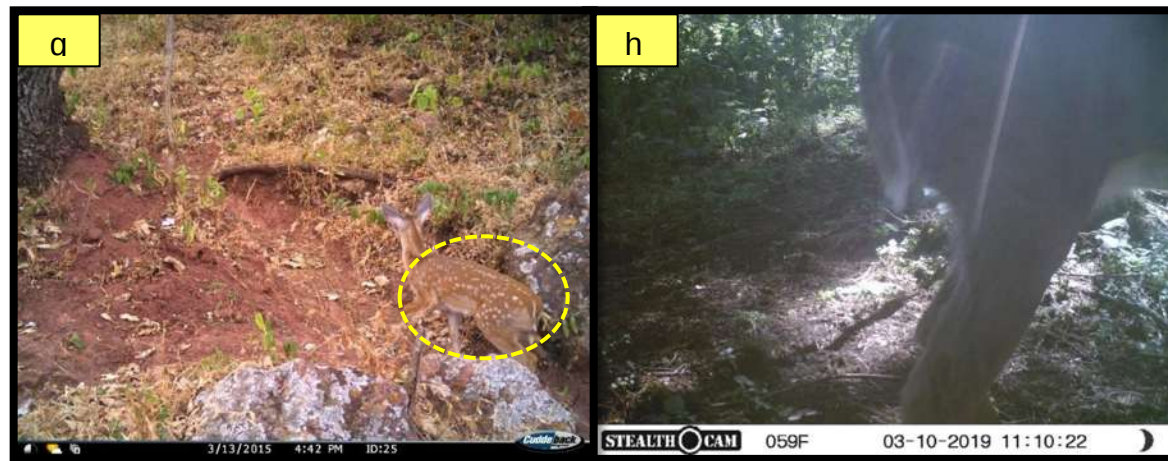


Figura 6b. Foto-registros de referencia en cada una de las ocho tallas consideradas para las poblaciones de venado cola blanca en Michoacán (g= crías, h= no determinado).

Cuadro 10. Estructura poblacional (H=Hembras, M=Machos, ND=No Determinado)

Año	Adultos			Juveniles			Cría	ND
	H	M	ND	H	M	ND		
2007	0	1	0	0	0	0	2	0
2008	2	0	2	2	0	1	1	3
2009	6	1	0	16	0	2	0	4
2010	212	13	13	69	10	10	12	31
2011	220	111	30	45	98	28	1	95
2012	18	13	17	1	0	0	0	0
2013	197	85	54	20	25	27	0	11
2014	20	18	7	34	13	11	0	26
2015	38	22	26	10	7	2	1	14
2016	38	20	16	1	1	7	1	15
2017	236	52	63	25	22	49	21	13
2018	349	121	85	30	29	43	65	45
2019	67	18	30	4	8	5	5	3
2020	3	21	8	0	0	1	0	0
Total	1,406	496	351	257	213	186	109	260
%	42.8%	15.1%	10.7%	7.8%	6.4%	5.6%	3.3%	7.9%

El radio sexual general entre hembras adultas y machos adultos fue de 2.8. El radio entre adultos totales y juveniles totales es de 3.4 adultos por cada juvenil o 0.2 juveniles por adulto, visto como reclutamiento represento 29.1% para el estudio. Considerando solo hembras, el radio fue más amplio, con 5.5 hembras adultas por cada hembra juvenil, o 0.1 hembras juveniles por hembra adulta, representando en 18.3% del reclutamiento de hembras (Cuadro 11).

Cuadro 11. Radio sexual para cada año.

Año	Adultos M:H	Adul:Juv	AdulH:JuvH	Hembras:Crías	
	Propr.	Propr.	Propr.	Prop.	Reclt(%)
2007	1:0	-	-	-	-
2008	-	1:0.7	1:1	1:0.5	25
2009	1:6	1:2.5	21:6	1:0	-
2010	1:16.3	10:3	1:0.3	1:0	5.04
2011	1:2	1:0.4	1:0.2	1:0	0.28
2012	1:1.4	1:0	1:0	1:0	-
2013	1:2.3	1:0.2	1:0.1	1:0	-
2014	1:1.1	1:1.2	1:1.7	1:0	-
2015	1:1.7	1:0.2	1:0.2	1:0	1.16
2016	1:1.9	1:0.1	1:0	1:0	1.35
2017	1:4.5	1:0.2	1:0.1	1:0.1	5.98
2018	1:2.9	1:0.1	1:0.1	1:0.1	11.71
2019	1:3.7	1:0.1	1:0	1:0.1	4.35
2020	1:0.1	1:0	-	1:0	-
Total	1:2.8	1:0.2	1:0.1	1:0.1	4.8

Al analizar el radio dentro de las ecorregiones del estado para las hembras adultas y machos adultos la Costa presentó 1.9 mientras que la Sierra Madre del sur 3.7, para el radio entre las hembras adultas por crías en general fue de 0.1 (reclutamiento de 7.8%). Por su parte entre los juveniles y adultos el radio fue de 0.4 en la Sierra Madre del Sur y 0.1. en el Cinturón Volcánico Trans-mexicano

Por su parte las hembras juveniles y las hembras adultas presentaron un radio mayor en el Cinturón Volcánico Trans-mexicano con 0.4 mientras que la Costa presento 0.2 (Cuadro 12).

Cuadro 12. Radio sexual en cada ecorregión.

Ecorregión	Adult. M:H	Adult.:Juv.	Adult.H:Juv. H	Adult.H:Crías	
	Propr.	Propr.	Propr.	Prop.	Reclt(%)
Balsas	1:3.3	1:0.2	1:1	1:0.1	13.3
Cinturón Volcánico	1:2	1:0.1	1:0.4	1:0	4.7
Trans-mexicano					
Sierra Madre del Sur	1:3.7	1:0.4	1:0.3	1:1	1.3
Costa	1:1.9	1:0.2	1:0.2	1:0	4.7
Total	1:2.8	1:0.3	1:0.1	1:0.1	7.8

Época de nacimientos

Se registro un total de 109 crías de venados en 105 eventos. Estos se observaron en cinco municipios, Arteaga, Lázaro Cárdenas, Acuitzio, Tocuambo y Uruapan. Se observaron registros de las crías desde los meses de diciembre a mayo. Siendo durante los meses de marzo ($n=20$), abril ($n=16$) y mayo ($n=5$) donde las crías parecían tener entre 5-6 meses de edad, edad en que se diluye en el pelaje los manchones blancos de los cervatillos y se observaron con sus madres y con la perdida parcial de las motas de su pelaje. Se calculó entonces la época de nacimiento entre los meses de septiembre y octubre (Figura 7).

Mientras que el ciclo reproductivo considerando que presentan ciclos estrales de 28 días en promedio y pueden presentar hasta tres ciclos antes de la preñez (Mercado et al., 2010) entonces se sugiere que la época de apareamientos comienza en los meses de diciembre y febrero (Figura 8).



Figura 7. Registros de venado de crías (a= cría en la que desaparecen sus manchones blancos, en marzo municipio de Lázaro Cárdenas, b=cría de menor edad, con aproximadamente un mes aproximadamente en diciembre municipio de Tocuambo, c= cervatillos durante febrero y d= cría que perdió sus manchas en mayo municipio de Tocuambo, Michoacán).

	MESES											
Evento	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Reproducción o cortejo												
Gestación												
Nacimiento												
Destete	GENERALMENTE DE SEIS MESES AL AÑO DE EDAD											

Figura 8. Representación del tiempo en meses de los eventos reproductivos durante el año del venado cola blanca en Michoacán.

Subespecies

En Michoacán se reportan tres subespecies del venado cola blanca; *Odocoileus virginianus sinaloae*, *Odocoileus virginianus mexicanus* y *Odocoileus virginianus acapulcensis* (Mandujano-Rodríguez, 2011; Villareal, 1999, 2005, 2014). Se observaron detalladamente los registros fotográficos correspondientes a las localidades en que se asume la presencia de cada subespecie dentro del estado.

Los venados del municipio de Churumuco en el Balsas, ecorregión para la que se asume esté presente *Odocoileus virginianus mexicanus*, presentaron pelaje claro, castaño claro y grisáceo, una complexión corporal delgada con cuello estilizado, los machos mostraron astas de tamaño medio con dos o más ramificaciones (Figura 12).

Por su parte las características descritas son consistentes para la subespecie *Odocoileus virginianus acapulcensis* reportada en el estado en partes de las

ecorregiones de la Costa y la Sierra Madre del Sur colindando con Jalisco para registros en Aquila se reportaron individuos de complexión robusta mayormente en las piernas traseras, pelaje castaño-rojizo poco grisáceo, los machos con astas medias-chicas mayormente presentan dos astas largas delgadas con dos y tres ramificaciones o sin ellas.

Finalmente en los municipios de Tocumbo y Uruapan en la ecorregión del Cinturón Volcánico Trans-mexicano y el Balsas, zona en donde se reporta presencia de *Odocoileus virginianus sinaloae* se presentaron dos tipos físicos, el primero en la zona Jal-Mich los individuos presentaron una complexión estilizada con cuello delgado, pelaje de color café-rojizo poco grisáceo, presentaron a diferencia de los otros tipos de individuos las patas delanteras más cortas que las traseras, las astas de los machos son grandes, delgadas con más de dos ramificaciones (Figura 9).

Mientras que los individuos de Uruapan presentaron un pelaje más oscuro café grisáceo son de cuerpo robusto pero estilizado con cuello grueso, astas grandes delgadas con más de dos ramificaciones (Figura 9) las características de la subespecie que se reporta presente en la zona coinciden en mayor parte con los individuos de la zona Jal-Mich (Anexo 4).

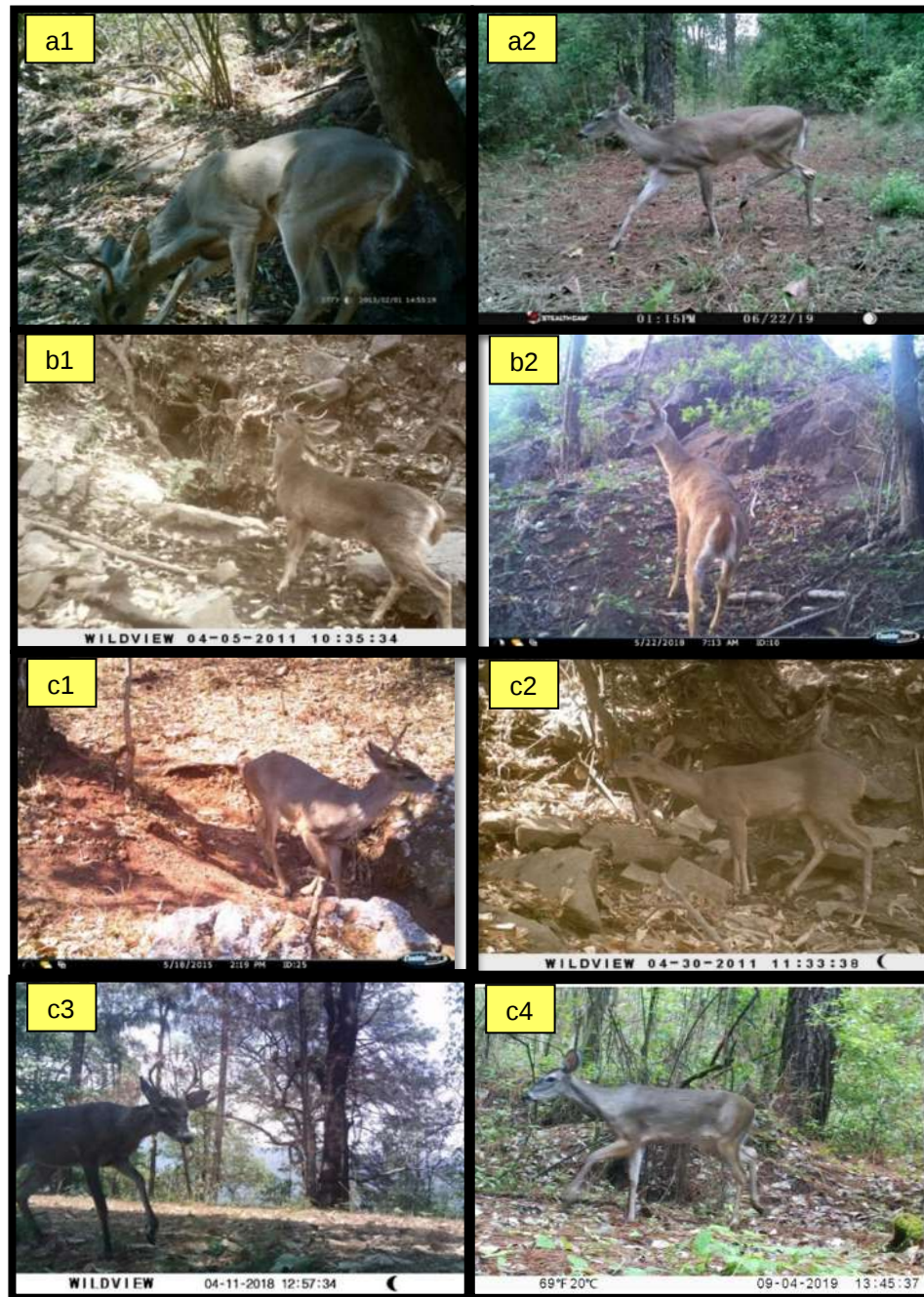


Figura 9. Individuos representativos de las tres subespecies reportadas dentro del estado (a1= venado (m) de Churumuco, a2= venado (h) de Churumuco, b1= venado (m) de Aquila, b1= venado (h) de Aquila, c1= venado (m) de Tocumbo, c2= venado (h) de Tocumbo, c3= venado (m) de Uruapan, c4= venado (h) de Uruapan).

Patrones de actividad

Los patrones se obtuvieron gráficamente y mostraron que *Odocoileus virginianus* presenta actividad durante las 24 horas del día con mayor actividad durante el periodo diurno, con mayor actividad registrada desde las 07:00 am a las 09:00 pm con un pico de las 09:00 am a las 01:00 pm (Figura 10).

Las hembras registraron actividad durante las 24 horas del día, con una mayor actividad de las 08:00 am a las 09:00 pm y dos picos de actividad de las 09:00 am a las 01:00 pm y de las 04:00 pm a las 06:00 pm (Figura 11) mientras que los machos de manera similar presentaron actividad durante las 24 horas del día con mayor actividad de las 07:00 am a las 11:00 pm con un rango mayor que el de las hembras (Figura 12) con dos picos de actividad de las 07:00 am a las 03:00 pm y de las 06:00 pm a las 10:00 pm presentando mayor actividad nocturna que las hembras.

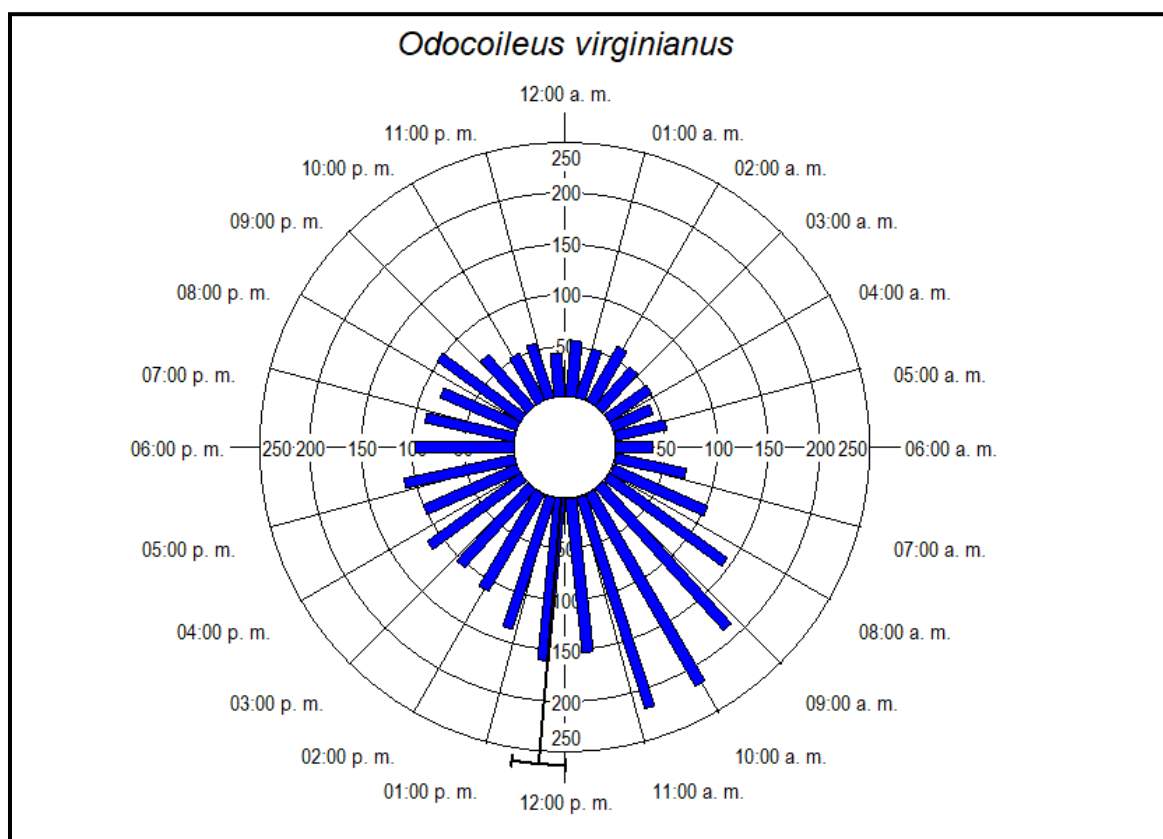


Figura 10. Patrón de actividad general del venado cola blanca.

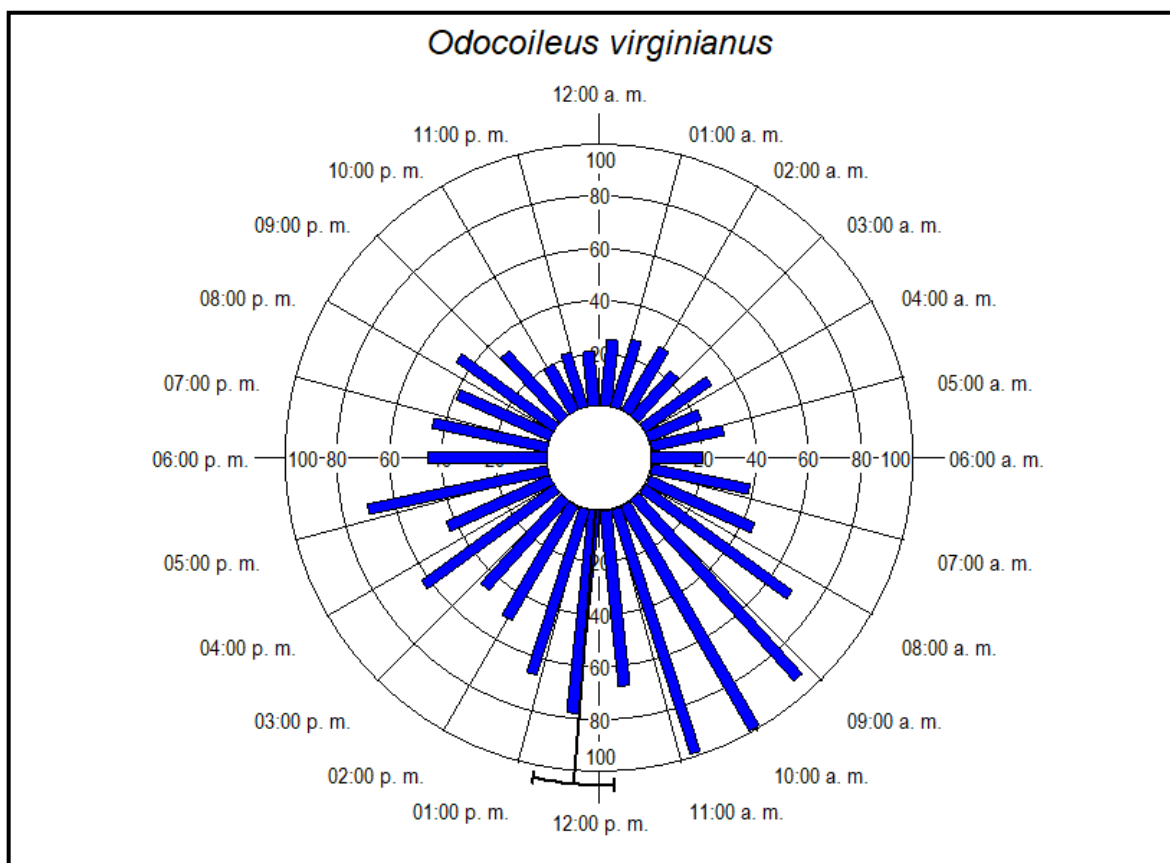


Figura 11. Patrón de actividad de hembras.

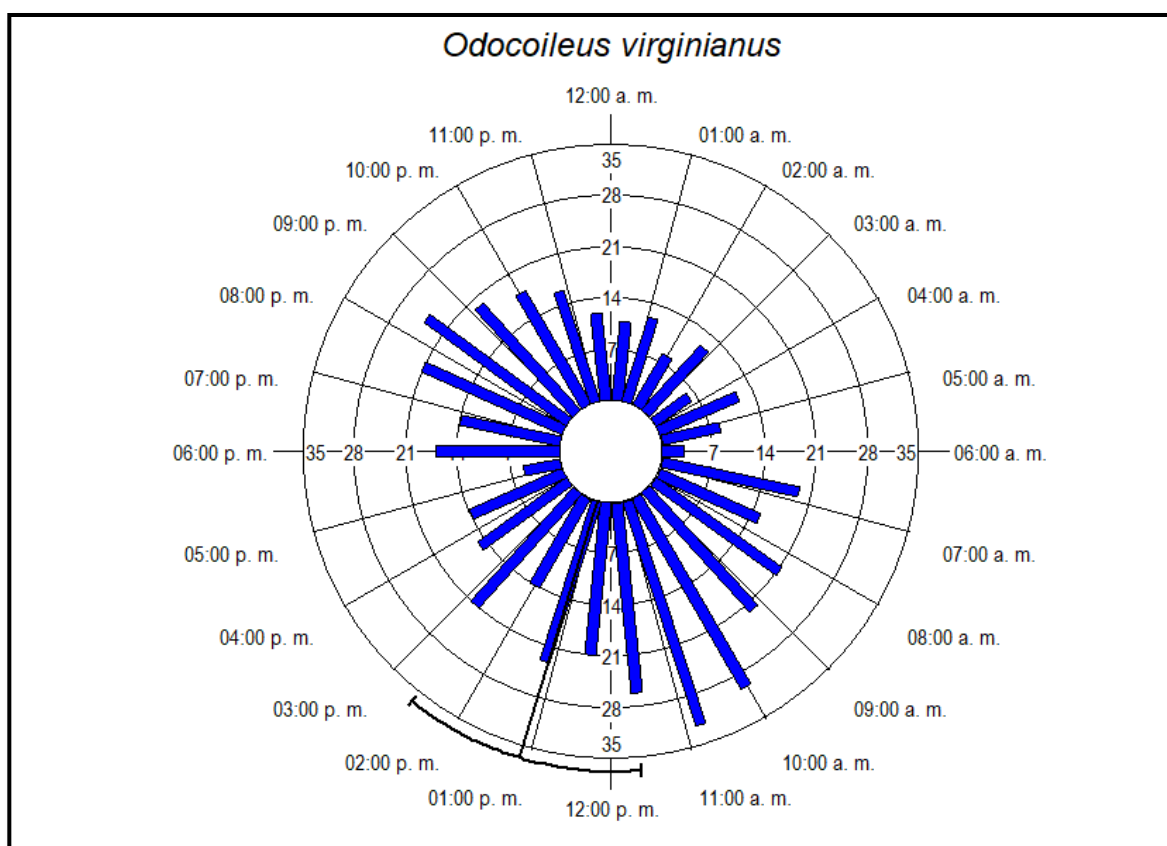


Figura 12. Patrón de actividad de machos.

DISCUSIÓN

Tasa de captura

Para el estado de Michoacán se han realizaron importantes esfuerzos de muestreos mediante foto-trampeo desde el 2007 al 2020 en 19 municipios del estado, se obtuvo un esfuerzo de muestreo acumulado en de 29,231 días/trampa, con 2,927 eventos independientes y un total de 3,308 venados registrados, dicho esfuerzo nos proporcionó una importante representatividad de la especie dentro del estado.

Dentro del estado a nivel de ecorregión que mayor número venados contabilizados, así como de eventos independientes fue el Balsas con 1,379 individuos y 1,228 eventos de venado cola blanca respectivamente debido a los esfuerzos de muestreo. Seguido por la Sierra Madre del Sur con 851 individuos y 738 eventos, la Costa presentó 667 individuos y 616 eventos mientras que el Cinturón Volcánico Trans-mexicano presento 411 individuos y 345 eventos para finalizar en El Bajío no se realizó algún esfuerzo de muestro por lo tanto no presenta RI ni eventos.

Entre el Balsas y el Cinturón Volcánico Trans-mexicano en Tocuambo durante el año 2018 se presentó el mayor número de registros de individuos con 770 (esfuerzo de muestreo total de 7,121 días-trampa) lo que representa el 23.3% de los venados registrados y un total de 10.8 registros de venado en 100 días-trampa. Tocuambo que se ubica en la sierra Jal-Mich y que es una zona compartida y de transición entre las ecorregiones del Balsas y el Cinturón volcánico tras-mexicano.

Geográficamente en sitios donde se obtuvieron foto-registros, donde los muestreos incluían superficie entre dos o más ecorregiones para diversos años se obtuvieron los niveles de tasa de captura más altos; entre el Balsas-Costa-Sierra Madre del Sur presentaron 108.8 y 16.8 registros de venado en 100 días-trampa (Aquila, Arteaga y Lázaro Cárdenas 2010 y 2011) y Balsas-Costa-Sierra Madre del Sur-Cinturón Volcánico Trans-mexicano (Aquila, Arteaga, Churumuco, Coalcomán y la Huacana en 2013) con 19.9 registros de venado en 100 días-trampa.

A nivel municipal Tocumbo (individuos= 1,126 eventos= 1,000), Arteaga (individuos= 817 eventos= 733) y Lázaro Cárdenas (individuos= 502 eventos= 430) (Anexo 5), presentaron el mayor número de individuos y eventos y que en conjunto conforman aproximadamente el 75% del total de individuos y eventos.

Dentro de la literatura se reportaron valores de abundancia relativa para el venado cola blanca desde 0.18 a 47.5 registros cada 100 días-trampa en sitios con tipos de vegetación similares a las presentes en Michoacán en bosques de pino-encino, bosque caducifolio y bosque mesófilo de montaña respectivamente (Aranda et al., 2012; Ávila-Nájera, 2009).

Para Michoacán cuatro trabajos reportan tasas de captura para el venado cola blanca en sitios de bosque tropical caducifolia en los municipios de Arteaga, Aquila y Lázaro Cárdenas: Flores-Hernández (2013) reportó un valor de 27.98 registros cada 100 días-trampa en sitios con vegetación de bosque tropical caducifolio, subcaducifolio en las localidades “El Habblo” y “Playa del Venado” de la región de la Costa (Lázaro Cárdenas); por su parte Charre-Medellín (2012, 2017) reportó

valores de 4-5.5 y 16 registros cada 100 días-trampa en Arteaga donde se presenta bosque tropical caducifolio y subcaducifolio.

Mientras que Valenzuela-García (2015) reportó un valor de 11 registros cada 100 días-trampa en los municipios de Aquila, Arteaga, Gabriel Zamora, La Huacana y Lázaro Cárdenas donde se presenta bosque tropical caducifolio, subcaducifolio, bosque de encino, bosque de pino y bosque de pino-encino.

Estructura poblacional

El venado cola blanca presenta importancia cultural, económica y alimenticia para el ser humano, y es además una especie que desempeña un papel como dispersor de semillas, modificador de la vegetación por su actividad de ramoneo y es importante dentro de las cadenas tróficas de depredadores como el puma, jaguar, coyotes y lince, por ello es importante conocer cómo se representada la estructura de sus poblaciones, que grupos de edad y proporción de sexos están presente dentro de ellas para determinar y reforzar criterios sobre su aprovechamiento (Mandujano, 2009).

Se contabilizaron 3,278 venados y se observó que el grupo característico está formado por una hembra juvenil de la temporada reproductiva anterior y la cría o crías de la temporada más reciente y los machos mayormente solitarios.

El tamaño de grupo coincidió con lo descrito en la literatura donde se plantea que en sitios que presenta densidad de vegetación densa o moderadamente densa, el tamaño de grupo es menor que en áreas con vegetación abierta (Álvarez-Romero y Medellín, 2005; Villareal, 2006), en Michoacán predominan según con Olson et al.

(2001) los bosques secos tropicales y subtropicales de hoja ancha y los bosques de coníferas tropicales y subtropicales, moderadamente densos con un tamaño de grupos de una hembras y sus crías.

En los conteos totales de individuos en cada talla los adultos representaron la mayoría de hembras y machos adultos (con 42.8% y 15.1% respectivamente) y juntos representan el 58% ($n=1,902$) de los individuos totales, mientras que los juveniles representan el 20% ($n=656$) de los individuos, las crías el 3.3% ($n=109$).

La proporción macho: hembra en general fue de 1:2.8 dicha proporción está considerada adecuada en el mantenimiento de crecimiento poblacional para el venado cola blanca dentro de los límites que pueden sostener el hábitat (1:1 a 1:3) (Ojasti, 2000; Sánchez-Rojas et al., 2009; Villarreal, 2006) aunque hubo variaciones por año desde 0 (2007) hasta 16.3 (2010).

En general la proporción crías con respecto a hembras adultas se mantuvo en 0.07 crías por hembras adulta estando por debajo niveles favorables (<0.2) sin embargo, durante el año 2008 se registró 0.5 crías por hembra siendo una proporción favorable.

En el caso de las ecorregiones el Cinturón Volcánico Trans-mexicano y la Costa presentaron los valores de proporción entre macho: hembra dentro de los parámetros poblacionales favorables con 2 y 1.9 hembras por cada macho respectivamente. Mientras que entre adultos y juveniles para las cuatro ecorregiones se mantuvo menor la proporción de juveniles por adultos (Sierra

Madres del Sur con 2.2 juveniles por adulto a 6.2 juveniles en el Cinturón Volcánico Trans-mexicano).

Según Ojasti (2000) aquellas poblaciones con una proporción mayor de juveniles señalan crecimiento poblacional, sin embargo, se debe de considerar en todo caso la capacidad de carga del hábitat y los cambios en la población por estacionalidad para una correcta interpretación (Villareal, 2006).

La diferencia entre proporciones se asocia a factores como la disponibilidad de recursos y mayormente a la presión de actividades humanas como la cacería como alimento y trofeo ya que los machos en general son más propensos a dicha actividad por corpulencia y la extracción de astas como trofeo.

Época de nacimiento

El venado cola blanca es considerado una especie poliéstrica estacional dentro de su rango de distribución por ello ha sido flexible en su hábitat y su comportamiento está asociado directamente con la latitud geográfica (Smith, 1991).

Esto es importante para las especies estacionales ya que la reproducción está condicionada por factores como el clima, alimentación, fotoperiodos etc. (factores exógenos) y por otros como las hormonas (factores endógenos anuales). Para que se produzca la reproducción machos y hembras requieren grandes aportes de energía y nutrientes para su mantenimiento y resistencia corporal dentro de los cambios morfológicos y de comportamiento (Sánchez-Reyes et al., 2011).

Para Michoacán se observa que la época de apareamiento del venado cola blanca comienza entre diciembre y febrero tras siete meses de gestación aproximadamente la época de nacimiento para el venado cola blanca comienza entre septiembre y octubre durante la época húmeda.

Dentro del rango de distribución del venado cola blanca en México la estacionalidad reproductiva es una adaptación donde los nacimientos coinciden con el periodo más favorable del año donde la disponibilidad de alimentos, la sobrevivencia y tasa de crecimiento aumentan (Galindo-Leal y Weber, 1998), por lo tanto, la época de nacimientos se presenta en general para la especie en los meses de julio y agosto.

Como reporta Mandujano et al. 2002 el inicio de la época de apareamiento durante noviembre y enero mientras que la época de nacimientos se presenta durante junio y agosto en los bosques tropicales de Chamela en Jalisco.

Para los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas la época de apareamiento se presenta entre diciembre y enero, mientras que los nacimientos ocurren entre junio y agosto (Villareal, 1999).

Sin embargo, diversos factores climáticos, la disponibilidad de alimento y el fotoperiodo determinan el inicio de la época reproductiva (D'Occhio, 1992; Sánchez-Reyes et al., 2011) esto pueden provocar variación en la fecha de nacimientos en algunas regiones es el caso de este trabajo que registra la temporada de nacimientos durante septiembre y octubre.

Subespecies de venado cola blanca en Michoacán

De las 14 subespecies de venado cola blanca presentes en México (Hall, 1984; Villareal, 1992) se presume en Michoacán ocurren tres de estas: *Odocoileus virginianus sinaloae*: Se presenta en la región costera del Pacífico, desde el sur de Sonora gran parte de Jalisco hasta Colima y Michoacán, incluyendo la región occidental de Guanajuato.

Se ha reportado que *Odocoileus virginianus mexicanus*: ocupa áreas montañosas del centro de México, en los Estados de Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Estado de México, Ciudad de México, Tlaxcala, Morelos el este de Michoacán Guerrero y el norte de Oaxaca y *Odocoileus virginianus acapulcensis*: se encuentra en los planos costeros del Pacífico en las zonas montañosas adyacentes desde los límites de Colima y Michoacán hasta el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca.

Estas tres subespecies se encuentran en la clasificación de subespecies de tipo de vegetación de bosques templados y bosques secos en la ecorregión del Pacífico-centro según los autores (Gallina et al., 2015).

Para este estudio se analizaron foto-registros de venado cola blanca de municipios y sitios que comprenden la extensión de la distribución de las tres subespecies reportadas para Michoacán de los cuales se separaron de acuerdo a dicha división (Villarreal, 1992) y se determinó que se presentaban diferencias corporales en cada grupo que se presume son ejemplares de la subespecie reportada para dichos sitios.

En el caso de este estudio se determinó que se presentan tres grupos de venado cola blanca con características físicas distinguibles; los venados del municipio de Churumuco (Balsas) donde se reporta ocurre *Odocoileus virginianus mexicanus* presentaron un color de pelaje claro, castaño claro y grisáceo, presentaron una complexión corporal delgada cuello estilizado, los machos mostraron astas de tamaño medio con dos o más ramificaciones.

Por su lado en sitios tropicales cerca en Aquila (zona en donde se reporta presencia de *Odocoileus virginianus acapulcensis*) se encuentran individuos de complexión robusta sobre todo en las piernas traseras, pelaje castaño-rojizo poco grisáceo, los machos presentan astas medias-chicas mayormente presentan dos astas largas delgadas con dos y tres ramificaciones o sin ellas.

Por último, en los municipios de Tocumbo y Uruapan (zona en donde se reporta presencia de *Odocoileus virginianus sinaloae*) se presentan dos tipos físicos, el primero en la zona Jal-Mich los individuos presentan una complexión estilizada con cuello delgado, pelaje de color café-rojizo poco grisáceo, presentan a diferencia de los otros tipos de individuos las patas delanteras más cortas que las traseras, las astas de los machos son grandes, delgadas con más de dos ramificaciones

Mientras que los individuos de Uruapan presentan un pelaje más oscuro café grisáceo son de cuerpo robusto pero estilizado con cuello grueso, astas grandes delgadas con más de dos ramificaciones.

Todos los grupos anteriores coinciden con la descripción física y la distribución de las subespecies reportadas para el estado (Gallina et al., 2015; Villareal, 1999; 2006) sin embargo, una clasificación basada en las características físicas puede ser ambigua para en caso del venado que es una especie muy flexible a los requerimientos de hábitat que incluso en poblaciones de la misma subespecie puede haber variaciones y estas dependen de la localidad geográfica (Mandujano et al., 2014).

Por ello se sugiere un análisis a nivel genético que pueda dilucidar si los ejemplares dentro de ciertas áreas pertenecen a la subespecie que sugiere la literatura para determinados sitios, así como determinar si se presentan variaciones y cuales son para las subespecies y su posterior comparación dentro del rango completo en cada subespecie.

Patrones de actividad

Los patrones de actividad son una respuesta adaptativa a la variación ambiental y es distinto entre los individuos de una población debido a la edad, sexo y estado corporal (Reyes-Rivera et al., 2019).

En Michoacán el venado cola blanca presenta actividad durante las 24 horas del día, y los periodos de mayor actividad se registraron durante las horas de luz, las hembras presentan actividad durante la mañana y también durante la tarde antes del crepúsculo, mientras que los machos presentan un rango de mayor actividad que las hembras con un pico durante las primeras horas de la mañana y después del crepúsculo por noche.

Diversos estudios reportan horarios de actividad para el venado cola blanca; Mondragón, (2015) reporta para el estado de Nuevo León que el venado cola blanca presenta actividad diurna y nocturna pero su pico de actividad se presenta durante la mañana de 08:00-10:00 horas.

Por su parte Soria y Monroy-Vilchis (2015) describen para la Sierra Nanchititla la actividad del venado cola blanca como mayormente diurna con picos de actividad de 10:00-12:00 horas, durante las 16:00-18:00 horas y nocturna (00:00-02:00 horas) con muy baja actividad crepuscular.

Para el estado de Michoacán Charre-Medellín (2012) reportó patrones de actividad del venado cola blanca durante las 24 horas del día con mayor actividad de 08:01 a 18:00 horas y muy bajo de las 22:00 a 24:00 horas en los municipios de Arteaga y Lázaro Cárdenas.

Por su parte Valenzuela-García (2015) reporta actividad para el venado cola blanca en los municipios de Aguila, Arteaga, Gabriel Zamora, Huetamo, Lázaro Cárdenas y La Huacana durante las 24 horas del día donde los machos presentan mayor actividad de las 09:00 a las 13:00 horas con un pico de actividad entre las 10:00 y 11:00 horas, mientras que las hembras presentan mayor actividad de 08:00 a 13:00 horas con un pico de actividad similar al de los machos entre 10:00 y 11:00 horas.

CONCLUSIONES

- ❖ La tasa de captura general promedio para Michoacán fue de 11.3 venados/100 días-trampa, se presentó variación de esta tasa de captura a nivel de estación y período de muestreo que van desde uno a 108.8 venados cada 100 días-trampa durante el 2007 y 2010 respectivamente.
- ❖ Para el total de 3,278 venados registrados y clasificados dentro de las ocho tallas establecidas, los adultos hembras y machos representan las mayores frecuencias de registros con el 42.9% y 15.1% (1,406 y 496 venados) respectivamente.
- ❖ La relación macho: hembra en general fue de 1:2.8 encontrándose dentro del índice óptimo para el crecimiento adecuado de la población para venado cola blanca.
- ❖ Se determinó la fecha de nacimiento general para *O. virginianus* entre septiembre y octubre, la época de apareamiento a finales de noviembre principios de diciembre hasta febrero con un periodo de gestación desde febrero hasta agosto para Michoacán.
- ❖ Se identificaron cuatro tipos físicos de venados en zonas templadas y tropicales en donde se reporta la presencia de las tres subespecies descritas en la literatura, sin embargo, para la confirmación de la presencia de las tres subespecies se recomienda realizar análisis genéticos además de estudios fisiológicos y estructurales para confirmar la presencia de las subespecies descritas y si de acuerdo a las zonas donde se presentan existen variaciones dentro de las subespecies.

- ❖ En general *Odocoileus virginianus* mostró actividad principalmente durante el día, los machos presentaron mayor actividad nocturna que las hembras, mientras que para ambos sexos se presentaron dos picos de actividad durante la mañana y tarde-noche.

LITERATURA CITADA

Álvarez-Romero, J. y Medellín, R. A. (2005). *Odocoileus virginianus*. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto U020. México. D.F.

Ambriz-Morales, P., De La Rosa-Reyna, X., F., Sifuentes-Rincon, A., M., Parra-Bracamonte, M., Villa-Melchor, A., Chassin-Noria, O. & Arellano-Vera, W. (2016). The complete mitochondrial genomes of nine white-tailed deer subspecies and their genomic differences, *Journal of Mammalogy*, Volume 97:1,20 pp. 234-245.

<https://doi.org/10.1093/jmammal/gyv172>

Aranda, M., Botello, F., y López-de Buen, L. (2012). Diversidad y datos reproductivos de mamíferos medianos y grandes en el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:778-784. DOI:10.7550/rmb.24850

Ávila-Nájera, D. M. (2009). *Abundancia del Jaguar (Panthera onca) y de sus Presas en el Municipio de Tamasopo, San Luis Potosí. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de México.*

Charre-Medellín, J. F. (2012). *Uso de manantiales por los Mamíferos en Bosques Tropicales de Michoacán. Tesis de Maestría. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.*

- Chávez, C., De la Torre, A., Bárcenas, 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. WWTF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, 88 Fundación Carlos Slim, CONANP, Servicios Ecológicos y científicos pp.108.
- Cortés-Marcial, M. y Briones-Salas M. (2014). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista Biológica Tropical*.
- Díaz-Pulido, A. y Payán-Garrido, E. (2012). Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Panthera Colombia 32 pp.62 (4):1,433-1,448.
- D'Occhio, M. J. & Suttie J. M. (1992). The role of the pineal gland and melatonin in reproduction in male domestic ruminants, *Animal Reproduction Science*, Vol. 30 pp. 135-155.
- Flores-Hernández, A. L. (2013). *Diversidad de Mamíferos en un Bosque Tropical Subcaducifolio fragmentado, en la Costa de Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Flores-Torres, Y. (2018). *Uso de hábitat y patrones de actividad de los depredadores superiores en un bosque templado fragmentado en Michoacán*. Tesis de

Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán pp.71

Galindo-Leal, L. y Weber, M. (1998). El venado de la Sierra Madre Occidental: Ecología, Manejo y Conservación. EDICUSA-CONABIO, Ediciones Culturales SA de CV (pp. 272).

Gallardo-Tellez, E. (2018). *Variación del ensamble de mamíferos mediano y grandes en la estación biológica "Vasco de Quiroga" en Uruapan, Michoacán, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán pp. 88

Gallardo-Tellez, E. (2021). *Evaluación de efectos de antropización en los ensambles de mamíferos medianos y grandes de bosque templado de la región aguacatera de Michoacán*. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán pp. 144.

Gallina, S. & Mandujano, S. (2009). Research on ecology, conservation and management of ungulates in Mexico. *Tropical Conservation Science* Vol. 2 (2):116-127. www.tropicalconservationscience.org

Gallina, T., S., Mandujano, R., S., y Villarreal-Espino O. A., (Edits.). (2014). Monitoreo y manejo del venado cola blanca: Conceptos y métodos. Instituto de Ecología, A. C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Xalapa, México pp. 220.

Gómez-Cárdenas, E. (2019). *Riqueza y abundancia del ensamblaje de mamíferos de talla mediana y grande de la Sierra de Jalmich, en Michoacán*. Tesis de

Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán pp. 74.

Guido-Lemus, D. (2015). *Riqueza, abundancia y patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes, en diferentes condiciones de manejo en la región del bajo Balsas, Michoacán*. Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán pp.110.

Halls, L. K. (ED.). (1984). *White-tailed deer: ecology and management*. Stackpole Books, Harrisburg, Pennsylvania, pp. 870.

Lara-Díaz, N. E., Coronel-Arellano, H., González-Bernal, A., Gutiérrez-González, C., y López González, C. A. (2011). Abundancia y densidad de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus couesi*) en Sierra de San Luis, Sonora, México. Laboratorio de Zoología, Facultad de ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. *Therya Vol. 2(2)*: pp.125-137

López-Ortiz, E. (2017). *Riqueza y abundancia de los mamíferos medianos y grandes de la estación biológica "Vasco de Quiroga" en Uruapan, Michoacán, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán pp. 57 y Anexos.

Llascal-Furter, S., (2016). *Efecto de la Abundancia de Presas Silvestres sobre la Depredación de Ganado por Felinos en el Sur de México*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México. Estado de México, México.

Mandujano, R. S., Gallina, T. S, Arceo, G., y Sánchez-Rojas, G. (2002). Capítulo: Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus sinaloae* J. A. Allen). En *Historia*

Natural de Chamela (pp.415-422) Primera Edición: Publicado por Instituto de Biología UNAM. Ciudad de México, México.

Mandujano-Rodríguez, S. (2009). Consideraciones ecológicas para el manejo del venado cola blanca en UMAS extensivas en los bosques tropicales. En Sánchez O. (Ed.) *Métodos para la evaluación, monitoreo y conservación de poblaciones de vertebrados terrestres en sitios templados y del trópico de México*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Unidos para la Conservación. México, D.F.

Mandujano, S., Delfín-Alfonso C. A., & Gallina, S. (2010). Comparison of geographic distribution models of white-tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780) subspecies in Mexico: biological and management implications. *Therya* 1: 41-68.

Mandujano, S. (2011). Consideraciones para el manejo el manejo del venado cola blanca en UMA extensivas en bosques tropicales. En Sánchez, O., Zamorano, P., Peters, E., & Moya, H. (Eds.). *Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México* (p. 249-275). SEMARNAT, México D.F., México.

Mandujano, S., Delfín-Alfonso C., A., y Gallina S. (2014). Ecoregiones y manejo de subespecies del venado cola blanca. En Gallina, S., Mandujano S., y Villarreal Espino-Barros. O. A. (Edits) *Monitoreo y manejo del venado cola blanca: conceptos y métodos* (pp 173-178). Instituto de Ecología A.C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Xalapa, Ver. México.

- Mondragón, J., J., C. (2015). Estimación de la densidad poblacional del Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus*) por medio de cámaras-trampa, en el Rancho La Mesa, Marín Nuevo León.
- Monroy-Vilchis, O., Cabrera, L., Suárez, P., Zarco González, M., Rodríguez-Soto C., y Urios. V. (2008). Uso tradicional de vertebrados silvestres en la Sierra Nanchititla, México. *Interciencia* 33: 308-313.
- Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M., Rodríguez-Soto, M., Soria-Díaz, C., Vicente-Urios. L. (2011). Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: Abundancia Relativa y Patrón de actividades. Estación Biológica Sierra Nanchititla, Universidad Autónoma del Estado de México pp.11.
- Ojasti, J. (2000). Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Zoología Tropical. Universidad Central de Venezuela. Edit. Dallmeier, F. Smithsonian Institution. Washington, D.C. pp. 109-116
- Reyes-Rivera, F., Serna-Lagunas R., y Salazar-Ortiz, J. (2019). Patrones de comportamiento reproductivo de *Odocoileus virginianus veracruzis* (Goldman y Kellog, 1940), en cautiverio, en la UMA El Pochote, Ixtaczoquitlan, Veracruz. *Revista de Zoología* 30 pp. 54-77.
- Safari Club International (2000). Record Book of trophy Animals. Safari Club International Tucson, Arizona, USA.
- Sánchez-Reyes, G., Ambriz-García, D., y Navarro-Maldonado, M. C. (2011). La reproducción animal asistida: Un instrumento para el concierto de la conservación. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México, DF.

- Sánchez-Rojas, G., Aguilar-Miguel, C., y Hernández-Cid, E. (2009). Estudio poblacional y uso de hábitat por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque templado de la sierra de Pachuca, Hidalgo. Laboratorio de Biología de la Conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. *Tropical Conservation Scencie*. Vol. 2(2):204-214 pp.
- Santiago-Juárez, D. (2012). *Comportamiento sexual del venado cola blanca (Odocoileus virginianus) Aspectos Generales*. Tesis de ingeniería. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México.
- Smith, W. P. (1991). *Mammalian Species. Odocoileus virginianus*. American Society of Mammalogists. No.388 pp. 1-13.
- Smith, N. S. (1984). Reproduction in Coues whitetailed deer relative to drought and cattle stocking rates. In Krausman, P. R. & Smith, N. S., (Eds). *Deer in the southwest: a workshop* Arizona pp. 13-20.
- Soria-Díaz, L., & Monroy-Vilchis, O. (2015). Monitoring population density and activity pattern of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in Central Mexico, using camera trapping. *Mammalia* 2015;79(1):43–50. DOI 10.1515/mammalia-2013-0107
- Valenzuela-García, A. (2015). *Análisis de la estructura poblacional y patrón de actividad del venado cola blanca (Odocoileus virginianus) mediante trampas cámara en bosques tropicales de Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

- Villarreal, G. J. G. (1999). Venado Cola Blanca: Manejo y Aprovechamiento Cinegético. Unión Ganadera Regional de Nuevo León, N.L., México.
- Villarreal-Espino, O. (2002). El grand slam del venado cola blanca mexicano, una alternativa sostenible. Archivos de Zootecnia 51: 187-193
- Villarreal, G. J. G. (2006). Venado Cola Blanca, Manejo y Aprovechamiento Cinegético. Unión Ganadera Regional de Nuevo León (UGRNL). Fundación PRODUCE Nuevo León, A.C. Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas (CNOG). Segunda Edición (pp. 411).
- Villarreal-Espino, O. A. (2006). El Venado Cola Blanca en la Mixteca Poblana: Conceptos y Métodos para su Conservación y Manejo. Fundación Produce Puebla A. C., Puebla.
- Villarreal, G. J. G. (2014). Veinte años de la repoblación de venado cola blanca texano en Cerralvo, Nuevo León, México. Ciencia UAANL, Consejo Estatal de Flora y Fauna Silvestre, A.C.
- Villareal, O., Villareal G., J., Viejo G. J., Reséndiz, M. R., y Romero C. S. (2015). Nuevas categorías de trofeos de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) del Safari Club Internacional, para México. *Revista Colombiana CiencAnim* 2014 6(2):382-388.
- Weber, M. y González, S. (2003). "Latin America deer diversity and conservation: A review of status and distribution". *Ecoscience* 10: 443-454.

Yasuda, M. (2004). Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study*. 29:37-46

ANEXOS

Anexo 1. Escala de valor (1-100) para las variables en la construcción del modelo de idoneidad para *O. virginianus*

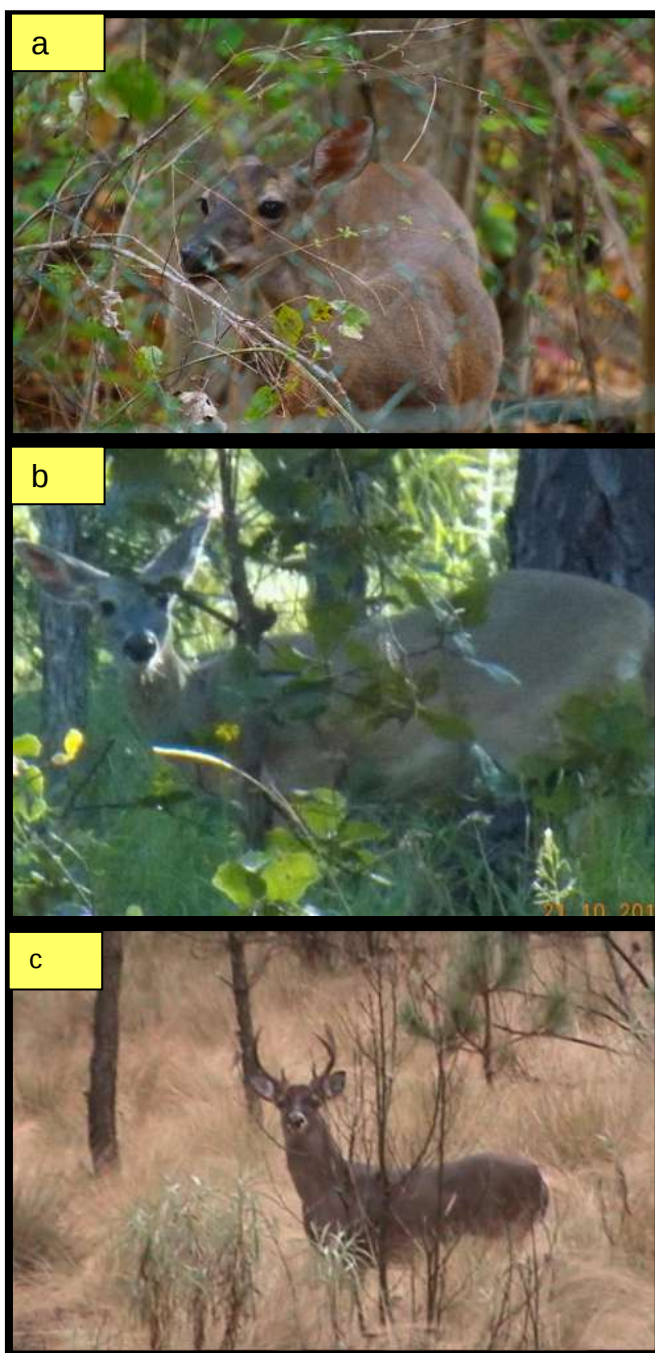
VARIABLE	RANGOS (RECLASS)	ESCALA DE VALORES	VARIABLE	RANGOS (RECLASS)	ESCALA DE VALORES	VARIABLE	RANGOS (RECLASS)	ESCALA DE VALORES
COR_INTERM	1	100	MDE	1	75	DISTANCIA_CARRETERAS	1	1
	2	100		2	88		2	13
	3	88		3	88		3	13
	4	88		4	100		4	51
	5	75		5	100		5	75
	6	75		6	100		6	88
	7	83		7	100		7	88
	8	51		8	88		8	88
	9	13		9	88		9	100
	10	13		10	75		10	100
COR_PERENN	1	100	DISTA_LOCA	1	1	VEGETACION	Agricultura de riego	Restricted
	2	100		2	1		Agricultura de temporal	1
	3	83		3	1		Cultivo perenne	Restricted
	4	51		4	1		Asentamientos humanos	Restricted
	5	28		5	13		Pastizal inducido pastizal cultivado	13
	6	1		6	51		Bosque de encino/veg primaria arborea	88
	7	1		7	83		Bosque de encino/veg secundaria herbacea	75
	8	1		8	75		Bosque Oyamel primario	88
	9	1		9	88		Bosque Oyamel secundario	75
	10	1		10	100		Bosque de pino/veg primaria arborea	100
SLOPE	1	88	DENSIDAD	1	100		Bosque de pino/veg secundaria herbacea	75
	2	100		2	88		Bosque mesófilo primario	100
	3	88		3	75		Bosque mesófilo secundario	75
	4	75		4	75		Bosque pino encino/veg primaria	100
	5	51		5	83		Bosque pino encino/veg secundaria	75
	6	13		6	83		Selva baja caducifolia/ veg primaria	100
	7	1		7	38		Selva baja caducifolia/ veg secundaria	75
	8	1		8	38		Selva mediana caducifolia/ veg primaria	100
	9	1		9	13		Selva mediana caducifolia/ veg secundaria	75
	10	1		10	1		Cuerpos de agua	Restricted
							Manglar	1
							Popal-tular	1
							Sin vegetación aparente	Restricted

Anexo 2. Idoneidad de hábitat y presencias del venado cola blanca en Michoacán.

Anexo 3. Tipo de vegetación y porcentaje de presencias del venado cola blanca en cada tipo para Michoacán.

Tipo de vegetación	No. Presencias	Proporción
Agricultura de temporal	1	0.5%
Bosque de encino/veg primaria arbórea	30	15.3%
Bosque de encino/veg secundaria herbácea	5	2.6%
Bosque de pino/veg primaria	24	12.2%
Bosque de pino/veg secundaria	4	2%
Bosque pino encino/veg primaria	6	3.1%
Bosque penciino encino/veg secundaria	1	0.5%
Cultivo perenne	8	4.1%
Pastizal inducido pastizal cultivado	25	12.8%
Bosque tropical caducifolio/veg primaria	22	11.2%
Bosque tropical caducifolio/veg secundaria	33	16.8%
Bosque tropical subcaducifolio/veg primaria	36	18.4%
Total	196	100%

Anexo 4. Foto-registros en la literatura de las tres subespecies presentes en Michoacán (a= *Odocoileus virginianus acapulcensis* Fuente:Naturalista, b= *Odocoileus virginianus sinaloae* Fuente:Naturalista, c= *Odocoileus virginianus mexicanus* Fuente:Naturalista).



Anexo 5. Conteo de eventos independientes e venados registrados en los municipios de presencia en Michoacán.

Municipio	Estaciones con presencia	Eventos	Venados
Acuitzio	5	23	28
Aguila	8	296	316
Arteaga	69	733	817
Churumuco	1	1	1
Coalcomán de Vázquez Pallares	2	56	67
Gabriel Zamora	4	19	19
Huetamo	1	5	5
La Huacana	8	69	79
Lázaro Cárdenas	20	430	501
Tancítaro	11	69	74
Tocumbo	39	1,000	1,126
Uruapan	28	226	275
Total	196	2,927	3,308

Anexo 6. Tipos de vegetacion para este trabajo y sus equivalencias según diversos autores en México.

Tipo de vegetación usada en este trabajo	Tipo de vegetación equivalente
Bosque tropical perennifolio (Rzedowzki, 1978)	Selva alta perennifolia, selva alta o mediana subperennifolia (Miranda y Hernández, 1963) Selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia (Flores et al., 1971) Selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia y selva alta subperennifolia (INEGI, 1988)
Bosque tropical caducifolio (Rzedowzki, 1978)	Selva baja caducifolia (Miranda y Hernández, 1963) Selva baja caducifolia (parcial) (Flores et al., 1971) Selva baja caducifolia (INEGI, 1988)
Bosque tropical subcaducifolio (Rzedowzki, 1978)	Selva alta o mediana subcaducifolia (Miranda y Hernández, 1963) Selva mediana subcaducifolia, selva mediana subperennifolia (parcial) (Flores et al., 1971) Selva mediana subcaducifolia (INEGI, 1988)
Bosque espinoso (Rzedowzki, 1978)	Selva baja subperennifolia (parcial), selva baja espinosa perennifolia, selva baja espinosa caducifolia (Miranda y Hernández, 1963) Selva baja caducifolia (parcial), selva baja subperennifolia, mezquital (parcial) (Flores et al., 1971) Selva baja espinosa, selva baja perennifolia, selva baja subperennifolia, mezquital (parcial) (INEGI, 1988)
Pastizal (Rzedowzki, 1978)	Pastizales, zacatonales, vegetación de paramos de altura, (Miranda y Hernández, 1963) Pastizal, zacatonal, sabana (Flores et al., 1971) Pradera de lata montaña o zacatonal, pastizal, pastizal halófilo (INEGI, 1988)
Matorral Xerófilo (Rzedowzki, 1978)	Matorral espinoso con espinas laterales, cardonales, tetecheras, matorral espinoso con espinas terminales, matorral inerme, parvifolio, magueyales, vegetación de desiertos áridos arenosos (Miranda y Hernández, 1963) Mezquital (parcial), chaparral, matorral submontano, matorral crasicaule, matorral desértico rosetófilo, matorral desértico micrófilo (Flores et al., 1971) Chaparral, mezquital, matorral de coníferas, desértico micrófilo rosetófilo costero, con rosetófilos acaules, nopalera y cardonal, vegetación halófila, de desiertos arenosos, vegetación de dunas costeras (INEGI, 1988)
Bosque de encino (Flores et al., 1971)	Bosque de Quercus (Rzedowski, 1978) Encinares (Miranda y Hernández, 1963) Bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de táscate (INEGI, 1988)
Bosque de coníferas (Rzedowzki, 1978)	Pinares, bosques de abetos u oyameles (Miranda y Hernández, 1963) Bosque de pino, bosque de oyamel (Flores et al., 1971) Bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque táscate (INEGI, 1988)
Bosque mesófilo de montaña (Rzedowzki, 1978)	Selva mediana o baja perennifolia, bosque caducifolio (parcial) (Miranda y Hernández, 1963)

