



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS

DE HIDALGO

FACULTAD DE BIOLOGÍA

PROGRAMA INSTITUCIONAL MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**“ANÁLISIS MULTICRITERIO E ÍNDICES DE CALIDAD DE HÁBITAT PARA EL
MANEJO POTENCIAL DEL VENADO COLA BLANCA EN EL TRÓPICO DE
MICHOACÁN.”**

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar
Por el Grado de
Maestro en Ciencias

Por

Biol. Iván Díaz Pacheco.

Director de Tesis: Dr. Tiberio Cesar Monterrubio Rico.

Co-director de Tesis: Dr. Juan Manuel Ortega Rodríguez

Diciembre 2011



ÍNDICE.

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE.....	iii
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	6
Análisis multicriterio (EMC),,,.....	6
Proceso analítico jerárquico (AHP).....	7
Venado cola blanca en Michoacán.....	10
Factores de declive en las poblaciones de venado.....	10
Análisis de Poblaciones mínimas viables (APMV).....	11
OBJETIVOS.....	14
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
Regiones de estudio	15
Análisis conceptual.....	17
Análisis de Poblaciones mínimas viables (PMV).....	17

Caracterización ambiental.....	18
Análisis multicriterio (EMC).....	19
Proceso analítico jerárquico (AHP).....	21
Insumos y herramientas SIG.....	22
Validación del índice de aptitud del hábitat para el venado cola blanca en el Trópico de Michoacán.....	24
RESULTADOS	26
Índice de aptitud de hábitat para el venado cola blanca en el trópico de Michoacán.....	26
Características ambientales de las categorías de aptitud del índice resultantes.....	27
Características de los mapas del índice de aptitud de hábitat.....	29
Superficie de cada región con base en el índice de aptitud de hábitat del modelo compuesto.....	34
Validación del modelo de aptitud del hábitat para venado en el trópico.....	36
Características del entorno de poblaciones de venado cola blanca, en el Trópico de Michoacán a nivel local (paisaje).....	37
Validación del índice de aptitud de hábitat.....	41
Recomendaciones generales de manejo	43
DISCUSIÓN.....	45
CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	52

ANEXO I. Especies dieta del venado cola blanca en el trópico de Michoacán.....62

ANEXOS II. Mapas-bases empleados en el análisis multicriterio en el índice de aptitud del hábitat para el venado.....67

ANEXO III. Plantas nativas propuestas en las mejoras de hábitat en ambientes tropicales, en el Trópico de Michoacán.....75

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Ubicación del área de estudio en la región tropical de Michoacán.....17

Figura 2. Proceso de análisis conceptual para evaluar las poblaciones de venado cola blanca.....18

Figura 3. Diagrama metodológico del proceso de decisión (EMC).....20

Figura 4. Jerarquía de decisión del AHP.....21

Figura 5. Mapa de aptitud de hábitat basado en el inventario nacional forestal.....30

Figura 6. Mapa de aptitud de hábitat basado en un NDVI.....31

Figura 7. Mapa de aptitud de hábitat basado en un compuesto de imágenes satelitales y agrupación de vegetación.....32

Figura 8. Histograma de frecuencias de registros de venado cola blanca y correspondencia con las categorías del índice de aptitud del habitat.....40

LISTA DE CUADROS.

Cuadro 1. Criterios para la presencia del venado cola blanca y las reglas de decisión la aptitud de cada criterio, para la obtención del índice de aptitud del hábitat para el venado en el trópico de Michoacán.....	22
Cuadro 2. Ecuación del MCE.....	23
Cuadro 3. Resultados con los niveles de valor de prioridad para las variables a emplearse en el índice de aptitud de hábitat para venado cola blanca en el trópico de Michoacán.....	26
Cuadro 4. Superficie en km² y sus porcentajes de las categorías de aptitud de los tres modelos de aptitud de hábitat generados con diferentes insumos de vegetación.....	30
Cuadro 5. Superficie en km² (%) de cada región en base al nivel de aptitud del índice para el venado cola blanca.....	34
Cuadro 6. Cronograma de salidas de campo efectuadas en el proyecto.....	36
Cuadro 7. Densidad poblacional estimada para poblaciones en localidades selectas de venado en el trópico Michoacano.....	37
Cuadro 8. Valores promedios de densidad, y estimaciones de superficie necesaria para albergar poblaciones mínimas viables.....	38
Cuadro 9. Valores abióticos de PMV, dominantes por región tropicales de estudio.....	38
Cuadro 10. Estimación de coberturas de vegetación en superficies estimadas para albergar poblaciones viables en ambientes tropicales de Michoacán.....	40
Cuadro 11. Valores de presión humana, por región de estudio.....	39
Cuadro 12. Valores empleados en la prueba χ^2.....	42
Cuadro 13. Propuestas y acciones para el manejo del venado cola blanca en base al índice de aptitud del hábitat en el Trópico de Michoacán.....	44

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la oportunidad que me brindo el Dr. Tiberio Monterrubio, por guiarme en mis momentos de desconcierto. Por aceptarme como tesista de maestría y ser parte del Laboratorio de investigación en Vertebrados Terrestres Prioritarios. Gracias.

A la Dra. Yvonne Herrerías y Dr. Alejandro Pérez por ser parte del comité tutorial, por su preocupación constante en mi formación, y por los comentarios en el proceso final. Gracias.

Agradezco sinceramente al enorme esfuerzo e interés al Dr. Juan Manuel Ortega, por adentrarme en el uso de los SIGS, análisis multicriterio y proceso jerárquico. Por las revisiones hechas para mejorar el manuscrito y por sus comentarios críticos. Gracias.

Al Dr. Joaquín Arroyo, por brindarme su apoyo en los tutorales, por el interés mostrado en el manejo y conservación del venado cola blanca en Michoacán. Por aceptar ser el asesor externo en el proceso de formación del posgrado. Siendo para mí un respeto trabajar con usted. Gracias.

De los Dr. Alfredo Amador, MC. Carlos Tena, Xavier Madrigal y Biol. Connie Huerta. Quienes me propusieron ideas en la forma, redacción y alcances del proyecto. Gracias

A mis compañeros de laboratorio: Cristina Colín, Karla Noguez, Max Álvarez, Mario Suarez, Rubí Castro, Ruth Tafolla, Laura Gudiño, Noemí García, Adrian Morales, Felipe Charre, Miguel de Labra, Tano Leal, Larisa Ortega, Felipe León. A todos ustedes. Gracias.

A la C. Dra. Consuelo Marín, por su amistad, tiempo y dedicación como hermanos académicos. Por su valioso apoyo en los análisis SIG, revisión en la estimación de pixeles. Por los errores y aciertos cometidos en los cálculos del índice. María Gracias.

A los buenos amigos de: **Huacana**, Abel Rodríguez y Cuca, Sebastián Morales y Maby, a Don Marcelino y Doña Felipa, y a la memoria de Don Matías. En **Lázaro Cárdenas** a Juan Mendoza y Liliana, y por la cordialidad de la Familia Sagrero. En **Apatzingán** a los Ejidatarios de San José de Chila y Acatlán. Agradezco el valioso apoyo de la familia Chávez Mendoza. Y en **Zamora** a Sadot Rodríguez Valdivia y a su secretaria del Club Cinegético de Zamora A.C. Por confiar en mí, y saber que hacemos las cosas lo mejor posible.

DEDICATORIA

A la memoria de mis abuelas Ma. de Jesús y Audelia Viveros,

A mi padre Urbano Díaz.

Quienes me cuidan sigilosamente y me respaldan día a día.
Me brindan fortaleza, aun en mis momentos de desfallecimiento.

Los llevo siempre en mis pensamientos y corazón.

A mi madre Ma. del Socorro Pacheco.

Quien siempre a confiado en mí y en las metas que me fijo en la vida. A pesar de los difíciles pruebas que la vida me pone frente, siempre estás ahí conmigo apoyandome.

A mis hermanos, cuñada y sobrinos: Israel, Sonia, Ryan, Dorian y Sofía. A Claudia, Tania y Santiago Díaz.

Gracias por estar siempre conmigo en momentos buenos y malos. Los quiero mucho. Y nuevamente comparto con ustedes una meta y logro en la vida profesional.

A mis tíos: Temo y Lilia; a David, Alejandro, Trino; Nicolás y Lourdes.

A mis primos: Samantha, Jorge y Romina; Mara y Emilio; Nelly, Paola, Argelia, Temo, Ramsés, Raquel y Regina; Wendy, Alan; Maricruz, Juan, Miguel y Román; Janitzi y Ray; Paty, Paco y Patito; Aníbal, Evelyn, Yunuen y Michel. Jacinto, Gerardo y Alejandra.

Quienes me han hecho levantarme y seguir adelante. Gracias por su apoyo incondicional, el cual me han demostrado que la vida es una constante lucha y que en ella he salido victorioso muchas veces.

A mis grandes amigos: Arte, Carmen, Paloma, Tío, Toño (Los Tovares);

Ángeles Herrejon; Luz, Gina y Lido (Las Tres Guillen);

A Luisa y mí ahijado Oswaldo Herrera, y Ale García.

Gracias a ustedes, la vida se me ha hecho más amena; por hacerme sentir alguien muy valioso e importante; por minimizar y olvidar mis problemas.

Por llorar y reír; por caernos y alzarnos; y saber que siempre estamos ahí.

En especial al Dr. Rafael Reyes.

Quien me devolvió la posibilidad de caminar y soñar. Me regreso de nuevo la confianza para continuar con la vida profesional, después de cinco años de espera.

Por sus palabras de aliento, por el impulsó en el camino de la maestría.

Por su paciencia y corregirme la forma de caminar por la vida.

A ti que me das esa saga de seguir adelante, por quien me esfuerzo para construir un mundo ambicionado e idealizado.

Por compartirme de ti, de tu tiempo, dedicación, compañía y familia.

Por ser mi mitad y complementarme.

RESUMEN

En este estudio se presenta un índice de aptitud ambiental para evaluar el hábitat potencial del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), en la región tropical del estado de Michoacán. Mediante el índice se establecieron cinco categorías de aptitud potencial para regiones y municipios en el trópico de Michoacán. En el desarrollo del índice se utilizó un sistema espacial de soporte de decisiones cuyos componentes eran un sistema experto, el Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) y la Evaluación Multicriterio (EMC), como herramienta de síntesis para la obtención del índice. Se incorporaron los requerimientos ambientales propios de la especie, mediante una revisión exhaustiva de la literatura publicada. Para el análisis EMC, se emplearon siete criterios para generar un modelo (índice de calidad ambiental), el primer criterio fue tipos de vegetación y uso del suelo, desarrollándose tres mapas alternativos con distintos insumos, el primero fue con base en el Inventario Nacional Forestal, un segundo usando un NDVI (índice normalizado de vegetación), y el tercero basado en un mosaico de imágenes satelitales (satélite LandSat), clasificadas digitalmente en tipos de vegetación. Otras variables (criterios) consideradas fueron: la distancia a los cuerpos de agua; estimaciones de densidad humana como factor de presión; pendiente del relieve, orientación de las laderas y elevación. En el índice se generaron cinco categorías con valores numéricos de aptitud de hábitat para el venado, considerando sitios con alta aptitud hasta áreas no aptas. El mapa y el índice de aptitud generados con el mosaico de imágenes satelitales, y clasificadas digitalmente en tipos de vegetación fue seleccionado para analizar las tres regiones con predominancia de ambientes tropicales, y que actualmente presentan poblaciones viables de venado en el estado de Michoacán. Con base en la aptitud, se identificó la extensión de los municipios y regiones que presentan distintos potenciales para el aprovechamiento, manejo y conservación del venado. El índice se validó y analizó mediante

la utilización externa de 267 registros de distribución observada del venado, concentrándose el 77% de estos sobre superficies de aptitud media y alta. La distribución de los registros fue estadísticamente significativa, ya que las observaciones de campo fueron independientes de la distribución homogénea basada en la disponibilidad de cada categoría. Se recomienda emplear el índice de aptitud de hábitat para manejar las poblaciones de venado cola blanca en el estado. El índice puede ser mejorado mediante un análisis que incluya mayor dispersión geográfica de registros de campo.

Palabras clave: Proceso Analítico Jerárquico, Evaluación Multicriterio, hábitat, venado cola blanca, trópico de Michoacán.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se han desarrollado nuevas formas de analizar la problemática que involucra el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Desarrollándose enfoques como la “ecología espacial”, la cual intenta explicar los procesos ecológicos teniendo como base la distribución espacial, los requerimientos propios de una especie, y los elementos ambientales que lo integran. Evaluando la respuesta de las especies ante condiciones ambientales heterogéneas de los hábitats, y por tanto, que limitan la distribución de las mismas (Turner *et al.*, 2001). El análisis de las poblaciones se realiza generalmente a dos escalas de interpretación: *a) local*, mediante el análisis de poblaciones mínimas viables (APMV) (Primack, 2001; Traill, *et al.* 2007). O *b) espacial*, a nivel espacial regional mediante la utilización de imágenes satelitales (Linkov y Steevens, 2006).

Joerin *et al.* (2001), consideran el empleo de mapas de aptitud ecológica aplicados al uso de recursos, mismos que permiten la toma de decisiones complejas sobre el rumbo del desarrollo sustentable. Agregando elementos-base a un problema en común, que por sí solos los Sistemas de Información Geográfica (SIG), no proporcionan una respuesta conveniente, pero si añadimos el análisis multicriterio darán como un resultado mapas de apoyo científico útiles en la planificación de un recurso. Mientras Fleming *et al.* (2004), añade que sí los biólogos aplican cada vez más el análisis satelital y espacial sobre el hábitat de especies, se podrían construir una serie de mapas clasificados que permitan definir políticas y estrategias para encaminar el aprovechamiento sustentable.

Una especie cuya distribución, abundancia y manejo pueden ser evaluadas adecuadamente con análisis espaciales, es el venado cola blanca (*O. virginianus*). La especie se distribuye a lo largo del Continente Americano, presentando treinta subespecies, mismas que ocurren en una

enorme diversidad de ambientes y hábitats, en climas extremos, y bajo condiciones alimenticias diferentes, enfrentando además presiones y condiciones antropogénicas diversas (Halls, 1984). Michoacán es un estado donde el venado todavía ocurre en la mayor parte del territorio, desde los ambientes templados, matorral subtropical, zonas de transición hasta los bosques tropicales caducifolios, subcaducifolios y secos (Hall, 1984; Villareal, 2000; y Rojo *et al.*, 2007).

El venado es el principal mamífero cinegético en el estado, ya que las comunidades rurales hacen un aprovechamiento extractivo con fines de subsistencia, comercialización y cinegético. Recientemente se le ha incluido en prácticas de ganadería diversificada con el establecimiento de criaderos o venaderos, buscándose como política gubernamental la diversificación productiva y el desarrollo socioeconómico rural bajo la modalidad de ranchos cinegético (Weber, 1993; Pérez-Gil *et al.*, 1995; Villareal, 2000).

La especie es de particular relevancia para las regiones del trópico Michoacano, ya que estas zonas concentran la mayor actividad cinegética del estado por el número de UMAS establecidas (Huerta, 2011. Com pers.), siendo además las regiones más ricas en biodiversidad, y donde se concentran la mayor cantidad de comunidades en condiciones de marginación (CONANP, 2006 y www.conapo.gob.mx). Por lo que el venado, su distribución natural y su abundancia se relaciona con las condiciones ambientales en el trópico michoacano, presentando una oportunidad para la aplicación de un análisis multicriterio que proporcione múltiples servicios, tanto para identificar el potencial de aptitud del hábitat, como para orientar el manejo de la especie de manera regional.

En este trabajo se presenta un nuevo enfoque y herramienta para el análisis sobre el uso y el aprovechamiento sustentable del venado en el estado, útil para los diferentes sectores:

dependencias gubernamentales-ambientales, sector rural, propietarios de predios donde se distribuye la especie. Los modelos de aptitud ambiental y sus mapas asociados permiten la planeación espacial de las actividades de manejo para la especie, desde el establecimiento de criaderos extensivos; identificación de áreas para conservación, además de permitir evaluar a los prestadores de servicios técnicos el potencial de la especie en predios, y finalmente con los tomadores de decisión, quienes pueden diseñar diferentes estrategias y alternativas de uso del hábitat y categorías de aprovechamiento.

ANTECEDENTES

Análisis multicriterio (EMC).

El análisis multicriterio es una herramienta eficaz para la toma de decisiones, ayudando a evaluar, priorizar y seleccionar los conjuntos de datos para la solución de un problema complejo (Ávila, 2000; y Kiker *et al.*, 2005). Linkov y Steevens (2006), señalan que el marco científico del EMC, permite vincular información de criterios de decisión y elaborar ponderaciones por un tomador de decisión, permitiendo visualizar y cuantificar todo proceso aplicado a cualquier campo de manejo. Riascos (2010), añade que actualmente se usan en el estudio ambiental, analizando e identificando el conjunto de funciones del medio ambiente. Por lo tanto el EMC, representan una forma de análisis de acción ante la gestión y problemática ambiental.

Los elementos del EMC son explicados en los trabajos de Ortega (2003), y Riasco (2010) y generalmente siguen un conjunto de reglas: 1) definición de un problema; 2) identificar y seleccionar los criterios de evaluación en la toma de decisión, 3) generación de las alternativas de decisión con los involucrados activos y pasivos, 4) crear ponderaciones de los criterios como parte de la solución del problema, 5) elegir las reglas de decisión o criterios de un factor, encontrando la mejor alternativa de solución al problema planteado, 6) validar mediante un análisis de sensibilidad de todo el proceso, y 7) brindar las recomendaciones futuras del análisis multicriterio.

En conclusión el EMC integra las diferentes dimensiones de un problema, y proporciona una visión integral y conjunta de diversos indicadores. Ya que la toma de decisiones incluyen conflictos sociales, económicos y ambientales. Como complemento a la disgregación del problema, se apoya en el proceso analítico jerárquico.

El proceso analítico jerárquico (AHP).

Fue creado por Saaty en 1980. Actualmente se aplica en la evaluación de planes, formulación de políticas de gestión ambiental, planificación del territorio, planeación estratégica de uso de los recursos naturales, entre otros. Es un proceso mecánico, sistemático, explícito, riguroso y robusto que incorpora el conocimiento y experiencia de expertos para el establecimiento de prioridades, emitiendo juicios subjetivos. Realiza comparaciones pareadas entre criterios en cada uno de los niveles jerárquicos y de sus posibles cursos de acción (decisiones). Las comparaciones llevan a vectores de prioridad que complementan a la jerarquía, y finalmente conducen a un vector de prioridad final de alternativas de decisión. La flexibilidad de este proceso es que presenta una variedad de toma de decisiones, lo que lo hace una herramienta útil, justa y objetiva (Eastman, 2006).

Estos modelos se han aplicado en la actualidad a las poblaciones de vida silvestre, relacionando factores ambientales con una especie determinada, obteniendo una evaluación generalizada del hábitat. Una de las herramientas tecnológicas básicas es el empleo de sistemas de información geográfica denominados comúnmente SIG, mismos que aportan los parámetros de análisis del hábitat a una escala espacial adecuada en la planeación sobre la fauna silvestre (Keeney, 1982; Kangas, 1993; Schmoldt *et al.*, 1994; Tran *et al.*, 2002; y Ortega, 2003).

Siendo uno de los resultados obtenidos, la definición de uno o varios mapas de hábitat o aptitudes del mismo, permitiendo visualizar distintos escenarios actuales, futuros y tendencias, auxiliando y definiendo políticas ambientales adecuadas (Mendoza y Prabhu, 2000; y Tran *et al.*, 2002). Existen distintos ejemplos sobre la aplicación de análisis multicriterio en vida silvestre; Lancia *et al.* (1986), desarrollaron modelos espaciales para evaluar la calidad del hábitat en tres especies de aves, empleando datos ambientales georeferenciados crearon mapas de disponibilidad de hábitat. Mismos que fueron validados con frecuencias observadas en el uso del hábitat, determinando zonas de diferentes niveles de

aptitud. Lion *et al.* (1987), presentaron dos modelos de disponibilidad espacial del hábitat en el pato (*Aix sponsa*) en zonas boscosas húmedas. Emplearon variables topográficas, tipos de vegetación, hidrografía e infraestructura para la modelación, modelo validado con verificaciones de campo. Pereira e Itami (1991) realizaron una regresión logística basada en una modelación del hábitat con SIG para la ardilla roja norteamericana (*Tamiasciurus hudsonicus*), encontrando que del área analizada, solo el 3% presenta hábitat disponible para la especie.

En estudios realizados con venado cola blanca, destacan los trabajos de Ormsby y Lunetta (1987), quienes desarrollaron mapas de disponibilidad de alimento para el venado cola blanca, derivados de datos digitales y temáticos, obteniendo un modelo de sustentabilidad del hábitat para la especie. Roseberry y Woolf (1998), analizaron y explicaron con el empleo de imágenes satelitales, el uso potencial del hábitat en el venado cola blanca en Illinois, Estados Unidos. Estimaron mediante el modelo densidades potenciales de 4 a 5 venados/km² en áreas abiertas, y entre 30 a 47 venados/km² en bosques. El índice de aptitud del hábitat explicó una variación del 81% en la densidad poblacional del venado. También analizaron la distribución del hábitat, identificando que el uso agrícola, la productividad del suelo, la presencia humana y la fragmentación del hábitat a nivel paisaje influyen en distribución y densidades.

En México se han realizado pocos trabajos sobre la evaluación espacial del hábitat de venado. Short (1986) aplicó un índice de sustentabilidad de hábitat (HSI) para la parte central del Golfo de México y los llanos costeros meridionales del Atlántico con venado. Empleó información del Este de Texas, Luisiana y los llanos costeros del golfo. Utilizó las variables de alimento, agua, cobertura vegetal, estacionalidad, tipos de cobertura vegetal, y área mínima de hábitat. El modelo estimó la capacidad de carga, la valoración de forrajeo requerido por el venado durante diferentes temporadas del año. Delfín-Alfonso y Gallina (2007), clasificaron

el hábitat en un bosque tropical caducifolio en Puebla aplicando un “Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo en Venado” (MUHOV). Definieron unidades de vegetación en un arreglo espacio-temporal de atributos bióticos y abióticos. Consideraron como los aspectos más relevantes: la disponibilidad de agua libre, área mínima disponible, temperatura, pendiente, orientación de las laderas, cobertura de protección y alimento. Asignaron un valor de importancia a cada uno de los atributo (VIC), y estimaron un valor de importancia del mismo (IIA), y finalmente obtuvieron un índice de calidad del hábitat (HIQ). Validaron el MUHOV con valores de densidad poblacional mediante conteo de grupos fecales de trabajos anteriores. Señalan recomendaciones para el aprovechamiento extractivo de la especie en la Mixteca Poblana. Delfín-Alfonso *et al.* (2009), generaron un modelo de análisis estático, derivado de los HSI, que en el idioma inglés son conocidos como “Habitat Suitability Index” (HSIe) de calidad del hábitat para la parte central de Veracruz, considerando variables como pendiente, altitud, orientación y cobertura de protección. Encontraron que el 29.7% del territorio presenta condiciones de calidad aceptables, validan el modelo con transectos, índices indirectos y encuestas. Plantearon y definieron áreas para la reintroducción, conservación y aprovechamiento del venado. Finalmente Bolívar (2009), realizó un modelo de hábitat disponible para determinar áreas de conservación y manejo del venado cola blanca en el centro de Veracruz. Cuantificó el hábitat generando un modelo de unidad de hábitat óptimo, y un modelo de nicho ecológico MaxEnt. Para validar y determinar los usos de los tipos de vegetación por el venado, realizó transectos con conteo de huellas, excretas, rascaderos, echaderos y talladeros.

Para la aplicación de la ecología espacial, se requiere de variables para generar los mapas, en la mayoría de los trabajos se han identificado como variables relevantes a la elevación, vegetación, topografía, relieve, inclinación, aspecto, pendiente, caminos, usos del suelo,

densidad humana, corrientes de agua, agua libre, temperatura, cobertura de protección. Ya que estas variables asociadas a la aptitud, ayudan a definir las estrategias de manejo sobre la fauna silvestre (Short, 1986, Ormsby y Lunetta, 1987; Joerin *et al.*, 2001; Morrison, 2002; Tran *et al.*, 2002; Delfín-Alfonso y Gallina, 2007; y Odabe, 2007).

Venado cola blanca en Michoacán.

Autores como Hall (1984), Villareal (2000), y Rojo *et al.* (2007), describen la distribución del venado para prácticamente todo el estado de Michoacán, y es considerado como un recurso natural renovable con alto valor económico y alimenticio para los habitantes. El aprovechamiento del venado forma parte de tradiciones, cultura, deporte cinegético y recientemente forma parte de la diversificación productiva, ganadería diversificada y desarrollo socioeconómico en México y en Michoacán (Weber, 1993 y 2008; Pérez-Gil *et al.*, 1995; y Villareal, 2000). Actualmente el aprovechamiento del venado es regido por las leyes mexicanas (SEMARNAT, 1997; y DOF, 2007). Es considerada la especie de mayor valor cinegético en México, sobre todo en la parte norte del país, mientras que en el centro y sureste es la de mayor valor alimentario, aprovechado por grupos indígenas, habitantes de áreas rurales y campesinos.

Factores de declive en las poblaciones de venado.

La cacería es un factor que afecta a las poblaciones silvestres de venado, ya que se presenta bajo las formas de autoconsumo, comercial, legal e ilegal, realizándose en muchas partes del país una extracción muy por encima de la tasa máxima sostenible (Gallina *et al.* 2000; y Mandujano *et al.*, 2002). Llegando a ser eliminada de extensas zonas de su distribución original, y por no contar con un conocimiento de sus tendencias poblacionales (Weber, 1993; Gallina *et al.*, 2000; Bello-Gutiérrez *et al.*, 2004; y Mandujano, 2009).

Otros factores de disminución de sus poblaciones son la fragmentación y destrucción de hábitats, e introducción de especies exóticas. Actualmente es necesario redefinir las políticas mexicanas sobre el manejo sostenible de las poblaciones del venado cola blanca para los ambientes tropicales del Pacífico, regiones donde se encuentran poblaciones humanas con altos niveles de marginación, razón por la cual se debe de asegurar su sostenibilidad. Caso concreto las UMAS, que presentan diferencias operativas desigual en el norte, el centro y sureste de México (Weber *et al.*, 2008). Para poder evaluar el potencial de aprovechamiento del venado cola blanca en Michoacán es importante generar estimaciones a nivel local de la densidad, y relacionarla con atributos físicos y biológicos del hábitat, asociándolos y analizándolos a diferentes escalas. La precisión de los modelos de aptitud de hábitat para el venado es necesario generar estimaciones de densidad. Misma que se puede realizar de distintas formas. En la actualidad se han calibrado métodos para Cérvidos que expresan el número de individuos por unidad de área (p.e. ind/ha o ind/km²) (Weber, 2008; y Gallina, 2010). En este estudio no se validará el modelo de aptitud de hábitat debido a limitaciones logísticas, pero se proporcionan resultados preliminares que pueden contribuir a su posterior validación. Para estimaciones de densidad preliminares se seleccionó el índice indirecto mediante el conteo de huellas modelos de Tyson (1959), considerándose los criterios y sugerencias de Aranda (2000), Villareal (2000), Mandujano y Gallina (2004), y Mandujano (2007). El índice seleccionado es adecuado para el venado en el trópico de Michoacán, debido a que se ajusta a ambientes heterogéneos, al arreglo espacial de los individuos, las condiciones de la vegetación y topográficas (Anexo 3).

Poblaciones mínimas viables.

Todo manejo extractivo del venado cola blanca debe realizarse sobre poblaciones que sean viables, en áreas que contengan los requerimientos de las mismas. Primack (2001) y Traill *et*

al. (2007), establecen los umbrales de poblaciones mínimas viables (PMV) en 500 individuos, como el número mínimo necesario de una población biológica de vertebrados para asegurar la supervivencia a largo plazo, enfrentando factores como desastres naturales, demográficos, genéticos o ambientales. Establecen en 5,000 individuos la cifra que garantiza un potencial evolutivo adecuado. Se refiere a 10,000 individuos la cifra para garantizar persistencia demográfica a largo plazo. Una vez estimada la población, se requiere que estas cuenten con la suficiente superficie de hábitat que asegure la supervivencia a largo plazo, definida esta superficie como las áreas mínimas dinámicas (AMD).

Un estudio de caso reciente es Mandujano y Zamora (2009), quienes evalúan si en las Áreas Naturales Protegidas de México existentes presentan una superficie protegida suficiente para albergar poblaciones viables (PMV) de venado cola blanca, empleando un gradiente de densidad poblacional de 1 a 30 venados/km² dependiendo del tipo de hábitat. Determinaron que la calidad del hábitat se requiere entre 1,667 y 50,000 ha para sustentar a 500 venados. Establecieron que se requiere entre 16,670 y 500,000 has para poblaciones viables a largo plazo de 5,000 venados. Consideraron que solo en las ANP de mayor tamaño se reúnen las condiciones necesarias para poblaciones viables a largo plazo de venado en México, y no así en las Unidades de Manejo (UMAS) por su reducida superficie, con pocas excepciones para el norte del país. Por otra parte consideraron que en el bosque tropical seco de la Reserva Infiernillo-Zicuirán (265,117 ha CONANP, 2006 y DOF, 2007), que forma parte de la región de estudio en Michoacán, se requiere entre 3,333 y 10,000 has para sostener a 500 venados; y de 33,333 a 100,000 ha para sustentar a una población de 5,000 venados, presentando valores de densidad entre los 5 y 15 venados/km².

Los estudios anteriores ejemplifican la importancia sobre de que en el manejo de las poblaciones de venado se consideren tamaños mínimos viables a largo plazo, y las superficies

que requerirán, por lo que los índices de calidad ambiental se constituyen en el mejor instrumento de apoyo para el diseño de estrategias de manejo de poblaciones viables sobre grandes extensiones, además de auxiliar en la identificación de áreas, y la estimación de sus dimensiones para asegurar a nivel local, la presencia de poblaciones mínimas viables para las distintas regiones de Michoacán.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Analizar las poblaciones de venado cola blanca en dos escalas, paisaje y regional, generando un índice de aptitud del hábitat en ambientes tropicales de Michoacán.

Objetivos Particulares

- Generar un índice de aptitud de hábitat, mediante un análisis multicriterio y proceso analítico jerárquico de los requerimientos bióticos y abióticos del venado cola blanca.
- Interpretar espacialmente la aptitud del hábitat, mediante el análisis de los mapas del índice de aptitud de hábitat.
- Validar el índice de aptitud mediante registros de distribución observada del venado cola blanca, obtenidos durante el periodo 2008-2010 en el Trópico de Michoacán.
- Recomendar acciones de manejo en relación a las categorías de aptitud.

MATERIALES Y MÉTODOS

Regiones de estudio

El INEGI (1985), indica que en Michoacán se presenta una gran variedad de relieves, geoformas, hidrografía y rasgos topográficos, presentando tres zonas con predominio de elementos tropicales, la depresión del Balsas Tepalcatepec, la sierra Madre del Sur, y la costa, que son también las regiones más amplias con presencia de poblaciones de venado cola blanca y son las regiones con mayores índices de pobreza y marginación en el estado (www.conapo.gob.mx).

Depresión del Balsas – Tepalcatepec. Zona intermontana, representada por una gran planicie con altitudes medias entre los 300 a 600 m, rodeada por las montañas del Cinturón Volcánico y la Sierra Madre del Sur, con una superficie de 7, 423 km². El relieve presenta estribaciones con laderas abruptas, tendidas, lomeríos con pendientes suaves y mesas. Región que presenta el fenómeno de sombra orográfica para la lluvia y el calentamiento adiabático, y como consecuencia lluvias escasas y clima seco. La cuenca del Balsas con sus afluentes comprende 34, 293km², siendo una de las mayores de México, conformada por tres subcuencas: Tepalcatepec, Tepalcatepec-Infiernillo y Balsas-Infiernillo. Representa una región con alta actividad antropogénica (agricultura de riego y temporal, y ganadera extensiva). El clima es del tipo Aw y Bs, clasificado como seco estepario, muy cálido con temperaturas que oscilan entre los 25°C a 32°C y en ocasiones registra 42°C. La vegetación está representado por bosque tropical subcaducifolio, caducifolio, bosque espinoso y hacia las partes más altas bosque de encino.

Sierra Madre del Sur. Localizada entre las planicies costeras del sur y la Depresión Balsas-Tepalcatepec. En Michoacán las serranías más destacadas son: Chinicuila, Coalcomán, Arteaga, Cachán y Maquili. Con una superficie de 13, 929 km². El 70% del relieve está

caracterizado por pendientes mayores al 13%, numerosas sierras con orientación noroeste – sureste, elevaciones que superan los 2, 000 mts de altitud. Presenta escurrimientos de agua hacia la Depresión, mismos que son tributarios del río Tepalcatepec-Balsas, y hacia la Costa Michoacana a los afluentes de los ríos Toscano Ostula, Cachán. El clima es Aw y Cw, descrito como tropical lluvioso, con lluvias predominantes en el verano. La vegetación en las porciones altas es bosque de pino y encino hacia la cara norte; y elementos del bosque tropical en la faz sur.

Costa Michoacana. Zona limítrofe al Océano Pacífico, conformada por tres municipios; Lázaro Cárdenas, Aquila y Coahuayana. Es una franja estrecha no continua entre el Pacífico y Sierra Madre del Sur, abarca entre 200 km por 20 km de anchura, con una superficie de 782 km². Provincia formada por llanuras aluviales que van desde la desembocadura del río Balsas al río Coahuayana, en la cual se forman pequeñas bahías, planicies que penetran hacia las partes montañosas, con un 69% del terreno con pendientes suaves menores al 2%, con catorce planicies separadas por sierras transversales de la sierra madre sureña. Región denominada también como Costa – Sierra, por estar contigua a la Sierra Madre del Sur. Pertenece a la región hidrológica Costa, con un área de 8, 078 km², incluyendo a las subcuencas de los ríos Cachán, Nexpan y otros menores. El clima es Aw, clasificado como tropical lluvioso, con lluvias predominantes en el verano. Vegetación del tipo bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical caducifolio, bosque seco espinoso. La Figura 1, ubica los sitios de trabajo dentro de las tres regiones fisiográficas dentro de ambientes tropicales en el Estado de Michoacán.

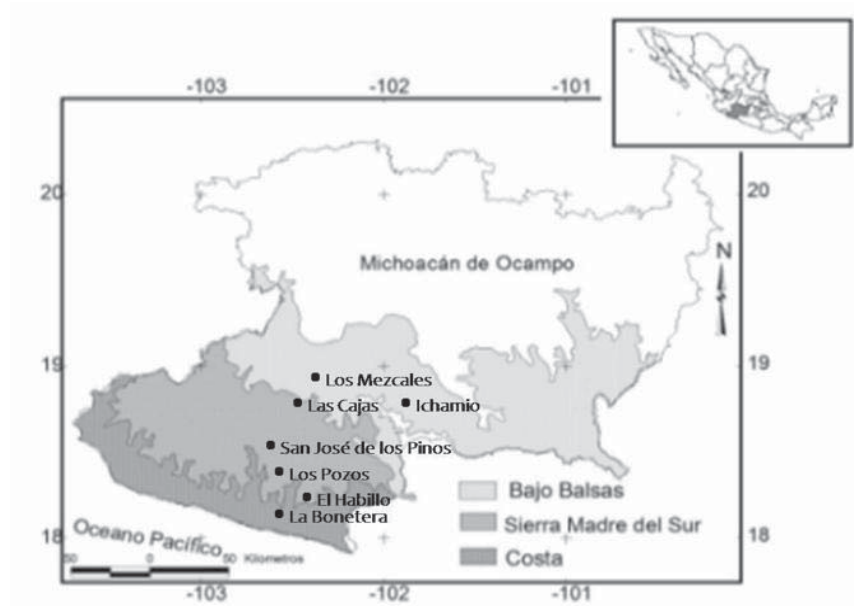


Figura 1. Ubicación de las localidades y regiones de estudio en la región tropical de Michoacán.

Análisis conceptual

Poblaciones mínimas viables. Primero se revisó de manera detallada el marco conceptual en el que se fundamenta el manejo cinegético del venado cola blanca, estableciéndose dos supuestos: “todo manejo extractivo debe de realizarse en poblaciones viables”, y “las poblaciones bajo manejo cinegético deben ocurrir en superficies suficientes y en hábitat apto (AMV)”. Con base en estos supuestos, se analizó la relación entre estimaciones de densidad poblacional local de los sitios de estudio, y la superficie requerida para poblaciones viables de acuerdo a densidad observada. Por otra parte se analizaron las características ambientales observadas e interpretadas desde el índice de aptitud de hábitat para la especie.

Para ilustrar de forma sintética el proceso de análisis conceptual, se desarrolló un diagrama de flujo (Figura 2), para estimar el radio de las AMV que sustenten a PMV y poder realizar el análisis a nivel local (paisaje).

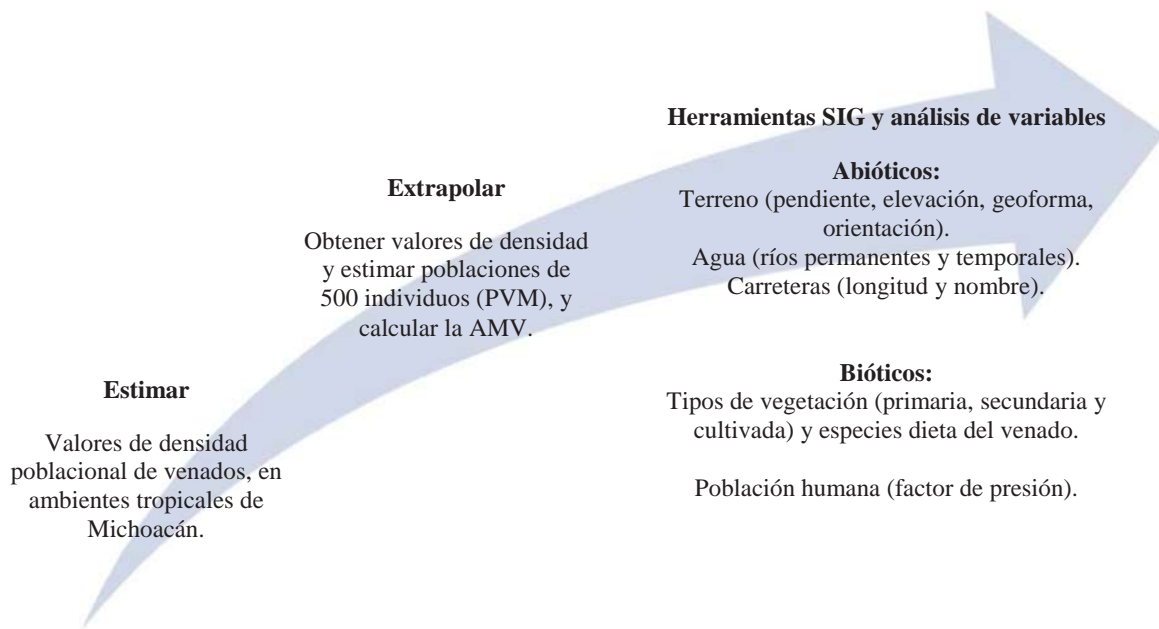


Figura 2. Proceso de análisis conceptual para evaluar las poblaciones de venado cola blanca.

Caracterización ambiental. Se delimitaron las coordenadas extremas del contorno de las tres regiones fisiográficas con ambientes tropicales en el estado. Se utilizó el modelo digital de elevación (MDE) del sitio web www.inegi.gob.mx, una vez obtenido se empleó el programa ESRI-ArcView Gis versión 3.2, con sus diferentes módulos o extensiones como: 3D Analyst, Geoprocessing, Image Support, Projection Utility Wizard, Spatial Analyst, Topographic Position Index. Se derivó el MDE para obtener las capas de orientación, elevación, geoforma y pendiente. Sobreponiéndose a la carta del uso del suelo y vegetación del Inventario Nacional Forestal (SEMARNAT-UNAM, 2000), para delimitar los tipos de vegetación y usos de suelo. Se emplearon las herramientas de análisis map calculador (Idrisi–Andes), estimando los valores en píxeles, y estos se exportaron a una base de datos para convertirlos (valor del píxel 0.0027 grados, aproximadamente 270 metros), a unidades de superficie (mts^2 , ha y km^2)

y obtener el porcentaje de cada valor. Se agregaron otros insumos al SIG como carreteras, cuerpos de agua, localidades, y número de habitantes.

Análisis multicriterio (EMC). Una vez identificado y definido el problema, se siguió el diagrama de flujo del Cuadro 2, que ilustran las cuatro fases requeridas en el análisis, de acuerdo con las propuestas de Ávila (2000); Tran *et al.* (2002); Ortega (2003); Kiker *et al.* (2005) y Reynolds y Herssburg (2005).

1) *Descomposición del problema*, en esta se establecen las jerarquías esenciales del problema, las cuales fueron determinadas en seis elementos relacionados con la biología del venado cola blanca.

2) *Priorización*, se asignó un peso de importancia a cada uno de los criterios de la toma de decisión, mediante la escala de escalonamiento de Saaty con el empleo del programa ExpertChoice, bajo la herramienta Weighth.

3) *Juicios comparativos*, se realizó una comparación pareada entre las alternativas y los criterios. Entre los elementos de los niveles inmediatos superiores. El autor señala que la construcción de ponderaciones, son derivadas mediante el eigenvector en una matriz recíproca cuadrada de comparaciones entre los criterios. Proceso que se realizó en programa ExpertChoice.

4) *Síntesis de prioridades*, aquí las comparaciones sintetizadas proporciona alternativas con respecto a cada criterio, y los pesos de cada criterio con respecto a la meta. Generándose el índice de aptitud del hábitat para el venado cola blanca, en ambientes tropicales del Estado de Michoacán. Las prioridades locales se multiplican por el peso de los respectivos criterios. Los resultados se suman para dar la prioridad total de cada alternativa. Esto se realizó por el

programa IDRISI-Andes mediante la herramienta MCE y WLC, pasos indicados por Eastman (2006), en el manual de usuario de Idrisi-Andes.

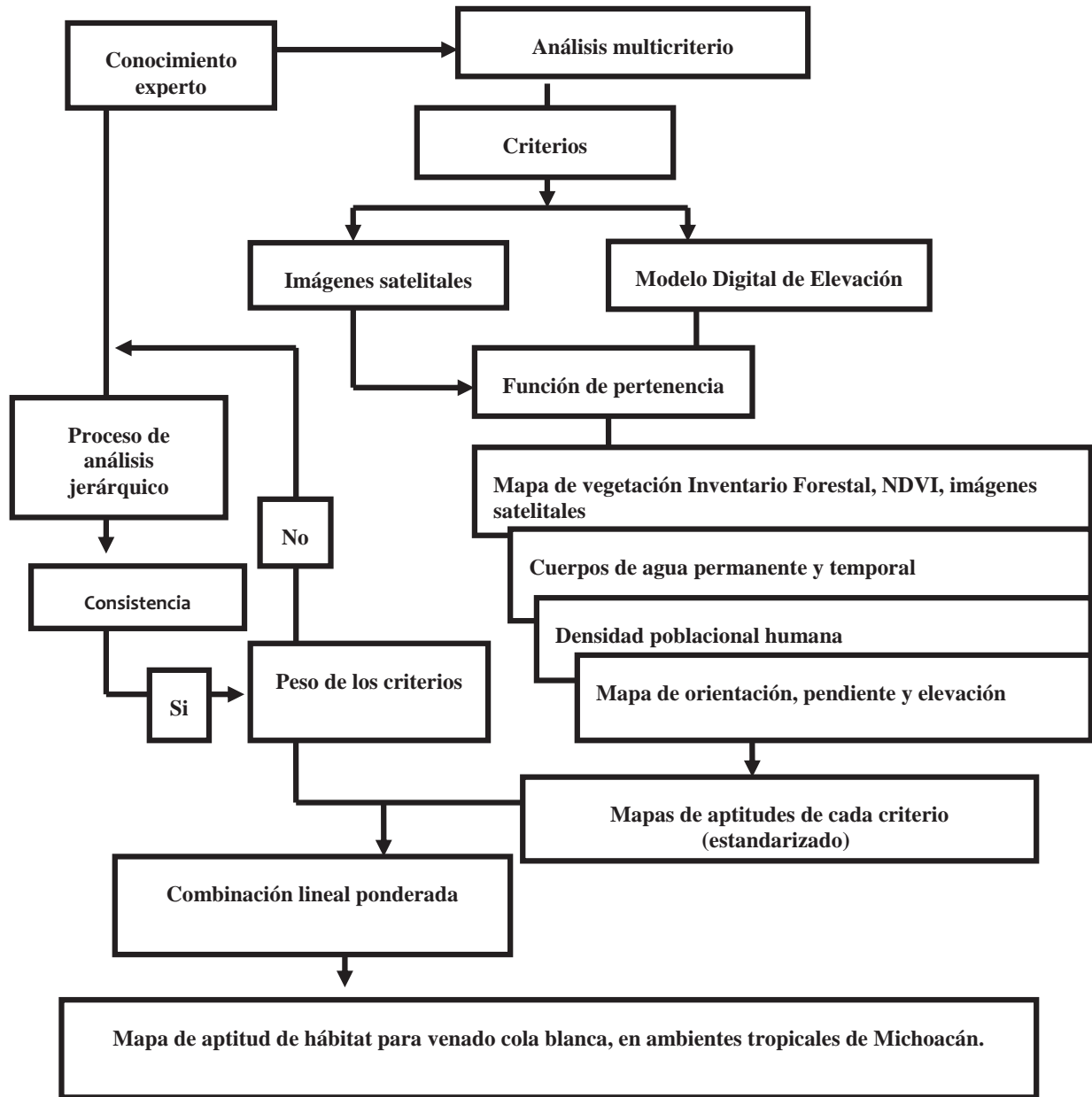


Figura 3. Esquema metodológico del proceso de decisión (EMC). Modificado de Ortega (2003).

Proceso analítico jerárquico (AHP). Cuando se consideran diferentes criterios para tomar decisiones, rara vez se asigna el mismo peso a cada uno de ellos en su contribución a la decisión final. Por tal razón, la utilización del AHP permite, mediante un procedimiento perfectamente repetible y sólidamente fundamentado, ponderar cada uno de los criterios considerados como relevantes para la consecución de una meta determinada, en este caso definir un índice de aptitud del hábitat para el venado cola blanca, de tal manera que su contribución sea proporcional a su relevancia, de acuerdo al conocimiento experto. El AHP permite descomponer el problema en un jerarquía, en la que el nivel más alto lo constituye la meta que se quiere lograr, seguida por un segundo nivel en el que se encuentran los criterios de decisión relevantes para alcanzar la meta y en la base de la jerarquía, se encuentran las alternativas de decisión, que en nuestro caso lo constituye el espacio geográfico de las regiones tropicales de Michoacán. (Figura 4).

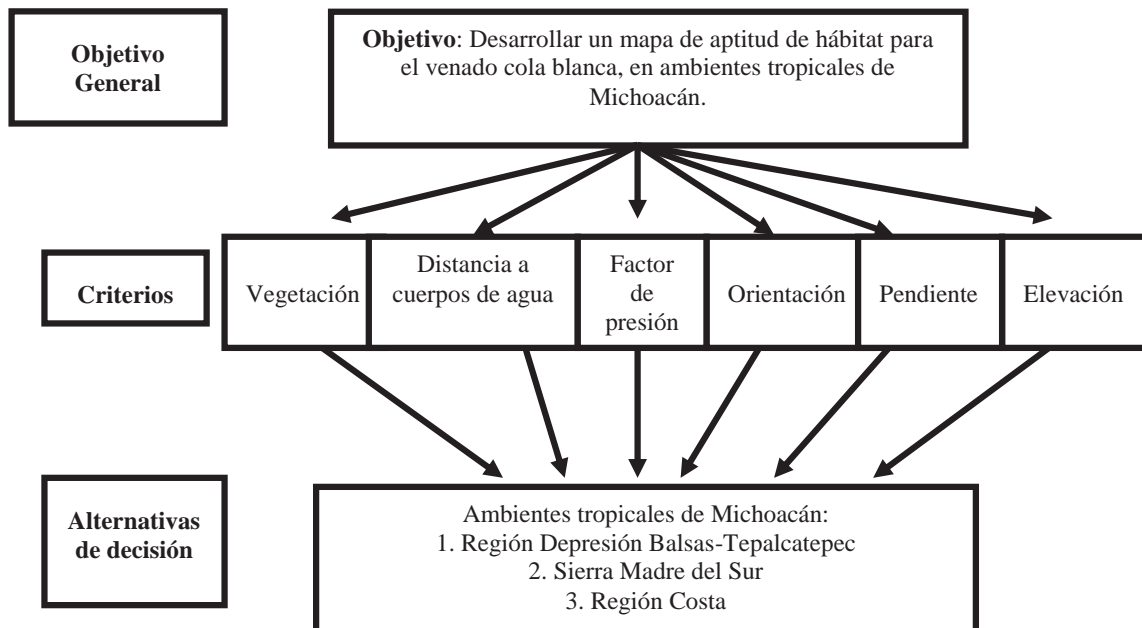
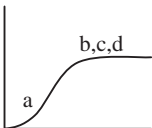
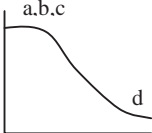


Figura 4. Jerarquía de decisión del AHP.

Insumos y herramientas SIG. Las variables abióticas y bióticas se seleccionaron basadas en la revisión bibliográfica, las que son descritas en el Cuadro 1, posteriormente fueron ponderadas en cada criterio de importancia utilizando el programa ExpertChoice (1995), Cuadro 3.

Cuadro 1. Criterios para la presencia del venado cola blanca y las reglas de decisión la aptitud de cada criterio, para la obtención del índice de aptitud del hábitat para el venado en el trópico de Michoacán.

Criterio	Interpretación	Reglas de decisión basadas en los requerimientos del venado cola blanca	Funciones de pertenencia	Gráfica
Vegetación	Componente más relevante dentro de los atributos del hábitat	Vegetación preferida: bosque tropical caducifolio, bosques de encino, bosques mixtos, matorral xerófilo. Se empleó el NDVI o Inventario Nacional Forestal para definir los tipos de vegetación	Monotípica sigmoideal con incremento	
Distancia a los cuerpos de agua	Factor limitante	Distancia menor a 1,600 m. A sitios con agua libre o fuentes de agua en el paisaje	Monotípica sigmoideal con decrecimiento	
Factor de presión	Cacería y aprovechamiento, destrucción de hábitat	Densidad poblacional humana para el trópico en Michoacán. Alta densidad humana es desfavorable para cualquier especie de mamíferos		
Pendiente	Atributo abiótico empleado comúnmente para el análisis de poblaciones	Pendientes entre los 2° (4%) y los 13.5° (30%) de inclinación		
Orientación		Exposiciones: Norte, Noroeste y Noreste		
Elevación		La especie se encuentra desde el nivel del mar, hasta a los 3,000 mts.		

A continuación se definieron las reglas de decisión para cada criterio con la aplicación del programa Idrisi Andes y la utilización de las funciones fuzzy modalidades: a) monotípica sigmooidal con incremento aplicada solamente a los tipos de vegetación, b) monotípica sigmooidal con decremento usada al resto de los criterios. El resultado de la superposición de mapas (criterios) de la regla de decisión, es una combinación lineal continua, misma que es expresada en una valoración byte con valores que van del 0 al 255. Integra y homogenizando las escalas de los diferentes mapas (NDVI, mts, grados, msnm y densidad poblacional humana), estableciendo una decisión final (Saaty, 1980; Voogd, 1983; Carver, 1991; Eastman, 2006). Cuadro 2.

Cuadro 2. Ecuación del MCE, para lograr la estandarización y realizar el cálculo del índice de aptitud de hábitat para el venado cola blanca, aplicable a zonas tropicales de Michoacán.

Donde:

$$S = \sum w_i x_i * \pi c_j$$

S = conveniencia o sustentabilidad

W_i = peso del factor o criterio i

x_i = criterio de puntuación del factor o criterio i

c_j = limitación del criterio o factor de restricción j

π = producto

Dado que la generación de un índice sintético de aptitud de hábitat depende del conjunto de criterios seleccionados como relevantes para la presencia de la especie (cuadro 1), fue necesario primero definir la aptitud individual de los mismos. Para este fin, se usaron funciones de pertenencia basadas en la teoría de conjuntos difusos (fuzzy sets theory) que en combinación con las reglas de decisión para cada criterio (cuadro 1), permitieron obtener

mapas de aptitud individual con un rango de valores que iban desde 0 (aptitud nula), hasta 255 (máxima aptitud) en una escala continua de 2^8 posibles valores (escala byte). Lo anterior es relevante, ya que brinda un continuo de posibilidades de decisión, a diferencia de la lógica tradicional en la que solo habría dos posibles alternativas: 0 (nula aptitud) y 1 (máxima aptitud).

El índice de aptitud del hábitat para el venado cola blanca, se obtuvo mediante una combinación lineal ponderada (WLC por sus siglas en inglés), de los mapas de aptitud de cada criterio, el cual es la sumatoria de los productos de cada criterio multiplicado por su peso correspondiente. Para la estandarización de los mapas y determinar la aptitud se emplearon las reglas de decisión y la función de pertenencia, representados por el eje X; mientras que el eje Y, nos proporciona el nivel de aptitud. Siendo el resultado final del entrecruzamiento de los mapas generados, un índice de aptitud de hábitat para el venado cola blanca dentro de los ambientes tropicales de Michoacán.

Validación del índice de aptitud del hábitat para el venado cola blanca en el Trópico de Michoacán.

Para validar el índice de aptitud, se realizaron transectos en campo, utilizándose el conteo de índices indirectos (huellas), estimándose valores de densidad poblacional. Se seleccionaron ocho localidades de cuatro municipios: Huacana (Ejido y UMA Ichamio) pertenecientes a la región Tepalcatepec-Balsas. Arteaga (localidad San José de Los Pinos y Comunidad Indígena de Los Pozos), sitios incluidos en la Sierra Madre del Sur. Y Lázaro Cárdenas (UMA La Bonetera y Ejido Los Amates), pertenecientes a la Costa Michoacana.

Los transectos se realizaron en franja (Tyson, 1954), ajustado por Mandujano (2007).

Quienes establecen una línea con medidas preestablecidas, la cual tuvo un largo (0.5 km) y un

ancho (2 m). Además de anotar coordenadas de individuos observados, excretas, rascaderos, pelos y cráneos.

También se contó con registros fotográficos georeferenciados de cámaras trampa digitales (modelo Wildview Xtreme de 4 mega-píxeles), coordenadas geográficas de las bases de datos del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana, así como del Proyecto de Investigación “Diagnostico y propuesta sobre el potencial de manejo sustentable de la fauna silvestre del Bajo Balsas, Michoacán”, proyecto financiado por el Fondo Mixto CONACyT y Gobierno del Estado de Michoacán, clave 41168. Finalmente se emplearon las bases de datos de UMAS cinegéticas localizadas en Apatzingán (UMAS Acatlán, Los Mezcales y Las Cajas).

Para la validación se empleó una prueba de ji cuadrada (χ^2), en el cual se evaluó la independencia de la distribución de los registros de campo observados dentro de cada categoría del índice de aptitud contra la disponibilidad de superficie de cada categoría del índice (Parker, 1981). Al haberse construido el índice de aptitud de hábitat en un proceso independiente a los registros disponibles de distribución observada del venado cola blanca, el mejor procedimiento de validación es utilizar datos de distribución observada del venado con respecto a las categorías del índice. La hipótesis a prueba es; “si la distribución observada de los registros de venado cola blanca se da de manera independiente a la disponibilidad de superficie de cada categoría de aptitud”. Contándose como valores observados la disponibilidad de cada categoría. Por lo tanto, es necesario conocer si existe alguna preferencia de los registros de venado cola blanca con los valores más altos de aptitud del índice generado.

RESULTADOS

Índice de aptitud de hábitat para el venado cola blanca en el trópico de Michoacán.

Variables seleccionadas. En la elaboración del índice de aptitud de hábitat para el venado cola blanca y su posterior proyección en mapas, se seleccionaron las seis variables ambientales que resultaron con mayor importancia, asignándole a cada variable un valor de prioridad. La variable con el valor más alto de prioridad fue vegetación con 0.222, seguida de distancia a cuerpos de agua con 0.215, la variable con menor valor de prioridad fue elevación con 0.123. Destacándose que las variables de vegetación, distancia a los cuerpos de agua, y presión humana representan en conjunto más del 60% del puntaje en los valores de prioridad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resultados con los niveles de valor de prioridad para las variables a emplearse en el índice de aptitud de hábitat para venado cola blanca en el trópico de Michoacán.

Criterio	Prioridad
Vegetación (inventario nacional forestal, NDVI, reclasificando para los tipos de vegetación)	0.222
Distancia a los cuerpos de agua	0.215
Presión humana	0.178
Orientación	0.137
Pendiente	0.123
Elevación	0.123
Total	1.000
Razón de consistencia	0.03

Mapas con el índice de aptitud de hábitat. Se generaron tres mapas de aptitud del hábitat para el venado siguiendo la metodología del análisis multicriterio. El primer mapa se basó en el “Inventario Nacional Forestal”, el cual muestra de manera general los tipos de vegetación. El segundo mapa se basó en un mosaico de imágenes satelitales con un índice de vegetación normalizado (NDVI), el cual es denominado como el índice de vigor-verdor, derivado del análisis de la reflectancia en las porciones del espectro electromagnético rojas e infrarrojas, y describe la relación entre la biomasa verde y su área espectral. El tercer mapa se basó en un compuesto de imágenes satelitales para establecer tipos de vegetación, en el cual se agrupó el valor de los píxeles de forma general, agrupando los diferentes tipos de hábitats actualizados de la zona tropical en Michoacán.

Los resultados se presentan en una escala agrupada de valores de aptitud, misma que permite el establecimiento de una escala de categorías que facilitan su interpretación, creándose cinco categorías de aptitud de hábitat: áreas no aptas, aptitud muy baja, aptitud baja, aptitud media y aptitud alta.

Características ambientales de las categorías de aptitud del índice resultantes

Aptitud alta: En el índice corresponde a zonas con bosque tropical caducifolio y subcaducifolio conservado y perturbado, con vegetación secundaria arbórea, arbustiva y herbácea; bosques de pino-encino secundarios con vegetación secundaria, matorral subtropical y bosque espinoso. Sitios de cultivo de poca extensión. Con distancia a cuerpos de agua menor a los 500 mts, entre ríos y manantiales temporales-permanentes. Presentan poblaciones urbanas entre $\leq 1,000$ habitantes. Generalmente con orientaciones norte, noreste y noroeste, y pendientes entre los 0 y 30°.

Aptitud media: Corresponde a zonas con vegetación identificada como bosque tropical caducifolio, bosque tropical perennifolio, y vegetación cultivada pero en fragmentos de menor dimensión, alternando con zonas sin vegetación aparente, y bosque templado perturbado. Presentan distancias de 500 a 800 mts a cuerpos de agua permanentes. La densidad humana potencial es entre 1,000 a los 4,500 habitantes. Las laderas presentan orientaciones este, oeste y sitios planos. Presentan pendientes de los 10° a los 20°.

Aptitud baja: Caracterizado por sitios con vegetación de bosque tropical caducifolia y subcaducifolia perturbada, con vegetación secundaria arbórea y arbustiva, bosques templados perturbados y superficie agropecuaria. Distancia a los cuerpos de agua entre 800 y 1,200 mts. Las poblaciones humanas presentan entre 4,500 y 15,000 habitantes. Las laderas presentan orientaciones este y oeste, presentan pendientes entre los 20° y 30°.

Aptitud muy baja: Pertenece a sitios que presentan bosque templados perturbados de pino, pino-encino, y encino con vegetación secundaria, arbórea y arbustiva. Con una distancia a cuerpos de agua entre los 1,200 a 1,600 mts. Áreas con fuerte influencia urbana y suburbana con poblaciones humanas entre los 15,000 y 36,700 habitantes. Presentan orientaciones sur, sureste y suroeste. Cuentan con pendiente entre los 30° y 45°.

No aptas: Áreas caracterizadas por presentar extensas zonas agrícolas de riego con cultivos anuales, cultivos temporales anuales, zonas de alta afectación humana y suburbana; y con poca cobertura vegetal natural, zonas desprovistas de vegetación. Con distancias de cuerpos de agua mayor a los 1,600 metros o sin agua superficial permanente. Presentan localidades urbanas entre los 36,700 y los 215,500 habitantes. Cuentan con orientaciones sur, sureste y suroeste. Presentan pendientes mayores a 45°.

Características de los mapas del índice de aptitud de hábitat

Mapa y modelo basado en el Inventario Nacional Forestal. El índice de aptitud basado en el inventario dio como resultado la ausencia de zonas no aptas, y la mayor extensión (47%) presenta aptitud media para el venado en una superficie estimada en 11, 016 km. Es el modelo que mostró la mayor superficie bajo la categoría de aptitud alta para el venado cola blanca con 45.2% (Figura 5).

Mapa y modelo basado en un mosaico de imágenes satelitales para un índice de vegetación normalizado (NDVI). El índice de aptitud basado en el NDVI mostró resultados distintos a los del modelo basado en el inventario forestal. Coincidió en mostrar la ausencia de áreas no aptas para el venado cola blanca, pero mostró con la mayor extensión a la categoría de aptitud baja para el venado con 42.6% de la superficie, seguida de la categoría de aptitud media con el 35.7 % de la extensión y solo el 16.3% con aptitud alta para la especie (Figura 6).

Mapa y modelo basado en un índice de aptitud del hábitat, basado en un mosaico de imágenes satelitales y agrupando tipos de vegetación. El tercer mapa de aptitud del hábitat, basado en imágenes satelitales agrupadas por tipos de vegetación, y con un nivel de resolución más fino puede llamarse para efectos prácticos como modelo compuesto (Figura 7). En este se presentó la mayor extensión bajo la categoría de aptitud alta, con el 39.5% de la extensión del modelo, seguido de aptitud media con 29.8%. Coincidiendo con el modelo basado en el inventario en mostrar porcentajes similares en extensión bajo categoría de alta aptitud (Cuadro 4). Este modelo mostró la mayor extensión con la categoría de condiciones no aptas para la especie, con el 8.6%, muy superior a lo estimado en esta categoría por los otros dos modelos. Este modelo fue seleccionado como el índice más adecuado para mostrar la aptitud del hábitat para el venado cola blanca en el trópico de Michoacán, por lo que se

considera como el modelo base para la categorización propuesta en la gestión del venado en ambientes tropicales de Michoacán.

Cuadro 4. Superficie en km² y sus porcentajes de las categorías de aptitud de los tres modelos de aptitud de hábitat generados con diferentes insumos de vegetación.

Categorías de aptitud	Modelo basado en inventario forestal	Modelo basado en NDVI	Modelo compuesto
Alta	10, 490. 46 (45.2%)	3, 748.27 (16.3%)	8, 825.59 (39.5%)
Media	11, 016.08 (47.5%)	8, 216.30 (35.7%)	6, 654.03 (29.8%)
Baja	1, 671.56 (7.2%)	9, 789.32 (42.6%)	2, 931.14 (13.1%)
Muy baja	2.75 (0.012%)	1, 215.65 (5.2%)	1, 958 (8.8%)
No apta	0	6.24 (≤.01%)	1, 931.23 (8.6%)

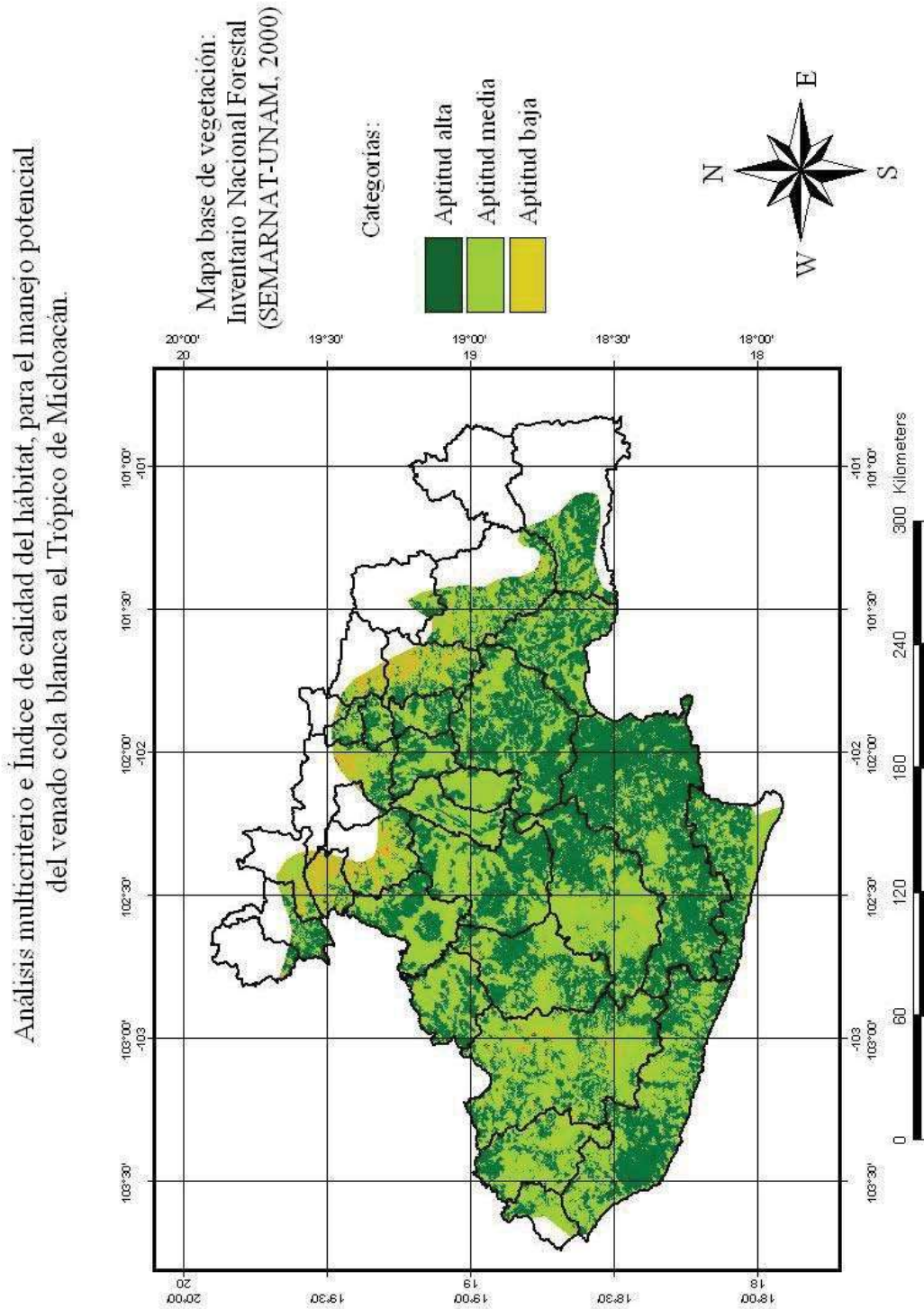


Figura 5. Mapa de aptitud de hábitat basado en el inventario nacional forestal.

Análisis multicriterio e Índice de calidad de hábitat, para el manejo potencial del venado cola blanca en el Trópico de Michoacán.

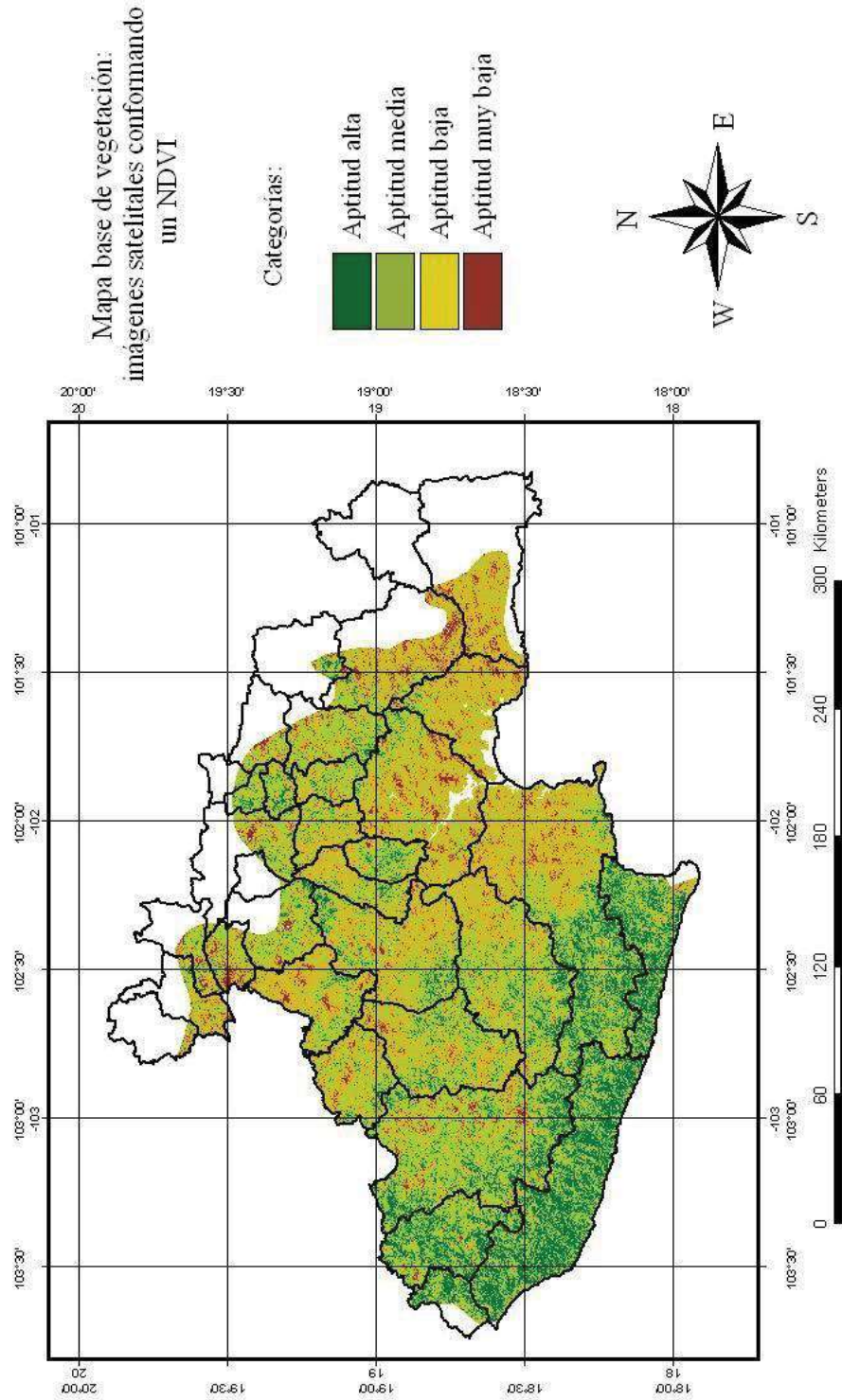


Figura 6. Mapa de aptitud de hábitat basado en un NDVI.

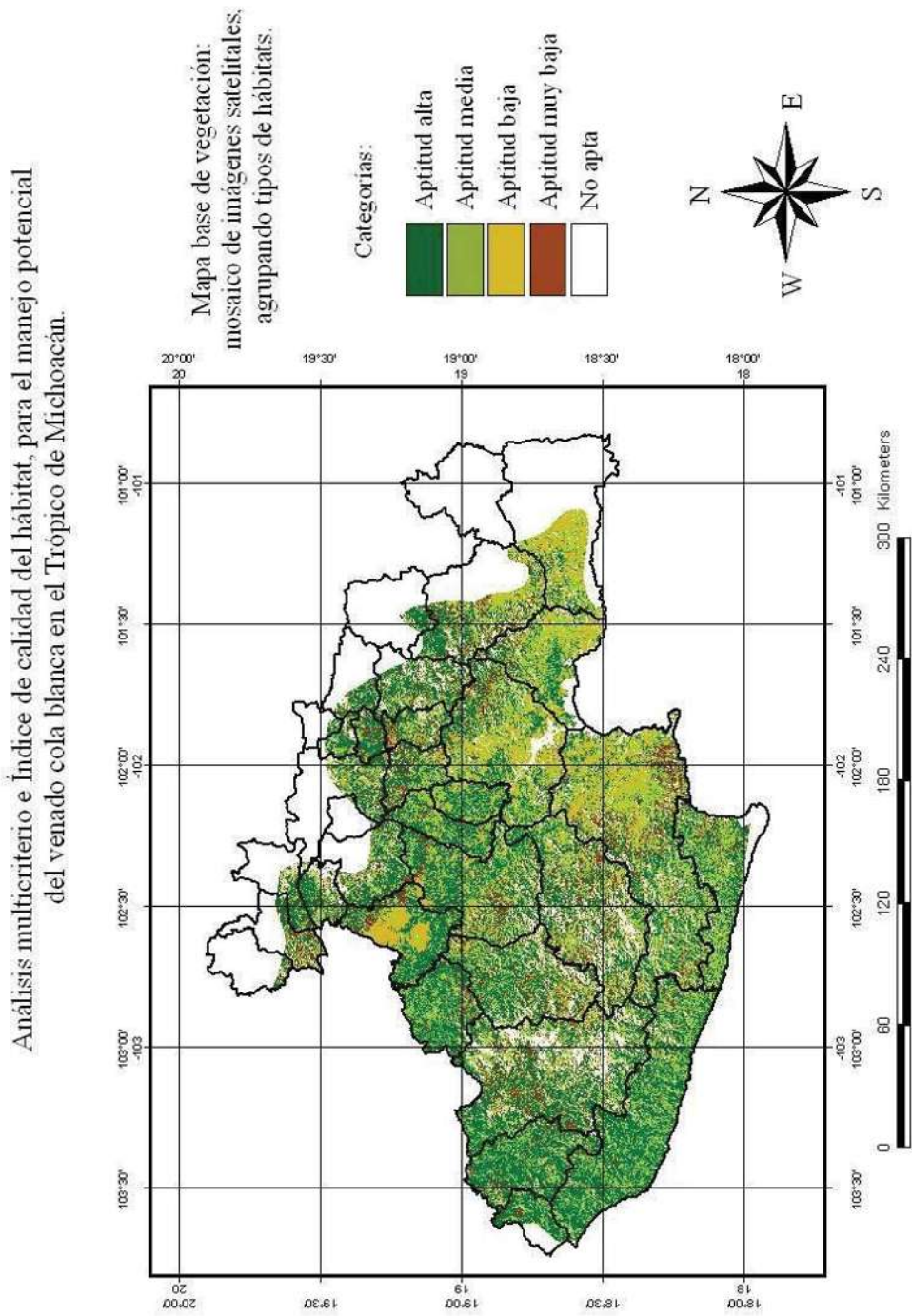


Figura 7. Mapa de aptitud de hábitat basado en un compuesto de imágenes satelitales y agrupación de vegetación.

Superficie de cada región con base en el índice de aptitud de hábitat del modelo compuesto.

La Sierra Madre del Sur es la región que presenta la mayor superficie con alta aptitud para el venado cola blanca (4, 483.64 km²), aunque solo representa el 34% de la superficie de la región (Cuadro 5). Por el contrario, la región con la menor extensión de aptitud alta fue la Costa Michoacana con 1, 265.7 km², aunque proporcionalmente representa el 51.4% de su extensión. Los porcentajes de superficie no aptas para el venado fueron relativamente pequeñas, con la mayor extensión sin aptitud en la Sierra Madre del Sur con 1, 482 km², o el 11.2% de sus extensión, seguidas del Balsas-Tepalcatepec con el 5.8%, y la Costa Michoacana con 2.3%. Las tres regiones presentan extensiones relativamente amplias con aptitud media para el venado cola blanca, con porcentajes que fluctúan desde el 24.6 % de la región Balsas-Tepalcatepec hasta el 30.7% de la Sierra Madre del Sur. Las tres regiones presentan poca extensión con aptitud baja o muy baja para el venado, siendo la Costa Michoacana la región con la menor extensión, que de forma combinada representa el 7.5%. La Sierra Madre del Sur presentó la mayor extensión con aptitud baja o muy baja, con 23.8% de su superficie (Cuadro 4).

Cuadro 5. Superficie en km² (%) de cada región en base al nivel de aptitud del índice para el venado cola blanca.

Región	Balsas - Tepalcatepec	Sierra Madre del sur	Costa Michoacana
Aptitud alta	3, 075.92 (46)	4, 483.64 (34)	1, 265.77(51.4)
Aptitud media	1, 647.47 (24.6)	4, 044.72 (30.7)	961.64 (30.5)
Aptitud baja	924.89 (13.8)	1, 928.41 (14.6)	77.7 (3.5)
Aptitud muy baja	644.06 (9.6)	1, 214.33 (9.2)	100.38 (4)
No aptas	391.91(5.8)	1, 482 (11.2)	56.6 (2.3)

Municipios con aptitud alta. Tepalcatepec, norte de Turicato, región central de Apatzingán, centro de Aquila y oeste de Lázaro Cárdenas, Ario de Rosales, Paracuaro, Múgica; regiones centro-sureste de Buenavista, Huacana, Churumuco y Periban.

Municipios con aptitud media. Los municipios que integran la Costa Michoacana (Coahuayana, Aquila y Lázaro Cárdenas) y Chinicuila; norte de Turicato y Tumbiscatio; porción central de Arteaga, zona centro y sureste de Taretán; parte sureña de Apatzingán, y en su mayoría las porciones orientales de Coalcomán, Aguililla y Tepalcatepec.

Municipios con aptitud baja. El municipio de Churumuco, regiones centrales de Buenavista Tomatlán y Huacana, sur de Aguililla, suroeste de Huetamo, este de Arteaga. Particularmente la zona decretada como Reserva de la Biosfera Zicuirán -Infiernillo.

Municipios con aptitud muy baja. Norte y centro de Apatzingán, norte y noreste de Buenavista Tomatlán, porción norte de Coalcomán, noroeste de Chinicuila, centro-sur de Tocumbo y extremo sureste de Arteaga.

Municipios con superficie no apta. Partes de Coalcomán, Aguililla, Tumbiscatio, Ario de Rosales, Tancitaro, Periban, Salvador Escalante, Ziracuaretiro y Turicato. Nótese que la Sierra Madre del sur presenta una superficie no apta para las zonas con vegetación templada.

El índice se generó enfocado a evaluar la aptitud de zonas tropicales, por lo que la superficie en bosques templados puede ser hábitat para el venado pero en combinación con otras variables, mismas que presentan una baja valoración en el presente índice.

Validación del modelo de aptitud del hábitat para venado en el trópico.

Se estableció el siguiente cronograma de actividades para la realización de transectos (Cuadro 6), dentro de municipios tropicales de Michoacán.

Cuadro 6. Cronograma de salidas de campo efectuadas en el proyecto.

Municipio	Sitio	Fecha
Arteaga	Localidad San José de los Pinos	20 a 24 de mayo del 2009
	Comunidad Indígena de Los Pozos	25 al 28 de mayo del 2009
Huacana	Ejido Ichamio	19 al 22 de marzo del 2009
		14 al 18 de diciembre del 2009
Lázaro Cárdenas	Ejido Los Amates	25 al 28 de mayo del 2009
	UMA La Bonetera	28 al 31 de mayo del 2009

Estimaciones de densidad de venado cola blanca Se estimaron los valores en la densidad poblacional de venado por localidad (Cuadro 7). La información sirvió de comparativo con otros trabajos realizados en la zona del Bajo Balsas en Michoacán. Evaluándose que el venado cola blanca se encuentra distribuido en todas las localidades de trabajo, contándose con fotoregistros de cámaras, huellas, excretas, cráneos, astas, pieles y avistamientos de animales.

Cuadro 7. Densidad poblacional estimada para poblaciones en localidades selectas de venado en el trópico Michoacano.

Municipio	Localidad	Densidad estimada	Valor de la densidad
L. Cárdenas	Ejido Los Amates	2.11 ± 0.26 venados/km ²	Baja
Arteaga	C. I. Los Pozos	3.70 ± 0.39 venados/km ²	Baja
Apatzingán	UMA Los Mezcales	4.53 ± 0.45 venados /km ²	Baja a Media
Huacana	UMA Ichamio	4.60 ± 0.62 venados/km ²	Baja a Media
Apatzingán	UMA Acatlán	5.7 ± 0.72 venados/km ²	Media
Arteaga	San José de Los Pinos	6.67 ± 0.80 venados/km ²	Media
Apatzingán	UMA Las Cajas	7.23 ± 0.58venados/km ²	Media
L. Cárdenas	UMA La Bonetera	11.21 ± 0.85 venados/km ²	Alta
Valor promedio		5.7 venados/ km²	

Tomándose como criterios de categorización, los valores de densidad reportados por Yáñez (2009) como: densidad alta > a 9 ind/km², densidad media entre 5-9 ind/km² y una densidad baja < 5 ind/km².

Características del entorno de poblaciones de venado cola blanca, en el Trópico de Michoacán a nivel local (paisaje).

En base a los valores de densidad, se estimó la superficie mínima requerida para albergar poblaciones viables, estimándose para la costa la menor superficie necesaria para albergar 500 venados, con 60. km² (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores promedios de densidad, y estimaciones de superficie necesaria para albergar poblaciones mínimas viables.

Región	Densidad promedio estimada	PMV	AMV	Radio
Bajo Balsas	5.99 venados / km ²	503 venados	72.60 km ²	5.20 km
Sierra Madre del Sur	5.25 venados / km ²	504 venados	74.54 km ²	5.54 km
Costa Michoacana	6.69 venados / km ²	502 venados	60.94 km ²	4.91 km

Se analizaron las características a nivel paisaje de los sitios con poblaciones de venado cola, encontrándose 4 variables topográficas comunes en cada sitio, al igual que dos variables con respecto a disponibilidad de agua, y distancia a caminos y carreteras (Cuadro 9).

Cuadro 9. Valores abióticos de PMV, dominantes por región tropicales de estudio.

Atributos		Bajo Balsas	Sierra Madre del Sur	Costa Michoacana
Terreno	Pendiente	0 a 9°	0 a 9°	0 a 9°
	Elevación	300 a 599 msnm	300 a 900 msnm	< 300 msnm
	Geoformas	Pendientes abiertas	Pendientes abiertas	Pendientes abiertas
	Orientación	52.86% NE-N-NO	54.86% SE-S-SO	59% SE-S-SO
Agua	Longitud	70.63 km	57.52 km	140.15 km
	Ríos y tributarios	Rincón, Limón, Carrizal, Guacamayas	Toscano, Popoyuta Enramadas,	Potrerillos, Salitre, Tigre Timbirichera, Acatlán,
Carreteras	Distancia	16.28 km	-	6.81 km
	Carreteras	Huacana-Zicuirán Zicuirán- Churumuco	-	Arteaga-La Mira

Los tipos de vegetación se agruparon en vegetación primaria, secundaria y cultivada, información basada en el inventario nacional forestal (SEMARNAT-UNAM, 2000) (Cuadro 10.)

Cuadro 10. Estimación de coberturas de vegetación en superficies estimadas para albergar poblaciones viables en ambientes tropicales de Michoacán.

Región /tipo	Bajo Balsas		Sierra Madre del Sur		Costa Michoacana	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Vegetación primaria						
BP	2026.62	11.61	14.15	0.24	-	-
BE	386.34	2.21	2.13	0.04	-	-
BP – E	-	-	44.24	0.75	2.10	0.5
BBC y SC	14932.97	85.59	9.23	0.16	-	-
BMC y SC	-	-	16.39	0.28	8.13	0.20
Subtotales	17345.93	99.41	86.14	1.47	10.23	0.7
Vegetación secundaria						
BP con vs	7.15	0.04	1517.01	25.60	-	-
BE con vs	-	-	-	-	-	-
BP – E con vs	-	-	1684.17	28.42	4.13	0.10
BBC y SC con vs	66.75	0.38	2012.32	33.96	52.42	1.31
BMC y SC con vs	-	-	621.67	10.49	16.04	0.40
Subtotales	73.9	0.42	5835.17	98.47	72.59	1.81
Vegetación cultivada						
AT con c/a	23.46	0.13	-	-	-	-
PI	1.95	0.01	3.22	0.05	248.16	6.22
AT con c p/semip	0.39	0.002	-	-	-	-
PC	-	-	1.32	0.02	3657.70	91.70
Subtotales	25.8	0.14	4.54	0.07	3905.86	97.92
TOTAL	17445.63	100	5925.85	100	3988.68	100

Simbología: BP bosque de pino, BE bosque de encino, BP-E bosque de pino encino, SBC y SC bosque tropical caducifolio y subcaducifolio, SMC y SC bosque tropical subperennifolio y perennifolio; vs vegetación secundaria arbustivas y herbáceas, AT con c/a agricultura de temporal con cultivos anuales, PI pastizal inducido, AT con c p/semip agricultura de temporal con cultivos permanentes y semipermanentes, PC pastizal cultivado.

En la región Bajo Balsas la vegetación primaria de los sitios estudiados corresponde en un 99.4%, a la bosque tropical caducifolio y subcaducifolia. Para la Sierra Madre del Sur, dominan los bosques secundarios caducifolios y subcaducifolios, seguido de los bosques de

pino-encino, representando un 98.47%. En la Costa Michoacana predominó la vegetación cultivada con 97.9% de pastizales cultivados.

Para obtener datos cualitativos, se aplicaron entrevistas en las localidades de trabajo, obteniendo un listado preliminar sobre plantas consumidas por el venado en el Trópico Michoacano. Información aplicada entre los propietarios de predios, ejidatarios mayores y habitantes rurales, quienes cuentan con la experiencia y observaciones de campo. La lista se enriqueció y corroboró con los trabajos sobre especies dieta de venados publicados; Ffolliot y Gallina (1981), Silva *et al.* (1999) Mandujano *et al.* (2004), Arceo (2005), Carranza *et al.* (2003), Myers *et al.* (2004), Medina *et al.* (2008), y Plata (2009), la información se concentra en el Anexo I.

Finalmente para la población humana (factor de presión), se estimaron los niveles de densidad humana (Cuadro 11). La mayor concentración humana se da en la región del Bajo Balsas, misma que coincide con lo señalado por el INEGI (1985), como una zona con abundante actividad humana, agrícola de riego, temporal y práctica de ganadería extensiva.

Cuadro 11. Valores de presión humana, por región de estudio.

Población Humana	Bajo Balsas	Sierra Madre del Sur	Costa Michoacana
Localidades	28	22	20
No. de habitantes	1, 311	284	327
Población masculina	829	15	123
Densidad	18.05 hab/km ²	3.81 hab/km ²	5.36 hab/km ²

Validación del índice de aptitud de hábitat

Los registros de distribución observada del venado cola blanca, se sobrepusieron al mapa de aptitud de hábitat, analizándose con respecto a las categorías del índice. Para visualizar su distribución proporcional se creó un histograma de frecuencias con los registros (Figura 8).

Posteriormente se observó y analizó estadísticamente la correspondencia entre las categorías del mapa de aptitud del hábitat, y ser validadas con la prueba de estadística χ^2 . Bajo la hipótesis: *alternativa* “los registros observados de venado cola blanca se distribuyen de manera independiente a la disponibilidad de cada categoría del índice de aptitud del hábitat en el trópico de Michoacán”.

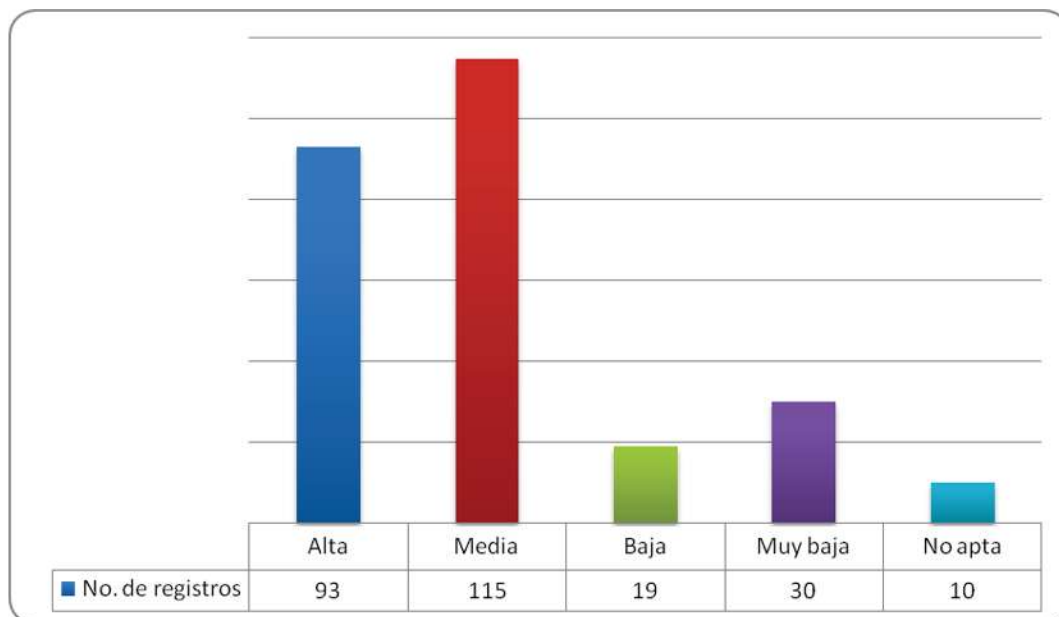


Figura 8. Histograma de frecuencias de registros de venado cola blanca y correspondencia con las categorías del índice de aptitud del hábitat.

La mayoría de los registros de campo (43%) empleados para la validación coincidieron con áreas que presentan aptitud media, cuando en la región de estudio la disponibilidad de superficie de esta categoría es de 29.8%. La siguiente categoría con mayor concentración de registros fue la de aptitud alta, con 34% de los registros y su disponibilidad de superficie es de 39.5%. Solo el 3.7% de los registros ocurrieron en zonas no aptas, mientras que las categorías de baja y muy baja solo concentraron el 18% de los registros cuando su disponibilidad combinada es de 21%.

Se aplicó la prueba de χ^2 , (tablas de contingencia) ya que se utiliza cuando se presenta más de dos frecuencias (Parker, 1981), y nos permitió referir los registros y asociarlos a las cinco categorías, los resultados fueron expresados como frecuencias para agruparse en cada categoría. Para ello se empleó las categorías del mapa de aptitud del hábitat (Cuadro 12).

Cuadro 12. Valores empleados en la prueba χ^2

Categoría de aptitud	Alta	Media	Baja	Muy Baja	No apta
Registros de venado	93	115	19	30	10
Valores esperados	106	80	35	23	23
Diferencia (O-E)	(-)13	35	(-)16	7	(-)13
Diferencia (O-E)²	169	1225	256	49	169

Los resultados revelaron que los registros de venado coincidieron mayoritariamente con superficies cuyas categorías del índice mostraron aptitud alta y media, por encima de lo esperado de una distribución asociada a la disponibilidad de superficie de cada categoría.

Los resultados fueron además estadísticamente significativos ($P=0.00004$, 8 G. L), lo que nos muestra que sí existe significancia, y que por lo tanto, las observaciones de venado cola blanca están asociadas a las categorías altas y medias del índice de aptitud del hábitat, validando de forma satisfactoria el índice.

Recomendaciones generales de manejo

Recomendaciones. Reforestación con especies que forman parte de la dieta (Anexo II), y consumidas por otras especies de fauna silvestre con la finalidad de incrementar sus poblaciones. Estimar densidades a nivel regional para evaluar tendencias a lo largo plazo, y evaluar su productividad, movilidad y dispersión de las poblaciones (Cuadro 5). Es recomendable el aprovechamiento extractivo del venado mediante el empleo riguroso de cintillos cinegéticos emitidos por la SEMARNAT, en UMAS autorizadas sobre áreas con aptitudes altas y medias. Impartir talleres a ejidatarios y dueños de UMAS, y autoridades sobre cacería responsable, normatividad, detección de problemática local asociada a la fauna silvestre. Trabajar en conjunto con universidades, dependencias de gobierno, sobre los apoyos e intercambio de información generada y procurar realizar una planificación estratégica sobre el aprovechamiento sustentable del venado cola blanca en Michoacán (Cuadro 13).

Cuadro 13. Propuestas y acciones para el manejo del venado cola blanca en base al índice de aptitud del hábitat en el Trópico de Michoacán.

Propuestas	Superficie y porcentaje		Acciones
Aptitud alta Áreas de conservación y de aprovechamiento sustentable	599.68 km ²	45 %	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer áreas de conservación en los ejidos. • Determinar sitios fuente de venados que se conecten con corredores hacia sitios con menor aptitud. • Aprovechamiento sustentable. • Conformación de grupos de vigilancia participativa
Aptitud media Áreas de manejo cinegético	386.65 km ²	29 %	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo cinegético, monitorear parámetros poblacionales. • Establecimiento y monitoreo de UMAS extensivas y aprovechamiento sustentable. • Conformación de grupos de vigilancia participativa.
Aptitud baja Áreas de tránsito con aprovechamiento de subsistencia	180.98 km ²	13 %	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreos regionales del venado, determinar tendencias poblacionales. • Platicas con clubes deportivos sobre “cacería responsable”. • Establecer corredores. • Mejoramiento de hábitat.
Aptitud muy baja Manejo al hábitat con reintroducción de la subespecies	120.56 km ²	9 %	<ul style="list-style-type: none"> • Restricción de la cacería en sus diferentes modalidades. • Reforestaciones y mejoramiento de hábitat con especies consumidas por la fauna silvestre.
No apta Manejo y Mejoramiento al hábitat con restricciones temporales	56.85 km ²	4 %	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de estanques pluviales. • Conformación de grupos de vigilancia participativa. • Reintroducciones experimentales de la especie. • Talleres participativos.

DISCUSIÓN

Índice de calidad del hábitat basado en el EMC y AHP

Este es el primer estudio en el que se utilizan el análisis multicriterio (EMC) y el proceso analítico jerárquico (AHP), para generar un índice de calidad de hábitat en una especie de amplia distribución e importancia cinegética en México. Existen algunos estudios sobre índices de calidad de hábitat en venado cola blanca en México, pero estos se han generado mediante procesos metodológicos distintos. En ellos se ha utilizado la metodología estándar de un “Habitat Suitability Index (HSI), en dicha metodología se asigna un valor de importancia a cada variable ambiental de forma menos objetiva, y en conjunto con sistemas de información geográfica y mapas digitales de vegetación y otras variables ambientales, se generan mapas de calidad de hábitat (Delfín-Alfonso y Gallina, 2007; Delfín-Alfonso *et al.* 2009; y Bolívar, 2009). En este estudio se aplicó un enfoque metodológico más robusto, que es el análisis multicriterio en combinación con el proceso analítico jerárquico. En el análisis multicriterio se evalúa, prioriza y selecciona los conjuntos de datos para la solución de un problema complejo (Ávila, 2000; y Kiker *et al.*, 2005), permitiendo vincular información de criterios de decisión y elaborar ponderaciones por un tomador de decisión, permitiendo visualizar y cuantificar todo proceso aplicado. Por otra parte el proceso analítico jerárquico descompone el problema en estructuras jerárquicas y las incorpora a criterios de decisión, comparándose de forma pareada a los resultados. El AHP permite incorporar el conocimiento experto y la experiencia personal sobre el problema a resolver, con la emisión de juicios subjetivos.

Por otra parte, este es el primer estudio enfocado a generar un índice de calidad de hábitat en bosques tropicales caducifolios del Pacífico, y enfocado a una escala de regiones biogeográficas. Los estudios existentes para el país han sido desarrollados para regiones políticamente definidas, especialmente para la parte central, y la vertiente del Golfo de México. Siendo este el primer trabajo desarrollado para la vertiente del Pacífico del país, en particular para Michoacán.

Ventajas del empleo de un índice de calidad de hábitat

Las principales ventajas que presenta la utilización de un índice de calidad de hábitat para el manejo de una especie, que como el venado cola blanca presentan una amplia distribución en el estado sobre una amplia gama de condiciones de aptitud, es que permite evaluar el hábitat a escalas espaciales grandes, permitiendo cuantificar el potencial de cada región o localidad.

Permite establecer bases para la toma de decisión en el contexto geográfico, político y social, además de facilitar la identificación de áreas y su extensión para el manejo sustentable de la especie. El enfoque de análisis regional permite considerar los requerimientos propios de la especie y ver como estos influyen en su abundancia local, vegetación, distancia a los cuerpos de agua, factores de presión, orientación de las laderas, elevación y pendiente del terreno, (Short, 1980; Mandujano, 1994; Roseberry y Woolf, 1998; Silva-Villalobos 1999; Bello, 2004; Mandujano, 2004; Medina et al., 2008; Bolívar, 2009; y Yáñez, 2009).

Particularidades de los modelos de este estudio

Otro aspecto que resaltamos de este estudio es el análisis comparativo de distintos insumos empleados para vegetación, ya que se compararon con detalle tres tipos de mapas de aptitud del hábitat para el venado cola blanca, en el primero se empleó el inventario forestal, en el segundo se empleó un NDVI, y un tercero incluyó un mapa compuesto que integró la

información del inventario que se modificó a partir de un NDVI. Con respecto al uso de un modelo compuesto del inventario forestal y de un NDVI, ya se ha demostrado la utilidad de este enfoque, en el estudio de Delfín-Alonso et al. (2009), emplearon un enfoque similar para el insumo de vegetación. Para una mejor interpretación de índices generados mediante el uso de distintos insumos de vegetación, proponemos un conjunto de criterios a considerar para seleccionar el mejor modelo: tomar en cuenta la fecha de publicación del mapa de vegetación, y la escala de definición, actualizándose de ser posible los tipos de hábitats. Para esto recomendamos ampliamente el uso de imágenes satelitales recientes, auxiliándose de mapas de vegetación potencial e histórica.

Otra diferencia importante con los estudios disponibles para México, es que se utilizó solo seis criterios (vegetación y uso del suelo, distancia a los cuerpos de agua, factor de presión antropogénica, y tres variables que componen el terreno orientación, pendiente y elevación), requerimientos o mapas bases, en la matriz de comparación multicriterio, y del proceso jerárquico. Las variables que son fundamentales en nuestro índice de acuerdo al procedimiento seguido fueron uso de suelo y vegetación, seguida de la distancia a los cuerpos de agua, el factor de presión antropogénico representado como densidad poblacional humana. En menor proporción la orientación, pendiente y elevación.

Una diferencia importante entre este estudio y los realizados anteriormente en otras partes del país, es la disponibilidad de información para la validación del índice. El tamaño de muestra empleado en este estudio con 267 registros de campo recientes, permitió realizar una validación estadística del modelo, contándose con una dispersión geográfica adecuada de los datos, mientras que en el estudio realizado para el centro de Veracruz no se reporta validación estadística, contándose con un tamaño de muestra reducido para la validación (Delfín-Alonso et al. 2009).

Otra ventaja del procedimiento metodológico empleado en este estudio, es el número y amplitud de valores de cada categoría de aptitud pueden ajustarse para mejorar su precisión para considerar variaciones espacio-temporales de las poblaciones de venado, a partir de la disponibilidad de datos de monitoreo. Además la actualización o ajuste del índice permitiría redefinir los criterios para el establecimiento de zonas de conservación, reintroducción, restauración, manejo y aprovechamiento del venado. El índice de aptitud que proponemos, pretende ser una herramienta la cual permita identificar zonas sustentables de aprovechamiento del venado, bajo cualquier modalidad. Tendría que tenerse en cuenta los valores en la densidad poblacional del venado cola blanca.

El venado cola blanca en Michoacán

En Michoacán el venado todavía presenta amplia distribución, y a partir de las estimaciones de densidad obtenidas y de la distribución observada, asumimos que es posible encontrar poblaciones viables. Por otra parte las tres regiones tropicales examinadas presentan amplias extensiones con superficies con valores alto y medio de aptitud para la especie, constituyéndose el venado cola blanca en un recurso natural renovable de enorme valor económico y cinegético para los municipios marginados de las regiones estudiadas, razón por la cual su manejo debe de basarse en información científica sólida e instrumentos modernos de planeación como lo son el análisis multicriterio, mapas de aptitud de hábitat y monitoreo de poblaciones en campo.

En Michoacán, todavía dispone de mucho potencial para el manejo cinegético del venado cola blanca en comparación con otros estados como: Aguascalientes, Campeche, Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Tabasco y Veracruz (Ortiz-Martínez *et al.*, 2005 y Gallina *et al.*, 2009).

Limitaciones del índice de calidad de hábitat

El modelo propuesto se dirige a valorar solamente zonas tropicales, quedando excluidos los bosques templados, los cuales también presentan hábitat apto para el venado cola blanca. Sin embargo en su elaboración se deberá analizar otras variables, y valorar su aplicación del mismo bajo un diferente esquema de validación.

Una validación más rigurosa, que genere un índice de calidad del hábitat confiable, requerirá de un diseño distinto que incluya estimaciones de densidad poblacional del venado con mayor representatividad geográfica. Idealmente el índice debe de ser validado a partir de datos de densidad, productividad del venado o abundancia. En la validación efectuada hasta ahora, solo se dispuso de datos de algunas UMAS, y coordenadas geográficas de avistamientos, cámaras trampa, huellas, excretas y ejemplares cazados. Idealmente el mapa de aptitud debe ser reconvertido en un mapa de densidades potenciales, a partir de un muestreo de densidades representativo, y su posterior ajuste y depuración.

CONCLUSIONES

- En Michoacán es posible encontrar poblaciones de venado cola blanca sobre casi la totalidad de las regiones Balsas-Sierra-Costa, lo que permite que para su administración y manejo se utilice herramientas y metodología espaciales como los índices de aptitud de hábitat, para un aprovechamiento sostenible y sobre poblaciones viables de venado cola blanca.
- Tanto el análisis multicriterio y el proceso analítico jerárquico, son procedimientos y herramientas útiles para la generación de un índice de calidad de hábitat, en combinación con Sistemas de Información Geográfica, procedimientos que no se han utilizado anteriormente en México con ninguna especie de mamíferos.
- El índice de calidad de hábitat generado difiere de los índices propuestos para los estados Puebla y Veracruz, ya que cuentan con insumos con mejor nivel de resolución, y un procedimiento metodológico más robusto que incluyó su validación con una amplia base de datos de campo.
- La combinación de estas metodologías permitió establecer cinco categorías de aptitud que pueden asociarse a acciones de planeación aprovechamiento, conservación y manejo para la especie en las regiones y municipios.
- Para la creación del índice y los mapas correspondientes, es necesario seleccionar cuidadosamente los insumos asociados a la cobertura de vegetación y uso de suelo. Los insumos deben considerar la escala de los píxeles, y antigüedad de la información.
- Con base en los insumos disponibles de vegetación, imágenes e inventario forestal, es recomendable crear distintos mapas de aptitud y evaluarlos para seleccionar la mejor propuesta. En este estudio el mejor mapa presentó una resolución de 30 metros por

píxel y se generó utilizando mapas de vegetación potencial e imágenes de satélite NDVI, que mostró los cambios de uso del suelo hasta el año 2005, este modelo por su nivel de detalle, fue el único índice que nos mostró zonas no aptas en el trópico.

- En la validación del índice de aptitud se mostró una fuerte relación entre los mayores porcentajes de registros geográficos de venado cola blanca (conjunto de datos independiente), y las dos principales categorías de aptitud (alta y media), la validación del índice permite que pueda ser utilizado como base para el manejo de la especie en el estado.
- Creemos que la aplicación del índice propuesto servirá como herramienta en la planificación del aprovechamiento sustentable del venado en el trópico de Michoacán, y será necesario construir un nuevo modelo que considere la totalidad del estado, considerando los ambientes templados.

BIBLIOGRAFÍA

- Aranda M. 2000. **Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México.** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. 212 pp.
- Arceo G., Mandujano S. and Gallina S. y Pérez-Jiménez L. A. 2005. **Diet diversity of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in a tropical dry forest in Mexico.** *Mammalian* 69 (2): 159- 168
- Ávila M. R. M. 2000. **El AHP (Proceso Analítico Jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras. Caso Brasil.** Proyecto Regional "Información sobre tierras y aguas para un desarrollo agrícola sostenible" (Proyecto GCP/RLA/126/JPN). Santiago de Chile, Chile.
- Bello-Gutiérrez J., Guzmán-Aguirre C. y Chablé-Montero C. 2004. **Caracterización del hábitat de tres especies de artiodáctilos en un área fragmentada de Tabasco, México.** En *Memorias: Manejo de Fauna silvestre en Amazonia y Latinoamérica*. Pp. 136: 145
- Bolívar C. B. del S. 2009. **Análisis del hábitat óptimo y modelado de nicho ecológico para la conservación del venado cola blanca en el centro de Veracruz.** Tesis de Maestría. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México. 93 pp.
- Carver S. J. 1991. **Integrating Multi-Criterial Evaluation with Geographical Information Systems.** *International Journal of Geographical Information Systems*. 5 (3): 321-339
- Carranza M. M. A., Sánchez V. L. R., Pineda L. M. del R. y Cuevas G. R. 2003. **Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la Sierra de Manantlán, México.** *Agrociencias* Vol. 37 No. 02. Pp. 203-210.

- CONANP. 2006. **Estudio Previo Justificativo para el establecimiento de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, Michoacán, México.** México, D.F., pp. 181 + XXV anexos.
- Delfín-Alfonso C. A. y Gallina T. S. A. 2007. Capítulo 15. **Modelo de evaluación de hábitat para el venado cola blanca en un bosque tropical caducifolio en México.** En: Zunino M. y Melic A. (Eds). *Escarabajos, diversidad y conservación biológica.* Ensayo en homenaje a Gonzalo Halffter. Monografías Tercer Milenio. Vol. 7. S.E.A. Zaragoza, España. Pp 193-202.
- Delfín-Alfonso C. A., Gallina 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.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2007. **Ley General de Vida Silvestre.** Publicada el 03 de julio del 2000. Congreso de la Unión. México. D.F. Página electrónica: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146.pdf>.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) y SEMARNAT. 2007. **Decreto por el que se declara área natural protegida, con la categoría de reserva de la biosfera, la región conocida como Zicuirán-Infiernillo, localizada en los municipios de Arteaga, Churumuco, La Huacana y Tumbiscatío, en el Estado de Michoacán.** Publicado el 30 de noviembre del 2007. Congreso de la Unión. México. D.F.
- Eastman J. R. 2006. **IDRISI Andes. Guide to GIS and image processing.** Clark Lab. Clark University. Worcester, USA. 328 pp.
- ESRI. 1996. **ArcView GIS.** Using ArcView GIS. Environmental Systems Research Institute, Inc. 350 pp.

- ExpertChoice. 1995. **ExpertChoice: decision support software**. User Manual. USA.
- Fleming K. K., Didier K. A., Miranda B. R. and Porter W. F. 2004. **Sensitivity of a White-Tailed Deer Habitat-Suitability Index Model to Error in Satellite Land-Cover Data: Implications for Wildlife Habitat-Suitability Studies**. Wildlife Society Bulletin 32:158-168.
- Folliott P. F. and Gallina, S. (Eds). 1981. **Deer biology, habitat requirements and management in Western North America. México**. The Human and de Biosphere e Instituto de Ecología A. C. 238 pp.
- Gallina S., Álvarez-Cárdenas S. y Galina-Tessaro P. 2000. **Familia Cervidae**. En: Mamíferos del Noroeste de México II. Álvarez-Castañeda S. T. y J. L. Patton. (Eds). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. Pp. 793 – 815.
- Gallina S., Mandujano S., Bello J., López. A. F. H., y Weber M. 2010. Chapter 11: **white-tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann 1780)**. En: **Neotropical Cevidology. Biology and Medicine of Latin America Deer**. Barbanti D. J. M. y Gonzales S. (Edits). Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) pp. 101-118.
- Gallina 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.
- Halls L. K. 1984. **White-tailed deer: Ecology and Management**. Wildlife Management Institute Book. Stackpole Book. U.S.A. 870 pp.
- INEGI. 1985. **Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán**. Secretaría de Programación y Presupuesto. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informantica. México, D.F.

- Joerin F., Thériault M. and Musy A. 2001. **Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment.** International Journal of Geographical Information Science. vol. 15 No. 2, pp 153-174.
- Kangas, J., Karsikko, J., Laasonen, L. and Pukkala, T. 1993. **A method for estimating the suitability function of wildlife habitat for forest planning on the basis of expertise.** Silva Fennica 27: 259-268.
- Keeney R. L. 1982. **Decision analysis: an overview.** Operations Research. Vol 30. No. 5 pp 803-838.
- Kiker G. A., Bridges T. S., Varghese A., Seager T. P., and Linkov I. 2005. **Application of Multicriteria Decision Analysis in Environmental Decision Making.** Integrated Environmental Assessment and Management. Vol. 1 No. 2 pp. 95–108.
- Lancia R. A., Adams D. A. and Lunk E. M. 1986. **Temporal and spatial aspects of species-habitat models.** Wildlife (J. Verner, M. L. Morrison, and C. J. Ralph, editors). The University of Wisconsin Press. Madison, Wisconsin, pp. 177-182.
- Lyon, J. G., Heinen J. T., Mead R. A., and Roller N. E. G. 1987. **Spatial data for modeling wildlife habitat.** Journal of Surveying Engineering, 113 (2) :88-100.
- Mandujano S., Gallina S., Arceo G., Sánchez-Rojas G. y Silva-Villalobos M.G. 2002. ***Odocoileus virginianus sinaloae* (J. A. Allen 1903) venado cola blanca.** En: Noguera F. A., Vega R. J. H., García A. A. N. y Quezada A. M. (Edits). Historia Natural de Chamela. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 415. – 422.

- Mandujano S. y Gallina S. 2004. **Dinámica poblacional del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque tropical seco.** En: Contribuciones Mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa. Sánchez Cordero V. y Medellín R. A. (Edits). Instituto de Biología e Instituto de Ecología. Universidad Autónoma de México. Pp. 317 – 330
- Mandujano S., Gallina S. Arceo G. y Pérez-Jiménez L. A. 2004. **Variación estacional del uso y preferencia de los tipos vegetacionales por el venado cola blanca en un bosque tropical de Jalisco.** Acta Zoológica Mexicana 20 (2) 45-67.
- Mandujano S. 2007. **Métodos de estimación del tamaño poblacional del venado cola blanca en bosques tropicales.** En: Memorias del Taller para la elaboración de protocolos de evaluación y seguimiento para la Conservación, recuperación y uso de las poblaciones de fauna silvestre y sus hábitats en unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General de Vida Silvestre, Instituto Nacional de Ecología y Fundación Unidos para la Conservación. México, D.F.
- Mandujano S. 2009. **Consideraciones ecológicas para el manejo del venado cola blanca en UMAS extensivas en los bosques tropicales.** En: Métodos para la evaluación, monitoreo y conservación de poblaciones de vertebrados terrestres en sitios templados y del trópico de México. Sánchez O. (Edit.) Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Unidos para la Conservación. México, D.F. (en prensa).
- Mandujano S. and González-Zamora. 2009. **Evaluation of natural conservation areas and wildlife management units to support minimum viable populations of white-tailed deer in Mexico.** Tropical Conservation Science. Vol. 2 (2) 237 – 250.

- Medina T. S. M., García M. E., Márquez O. M., Vaquera H. H., Romero M. A. y Martínez M. M. 2008. **Factores que influyen en el uso del hábitat por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus couesi*) en la Sierra del Laurel, Aguascalientes, México.** Acta Zoológica Mexicana 24 (3): 191 – 212.
- Mendoza G. A. and Prabhu R. 2000. **Development of a Methodology for Selecting Criteria and Indicators of Sustainable Forest Management: A Case Study on Participatory Assessment.** Environmental Management Vol. 26, No. 6, pp. 659–673.
- Morrison M. L. 2002. **Wildlife restoration: techniques for habitat analysis and animal monitoring.** Society for Ecological Restoration. Island Press. Washington. Pp 209
- Myers, J., M. Vellend, S. Gardescu y P. L. Marks. 2004. **Seed dispersal by white-tailed deer: implications for long-distance dispersal, invasion and migration of plants in eastern North America.** Oecologia 139: 35-44.
- Ormsby J. P., and Lunetta R. S. 1987. **Whitetail deer food availability maps from Thematic Mapper data.** Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 53(8):1081-1085.
- Obade V. P. 2007. **Wildlife habitat suitability mapping using remote sensing and geographical information science.** Afr. J. Ecol. Special Number 1-3.
- Ortega R. J. M. 2003. **Evaluación multicriterio y sistemas espaciales de toma de decisiones aplicados a la planeación del uso del suelo en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán.** Tesis de Maestría en Ciencias en Conservación y Manejo de Recursos Naturales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología. 148 pp.

- Ortiz-Martínez T., Gallina S., Briones-Salas M. y González G. 2005. **Densidad poblacional y caracterización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus oaxacensis*, Goldman y Kellog, 1940), en un bosque templado de la Sierra Norte de Oaxaca, México.** Acta Zoológica Mexicana 21 (3): 65-78
- Parker R. E. 1981. **Estadística para biólogos.** Edit. Omega S.A. Barcelona, España. 136 pp.
- Pereira J. M. C. and Itami R. M. 1991. **GIS-Based Habitat Modeling Using Logistic Multiple Regression: A Study of the Mt. Graham Red Squirrel.** Photogrammetric Engineering & Remotes Sensing, Vol. 57, No. 11 pp. 1475-1486.
- Pérez-Gil S. R., Jaramillo M. F., Muñiz S. A. M. y Torres G. M. G. 1995. **Importancia económica de los vertebrados silvestres de México.** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D. F. 170 pp.
- Plata F. X., Ebergeny S., Resendiz J. L., Villareal O., Viccon J. A. y Mendoza G. D. 2009. **Palatabilidad y composición química de alimentos consumidos en cautiverio por el venado cola blanca de Yucatán (*Odocoileus virginianus yucatanensis*).** Arch. Med Vet 41: 123-129.
- Primack R., Rozzi R., Feinsinger P., Dirzo R. y Massardo F. 2001. **Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas.** Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 797 pp.
- Reynolds K. M and Hessburg P. F. 2005. **Decision support for integrated landscape evaluation and restoration planning.** Forest Ecology and Management 207: 263–278.
- Riascos A. E. M. 2010. **El análisis multicriterio en la gestión de la biodiversidad.** Tesis de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Posgrado en Gestión Ambiental. Colombia. 119 pp.

- Rojo C. A., Lizardo C. R. J., Solano C. G. y Hernández L. R. 2007. **Plan de Manejo Tipo: venado cola blanca en zonas templadas y tropicales de México.** Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 30 pp.
- Roseberry J. L. and Woolf A. 1998. **Habitat-population density relationships for white-tailed deer in Illinois. Wildlife Society Bulletin Vol. 26(2):252-258**
- Linkov I, Steevens J. 2006. **Chapter 35 Appendix A: Multi-Criteria Decision Analysis.** In Multi-Criteria Decision Analysis. Pp 815- 829
- Saaty, T.L. 1980. **The Analytic Hierarchy Process.** McGraw-Hill International.
- Schmoldt L. D., Peterson L. D., and Smith L. R. 1994. **Proceeding Decision Support.** Combined events of the 17th Annual Geographic Information Seminar and the Resource Technology. Symposium Delta Chelsea Inn. Toronto, Ontario. Vol. I: 129-143
- SEMARNAT. 1997. **Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva del Sector Rural: 1997-2000.** Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F.
- SEMARNAP-UNAM. 2000. **Inventario Forestal Nacional.** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México.
- Short, H. L. 1986. **Habitat suitability index models: White-tailed deer in the Gulf of Mexico and South Atlantic coastal plains.** U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 82(10.123). 36 pp.
- Silva-Villalobos G., Mandujano S., Arceo G., Gallina S., Pérez-Jiménez. 1999. **Nutritional characteristics of plants consumed by the white-tailed deer in tropical forest of Mexico.** Vida Silvestre Neotropical 8(1-2): 38-42.

- Traill, L., Brook B. W. Corey J. A. and McGinley M. 2007. **Minimum viable population size**. In: Encyclopedia of Earth. Eds. Cutler J. Cleveland (Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). Pagina electrónica: http://www.eoearth.org/article/Minimum_viable_population_size
- Tran T. L., Knight C. G., O'neill R. V., Smith E. R., Riitters K., H. and Wickham J. 2002. **Fuzzy Decision Analysis for Integrated Environmental Vulnerability Assessment of the Mid-Atlantic Region**. Environmental Management Vol. 29, No. 6, pp. 845–859.
- Turner M., Gardner H. R. and O'Neill R. V. 2001. **Landscape ecology in theory and practice: pattern and process**. Springer-Verlag, New York.
- Tyson T. L. 1959. **A deer drive vs. Track census**. Transactions of North American Wildlife Conference. 24:457-464.
- Villarreal G. J. G. 2000. **Venado cola blanca: manejo y aprovechamiento cinegético**. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. Nuevo León México. 401 pp.
- Voodg H. 1983. **Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning**. Pion, Ltd, London.
- Wagner L. 2004. **La toma de decisiones en sistemas complejos y contexto de incertidumbre**. Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales. Vol. 2 No. 2. Buenos Aires, Argentina. Página electrónica: <http://www.sai.com.ar>
- Weber M. 1993. **Ganadería de ciervos: ¿alternativa de producción animal o amenaza a la conservación de la fauna silvestre nativa?** Agrociencias: Recursos Naturales. Vol. 3: 93–112

Weber M. 2008. **Un especialista, un generalista y un oportunista: uso de tipos de vegetación por tres especies de venados en Calakmul, Campeche.** En: Avances en el Estudio de los Mamíferos de México. Lorenzo C. Espinoza E. y Ortega J. Publicaciones Especiales Vol. II. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. México D.F.

Yáñez A. 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. 100 pp.

Páginas electrónicas:

<http://www.glcapp.glcf.umd.edu>

<http://www.inegi.gob.mx>

<http://www.conapo.gob.mx>

ANEXOS

Anexo I. Especies dieta del venado cola blanca en el trópico de Michoacán.

Familia	Género	Especie	Forma	Hábitat	Parte consumida	Región		
						Balsas	Sierra	Costa
Agavaceae	<i>Agave</i>	<i>Agave kerchovei</i>	A	BTC	Esc	Aus	Aus	Aus
Amarantácea	<i>Amaranthus</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>	H	BTC	H	Pre	Aus	Aus
Amarantácea	<i>Amaranthus</i>	<i>Amaranthus spinosus</i>	H	BTC	H	Pre	Aus	Aus
Amarantácea	<i>Iresine</i>	<i>Iresine pacifica</i>	H	BTC	H	Aus	Aus	Aus
Anacardiácea	<i>Cyrtocarpa</i>	<i>Cyrtocarpa procera</i>	A	BTC	Fl-Fr	Pre	Aus	Aus
Anacardiaceae	<i>Mangifera</i>	<i>Mangifera indica</i>	A	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Anacardiácea	<i>Spondia</i>	<i>Spondias mombin</i>	A	BTC	Fr	Pre	Pre	Pre
Anacardiácea	<i>Spondia</i>	<i>Spondias purpurea</i>	A	BTC	Fr	Pre	Pre	Pre
Asclepiadaceae	<i>Cosmos</i>	<i>Cosmos bipinnatus</i>	H	BTC	H-Fl	Pre	Aus	Aus
Asclepiadaceae	<i>Montanoa</i>	<i>Montanoa sp.</i>	Ar	BTC	H-Fl	Aus	Aus	Aus
Bignoniácea	<i>Crescentia</i>	<i>Crescentia alata</i>	A	BTC-BESP	Fl	Pre	Pre	Pre
Bombacácea	<i>Ceiba</i>	<i>Ceiba aesculifolia</i>	A	BTC-BTSC	Fl	Pre	Pre	Pre
Bombacácea	<i>Ceiba</i>	<i>Ceiba parvifolia</i>	A	BTSC	Fl	Pre	Pre	Pre
Bombacácea	<i>Ceiba</i>	<i>Ceiba pentandra</i>	A	BTSC	Fl	Pre	Aus	Aus
Bombacácea	<i>Ceiba</i>	<i>Ceiba sp.</i>	A	BTSC	Fl	Pre	Pre	Pre
Bombacácea	<i>Pseudobombax</i>	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	A	BTC-BTSC	Fl	Pre	Pre	Pre
Boraginaceae	<i>Cordia</i>	<i>Cordia sp.</i>	A	BTC-BTSC	H			
Cactácea	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia atropes</i>	SUC	BESP-BTC	Cla-Fr	Pre	Aus	Aus
Cactácea	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia excelsa</i>	SUC	BESP-BTC	Cla-Fr	Pre	Aus	Aus
Cactácea	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia depressa</i>	SUC	BESP-BTC	Cla-Fr	Pre	Aus	Aus
Cactácea	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia sp.</i>	SUC	BESP-BTC	Cla-Fr	Pre	Pre	Pre
Cactácea	<i>Pachycereus</i>	<i>Pachycereus weberi</i>	A	BESP-BTC	Fl	Pre	Pre	Pre
Cactácea	<i>Stenocereus</i>	<i>Stenocereus thurberi</i>	A	BESP-BTC	Fr	Pre	Pre	Pre
Cactácea	<i>Stenocereus</i>	<i>Stenocereus fricci</i>	A	BESP-BTC	Fr	Pre	Pre	Pre
Cochlospermácea	<i>Cochlospermum</i>	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	A	BTC	Fl	Pre	Pre	Pre
Compositae	<i>Zinnia</i>	<i>Zinnia maritima</i>	H	BTC	H-Fl	Aus	Aus	Aus
Connaraceae	<i>Rourea</i>	<i>Rourea glabra</i>	H	BTC	Re-Fl	Aus	Aus	Aus
Convolvulácea	<i>Ipomoea</i>	<i>Ipomoea ampullacea</i>	H	BTC-BTSC	H-Fl	Pre	Aus	Pre
Convolvulácea	<i>Ipomoea</i>	<i>Ipomoea heredifolia</i>	H	BTC-BTSC	H-Fl	Pre	Aus	Pre
Convolvulácea	<i>Ipomoea</i>	<i>Ipomoea murucoides</i>	A	BTC	Fl	Pre	Aus	Aus
Convolvulácea	<i>Ipomoea</i>	<i>Ipomoea quamoclit</i>	H	BTC	H-Fl	Pre	Aus	Aus

Familia	Género	Especie	Forma	Hábitat	Parte consumida	Región		
						Balsas	Sierra	Costa
Convolvulácea	<i>Ipomoea</i>	<i>Ipomoea trifida</i>	H	BTC	Fl	Pre	Aus	Aus
Convolvulácea	<i>Ipomoea</i>	<i>Ipomoea wolcottiana</i>	A	BTC	Fl	Pre	Aus	Aus
Convolvulácea	<i>Ipomoea</i>	<i>Ipomoea sp.</i>	H	BTC	Fl	Pre	Pre	Pre
Cucurbitácea	<i>Cucurbita</i>	<i>Cucurbita argyrosperma</i>	H-CUL	BTC-BTSC	Fl-Fr	Pre	Aus	Aus
Cucurbitácea	<i>Cucurbita</i>	<i>Cucurbita pepo</i>	H-CUL	BTC-BTSC	Fl-Fr	Pre	Aus	Aus
Cucurbitácea	<i>Cucumis</i>	<i>Cucumis dipsaceus</i>	H-CUL	BTC-BTSC	Fl-Fr	Pre	Aus	Aus
Cucurbitácea	<i>Doyorea</i>	<i>Doyorea emetocathartica</i>	H-CUL	BTC-BTSC	Fl-Fr	Pre	Aus	Aus
Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i>	<i>Acalypha langiana</i>	H	BTC	Fl-Fr	Aus	Aus	Aus
Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i>	<i>Acalypha shiedeana</i>	H	BTC	Fl-Fr	Aus	Aus	Aus
Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i>	<i>Acalypha sp.</i>	H	BTC	Fl-Fr	Pre	Aus	Aus
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>Croton sp.</i>	H	BTC	Fr	Pre	Pre	Pre
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus candicans</i>	A	BEN	Fr	Aus	Pre	Aus
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus castanea</i>	A	BEN	Fr	Aus	Aus	Pre
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus conspersa</i>	A	BEN	Fr	Pre	Pre	Aus
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus crassifolia</i>	A	BEN	Fr	Aus	Pre	Pre
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus crassipes</i>	A	BEN	Fr	Aus	Aus	Pre
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus deserticola</i>	A	BEN	Fr	Aus	Aus	Pre
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus dysophilla</i>	A	BEN	Fr	Pre	Aus	Aus
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus elliptica</i>	A	BEN	Fr	Aus	Pre	Aus
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus glaucencens</i>	A	BEN	Fr	Aus	Pre	Aus
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus glaucoides</i>	A	BEN	Fr	Pre	Pre	Aus
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus gentryi</i>	A	BEN	Fr	Aus	Pre	Aus
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus laurina</i>	A	BEN	Fr	Aus	Pre	Pre
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus liebmanii</i>	A	BEN	Fr	Aus	Pre	Aus
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus magnoliaefolia</i>	A	BEN	Fr	Pre	Pre	Pre
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus obtusata</i>	A	BEN	Fr	Pre	Aus	Aus
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus resinosa</i>	A	BEN	Fr	Pre	Pre	Aus
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus rugosa</i>	A	BEN	Fr	Aus	Aus	Pre
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus salicifolia</i>	A	BEN	Fr	Aus	Pre	Pre
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus sororia</i>	A	BEN	Fr	Pre	Pre	Pre
Fagácea	<i>Quercus</i>	<i>Quercus sp.</i>	A	BEN	Fr	Pre	Aus	Aus
Gramínea	<i>Muhlenbergia</i>	<i>Muhlenbergia sp.</i>	P	BTC	H	Aus	Aus	Aus
Gramínea	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghum vulgare</i>	H-CUL	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Gramínea	<i>Zea</i>	<i>Zea mays</i>	H-CUL	BTC-BTSC	Fr-H	Pre	Pre	Pre
Jungladaceae	<i>Amphipterygium</i>	<i>Amphipterygium adstringens</i>	A	BTC-BTSC	H	Pre	Pre	Pre
Jungladaceae	<i>Amphipterygium</i>	<i>Amphipterygium glaucum</i>	A	BTC-BTSC	H	Pre	Pre	Pre
Lauraceae	<i>Nectandra</i>	<i>Nectandra ambigens</i>	A	BTC-BTSC	H	Aus	Aus	Aus
Leguminosae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia cochliacantha</i>	A-Ab	BTC	Re-Va	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia farnesiana</i>	A-Ab	BTC	Re-Va	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia gaumeri</i>	A-Ab	BTC	Re-Va	Aus	Aus	Aus

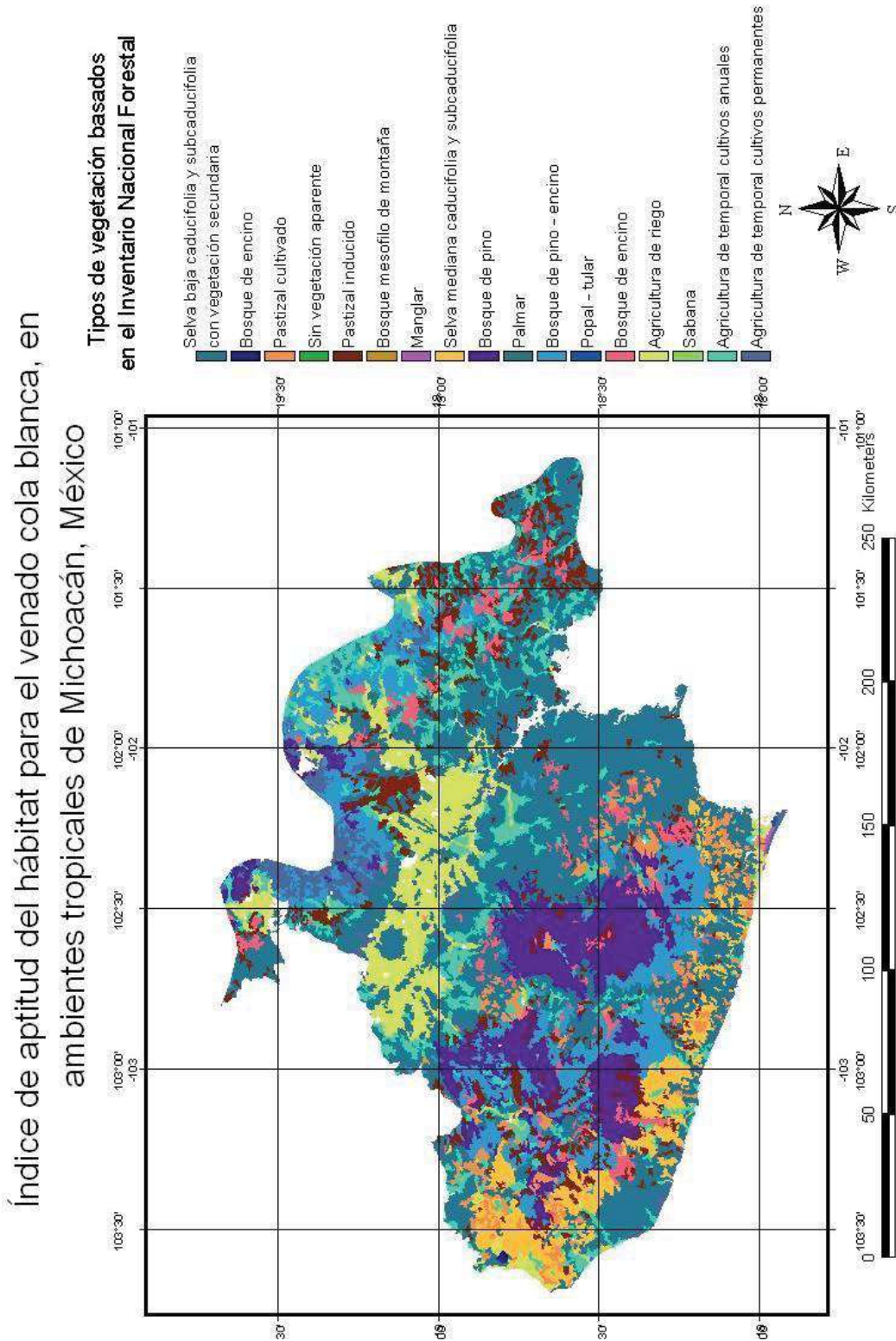
Familia	Género	Especie	Forma	Hábitat	Parte consumida	Región		
						Balsas	Sierra	Costa
Leguminosae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia macracantha</i>	A-Ab	BTC-BTSC	Re-Va	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia pennatula</i>	A-Ab	BTC-BTSC	Re-Va	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia picachensis</i>	A-Ab	BTC-BTSC	Re-Va	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia subangulata</i>	A-Ab	BTC-BTSC	Re-Va	Aus	Aus	Aus
Leguminosae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia sp.</i>	A-Ab	BTC-BTSC	Re-Va	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Apoplanesia</i>	<i>Apoplanesia paniculata</i>	A	BTC	Fl-Fr	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Brongniartia</i>	<i>Brongniartia sp. nov.</i>	Ab	BTC	Re-H	Aus	Aus	Aus
Leguminosae	<i>Caesalpinia</i>	<i>Caesalpinia coriaria</i>	A-Ab	BTC	Fr	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Caesalpinia</i>	<i>Caesalpinia platyloba</i>	A-Ab	BTC	Fr	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Caesalpinia</i>	<i>Caesalpinia hintoni</i>	A-Ab	BTC	Fr	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Cercidium</i>	<i>Cercidium praecox</i>	Ab	BTC	Re-Fl	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Coursetia</i>	<i>Coursetia caribaea</i>	Ab	BTC	H-Fl	Aus	Aus	Aus
Leguminosae	<i>Coursetia</i>	<i>Coursetia caribaea</i>	Ab	BTC	H-Fr	Aus	Aus	Aus
Leguminosae	<i>Crotalaria</i>	<i>Crotalaria sp.</i>	H	BTC	H-Fl	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Desmodium</i>	<i>Desmodium procumbens</i>	H-Ab	BTC	H-Fl	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Enterolobium</i>	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	A	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Eysenhardtia</i>	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Ab	BTC	H-Fr	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Haematoxylon</i>	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	A	BTC	H-Fl-Fr	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Herpalyce</i>	<i>Herpalyce leceneriana</i>	A	BTSC	H	Aus	Aus	Aus
Leguminosae	<i>Leucaena</i>	<i>Leucaena esculenta</i>	A	BTC – BTSC	H	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Leucaena</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	A	BTC-BTSC	H	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Leucaena</i>	<i>Leucaena macrophylla</i>	A	BTC-BTSC	H	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Lysiloma</i>	<i>Lysiloma acapulcensis</i>	A	BTC-BTSC	H	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Lysiloma</i>	<i>Lysiloma divaricatum</i>	A	BTC	Re	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Lysiloma</i>	<i>Lysiloma microphyllum</i>	A	BTC	Re	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Mimosa</i>	<i>Mimosa luisiana</i>	Ab	BTC	H-Fl	Aus	Aus	Aus
Leguminosae	<i>Pachyrrizus</i>	<i>Pachyrrizus sp.</i>	H	BTC-BTSC	H	Aus	Aus	Aus
Leguminosae	<i>Phaseolus</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	H-CUL	BTC-BTSC	H-Fl-Tall-Fr	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Phaseolus</i>	<i>Phaseolus lunatus</i>	H-CUL	BTC-BTSC	H-Fl-Tall-Fr	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Pithecellobium</i>	<i>Pithecellobium dulce</i>	A	BTC	H-Fl-Tall-Fr	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Prosopis</i>	<i>Prosopis juliflora</i>	A	BTC	Fr	Pre	Pre	Pre

Familia	Género	Especie	Forma	Hábitat	Parte consumida	Región		
						Balsas	Sierra	Costa
Leguminosae	<i>Prosopis</i>	<i>Prosopis laevigata</i>	A	BTC	Re-Fr	Pre	Pre	Pre
Leguminosae	<i>Pterocarpus</i>	<i>Pterocarpus hayaessii</i>	A	BTC	Re-Fr	Aus	Aus	Aus
Leguminosae	<i>Tephrosia</i>	<i>Tephrosia leiocarpa</i>	H	BTC	H	Aus	Aus	Aus
Leguminosae	<i>Tephrosia</i>	<i>Tephrosia sp.</i>	H	BTC	S/D	Aus	Aus	Aus
Leguminosae	<i>Zapoteca</i>	<i>Zapoteca formosa</i>	H	BTC	H-Fr	Aus	Aus	Aus
Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i>	<i>Byrsonima crassifolia</i>	A	BTC-BTSC	H-Fr	Pre	Pre	Pre
Malvaceae	<i>Abutilon</i>	<i>Abutilon mcvaughii</i>	Ar	BTC	H-Fr	Aus	Aus	Aus
Malvaceae	<i>Abutilon</i>	<i>Abutilon sp.</i>	Ar	BTC	Fr	Aus	Aus	Aus
Malvaceae	<i>Briquetia</i>	<i>Briquetia spicata</i>	H-Ar	BTC	H-Fr	Aus	Aus	Aus
Malvaceae	<i>Malvastrum</i>	<i>Malvastrum coromandelianum</i>	H	BTC-BTSC	Re	Aus	Pre	Aus
Malvaceae	<i>Sida</i>	<i>Sida glabra</i>	H	BTC	H-Fr	Aus	Aus	Aus
Moraceae	<i>Brosimum</i>	<i>Brosimum alicastrum</i>	A	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Moraceae	<i>Cecropia</i>	<i>Cecropia obtusifolia</i>	A-PAR	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Aus
Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>Ficus cotinifolia</i>	A-PAR	BTC-BTSC	H-Fr	Pre	Pre	Pre
Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>Ficus insípida</i>	A-PAR	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>Ficus petiolaris</i>	A-PAR	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>Ficus tecolutensis</i>	A-PAR	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>Ficus sp.</i>	A-PAR	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>Psidium sartorianum</i>	A	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>Psidium guajaba</i>	A	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Nyctaginoceae	<i>Pisonia</i>	<i>Pisonia aculeata</i>	A	BTC	Fr	Pre	Pre	Pre
Olcaceae	<i>Ximenia</i>	<i>Ximenia pubescens</i>	A	BTC-BTSC	Fr	Pre	Aus	Aus
Palmae	<i>Sabal</i>	<i>Sabal pumos</i>	A-PAL	BTC-BTSC	Re	Pre	Aus	Aus
Poaceae	<i>Otatea</i>	<i>Otatea sp.</i>	H	BTC-BTSC	Re	Pre	Pre	Pre
Polygonaceae	<i>Coccoloba</i>	<i>Coccoloba barbadensis</i>	A	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Polygonaceae	<i>Coccoloba</i>	<i>Coccoloba liebmannii</i>	A	BTC-BTSC	H	Pre	Pre	Pre
Polygonaceae	<i>Coccoloba</i>	<i>Coccoloba venosa</i>	A	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Polygonaceae	<i>Polygonum</i>	<i>Polygonum persicaria</i>	A	BTC-BTSC	H-Fr	Pre	Aus	Aus
Rosaceae	<i>Prunus</i>	<i>Prunus serótina</i>	A	BTC-BTSC BE-BP	Fr	Pre	Pre	Pre
Sapotaceae	<i>Sideroxylon</i>	<i>Sideroxylon capiri</i>	A	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre
Sapotaceae	<i>Sideroxylon</i>	<i>Sideroxylon sp.</i>	A	BTC-BTSC	Fr	Pre	Pre	Pre

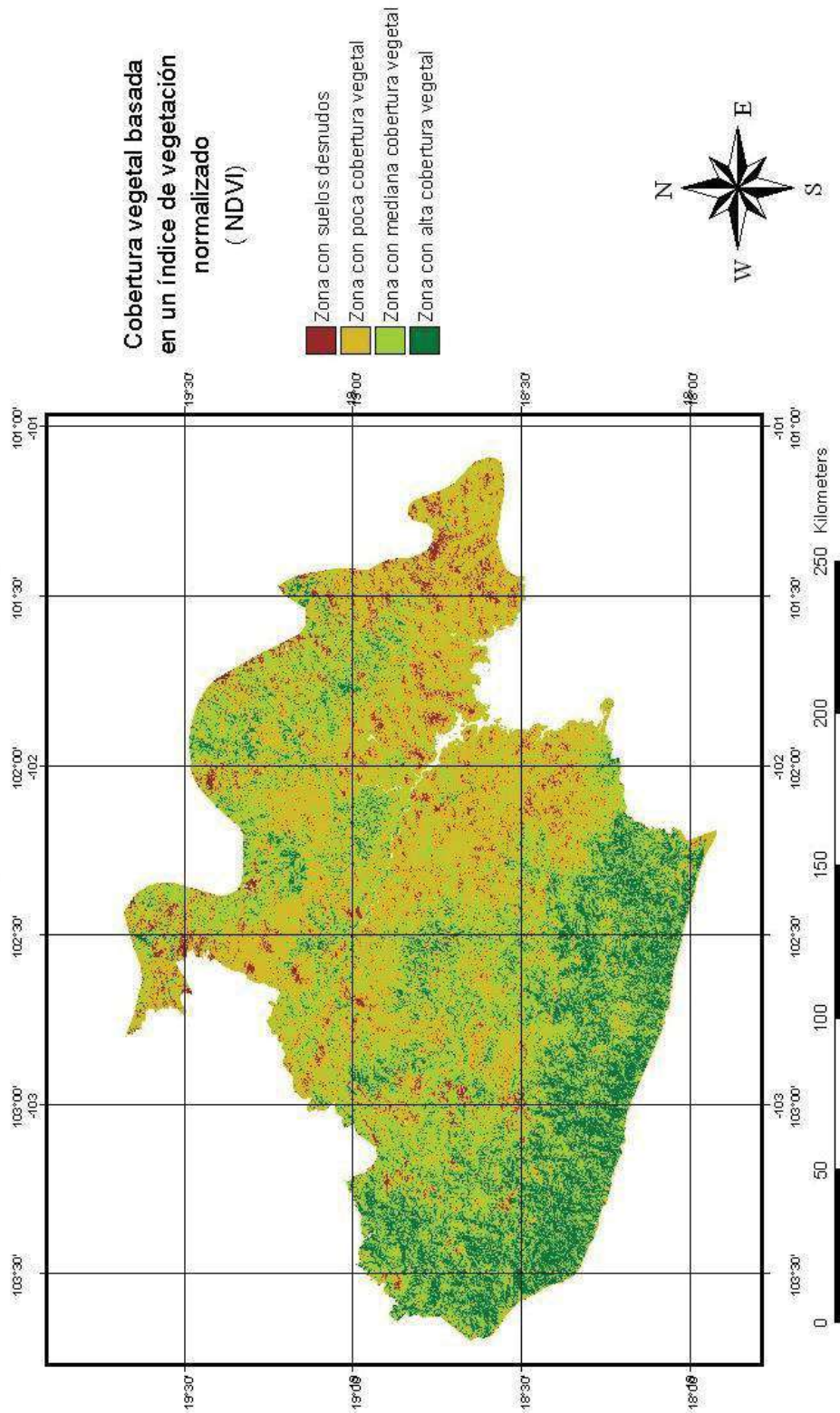
Familia	Género	Especie	Forma	Hábitat	Parte consumida	Región		
						Balsas	Sierra	Costa
Sapindaceae	<i>Cardiospermum</i>	<i>Cardiospermum halicacabum</i>	H	BTC-BTSC	H	Aus	Pre	Aus
Sapindaceae	<i>Thouinidium</i>	<i>Thouinidium paucidentata</i>	A	BTC-BTSC	Fl	Pre	Pre	Pre
Sapindaceae	<i>Serjania</i>	<i>Serjania brachycarpa</i>	H	BTC-BTSC	Fl-Fr	Pre	Aus	Aus
Solanaceae	<i>Physalis</i>	<i>Physalis sp.</i>	Ar	BTC	Fl	Pre	Pre	Pre
Sterculiaceae	<i>Ayenia</i>	<i>Ayenia micranta</i>	A	BTSC	Fl-Fr	Pre	Pre	Pre
Sterculiaceae	<i>Waltheria</i>	<i>Waltheria americana</i>	H	BTC	S/D	Pre	Pre	Pre
Theophrastaceae	<i>Jacquinia</i>	<i>Jacquinia pungens</i>	A	BTC	S/D	Pre	Pre	Pre
Tiliaceae	<i>Heliocarpus</i>	<i>Heliocarpus pallidus</i>	A	BTC-BTSC	S/D	Pre	Pre	Pre
Verbenaceae	<i>Citharexylum</i>	<i>Citharexylum affine</i>	H	BTC-BTSC	S/D	Aus	Aus	Aus
Verbenaceae	<i>Lantana</i>	<i>Lantana sp.</i>	A-Ab	BTC	S/D	Pre	Pre	Pre
Verbenaceae	<i>Priva</i>	<i>Priva lappulacea</i>	H	BTC	H	Pre	Aus	Pre
Verbenaceae	<i>Vitex</i>	<i>Vitex mollis</i>	A	BTC	Fr-H	Pre	Pre	Pre
Verbenaceae	<i>Vitex</i>	<i>Vitex pyramidata</i>	A	BTC	Fr-H	Pre	Pre	Pre

Simbología: Formas: A árbol; Ab arbustiva; Cul cultivada; H herbácea; Pal palma; Par parasita; Suc suculenta. Hábitats: BEN bosque de encino; BESP bosque espinoso; BTC bosque tropical caducifolio; BTSC bosque tropical subcaducifolio. Partes consumidas: Cla cladodios; Esc escapo floral; Fl flores; Fr frutos; H hojas; Re rebrotes; Va vainas; Tall tallos; S/D sin determinar. Reporte en la región: Aus ausente; Pre presente.

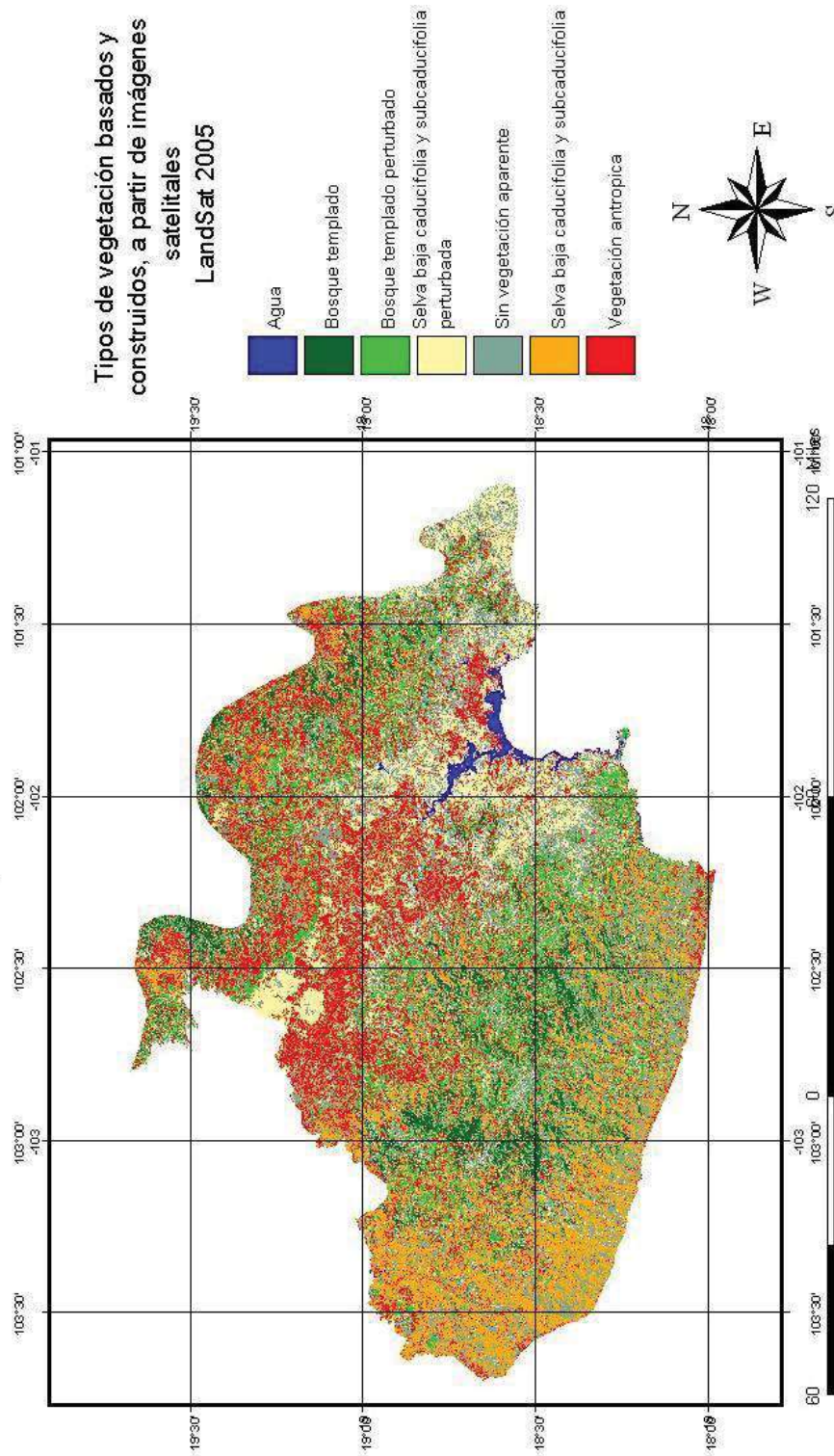
Anexo II. Mapas-bases empleados en el análisis multicriterio en el índice de aptitud del hábitat para el venado cola blanca, en ambientes tropicales de Michoacán, México.



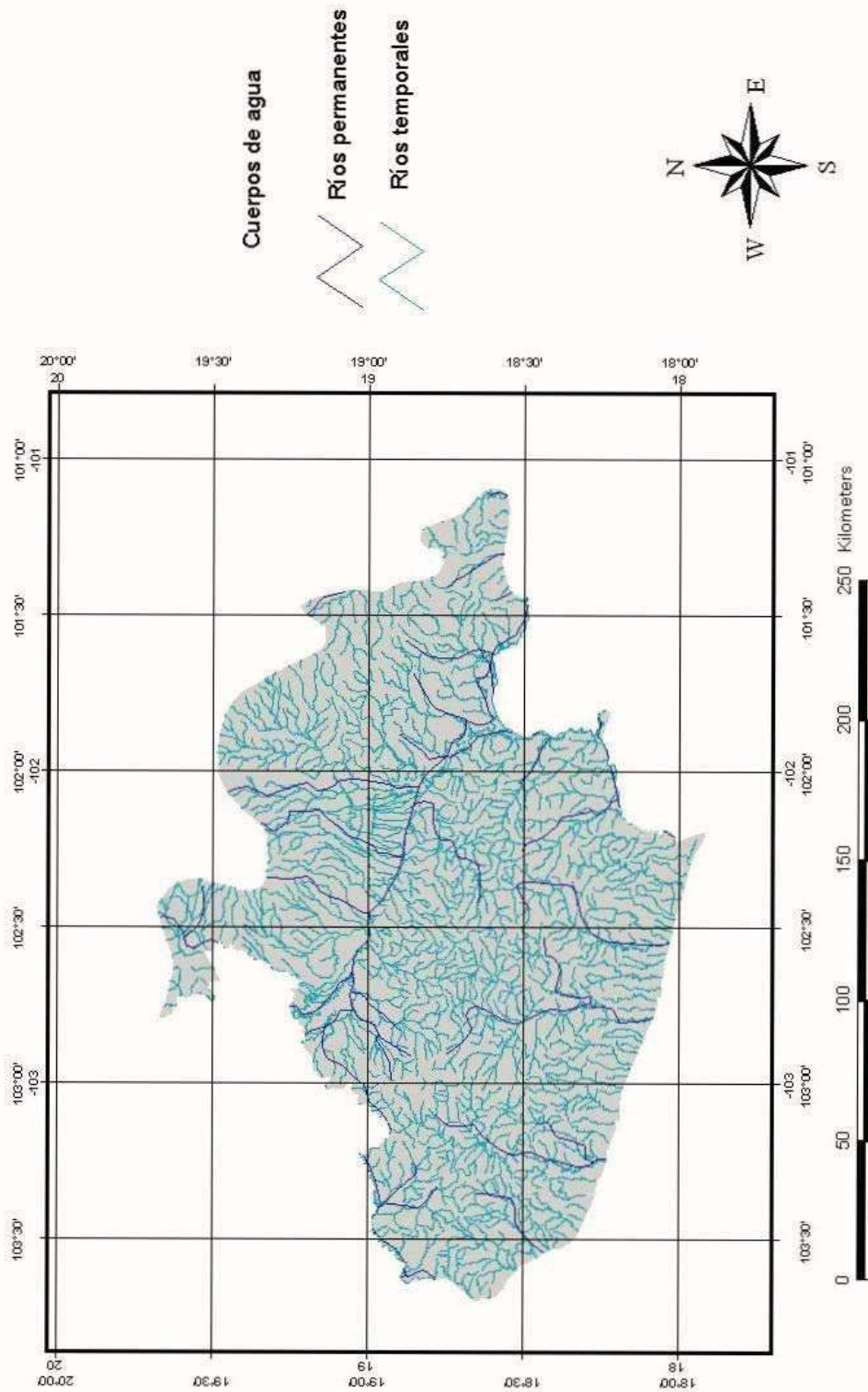
Índice de aptitud del hábitat para venado cola blanca, en ambientes tropicales de Michoacán, Mexico.



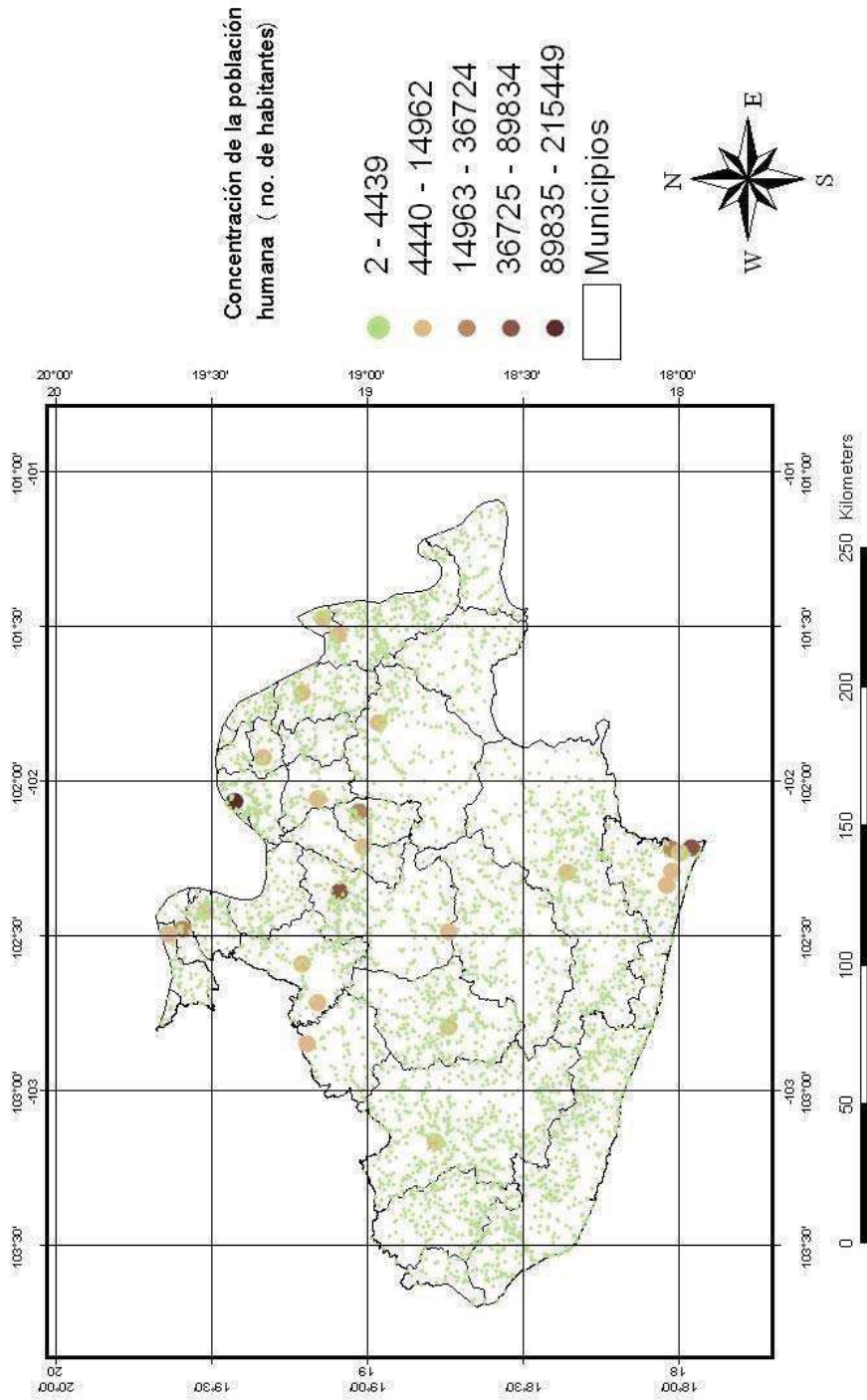
Índice de aptitud del hábitat para el venado cola blanca, en ambientes tropicales de Michoacán, México



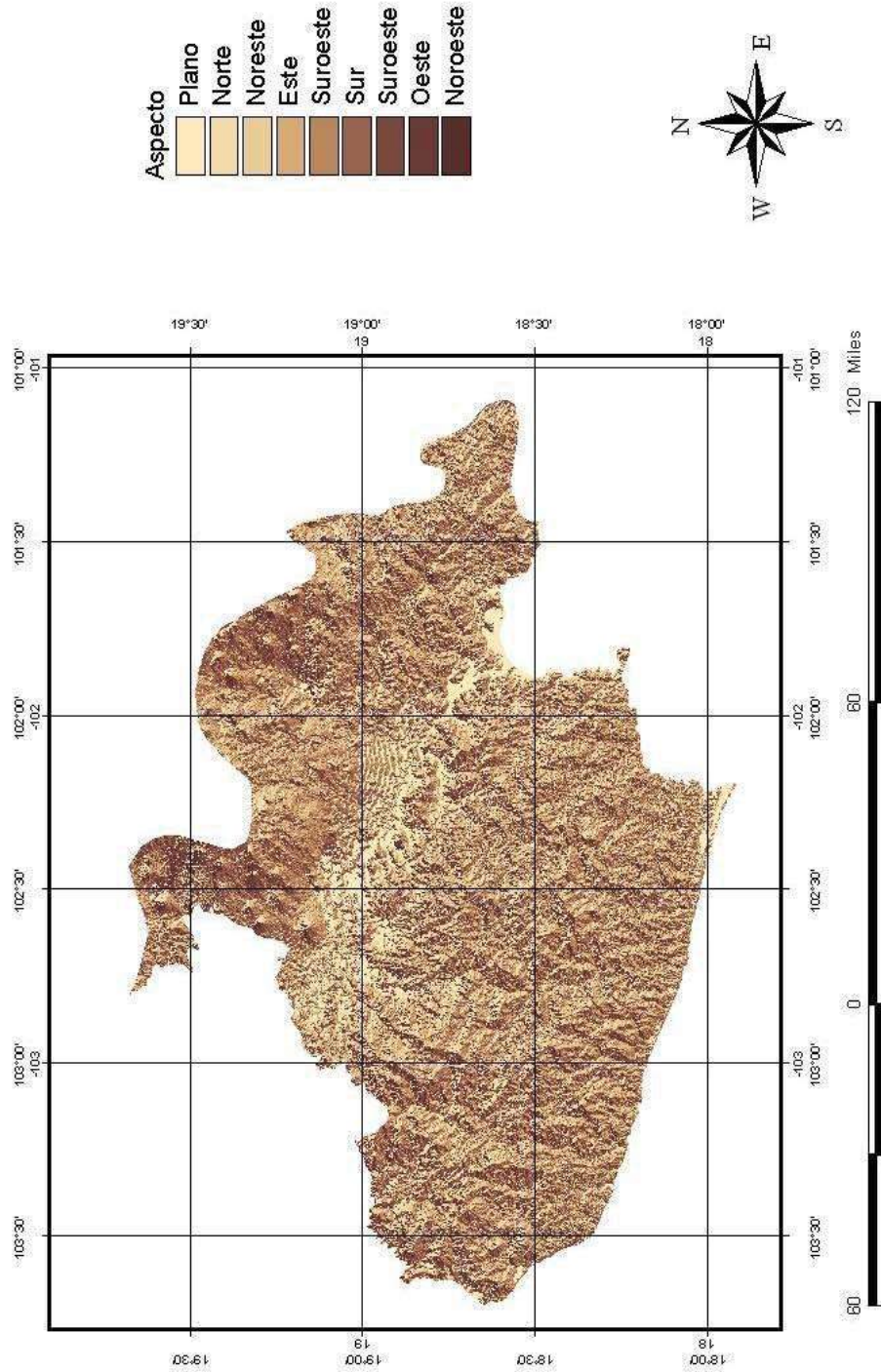
Índice de aptitud del hábitat para el venado cola blanca, en ambientes tropicales de Michoacán, México.



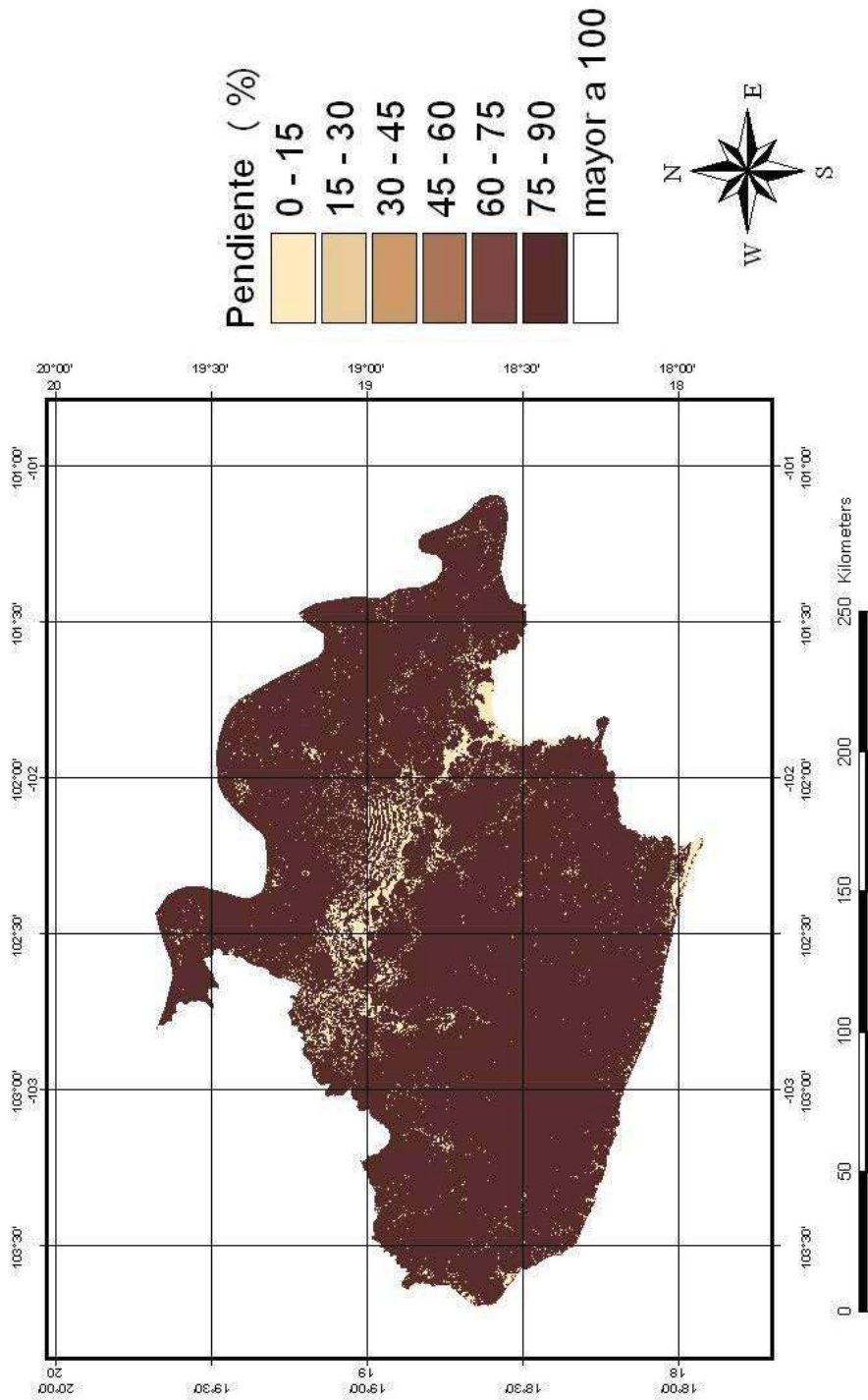
Índice de aptitud del hábitat para el venado cola blanca, en ambientes tropicales de Michoacán, México.



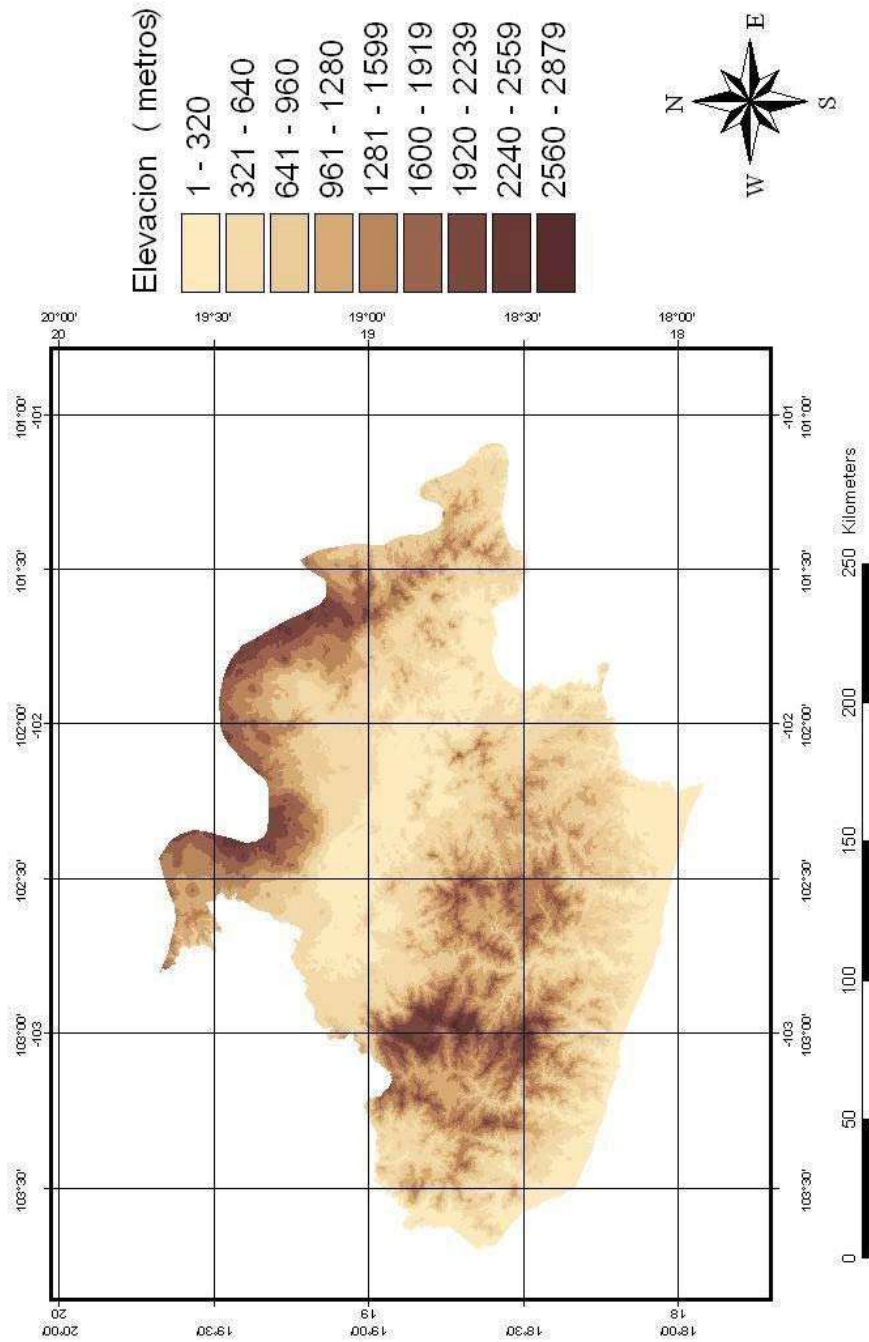
Índice de aptitud del hábitat para el venado cola blanca, en ambientes tropicales de Michoacán, México.



Índice de aptitud del hábitat para venado, en ambientes tropicales de Michoacán, México.



Índice de aptitud del hábitat para venado cola blanca, en ambientes tropicales de Michoacán, México.



Anexo III. Plantas nativas propuestas en las mejoras de hábitat en ambientes tropicales, en el Trópico de Michoacán.

Familia	Nombre científico	Nombre común	% PC	C	F	FD A	FD N
Caricaceae	<i>Jacaratia mexicana</i>	Bonete	27.1	3.1	0.2	17.1	29.5
Leguminosae	<i>Coursetia caribaea</i>	Colorina	21.2	3.5	-	-	-
Leguminosae	<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	21.1	2.0	1.1		-
Leguminosae	<i>Caesalpinia platyloba</i>	Frijolillo	19.8	1.7	1.2	14.0	36.1
Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i>	Pinzán	19.5	1.4	0.3	15.0	31.8
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	Ceiba guicha	19.1	2.9	0.2	38.9	51.4
Leguminosae	<i>Acacia macilenta</i>	Cuindira	19.0	0.9	0.3	48.6	42.8
Sapotaceae	<i>Mastichodendron capiri</i>	Capire	18.3	1.6	0.2	17.1	32.0
Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Pánicua	17.3	1.4	0.2	20.8	29.2
Julianaceae	<i>Amphipterygium adtringens</i>	Cuachalalate	16.9	1.5	0.9	28.5	51.3
Leguminosae	<i>Acacia cohliacantha</i>	Hucharito	16.9	2.3	0.1	-	-
Anacardiaceae	<i>Spondia mombin</i>	Ciruela amarilla	15.9	-	-	38.6	35.1
Leguminosae	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	15.8	0.9	0.1	14.2	37.9
Leguminosae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Parota	15.3	2.8	0.3	21.0	32.4
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Ceiba negra	15.0	1.0	0.7	25.3	37.0
Leguminosae	<i>Lysiloma acapulcensis</i>	Tepehuaje	14.6	2.7	0.7	18.3	34.6
Leguminosae	<i>Caesalpinia coriaria</i>	Cascalote	14.2	1.6	0.2	12.1	26.7
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>	Ciruelo roja	13.9	1.3	0.7	38.1	54.7
Bombacaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Escobetillo	13.3	1.1	0.3	27.4	43.7
Sapotaceae	<i>Sideroxylon capiri</i>	Capiri, capire	13.0	2.8	0.2	-	-
Leguminosae	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	12.6	0.4	0.2	-	-
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote, guazima	12.5	2.4	0.1	-	-
Leguminosae	<i>Luecaena esculenta</i>	Guaje	12.5	0.5	0.3	-	-
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Huje, uje, uji	12.4	-	-	-	29.7
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango	11.8	1.5	0.9	23.7	36.1
Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochote, ceiba	11.7	-	-	35.0	27.2
Leguminosae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Guaje	11.1	0.6	0.5	31.7	47.7
Leguminosae	<i>Lysiloma divaricata</i>	Cuitaz	11.1	0.6	0.4	18.0	24.7
Leguminosae	<i>Acacia acatlensis</i>	Hedioldilla	10.9	1.8	0.2	21.3	29.3
Bignoniaceae	<i>Crescentia alata</i>	Cirián	10.7	1.0	0.1	16.0	25.5
Anacardiaceae	<i>Cyrtocarpa procera</i>	Chumpuncu	8.2	-	-	33.7	39.4
Leguminosae	<i>Apoplanesia paniculata</i>	Consangre	8.1	-	-	51.2	31.6
Leguminosae	<i>Haematoxylon brasiletto</i>	Palo de Brasil	6.0	-	-	32.9	33.0

Simbología: %PC, porcentaje en proteína cruda; C, contenido de calcio; F, contenido de fosforo; FDA contenido de fibra detergente acida; FDN contenido de fibra detergente neutra.