

CAPÍTULO 15:

**Modelo de evaluación de hábitat para el venado cola blanca en un bosque tropical caducifolio en México**

**Christian Alejandro Delfín-Alfonso**  
Departamento de Ecología Aplicada  
Instituto de Ecología, A.C.,  
Km 2.5 Carretera Antigua a Coatepec  
No. 351 Congregación "El Haya",  
Xalapa, 91070, Veracruz, México  
christian.alejandro@inecol.edu.mx

**& Sonia A. Gallina Tessaro**  
Departamento de Biodiversidad  
y Ecología Animal.  
Instituto de Ecología, A.C.,  
Km 2.5 Carretera Antigua a Coatepec  
No. 351 Congregación "El Haya",  
Xalapa, 91070, Veracruz, México  
sonia.gallina@inecol.edu.mx

**Escarabajos, diversidad y conservación biológica. Ensayos en homenaje a Gonzalo Halffter**

Editores:  
Mario Zunino & Antonio Melic

**Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)**  
**Monografías 3er Cer Milenio M3M, vol. 7 (2007)**  
I.S.B.N. 978-84-935872-1-5  
30 Noviembre 2007  
pp: 193–202.

Información sobre la publicación:  
[www.sea-entomologia.org](http://www.sea-entomologia.org)

**MODELO DE EVALUACIÓN DE HÁBITAT PARA EL VENADO COLA BLANCA EN UN BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO EN MÉXICO\***

**Christian Alejandro Delfín-Alfonso & Sonia A. Gallina Tessaro**

\* **Dedicamos este trabajo a Gonzalo Halffter en ocasión de su 75 cumpleaños.**

**Resumen:** El establecimiento de UMAS (Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre) en el caso particular de venado cola blanca, debe estar supeditada a la evaluación del hábitat, como la etapa preliminar más importante para presentar elementos de juicio en la toma de decisiones en la conservación y aprovechamiento de la especie. Por tal motivo, se evaluó y clasificó el hábitat para el venado cola blanca en un bosque tropical caducifolio en la Mixteca Poblana del municipio de Teotlalco, Puebla, México; para esto, se aplicó un Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo para el Venado (MUHOV) que aquí se propone basado en los resultados de estudios sobre venados realizados en un área protegida: la Reserva Chamela-Cuixmala, en Jalisco, donde se concentran los atributos mínimos más importantes para la reproducción y supervivencia de los venados, así como una metodología rápida y eficiente para medir y evaluar cada uno de los atributos del hábitat. El hábitat se dividió en Unidades de Hábitat (UH) definidas como Unidades de Vegetación (UV) que contienen en su interior un arreglo espacio temporal adecuado de los atributos bióticos y abióticos considerados de relevancia: agua libre, área mínima disponible, temperatura, pendiente, orientación de las laderas, cobertura de protección y alimento. A cada atributo se le asignó un valor de importancia (VIC) que oscila de uno a tres y se calculó un índice de importancia del atributo con el VIC (IIA); con los índices de importancia, se generó un mapa para cada atributo. Posteriormente se obtuvo el índice de calidad del hábitat (HIQ) de cada UH y con ello un mapa de calidad del hábitat. Como último paso, se adecuó el MUHOV con los valores obtenidos, para posteriores evaluaciones en otras zonas. Finalmente se dictan recomendaciones para el establecimiento y operación de la UMA con fines de aprovechamiento de venado cola blanca mexicano (*Odocoileus virginianus mexicanus* (Gmelin, 1788)) en la Mixteca Poblana.

**Palabras clave:** Venado cola blanca, hábitat, evaluación, calidad, índice, modelo, vegetación.

**A habitat assessment model for the white-tailed deer in a Mexican deciduous tropical forest**

**Abstract:** A habitat evaluation model to white-tailed deer in tropical deciduous forest in México. The establishment of UMA's (Units for conservation, management and sustainable use of the wildlife), in México, particularly in the case of white-tailed deer should be based in the habitat evaluation as the most important preliminary element for decision making in conservation and use of species. For such a reason, the habitat for the white-tailed deer was evaluated and classified in a tropical dry forest of the Mixteca Poblana in the municipality of Teotlalco, Puebla, Mexico. The proposed Model of Optimal Habitat Unit for Deer (MOHUD) was applied, where the most important attributes for the deer's reproduction and survival are applied, as well as a quick and efficient methodology to measure and evaluate each one of the habitat attributes. The habitat was divided in Habitat Units (HU) defined as Vegetation Units (VU) which contains a time-space arrangement of the appropriate physical and biotic attributes considered relevant: free water (available water), available minimum area, temperature, slope, aspect, cover and food. A Value of Importance (VIC) for each attribute was assigned, which varies from 1 to 3 and an Index of Importance for each attribute was also obtained (IIA); the indexes of importance were used to generate a map for each attribute. The Index of Habitat Quality was obtained (IHQ) for each HU to generate a map of the habitat's quality. The MOHUD was adapted with these values for later evaluations in other areas. Finally recommendations to establish and operate the UMA for Mexican white tailed-deer (*Odocoileus virginianus mexicanus* (Gmelin, 1788)) in the Mixteca Poblana were made.

**Key words:** white-tailed deer, habitat, evaluation, quality, index, model, vegetation.

### Modèle d'évaluation d'habitat pour le cerf à queue blanche dans une forêt tropicale décidue mexicaine

**Résumé:** Un modèle d'évaluation de l'habitat pour le cerf à queue blanche dans une forêt tropicale à feuilles caduques au Mexique. L'établissement d'UMAS (Unités pour la conservation, gestion et exploitation soutenable de la vie silvestre), dans ce cas, du cerf à queue blanche, doit être fondé sur une évaluation de l'habitat, en tant qu'étape préliminaire fondamentale pour obtenir des éléments de choix au moment de décider au sujet de la conservation et de l'exploitation de cette espèce. Sur cette prémisse, on a évalué et classifié l'habitat pour le cerf à queue blanche dans un bois tropical à feuilles caduques de la Mixteca Poblana, dans le territoire de la commune de Teotlalco (Mexique, Etat de Puebla). On a appliqué un Modèle de l'Habitat Meilleur pour le Cerf (acronyme espagnol MUHOV), que l'on propose dans ce travail et qui se base sur les résultats des études sur les cerfs qui avaient été conduits dans une aire protégée, la Réserve Chamela – Cuixmala, Jalisco, où l'on retrouve les conditions minimales les plus importantes pour la reproduction et la survie des cerfs, en adoptant une méthodologie et efficace pour mesurer et évaluer chacune des caractéristiques de l'habitat. Ce dernier a été subdivisé en Unités d'Habitat (UH), définies comme Unités de Végétation (UV) qui présentent un arrangement spatio-temporel convenable des caractéristiques considérées d'importance : eau disponible, aire minimale disponible, température, pente, orientation des versants, couverture de protection et ressources alimentaires. On attribua à chaque caractéristique une valeur d'importance (VIC) qui varie entre 1 et 3, et on calcula aussi un index d'importance pour chacune (IIA). Sur la base des index d'importance on obtint une carte de la qualité de l'habitat pour chaque caractéristique. Ensuite on calcula l'index de qualité de l'habitat (HIQ) pour chaque UH et de là une carte générale de qualité de l'habitat. Comme dernière étape, on adapta le MUHOV avec les valeurs obtenues, pour l'appliquer à de futures recherches et à de différents territoires. On conclut par de recommandations pour l'établissement et la mise en fonction de l'UMA finalisée à l'exploitation du cerf à queue blanche mexicain (*Odocoileus virginianus mexicanus* (Gmelin, 1788)) dans la Mixteca Poblana

**Mots clé:** Cerf à queue blanche, habitat, évaluation, qualité, index, modèle, végétation

## 1. Introducción

La operación de Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMA's) provee alternativas viables que permiten la propagación de especies y la elaboración de productos y subproductos derivados de la vida silvestre que puedan ser incorporados al mercado legal. Este esquema alternativo de producción, propone por un lado, el cuidado y mantenimiento a largo plazo del medio ambiente, y por el otro, la planificación del aprovechamiento racional de los recursos (SEMARNAP, 1997). Basado en este marco, la evaluación cualitativa y cuantitativa de los atributos del hábitat, es la herramienta más importante con fines de planificación y gestión del manejo de la fauna silvestre en las UMA's; esta evaluación, sirve para establecer relaciones y comprender las formas de respuesta a los factores ambientales de las especies (Matteucci y Colma, 1982) y explica los procesos que se desarrollan dentro de su ambiente que influyen los procesos que contribuyeron a la historia evolutiva y adaptación de las especies (Block y Brennan, 1993).

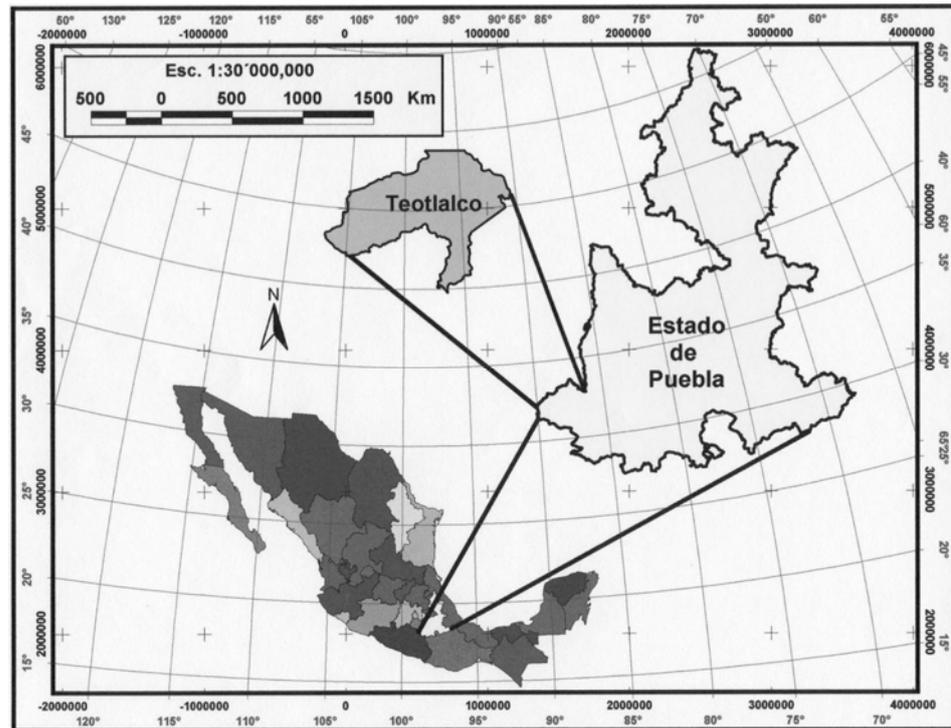
El hábitat es la suma total de los factores del medio ambiente que una especie animal requiere para realizar sus funciones de supervivencia y reproducción en un área dada (Trefethen, 1964; Hail *et al.*, 1997). Hail *et al.* (1997) reconocen que la "calidad del hábitat" se refiere a la habilidad del ambiente para proporcionar las condiciones apropiadas para la persistencia del individuo y de la población, y debe ser considerado una variable continua basada en los recursos disponibles para la supervivencia, reproducción y la persistencia de la población respectivamente.

Para el caso del venado cola blanca, el estudio de su hábitat es prioritario para la toma de decisiones y debe incluir la evaluación de los requerimientos básicos para cubrir sus necesidades, tales como disponibilidad de alimento, agua y cobertura de protección (Gallina, 1994; Álvarez, 1995). Los venados necesitan de varios tipos de vegetación para cubrir los requisitos de vida (Felix *et al.*, 2002), estos tipos de

vegetación se arreglan en unidades de paisajes, donde se integran todos los elementos básicos a través de una escala geográfica extensa, en donde se tienen las múltiples combinaciones de factores bióticos y abióticos en el tiempo (Morrison *et al.*, 1992). La combinación de estos factores dentro de una unidad de vegetación o unidad de hábitat tiene gran influencia en el ciclo de vida de los animales. La clasificación y evaluación de los dos tipos de factores, son una medida muy precisa para conocer la potencialidad de cada unidad de hábitat para el mantenimiento de la especie a largo plazo y nos proporciona un panorama claro para el establecimiento de áreas que puedan ser potencialmente aprovechadas de manera sustentable (McCoy y Bell, 1991; Boroski *et al.*, 1996; Van Deelen *et al.*, 1997; Felix *et al.*, 2002). En este sentido, el "hábitat óptimo" (*habitat suitability*) o "unidad de vegetación óptima" para el venado cola blanca, es aquella que le proporciona un arreglo espacio-temporal de los elementos ambientales que sea más propicio para su supervivencia y reproducción, el cual varía espacio-temporalmente en los ciclos de vida de los animales. Según Morrison *et al.* (1992) y Hansen (1980), elementos como la cobertura de protección ante la depredación, cobertura de protección térmica, agua, alimento y espacio físico, son imprescindibles para el desarrollo de sus funciones.

Los modelos y sus métodos de evaluación de hábitat para el venado cola blanca, han sido ampliamente propuestos y aplicados en diferentes áreas, como el de Short (1986) que incorpora principalmente atributos del hábitat relacionados con la fisiología de la especie y la capacidad de carga del sistema. Milne *et al.* (1989) en su modelo Bayesiano reconocen que la cobertura es uno de los elementos más importantes en la distribución de los venados. De igual forma, Mandujano (1994) propone una serie de variables bióticas del sistema como cobertura foliar, heterogeneidad, entre otras, sin embargo, al igual que Short (1986), no incluye atributos abióticos-físicos pero si

**Fig. 1.** Localización geográfica del municipio de Teotlalco en la Mixteca Poblana.



incluye el factor de presión antropogénica. Caso similar es el del modelo propuesto por Segura (1998), que ya incluye en su modelo de evaluación de hábitat, el atributo pendiente y el factor antropogénico.

La presencia y ausencia de alguno de los atributos antes mencionados, definen la probabilidad de la presencia de las especie, en este sentido, el bosque tropical caducifolio presenta atributos muy particulares para el venado cola blanca, sin embargo, para este tipo de vegetación pocos estudios han realizado evaluaciones con respecto a los requerimientos del venado. Para el bosque tropical caducifolio, se propone un modelo de hábitat, resultado de seis años de estudio en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, en el Estado de Jalisco, México (Mandujano *et al.*, 1994; Mandujano y Gallina, 1995; Sánchez-Rojas *et al.*, 1997; Arceo 1999).

El objetivo del presente trabajo, es proponer una herramienta metodológica para poder evaluar y clasificar el hábitat del venado cola blanca de manera rápida y con suficientes argumentos, en el bosque tropical caducifolio en el centro de México, proponiendo un modelo de evaluación con fines de manejo para el aprovechamiento y conservación de la especie.

## 2. Material y métodos

### 2.1. Área de estudio

El área se encuentra situada en la región Mixteca del Estado de Puebla; municipio de Teotlalco -Bienes Comunales de Teotlalco, en el centro de México (18° 11' 48" y 18° 31' 30" LN, 98° 46' 48" y 98° 55' 06" LO, Figura 1). Tiene una superficie de 132,54 km<sup>2</sup>. La topografía es muy accidentada con cerriles y escarpados que presentan pendientes del 20 a más del 60%

(9° a 27°). El clima es subtropical (cálido y semi-cálido subhúmedo) con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 24°C con los meses más calientes entre mayo y octubre, el mes más frío es enero. La precipitación varía entre 600 y 1000 mm anuales (García, 1973; COTECOCA, 1978). Cuenta con numerosas corrientes de agua temporales distribuidos en las sierras de suroeste a noreste que alimentan cuenca abajo a los ríos Tepalcingo y al Nexapa (INEGI, 1988), estas corrientes lavan las dos unidades de suelo que dominan la superficie del municipio, Feozem y Regosol; siendo el Feozem la unidad de suelo más productiva para la agricultura. La población del municipio se compone de un entramado mestizo-mixteco, donde solo el 2% habla su lengua indígena materna, las actividades productivas están basadas en la agricultura de temporal de granos de consumo primario como frijol, maíz y sorgo; la ganadería extensiva es una actividad dominante aunque precaria en su rendimiento. La vegetación es la característica de la Provincia Fisiográfica Meseta Neovolcánica (COTECOCA, 1978; Rzedowski, 1978; INEGI, 1984) donde domina el bosque tropical caducifolio asociado a vegetación secundaria arbustiva (*Bursera copallifera* – *Acacia cymbispina* – *Lippia verlandieri*) y arbórea (*Bursera morelensis* – *Ceiba parvifolia* – *Plumeria rubra* – *Spondia* sp. – *Pithecellobium dulce*), en menor grado se encuentra el bosque de encino (*Quercus glaucooides* – *Pseudosmodium perniciosum* – *Q. magnifolia* – *Q. obtusata*) con una buena cubierta de gramíneas (*Aristida* sp. – *Heteropogon contortus* – *Andropogon* sp. – *Cenchrus* sp. – *Muhlenbergia* sp.) asociado a altitudes de entre 1400 y 1800 msnm (COTECOCA, 1978; Rzedowski, 1978; INEGI, 1984; Villarreal-Espino Barros, 1999).

Tabla I. Descripción de los atributos del hábitat mínimos indispensables para el modelo

Atributo	Descripción	Fuente
Pendientes	a). Las pendientes presentes en el área que son utilizadas con mayor frecuencia por los venados se encuentran entre 2° (4%) y 13,5° (30%) de inclinación.	Sánchez-Rojas <i>et al.</i> (1997); Segura, (1998).
Orientación de laderas	b). La orientación de las laderas que son utilizadas con mayor frecuencia por las condiciones microclimáticas, se encuentran orientadas hacia el Norte, Noroeste y Noreste, siendo las de mayor importancia las laderas con orientación Norte.	Sánchez-Rojas <i>et al.</i> (1997)
Área mínima	c). El Área mínima de la unidad debe ser de 33 ha, derivadas del promedio de los ámbitos hogareños mínimos registrados en selva baja caducifolia y en la planicie costera del Golfo de México.	Sánchez-Rojas <i>et al.</i> (1997); Short (1986)
Cobertura de protección	d). El 20 % del terreno debe tener cobertura arbórea utilizada como protección contra la radiación solar, es uno de los atributos más importantes.	Short (1986), Mysterud & Ostbye (1999)
Temperatura	e). La Temperatura debe ser < de 30° para evitar la pérdida de agua por evapotranspiración.	Kellogg (1956); Ockenfels & Bissonette, (1984).
Agua disponible	f). Agua libre (< de 1600 m de distancia a la fuente más cercana de la unidad de hábitat).	Short (1986)
Alimento disponible	g). Alimento disponible (No. Máximo de especies potencialmente comestibles en el sitio a evaluar).	Este estudio
Caminos, veredas, asentamientos humanos	h). Distancia a las fuentes de presión antropogénica (caminos, veredas, asentamientos humanos) como amenazas, calculadas a una distancia mínima de la UV de 500 m.	Segura (1998), este estudio

## 2.2. Descripción del Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo para el Venado Cola Blanca Mexicano (MUHOV) propuesto.

El MUHOV, está basado en el Procedimiento de Evaluación del Hábitat para fauna (HEP por sus siglas en inglés) desarrollado por el U. S. Fish & Wildlife Service (1991) y siguiendo la metodología usada por Cole & Smith (1983); el modelo siete atributos y una fuente de presión antropogénica como amenaza (Tabla I). De estos atributos, cuatro se encuentran documentados como los mínimos necesarios para el venado en su ciclo de vida, los tres restantes y la amenaza, no se encuentran documentados en México como de importancia para los venados.

El modelo asume que el valor de las áreas potenciales para uso por los venados, es estimado como un “Índice de Calidad” (IQ) en una escala del 0 a 1. Este valor se calcula por medio de un Índice de Importancia del Atributo (IIA). El primer paso es asignarle subjetivamente un “Valor de Importancia” (VIC) a cada clase de acuerdo con la relevancia que representa cada atributo para la especie, donde el mayor valor asignado significa el de mayor importancia. Posteriormente, se calcula el IIA, dividiendo el VIC asignado entre “n” clases del atributo en cuestión (Ecuación 1) y normalizado a 1 con el valor más alto que resulte. Los valores deben estar en la escala del 0 a 1, donde 1 significa el índice más alto de importancia, clasificándolo como un atributo de “Alta Calidad” y el valor más bajo como de “Baja Calidad” o “Inapropiado” (Tabla II).

$$\text{Ecuación 1} \quad IIA = \frac{VIC}{n}$$

A cada carta temática generada para cada atributo, se le asignan los valores de los atributos correspondientes del VIC, IIA e incluye la distribución espacial de cada clase por atributo. Se realizan inter-

secciones pareadas con la herramienta Intersect features para Arc View 3.2 para obtener el mayor número de atributos para cada unidad de vegetación. Finalmente se calcula, el HIQ (Índice de Calidad de cada UH) para cada Unidad de Vegetación, generado a partir la función matemática del U.S. Fish & Wildlife Service (1991):

Ecuación 2

$$HIQ = \frac{\{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + \dots v_n\}}{n_v}$$

donde  $v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + \dots v_n$  son las variables a sumar dentro de una unidad de hábitat y  $n_v$  es el número de variables. Para efectos del modelo, la Ecuación 3 incluye un “Valor de Presión” ( $Vp$ ) ejercido por las actividades antropogénicas (efectos por presencia de caminos, brechas y veredas y los asentamientos humanos). El  $Vp$ , es un valor cualitativo que va de 0 a 0,25, donde 0 significa una presión alta y 0,25 una presión baja, por lo tanto, la expresión matemática final del modelo se muestra en la Ecuación 3.

$$HIQ = \frac{\{(a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + 2a_5 + 2a_6 + 2a_7) + Vp\}}{\sum a_n + Vp}$$

donde las variables son subtítuladas por el término “atributo”, se refieren al IIA obtenido para cada una ( $a_n$ ) son:  $a_1$ : orientación,  $a_2$ : pendientes,  $a_3$ : temperatura,  $a_4$ : área mínima,  $a_5$ : cobertura,  $a_6$ : alimento,  $a_7$ : distancia a la fuente de agua. Los atributos  $2a_5$ ,  $2a_6$  y  $2a_7$ , son ponderados al mutiplicarlos, debido a que éstos son considerados como de suma importancia para los venados, por encima de los demás. Finalmente, basado en la distribución espacial de los diferentes valores de las UH, se obtiene un mapa final de calidad de hábitat para el venado, donde se muestra el HIQ de cada UH y la superficie que ocupa cada una.

Tabla II. Asignación del VIC para cada atributo

Atributo	Intervalos	VIC	Clases del atributo	IIA	Calidad
Temperatura (°C)	10 a 21	3	3	1,000	Alta
	21 a 30	2		0,667	Media
	> 30	1		0,333	Baja
Pendiente (%)	0-9 ° (0-20%)	3	3	1,000	Alta
	9-13,5 ° (20 a 30%)	2		0,667	Media
	13,5-45 ° (30 a 100%)	1		0,333	Baja
Orientación de la ladera	N	4	4	1,000	Alta
	NW, NE	3		0,750	Media-Alta
	P	2		0,500	Media
	S, SW, SE	1		0,250	Baja
Cobertura arbórea (altura del dosel en m)	7,5	4	4	1,000	Alta
	7	3		0,750	Alta
	5,5	2		0,500	Media
	3,5	1		0,250	Media
Cobertura arbustiva (altura del dosel en m)	2	3	3	1,000	Media
	1,8	2		0,667	Media-baja
	1,5	1		0,333	Baja
Área mínima (ha)	5-33 ha	1	4	0,250	Inapropiada
	33-100 ha	2		0,500	Baja
	100-200 ha	3		0,750	Media
	> 200 ha	4		1,000	Alta
Alimento (no. spp.)	>15 spp.	4	4	1,000	Alta
	15 a 10 spp.	3		0,750	Media
	10 a 5 spp.	2		0,500	Baja
	< 5 spp.	1		0,250	Inapropiada
Distancia a las fuentes de agua (m)	0 a 500	4	4	1,000	Alta
	500 a 1000	3		0,750	Media
	1000 a 1500	2		0,500	Baja
	> 1500	1		0,250	Inapropiada
Distancia de la fuente de presión (m)	S/presión	0	3	0,000	Alta
	> 500 m	1		0,250	Media
	< 500 m	2		0,500	Baja

Tabla III. Asociaciones vegetales (UV) determinadas en el área de estudio, número de especies potencialmente comestibles por venados, VIC e IIA y cantidad de UH por UV

Tipo de asociación	Clave	Uso de suelo y vegetación (UV)	No. sp.	VIC	IIA	UH	Área (ha)	Perímetro (km)
Tropical	BCA	Selva Baja Caducifolia/ Vegetación Secundaria Arbórea	15	3	1	2	263,31	23,47
	BCAr	Selva Baja Caducifolia / Vegetación Secundaria Arbustiva	14	3	1	7	6.569,12	300,56
	BC	Selva Baja Caducifolia	15	3	1	12	1.301,69	102,42
Templada	Q	Bosque de <i>Quercus</i> sp.	9	2	0,7	2	347,01	30,61
	Qp	Bosque de <i>Quercus</i> sp. Perturbado	7	2	0,7	2	95,86	7,22
	I	Pastizal Inducido	1	0	0	23	1.393,14	134,87
Antropizada	RA	Agricultura de Riego / Cultivos anuales (erosión)	4	1	0,3	1	65,83	7,37
	Ta	Agricultura Temporal / Cultivos anuales (erosión)	6	1	0,3	6	2.906,10	111,51
	U	Afectación Urbana y Suburbana	0	0	0	4	312,25	16,52
Total			71	15	5	59	13.254,31	734,55

### 3. Resultados

#### 3.1 Clasificación de las Unidades de Vegetación

Se identificaron nueve asociaciones vegetales a partir del análisis efectuado, tres de ellas pertenecen a asociaciones tropicales de Selva Baja Caducifolia, dos asociaciones templadas de Bosque de *Quercus* o Encinares y tres asociaciones que han sido modificadas por diversas acciones antropogénicas que se denominan como Asociaciones Antropizadas. Fue obtenido un total de 59 polígonos o "Unidades de Hábitat" (UH) que forman un mosaico heterogéneo en el municipio (Tabla III, Figura 2).

Hacia el interior de ésta asociaciones, fue posible registrar a partir de varias fuentes de información, diversas especies que han sido reportadas como potencialmente comestibles por los venados y que representan un fuerte indicio de la calidad del hábitat. El número máximo de especies comestibles que se registró fue de 15 compartido en dos asociaciones (Tabla III), mismas que obtuvieron el VIC más alto y por ende un IIA de 1. La gama de valores de IIA va de 0,33 a 1 siendo este último el de mayor relevancia para los animales y está representado por

Tabla IV. Valores del HIQ obtenidos con la aplicación del modelo.

HIQ	% de Uso	UH	UV	Área (ha)	Total (ha) /%	Calidad de UV
0,8-0,9	80-100	2	BCAr	5.116,5	5.996,8 45,2%	Alta
		5	BC	677		
		1	Q	151,6		
		1	Qp	51,6		
0,6-0,8	60-80	4	BCAr	1.443	2.570,6 19,4%	Media
		2	BCA	263,3		
		7	BC	624,7		
		1	Q	195,4		
0,4-0,6	40-60	1	BCAr	9,6	925,0 7,0%	Baja
		8	I	915,4		
< 0,40	< 40	15	I	477,8	3.762,0 28,4%	Inapropiada
		6	TAe	2.906,1		
		1	RA	65,8		
		4	U	312,3		
Total		59		13.254,3	13.254,3	

especies tanto arbóreas como arbustivas de estratos que van desde 1,5 hasta los 7,5 m de altura y serán descritas más adelante. Las asociaciones que se obtuvieron se muestran en la Tabla III.

La UV que más UH o polígonos presentó fue la descrita como Pastizal Inducido con 23, pero solo representa 10,5 % del total del municipio. Por el contrario la UV que mayor superficie ocupa (49,6 %) es la denominada “Selva Baja Caducifolia y Vegetación secundaria Arbustiva”.

### 3.2 Evaluación de las UH (HIQ)

Fueron obtenidos en total 31 valores diferentes de HIQ de las 59 UH evaluadas, distribuidos en 4 categorías de calidad, las categorías de agrupación de los HIQ fueron: 0-0,4 “Calidad Inapropiada”, 0,4-0,6 “Calidad Baja”, 0,6-0,8 “Calidad Media” y de 0,8 a 0,9 denominada “Calidad Alta” (Tabla IV). De acuerdo con el modelo, ninguna UV obtuvo un HIQ igual a 1, es decir que al menos la ausencia de un atributo es limitante para los venados. El HIQ más alto obtenido es el del bosque tropical caducifolio (0,9) y el de menor valor fueron las áreas de pastizales y de cultivos de cualquier tipo. Aproximadamente 45 % de la superficie del municipio, presenta valores de calidad entre 0,8 y 0,9 (Figura 2) lo que significa que la mayoría del área de estudio es potencialmente favorable para ser aprovechada por los venados. El 19 % restante (2.570,6 ha) es de calidad media y por tanto marginalmente útil.

Las UV más representativas de esta última condición son la BCAr y la BC con al menos 2.000 ha con un HIQ de entre 0,6 y 0,8. El 35 % (4.686,9 ha) presenta condiciones de hábitat poco propicias para los venados. Esta superficie está en su mayoría dominada por pastizales inducidos y zonas de cultivos (Tabla IV, Figura 3), que suelen ser de uso muy restringido para los venados, ya que no tiene la cobertura necesaria, por lo tanto son consideradas unidades pobres.

Al menos 12 UH de 4 UV (dos de asociaciones tropicales y dos más de templadas) fueron identificadas como de alta calidad, esto sugiere que al menos 20 % de las UH presentan condiciones favorables para

los venados. En consecuencia, se podría esperar que la concentración de venados en esta zona sea más elevada que las consideradas de baja calidad ya que permiten tener sitios de refugio contra condiciones climáticas adversas y contra depredación, así como disponibilidad de alimento y zonas de apareamiento y crianza.

### 3.3 Comprobación del modelo

Aunque no fue posible realizar muestreos sistemáticos para estimar la densidad poblacional de los venados en el municipio, se hizo un primer acercamiento en la validación del modelo con los resultados obtenidos en otro estudio en el mismo municipio por realizado por Villarreal-Espino Barros (1999). Los resultados de densidad de venados estimada en la época seca del año de 1999, fue de 1 ind/25,8 ha (3,87 ind/km<sup>2</sup> ó 0,0387 ind/ha). Esta densidad es mucho más baja que la obtenida en otros estudios (11 ind/km<sup>2</sup> ó 0,11 ind/ha) en zonas de selva baja caducifolia (Mandujano y Gallina, 1995), sin embargo, es un buen indicador de la abundancia relativa ( $X=0,045$ ) de la especie en el municipio, por lo que podríamos esperar que la abundancia absoluta de animales en UV naturales fuera aproximadamente de 332 animales. Al momento de georeferir las parcelas de muestreo, se corroboró que a pesar de existir una densidad poblacional relativamente baja, los rastros de los animales se encontraron en zonas de alta calidad (Tabla V).

Por otra parte, en el mismo estudio (Villarreal-Espino Barros, 1999) los rastros se distribuyeron de forma agregada hacia la zona suroeste y noroeste del municipio, cerca de Teotlalco Viejo y El Paredón. Estos sitios que se encuentran alejados de la presión antropogénica, presentan una temperatura inferior a los 30 ° C y la vegetación presentó IIA altos al igual que el HIQ. Las unidades de vegetación como el Bosque de *Quercus* y la Selva Baja Caducifolia de las UH determinadas como de alta calidad (Tabla IV, Figura 3) se encuentran precisamente en estos puntos cardinales y por ende, son sitios con menor presión en cuanto a la introducción del ganado y presencia de cultivos; aunque están sujetas a presiones de tala para extracción de leña.

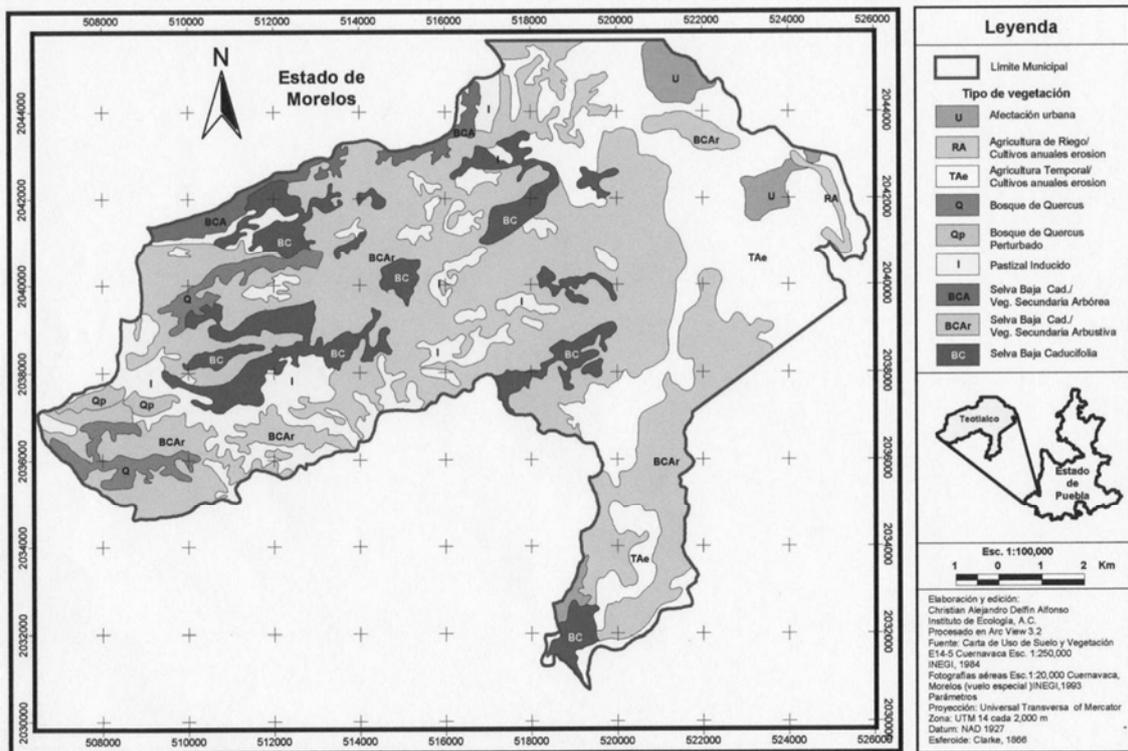


Fig. 2. Vegetación y uso del suelo (UV) en el municipio de Teotlalco, Puebla, México

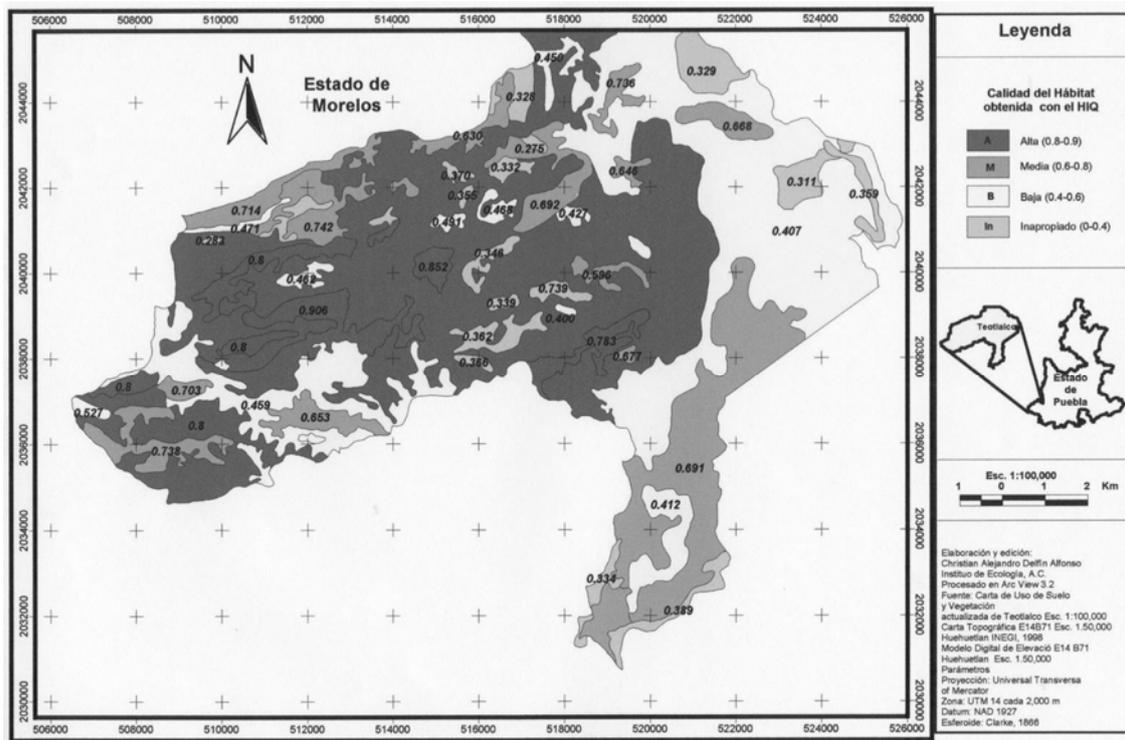


Fig. 3. Valores obtenidos del HIQ con la aplicación del modelo.

#### 4. Discusión

El Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo para el Venado Cola Blanca (MUHOV), fue diseñado principalmente para realizar comparaciones entre diferentes áreas en un tiempo dado o en diferentes períodos de tiempo en una misma área, así como para documentar

de forma rápida y con un mínimo de datos, la calidad y cantidad de hábitat potencial disponible para los venados.

Este modelo trata de incorporar el mayor número de atributos bióticos y abióticos que han sido

**Tabla V. Datos del muestreo realizado por Villarreal-Espino Barros (1999) y la UV donde se establecieron las parcelas.** Nota: Calidad A = Alta, M = Media, B = Baja e In = Inapropiada

Nombre del Paraje	Grupos fecales	Clave UV	HIQ	Calidad
El Paredón	3	BCAr, Q	0,8, 0,8	A
La Encinera	1	BC, Q	0,9, 0,8	A
Texcal Blanco	5	BC	0,74	M
Barranca Zapote	1	BCAr, I	0,8, 0,47	A, B
Cerro La Pala	2	BCAr, BC	0,8, 0,69	A, M
Cuahulote	1	BCAr, BC	0,8, 0,60	A, M
Tianguicingo	1	BCAr, I	0,8, 0,33	A, In
Barranca Pasantla	6	BCAr, BC	0,8, 0,9	A

propuestos por diferentes autores (Mandujano *et al.*, 1994; Mandujano y Gallin, 1995; Sánchez-Rojas *et al.*, 1997; Arceo, 1999; Short, 1986; Segura, 1998) y que se documentan ampliamente en la bibliografía. Además es de aplicación rápida para la toma de decisiones, así como para identificar zonas prioritarias para futuros trabajos de campo que permitan corroborar los atributos en relación con la presencia/ausencia de los venados. Se encontró que los atributos del hábitat (orientación, pendientes y temperatura) suelen ser limitantes para el cálculo de la disponibilidad de hábitat potencial que pueda ser explotado por los animales, por lo que se consideró adecuado incluirlos en el desarrollo del modelo.

Cabe mencionar que a pesar de no haber podido realizar un muestreo sistematizado de la densidad poblacional para su comprobación como Segura (1998) o de la capacidad de carga del sistema como Short (1986), los valores de los atributos incluidos en la evaluación que reflejan HIQ cercanos a 1, pueden ser un buen indicador de la capacidad de carga y por ende del hábitat potencial del venado, y debe tomarse como un modelo de evaluación cualitativa que constantemente puede estar cambiando sus atributos, conforme cambian las condiciones del hábitat como latitud, tipo de vegetación, clima, entre otras.

El atributo que más afecta el cálculo del HIQ con este modelo, es la temperatura, ya que al menos 48,37 % del municipio presenta una temperatura superior a los 30 °C. Cabe mencionar que la superficie con este valor de temperatura está estrechamente relacionada con el Vp. El valor de presión va de alto a moderado y es donde se localizan las zonas con cultivos, pastizales y ganadería y en consecuencia, los asentamientos humanos con el mayor número de pobladores (Tlaucingo, Teotlalco, Santa Cruz y Tlayehualco). El atributo "temperatura", a pesar de estar restringiendo potencialmente la explotación de los hábitats por parte de los venados, son los sitios preferidos para efectuar actividades como agricultura y ganadería, es decir, que están sujetos a fuertes presiones antropogénicas. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Segura (1998), donde las zonas sujetas a mayor presión antropogénicas no son utilizadas por los animales.

Otro atributo no menos importante es la orientación de las laderas, un total del 1.736,21 ha con

asociaciones tropicales y templadas presentan un IIA de 0,33, considerado como de baja calidad de 6.256,2 ha con esta clase de orientación. Este atributo puede ser de suma importancia para la distribución de los animales, ya que implica consecuencias de alto riesgo como la exposición a la radiación solar que influye directamente en problemas como deshidratación por pérdida de agua. Sánchez-Rojas *et al.* (1997) encontraron en selvas bajas caducifolias que la preferencia de los venados por las laderas con exposición Norte es alta y de acuerdo con esto, en este trabajo, la primera aproximación de la comprobación del modelo con los censos realizados por Villarreal-Espino Barros (1999) indican su presencia en sitios que presentan esta orientación, además de que los sitios encontrados con un HIQ alto presentan estratos de cobertura de protección termal adecuados para los animales.

El atributo agua parece no afectar a las asociaciones determinadas en este estudio, ya que sólo 198,7 ha no tienen presencia de agua libre en un radio de 1.600 m, distancia que ha sido considerada como la mínima entre una fuente de agua y los venados (Jageman, 1984; Short, 1986) y esta superficie se encuentra ocupada por pastizales y tierras de cultivos temporales en 96 %. Por tales motivos, no tiene una repercusión directa en la distribución y explotación de los hábitats por parte de los venados. Sin embargo, es un atributo que debe ser considerado en la evaluación del hábitat en otras zonas, ya que los resultados encontrados en este trabajo, no le deben restar su importancia. Por tal motivo, y de acuerdo con los modelos documentados (Mandujano, 1994; Segura, 1998; Jageman, 1984; Short, 1986; Bello, 2001) el atributo agua es de suma importancia en la evaluación del hábitat en cualquier latitud de distribución de los venados.

En cuanto al atributo alimento, no fue posible conocer con exactitud el número de especies óptimo que deben tener las unidades de vegetación para que sean potencialmente utilizadas por los animales. Este atributo, necesita ser evaluado en campo, sin embargo, fue posible obtener información en la literatura (COTECOCA, 1978; Rzedowski, 1978; INEGI, 1984). El número máximo de especies que fue registrada en una UV (15), no representa ninguna relación directa del número de plantas comestibles que necesitan los venados. Este atributo puede ser el más variable en cuanto a su disponibilidad, debido a las condiciones

climáticas de la zona y a las asociaciones vegetales presentes, sin embargo, la flexibilidad del modelo, asume que puede ser aplicado en diversas épocas del año para poder obtener un HIQ más aproximado a lo que sucede en la realidad.

## 5. Conclusiones

La aplicación del modelo propuesto, se encuentra principalmente restringida por la falta de datos en campo sobre los atributos bióticos como alimento, cobertura y agua, que deberán ser considerados para la aplicación del modelo en otras latitudes con condiciones similares. Es de suma importancia, que se considere que esta evaluación fue hecha sin el efecto temporal, es decir, no fue aplicado el modelo para las diferentes épocas del año como la sequía y la época de lluvias. Para efectos de una mejor aplicación, el modelo debe ser validado en estas dos épocas, con el fin de tener la mayor representatividad de los atributos a evaluar.

Las Unidades de Vegetación que resultaron con los más altos HIQ son las establecidas en la zona Oeste del municipio, representadas principalmente por las asociaciones tropicales como la selva baja caducifolia, la selva baja caducifolia con vegetación secundaria arbustiva de *Bursera copallifera* – *Acacia cymbispina* – *Lippia berlandieri*, sin embargo, el Bosque de *Quercus* sp. Asociado a vegetación secundaria arbustiva de *Pseudosmodium perniciosum* también representa un hábitat de calidad alta. Estas unidades de vegetación deben ser sujetas a acciones de conservación para poder asegurar la permanencia de la fauna en general de la región.

La agricultura de temporal extensiva desarrollada en Teotlalco, podría afectar en un futuro si se pretende seguir ampliando su frontera dentro de las áreas determinadas como hábitats de buena calidad para los venados, ocasionando esto un conflicto directo con los tenedores de la tierra por la intromisión de los animales a sus cultivos. Los cultivos temporales establecidos en las mesetas utilizadas por

los pobladores como terrazas, pueden ser un fuerte impedimento en la distribución potencial de los animales, ya que presentan pendientes menores a 20 % que son las óptimas para los venados.

Los fenómenos climáticos de relevancia son las sequías y el carácter torrencial de las lluvias que llegan a afectar la producción agropecuaria, sin embargo, un hecho favorable, es que no se presentan heladas. La zona presenta una temporada de sequía muy marcada que va del mes de noviembre al mes de mayo con temperaturas que llegan a rebasar el límite termoneutral de los venados (> 30 °C) (Kellogg, 1956). Los meses más lluviosos que se presentan en la temporada de lluvias son julio, agosto y septiembre con un promedio mensual de 123 mm en tan solo 3 meses y representa 12 % de la precipitación promedio anual; no obstante, la disponibilidad de agua libre en la zona se ve seriamente afectada por la evaporación que excede la precipitación media anual (171,1 mm evaporados vs. 49,2 mm PP). Por tanto, la distribución espaciotemporal del agua en el municipio es relativamente homogénea; sin embargo, su temporalidad puede ser un factor limitante en la explotación de unidades con valores altos de IIA de alimento y cobertura.

La construcción de caminos ha sido en gran medida limitado por la topografía de su terreno, sin embargo ha sido evidente la colonización de las zonas más alejadas del municipio en un corto tiempo. Esta tendencia natural se ve disparada por la necesidad de expandir la frontera agrícola (cultivos de cacahuate y jamaica) y la extracción de productos silvestres como el copal utilizado como incienso, que en conjunto, ejercen una presión sobre el hábitat del venado, restando así, una superficie importante de vegetación que puede ser utilizada por la fauna silvestre.

Es posible reconocer que al menos 50 % de la superficie del municipio presenta HIQ con valores de calidad Media a Alta, por ende, la superficie de explotación obtenida con la aplicación del MUHOV puede ser de gran relevancia para el establecimiento y operación de la UMA.

## Bibliografía

- Álvarez, S. 1995. *Estudio poblacional y hábitat del venado bura (Odocoileus hemionus peninsulae) en la Sierra de la Laguna*, B. C. S. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM, México. D. F., 99 pp. más apéndices (4).
- Arceo, G. 1999. *Hábitos alimentarios del venado cola blanca en un bosque tropical caducifolio de México*. Tesis de Maestría, Fac. de Ciencias, UNAM, México, D. F.
- Bello, J. 2001. *Comportamiento del venado cola blanca texano en dos sitios con distinto manejo de agua en el Noreste de México*. Tesis Doctoral. Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), Xalapa, Ver., México, 145 pp.
- Block, W. M & L. A. Brennan. 1993. The habitat concept in ornithology: Theory and applications. Pages 35-91 in D. M. Power, ed. *Current ornithology*. Vol. 11. Plenum press, New York, N.Y.
- Borosky, B. B., R. H. Barret, I. C. Timossi & J. G. Kie. 1996. Modelling habitat suitability for black-tailed deer (*Odocoileus hemionus columbianus*) in heterogeneous landscape. *Forest Ecology and Management*, 88: 157-165.
- Cole, C. & R. Smith. 1983. *Habitat suitability indices for monitoring wildlife populations-an evaluation*. Transaction of the North American Wildlife and Natural Resources Conference 48: 367-375.
- COTECOCA. 1978. *Puebla y Tlaxcala*. Pp. 35-96. In: Comisión Técnico Consultiva para la determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. SARH, Subsec. de Ganadería, México.

- Felix, A. B., H. Campa, K. F. Millenbah, S. L. Panken, S. R. Winterstein & W. E. Moritz. 2002. Applications of using a landscape-scale model to quantify white-tailed deer habitat potential in Michigan, U.S.A. *Z. Jadwiss. Supplement* 48: 107-114.
- Gallina, S. 1994. Uso del hábitat por el venado cola blanca en la Reserva de la Biosfera La Michilía, México. Pp 229-314. In: *Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa Rica*. C. Vaughan & M. Rodríguez (eds.) Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- García, E. 1973. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. 246 pp.
- Hail, L. S., P. R. Krausman & M. L. Morrison. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildl. Soc. Bull.* 25(1): 173-182.
- Hansen, C. G. 1980. Habitat Evaluation. Pp. 320-335. In: *The Desert Bighorn: its life history, ecology and management*. Monson, G & L. Summer (eds.) The University of Arizona Press.
- INEGI, 1984. *Carta de Uso de Suelo y Vegetación*, Esc. 1:250,000 Cuernavaca E14-5
- INEGI, 1988. *Carta Topográfica* Esc. 1:50,000 Huehuetlan E14B71, Morelos, Guerrero y Puebla.
- Jageman, H. 1984. White-tailed deer habitat management guidelines. College of Forestry, *Wildlife and Range Sciences Bull. No 37*, University of Idaho, Moscow, Idaho. 14 pp.
- Kellogg, R. 1956. What and Where are the white-tails?. Pp. 31-651 In *The deer of North America*. W. Taylor (ed.). The Stackpole Company. Harrisburg, PA. 651 pp.
- Mandujano, S., 1994. Método para evaluar el hábitat del venado cola blanca en un bosque de coníferas. Pp. 283-298. In *Ecología y Manejo de Venado cola blanca en México y Costa Rica*. Christopher Vaughan y Miguel A. Rodríguez (eds.), Edit. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica 463 p.
- Mandujano, S., S. Gallina & S. Bullock. 1994. Frugivory and dispersal of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) in a tropical deciduous forest of Mexico. *Rev. de Biología Tropical* 42: 107-114.
- Mandujano, S. & S. Gallina. 1995. Comparison of deer censusing methods in tropical dry forest. *Wildl. Soc. Bull.* 23 (2): 180-186.
- Matteuci, S. D. & A. Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Monografía Biología, OEA. Prog. Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D.C. 168 pp.
- McCoy, E. D. & S. S. Bell. 1991. Habitat structure: the evolution and diversification of a complex topic. Pp. 3-27. In: *Habitat structures: The physical arrangement of objects in space*. Bell, S. S., McCoy, E. D. & H. R. Mushinsky (eds.) Chapman & Hall, N. Y.
- Minle, B. T., K. M. Jonston & R. T. T. Forman. 1989. Sale-dependent proximity of wildlife habitat in a spatially-neutral Bayesian model. *Landscape Ecology* 2: 101-110.
- Morrison, M. L., B. G. Marcot & R. W. Mannan. 1992. *Wildlife-habitat relationships*. The University of Wisconsin Press. 547 pp.
- Mysterud, A. & E. Ostbye. 1999. Cover as a habitat element for temperate ungulates: effects on habitat selection and demography. *Wildl. Soc. Bull* 27(2): 385-394.
- Ockenfels, R. A. & J. A. Bissonette. 1984. Temperature-related responses in North Central Oklahoma white-tailed deer. Pp 64-67 In *Deer in the Southwest: a Workshop*. P. R. Krausman and N. S. Smith (eds.), University of Arizona, Tucson, 13 pp.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*, Edit. LIMUSA, México, D.F. 432 pp.
- Sánchez-Rojas, G., S. Gallina & S. Mandujano. 1997. Área de actividad y uso de hábitat de dos venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque tropical de la costa de Jalisco, México. *Acta Zool. Mex. (N. S.)* 72: 39-54.
- Segura, W. 1998. Application of the HEP methodologies and Use of GIS to identify Priority Sites for management of white-tailed deer. Pp. 127-137 In *GIS Methodologies for developing Conservation Strategies: Tropical Forest Recovery and Wildlife Management in Costa Rica*. B. Savitsky and T. Lacher (eds.). Columbia University Press, New York, 242 pp.
- SEMARNAP. 1997. Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva del Sector Rural: 1997-2000 México. Instituto Nacional de Ecología, México, D. F. 207 pp.
- Short, H. 1986. *Habitat Suitability Index Models: White-tailed deer in the Gulf of Mexico and South Atlantic Coastal Plains*. Biol. Report 85(10.23) U.S. Fish & Wildlife Service, Department of the Interior, Washington, D.C. 36 pp.
- Trefethen, J.B. 1964. *Wildlife management and conservation*. D.C. Heath and Co., Boston, 120 pp.
- U. S. Fish & Wildlife Service. 1991. *Habitat Evaluation Procedure (HEP)*. Division of Ecological Services, Department of the Interior, Washington, D.C.
- Van Deelen, T. R., L. B. McKinney, M. G. Joselyn & J. E. Buhnerkempe. 1997. Can we restore elk to southern Illinois?. The use of existing digital land-cover data to evaluate potential habitat. *Wildl. Soc. Bull.* 25 (4): 888-894.
- Villarreal-Espino-Barros, O. 1999. *Estudio de Preinversión, para determinar la factibilidad Técnica, Económica, Financiera y Social, para el establecimiento de una Unidad de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de venado Cola Blanca Mexicano (Odocoileus virginianus mexicanus) en los Bienes Comunes de Teotlalco, Mpio. de Teotlalco*. Informe técnico, SEMARNAP, Puebla, Pue. 30 pp + anexos. Inédita