

EN

Feed balance of the habitat of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in a protected natural area in Puebla, Mexico

ES

Balance alimentario del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), en un área natural protegida en Puebla, México

Carlos de Jesús Ocaña Parada¹; Daniel Jiménez García^{2,3}; Héctor Bernal Mendoza⁴
Óscar Agustín Villarreal Espino Barros^{5*}

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Grupo de investigación Agrobiodiversidad, Territorio y Sustentabilidad, Facultad de Ingeniería, Subsede Motozintla, Prolongación de la 2a. Calle Poniente Núm. 2285, Calle Real, Barrio Rivera Hidalgo. Motozintla, Chiapas. México.

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Instituto de Ciencias Ecocampus, Valsequillo, km 1.7 carretera a San Baltazar Tetela, Ecocampus Valsequillo BUAP, San Pedro Zacachimalpa, municipio de Puebla, Puebla. México.

³Laboratorio Nacional CONAHCYT de Biología de Cambio Climático, México.

⁴Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Ingeniería Agroindustrial, Complejo Regional Centro. Sede Tecamachalco, Puebla, México.

⁵Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Instituto de Ciencias, Ecocampus Valsequillo, km 1.7 carretera a San Baltazar, San Pedro Zacachimilpa, Puebla, Pue. México.

*Corresponding author: oscar.villarreal@correo.buap.mx ORCID ID: 0000-0002-2237-3305

Abstract

*Corresponding author:
oscar.villareal@correo.buap.mx

ORCID ID: 0000-0002-2237-3305

Received: November 23, 2023

Accepted: May 03, 2024

DOI:

10.5154/r.rchsat.2023.04.04

The habitat carrying capacity (K) for white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in General Lázaro Cárdenas del Río “Flor del Bosque” State Park (FBSP), a Protected Natural Area (PNA) in the state of Puebla, Mexico, was evaluated. This PNA has three vegetation types: oak forest, mixed forest, and scrub-grassland. Phytomass samples were taken in 500-meter-long transects at two times of the year (two for each vegetation type), in the rainy and dry seasons, using Guevara's Forage Balance methodology and Cantú's formula for the calculation of phytomass production. Differences were obtained for the usable phytomass in each of the vegetation types, in favor of the rainy season ($P < 0.05$) over the dry season, due to the higher precipitation and temperature that favor plant growth during that period of the year, which allows greater primary productivity. The results of K in number of hectares (ha) per animal unit (AU) were $2.48 \text{ ha}\cdot\text{AU}^{-1}$ for oak forest and $10.25 \text{ ha}\cdot\text{AU}^{-1}$ for scrub-grassland, which differ from the data established by the COTECOCA grazing coefficients, which assume values of $9.77 \text{ ha}\cdot\text{AU}^{-1}$ for oak forest and $8.80 \text{ ha}\cdot\text{AU}^{-1}$ for scrub-grassland. In the case of mixed forest, there are no data on grazing coefficients reported by COTECOCA; however, this presents a value of $9.10 \text{ ha}\cdot\text{AU}^{-1}$. These data allow us to increase the number of white-tailed deer individuals and establish a 1:1 ratio with the cattle-deer binomial to develop correct management in case of establishing a diversified livestock model for areas adjacent to General Lázaro Cárdenas del Río “Flor del Bosque” State Park.

Keywords: Forest, cervid, habitat, individuals, state park.

Resumen

Se evaluó la capacidad de carga del hábitat (K) para el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en el Área Natural Protegida (ANP) Parque Estatal General Lázaro Cárdenas del Río “Flor del Bosque” (PEFB), del estado de Puebla, México. Esta ANP presenta tres tipos de vegetación: bosque de encino, bosque mixto y matorral-pastizal. Se tomaron muestras de fitomasa en transectos de

500 metros de longitud en dos épocas del año (dos por cada tipo de vegetación), en lluvias y estiaje, utilizando la metodología de Balance Forrajero de Guevara y la fórmula de Cantú para el cálculo de producción de fitomasa. Se obtuvieron diferencias para la fitomasa aprovechable en cada uno de los tipos de vegetación, a favor de la época de lluvias ($P < 0.05$) sobre la de estiaje, esto debido a la mayor precipitación y temperatura que favorecen en ese periodo del año, el crecimiento vegetal permite mayor productividad primaria. Los resultados de K en número de hectáreas (ha) por unidad animal (UA) fueron de $2.48 \text{ ha}\cdot\text{UA}^{-1}$ para el bosque de encino y $10.25 \text{ ha}\cdot\text{UA}^{-1}$ para el matorral-pastizal, los cuales difieren de los datos establecidos por los coeficientes de agostadero de la COTECOCA, que suponen valores de $9.77 \text{ ha}\cdot\text{UA}^{-1}$ en bosque de encinos y $7.84 \text{ ha}\cdot\text{UA}^{-1}$ para el matorral-pastizal. Para el caso del bosque mixto, no existen datos de coeficientes de agostadero manifestado por COTECOCA, sin embargo, este presenta un valor de $9.10 \text{ ha}\cdot\text{UA}^{-1}$. Estos datos permiten incrementar el número de individuos de venado cola blanca y poder establecer la relación 1:1 con el binomio bovinos-venados para desarrollar un correcto manejo en caso de establecer un modelo de ganadería diversificada para zonas colindantes al Parque Estatal General Lázaro Cárdenas del Río “Flor del Bosque”.

Palabras clave: Bosque, cérvido, hábitat, individuos, parque estatal.

Introduction

Every natural habitat has a certain “Carrying Capacity” (K), which is based on the qualitative and quantitative characteristics of the plant components, water sources, soil, and space, as well as their combined management (González, 2001; Cantú, 2002; Villarreal et al., 2015). Carrying capacity is the number of animals that a habitat can support per unit area without causing degradation of the plant community or other resources. Knowing the importance of variations in vegetation biomass and forage utilization is a determining factor, given that a decrease in forage vigor and productivity can be an indicator of the Animal Units (AU) that can be maintained in the habitat. Management of white-tailed deer should be based on maintaining population density at levels that allow plants with greater palatability in the habitat to maintain or increase their productivity and abundance, as well as reproduce adequately (Fulbright & Ortega, 2013).

Forage production is not the only factor affecting the number of deer an area can support. Other herbivores such as domestic livestock, lagomorphs and exotic ungulates may consume the available forage, reducing the number of deer the habitat can support. The quantity, availability and quality of cover, usable space and water may also affect the number of deer the habitat can support. In fragmented habitats, carrying capacity is determined by the size of the original habitat patches and the distance between them, in addition to forage production within the patches (Walters, 2001). The main objective of General Lázaro Cárdenas del Río “Flor del Bosque” State Park is to maintain a viable population of white-tailed deer of the “*mexicanus*” subspecies. Therefore, this study aimed to evaluate the availability of usable phytomass in the habitat to

Introducción

Todo hábitat natural posee una determinada “Capacidad de Carga” (K), esta se halla en función de las características cualitativas y cuantitativas de los componentes vegetales, fuentes de agua, suelo y espacio, así como el manejo combinado de los mismos (González, 2001; Cantú, 2002; Villarreal et al., 2015). La capacidad de carga es el número de animales que el hábitat puede mantener por unidad de superficie sin ocasionar degradación de la comunidad vegetal o de otros recursos. Conocer la importancia de las variaciones en la biomasa de vegetación y la utilización de forraje es determinante, dado que un decremento en el vigor y la productividad de los forrajes puede ser indicador de las Unidades Animales (UA) que se pueden mantener en el hábitat. El manejo del venado cola blanca, debe basarse en el mantenimiento de la densidad poblacional en niveles que permitan que las plantas con mayor palatabilidad en el hábitat mantengan o incrementen su productividad, abundancia y se reproduzcan adecuadamente (Fulbright & Ortega, 2023).

La producción forrajera no es el único factor que afecta el número de venados que un área puede mantener. Otros herbívoros tales como el ganado doméstico, lagomorfos y ungulados exóticos pueden consumir el forraje disponible, reduciendo el número de venados que el hábitat puede soportar. La cantidad, disponibilidad y calidad de la cobertura, el espacio utilizable y el agua, podrían también afectar el número de venados que el hábitat puede mantener. En hábitats fragmentados, la capacidad de carga está determinada por el tamaño de los parches del hábitat original y la distancia entre estos en adición a la producción de forraje dentro de los parches (Walters, 2001). El objetivo fundamental del Parque Estatal

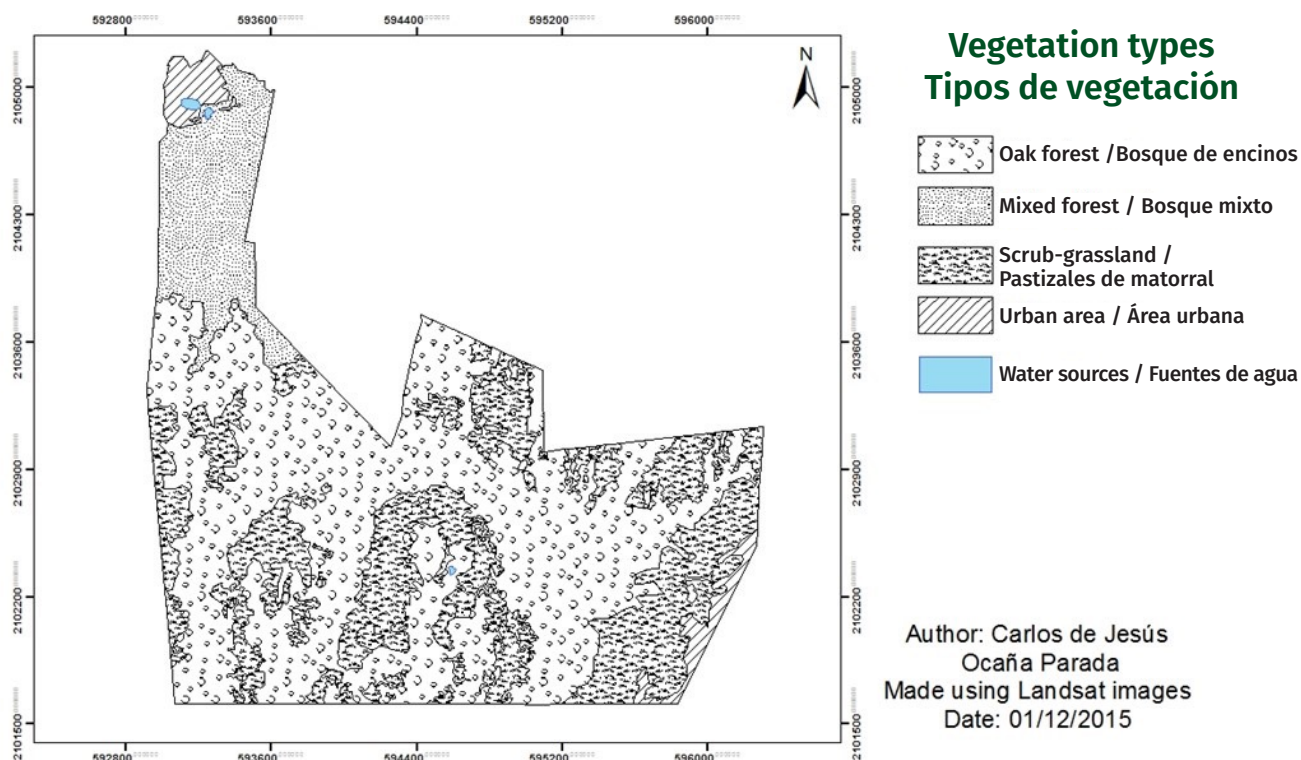


Figure 1. Vegetation types in the WCMU of General Lázaro Cárdenas del Río “Flor del Bosque” State Park, Puebla, Mexico.
Figura 1. Tipos de vegetación de la UMA Parque Estatal General Lázaro Cárdenas del Río “Flor del Bosque”, Puebla, México

carry out a balance in forage production, since this is fundamental in deer management as the amount of available forage directly influences population trends.

Materials and methods

The study was conducted in the Wildlife Conservation Management Unit (WCMU) of General Lázaro Cárdenas del Río Flor del Bosque State Park (FBSP), from January to December 2013, which is a Protected Natural Area (PNA), with an area of 638.37 hectares of available habitat. This PNA is located at the following geographic coordinates: 19° 00' 00" and 19° 01' 50" North latitude, and 98° 20' 35" and 98° 20' 53" West longitude. It is located 11 km from the city of Puebla and belongs to the municipality of Amozoc, state of Puebla, Mexico (INEGI, 2010). It has a temperate sub-humid climate with summer rains, an average annual temperature of 18 °C, average annual rainfall of 800 mm and an elevation ranging from 2 200 to 2 470 masl (Romero & Martínez-Romero, 1998). Its vegetative types are oak forest, mixed forest, and scrub-grassland (Figure 1). The oak forest covers a total area of 362.39 ha, with an elevation of 2 200 to 2 470 masl; it has some oak species such as *Quercus rugosa*, *Quercus castanea* and *Quercus obtusata*, as well as *Juniperus depeana* among other species (Balvanera & Cotler, 2009). The mixed forest covers an area of 69.10 ha, with an eleva-

General Lázaro Cárdenas del Río “Flor del Bosque”, es mantener una población viable de venados cola blanca de la subespecie “*mexicanus*”. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la disponibilidad de la fitomasa aprovechable en el hábitat para realizar un balance en la producción de forraje, ya que esto es fundamental en el manejo de venados, en virtud de que el forraje disponible influye directamente en las tendencias de la población.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) del Parque Estatal Lázaro Cárdenas del Río Flor del Bosque (PEFB), de enero a diciembre de 2013, el cual es una Área Natural Protegida (ANP), con una superficie de 638.37 hectáreas de hábitat disponible. Esa ANP, se ubica en las siguientes coordenadas geográficas: 19° 00' 00" y 19° 01' 50" de latitud norte; con 98° 20' 35" y 98° 20' 53" de longitud oeste; y se encuentra situado a 11 km de la ciudad de Puebla y, pertenece al municipio de Amozoc, estado de Puebla, México (INEGI, 2010). Presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura promedio anual es de 18 °C, la precipitación promedio anual es de 800 mm y posee una altitud que va de los 2 200 a 2 470 msnm (Romero & Martínez-Romero, 1998). Sus tipos

tion ranging from 2 267 to 2 298 masl, with a vegetation composition of eucalyptus (*Eucalyptus resinifera*) and oak (*Quercus rugosa*). Finally, the scrub-grassland covers an area of 185.1 ha; its elevation ranges from 2 308 to 2 324 masl, where families and genera highly adapted to drought abound, such as legumes, cacti, agaves, euphorbiaceae and grasses, among many others (Challenger & Soberón, 2008). The most common grass species are *Bouteloua* spp., *Andropogon* sp., and *Eragrostis intermedia*; some common shrubs are mesquite (*Prosopis glandulosa*) and ocotillo (*Fouquieria splendens*), and there are also Agavaceae such as lechugilla (*Agave lechuguilla*) (Challenger, 1998).

To determine the *K* of the white-tailed deer habitat, it is necessary to use a methodology with minimum sampling time and physical effort, so 500-meter-long transects (two per type of vegetation present in the study area) were established, where vegetative samples were collected, weighed and dehydrated for three days at a temperature of 70° Celsius in a drying oven to obtain their dry weight and moisture percentage. The Forage Balance methodology was used, which consists of comparing the supply and demand of forage in a grassland for a given period (dry season and rainy season).

To estimate the carrying capacity (*K*) in hectares per animal unit (AU), the following formula was used (Guevara, 1999):

$$K = \frac{\text{Dry Matter Consumption of the AU}}{\text{Primary Productivity (Yield in tons)} * \% \text{ utilization}}$$

Results and discussion

Within the FBSP there are three predominant vegetation types: oak forest, mixed forest, and scrub-grassland. Table 1 shows significant differences in phytomass values and between vegetative types, except for mixed forest and scrub-grassland during the dry season.

Figure 2 shows the phytomass values and their standard errors in the three vegetation types: oak forest, mixed forest, and scrub-grassland by season.

The feed balance (Table 2) made it possible to define the forage needs by season for the diversified livestock systems of the cattle-deer binomial and to establish the potential for supplying feed to the populations if necessary for both species in that area (Villarreal, 1999, Villarreal et al., 2013). Data on white-tailed deer population densities, previously estimated in the study area, were used (Ocaña et al., 2014). It should be noted that 25 % utilization is used in the forage balance because range research has shown that, on a year-long

vegetativos son: bosque de encino, bosque mixto y matorral-pastizal (Figura 1). El bosque de encino presenta una superficie total de 362.39 ha, con una altitud de 2 200 a 2 470 msnm; presenta algunas especies de encino como el *Quercus rugosa*, *Quercus castanea*, *Quercus obtusata*, además de *Juniperus deppeana* entre otras especies (Balvanera & Cotler, 2009). El bosque mixto tiene una superficie de 69.10 ha, con una altitud que va desde los 2 267 a 2 298 msnm, con una composición de vegetación de eucalipto (*Eucalyptus resinifera*) y encino (*Quercus rugosa*). Por último, el matorral-pastizal tiene una superficie de 185.1 ha, su altitud varía entre 2 308 y 2 324 msnm, donde abundan familias y géneros muy adaptados a la sequía, como leguminosas, cactus, agaves, euforbiáceas y pastos entre muchas otras (Challenger & Soberón, 2008). Las especies de pastos más comunes son: *Bouteloua* spp., *Andropogon* sp., *Eragrostis intermedia*; y algunos arbustos comunes como: mezquite (*Prosopis glandulosa*) y ocotillo (*Fouquieria splendens*), y agaváceas como la lechugilla (*Agave lechuguilla*) (Challenger, 1998).

Para la determinación de *K* del hábitat del venado cola blanca, es necesario utilizar una metodología con el tiempo mínimo de muestreo y esfuerzo físico, por lo que se realizaron transectos de 500 metros de longitud (dos por tipo de vegetación presente en el área de estudio), en donde se recolectaron muestras vegetativas, se pesaron y se deshidrataron durante tres días a una temperatura de 70° centígrados en una estufa de secado para obtener su peso seco y el porcentaje de humedad. Se utilizó la metodología de Balance Forrajero que consiste en la comparación entre la oferta y la demanda de forraje en un agostadero para un período determinado (época de estiaje y época de lluvia).

Para realizar la estimación de Capacidad de Carga (*K*) determinada en hectáreas, por Unidad Animal (UA), se realizó de acuerdo con la siguiente fórmula (Guevara, 1999):

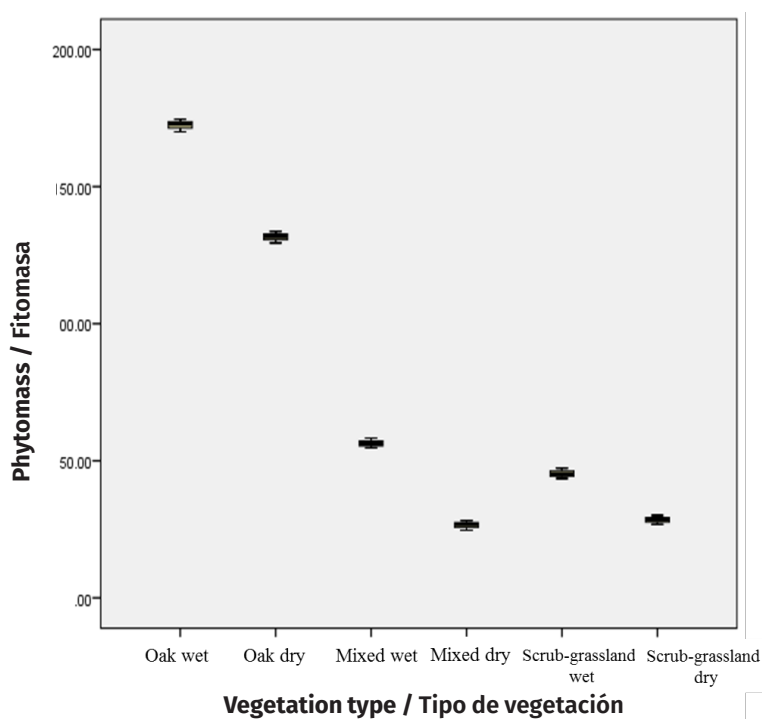
$$K = \frac{\text{Consumo de Materia Seca de la UA}}{\text{Productividad primaria (Rendimiento en toneladas)} * \% \text{ utilización}}$$

Resultados y discusión

Dentro del PEFB se encuentran tres tipos de vegetación predominantes: Bosque de encino, bosque mixto y matorral-pastizal. En el Cuadro 1 se pueden observar las diferencias significativas para los valores de fitomasa y entre tipos vegetativos, a excepción del bosque mixto junto con el matorral-pastizal correspondiente a la época de estiaje.

Table 1. Phytomass in tons of dry matter per square (t DM·m⁻²) in Flor del Bosque State Park**Cuadro 1. Fitomasa, toneladas de materia seca por metro cuadrado (t MS·m⁻²) presentes en el Parque Estatal Flor del Bosque**

Vegetation type / Tipo de vegetación	Season of the year / Época del año	Phytomass yield (g DM·m ⁻²) / Rendimiento de la fitomasa (g MS·m ⁻²)	Standard deviation / Desviación estándar	Significance / Significancia
Oak / Encino	Rainy / Lluvias	172.76	1.328	*
	Dry / Estiaje	131.8	1.223	
Mixed / Mixto	Rainy / Lluvias	56.21	1.029	*
	Dry / Estiaje	26.8	1.004	
Scrub-Grassland / Matorral-Pastizal	Rainy / Lluvias	45.25	1.081	*
	Dry / Estiaje	28.5	0.946	

DM= Dry matter. *D Significant differences at $P < 0.05$ / MS= Materia seca. *Diferencias significativas con una $P < 0.05$ **Figure 2. Phytomass values for each vegetation type and season of the year in Flor del Bosque State Park.****Figura 2. Valores de fitomasa en cada tipo de vegetación y época del año en el Parque Estatal Flor del Bosque**

average basis, properly stocked livestock harvest only 25 % of the total forage produced, commonly known as 25 % harvest efficiency. This means that 25 % of the forage produced is consumed by livestock, 25 % is lost naturally (mainly through trampling and degradation) and 50 % must remain in the pasture for soil protection and future forage production (Troxel and White, 1995).

In the analysis of the annual and seasonal forage balance, using the population densities of white-tailed deer previously obtained at the site, the oak forest

La Figura 2 muestra los valores de fitomasa y sus errores estándar en los tres tipos de vegetación: bosque de encino, bosque mixto y matorral por época.

El balance alimentario (Cuadro 2) permitió definir las necesidades de forraje por época para los sistemas ganaderos diversificados del binomio bovino-ciervo y establecer el potencial para abastecer de alimento a las poblaciones en caso de ser necesario para ambas especies en esa zona (Villarreal, 1999, Villarreal et al., 2013). Se utilizaron datos reales de densidades

Table 2. Forage balance (kg DM-AU-2) with population densities of white-tailed deer in the protected natural area of Flor del Bosque State Park.**Cuadro 2. Balance forrajero (kg MS-UA-2) con densidades poblacionales reales de venado cola blanca en el área natural protegida del Parque Estatal Flor del Bosque.**

Seasonal Indices / Índices Temporada	Oak Forest / Bosque Encino			Mixed Forestv / Bosque Mixto			Scrub-Grassland / Pastizal-Matorral		
	Rainy / Lluvias	Dry / Estiaje	Year / Año	Rainy/ Lluvias	Dry / Estiaje	Year / Año	Rainy / Lluvias	Dry / Estiaje	Year / Año
Area (ha) / Área (ha)	362.39	362.39	362.39	69.10	185.1	185.1	185.1	185.1	185.1
Yield (t DM·ha ⁻¹) / Rendimiento (t MS·ha ⁻¹)	1.7276	1.318	3.0456	0.5621		0.8301	0.4525	0.285	0.7375
% utilization/ % de utilización	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Forage available/ Forraje disponible	0.4319	0.3295	0.7614	0.1405	0.067	0.2075	0.1131	0.0712	0.1843
Forage utilized/(t DM) / Forraje utilizado (t MS)	156.51	119.40	275.92	9.70	4.62	14.33	20.93	13.17	34.11
AU (Cattle-Deer) / UA (Bovinos-Venados)	19.4	17.6	18.5	6.8	6.3	6.55	7.14	5.5	6.32
Forage required (t DM) Necesidades forrajes /	61.28	57.12	118.4	21.48	20.44	41.92	22.55	17.85	40.4
Forage balance (t DM)/ Balance forrajero (t MS)	95.23	62.28	157.52	-11.78	-15.82	-27-59	-1.62	-4.68	-6.29

had positive forage production values of 95.23 tons of Dry Matter (DM) in the rainy season, while dry season production was 62.28 tons of DM. By comparison, the mixed forest and scrub-grassland had negative values in the forage balance (Table 3), which raises the need to supplement or implement other actions to improve the habitat in those sites (Villarreal, 1999, Alcalá et al., 1999, Fulbright & Ortega, 2013, Ocaña et al., 2016). Consequently, a general balance was carried out for this entire protected natural area, taking together the three vegetative types with the real population densities of the cervid, obtaining a more balanced forage balance in the two seasons of the year (Table 3).

Likewise, carrying capacity of the site was determined using the grazing coefficients, the daily DM requirements per Animal Unit (AU) and the population densities in each space and used in the forage balances (Table 4). These results indicate that oak forest allows for higher densities of cattle-deer as AU in the rainy and dry seasons, which are at potential annual values of 2.48 ha·AU⁻¹. In the same way, for mixed forest and scrub-grassland, the number of white-tailed deer can be increased and a 1:1 relationship with cattle can be established to develop a correct management plan in case of establishing a Diversified Livestock model for the General Lázaro Cárdenas del Río "Flor del Bosque" State Park.

poblacionales de venado cola blanca, previamente estimados en el área de estudio (Ocaña et al., 2014). Cabe señalar que, en el balance de forraje se utiliza un aprovechamiento del 25 %, porque las investigaciones en pastos muestran que, en promedio anual, con una carga animal adecuada, el ganado cosecha solo el 25 % del total de forraje producido, comúnmente conocido como eficiencia de cosecha del 25 %. Esto significa que el 25 % del forraje producido lo cosecha el ganado, el 25 % se pierde de manera natural (pisoteo y degradación principalmente) y el 50 % debe quedar como remanente para protección del suelo y futura producción de forraje (Troxel y White, 1995).

En el análisis del balance forrajero anual y por época, utilizando las densidades poblacionales de venado cola blanca obtenida previamente en el sitio, en el bosque de encino se observaron valores positivos de producción de 95.23 toneladas de MS como forraje en época de lluvias, mientras que en la época de estiaje la producción fue de 62.28 toneladas de MS. En comparación con el bosque mixto y el matorral-pastizal que presentaron valores negativos en el balance forrajero (Cuadro 3), lo cual plantea la necesidad de suplementar o ejecutar otras acciones de mejora del hábitat en esos sitios (Villarreal, 1999, Alcalá et al., 1999, Fulbright & Ortega, 2013, Ocaña et al., 2016). Consecuentemente

Table 3. General feed balance with the Animal Unit (AU) and population densities of white-tailed deer in Flor del Bosque State Park, a Protected Natural Area.**Cuadro 3. Balance alimentario general con las Unidad Animal (UA) y densidades poblacionales de venado cola blanca en el Área Natural Protegida Parque Estatal Flor del Bosque.**

Indices / Índices	Total			
	Seasonal / Temporada	Rainy / Lluvia	Dry / Estiaje	Year / Año
Area (ha)		616.59	616.59	616.59
Yield (t DM·ha ⁻¹) / Rendimiento (t MS·ha ⁻¹)		2.7422	1.871	4.6132
% utilization / % de utilización		25	25	25
Forage available (t DM·ha ⁻¹) / Forraje disponible (t MS·ha ⁻¹)		0.6855	0.4677	1.1533
Forage required (t DM) / Forraje requerido (t MS)		422.67	288.37	711.11
AU (Cattle-Deer) / UA (Bovinos-Venados)		31.37	31.37	31.37
Forage needs (t DM) / Necesidades forrajes (t MS)		99.097	101.85	239.38
Forage balance (t DM) / Balance forrajero (t MS)		323.57	186.52	471.73

Table 4. Carrying capacity (K) in General Lázaro Cárdenas del Río “Flor del Bosque” State Park, Puebla, Mexico.**Cuadro 4. Capacidad de carga (K), en el Parque Estatal General Lázaro Cárdenas del Río “Flor del Bosque”, Puebla, México.**

Vegetation type / Tipo de vegetación	Rainy / Lluvias	Dry / Estiaje	Año
Oak / Encino	4.37	5.73	2.48
Mixed / Mixto	13.45	28.20	9.10
Scrub-Grassland / Pastizal Matorral	16.71	26.54	10.25

K Carrying capacity in ha·AU⁻¹ / K Capacidad de carga en ha·UA⁻¹

Table 5. Comparison of Grazing Coefficients in ha·AU⁻¹ with data obtained in the State Park, and the data recommended by COTECOCA. Cuadro 5. Comparación de Coeficientes de Agostadero en ha·UA⁻¹ con datos obtenidos en el Parque Estatal, y los datos recomendados por COTECOCA.

Vegetation type / Tipo de Vegetación	PEFB /	COTECOCA
Oak Forest / Bosque de Encino	2.48	9.77
Scrub-Grassland / Matorral-Pastizal	10.25	8.80

The K results (Table 5) differ from the data established by the grazing coefficient set by the *Comisión Técnica Consultiva de Coeficientes de Agostadero* (COTECOCA), which is the government agency that determines the grazing coefficient in Mexico (COTECOCA, 2002). These values are 9.77 ha·AU⁻¹ for pine-oak forest and 8.80 ha·AU⁻¹ for scrub-grassland. In the case of mixed forest, there is no data on the grazing coefficient expressed by COTECOCA, so it was not considered for comparison with the results obtained. The COTECOCA data are values in hectares per animal unit (AU) for the vegetation types found in the study area and these were compared with the grazing coefficient obtained with the real population densities of white-tailed deer (Table 5).

se realizó un balance general para toda esa área natural protegida, tomando en conjunto los tres tipos vegetativos con las densidades poblacionales reales del cérvido, obteniendo un balance forrajero más equilibrado en las dos épocas del año (Cuadro 3).

Asimismo, se determinó la capacidad real de carga del sitio, utilizando los coeficientes de agostadero, las necesidades diarias de MS por UA y las densidades poblacionales reales en cada espacio y usadas en los balances forrajeros (Cuadro 4). Estos resultados indican para el bosque de encino permitir mayores densidades de bovinos-venados como UA en el período de lluvias y el estiaje, que están en valores potenciales anuales

Conclusions and recommendations

Differences were obtained for the usable phytomass in each of the vegetation types, in favor of the rainy season over the dry season, because of the higher precipitation and temperatures favoring vegetative growth in this annual period, allowing higher primary productivities to be reached (Morley, 1987, Winograd, 1995, Cantú, 2002, Ramírez, 2004, Villarreal, 2006, Gallina & Mandujano, 2009). The comparison with the results of grazing coefficients obtained in Flor del Bosque State Park and that recommended by COTECOCA indicates that the pine-oak forest can support an increase in deer; for the scrub-grassland, the values indicate reducing the animal units to obtain a stable K . Therefore, the carrying capacity of the habitat (K) could be significantly improved, indicating the possibility of this protected natural area achieving a sustained annual increase in the deer population through rational management. It is important to point out that these data could be used to generate a management plan for Flor del Bosque State Park to foment nature tourism and possibly develop a Diversified Livestock Product System.

It is also recommended to continue conducting carrying capacity studies, year after year, to determine changes in primary productivity and establish a management program aimed at improving the habitat in its four components: water, food, cover and space.

Acknowledgments

We are grateful for the master's scholarship awarded by the *Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología* (CONAHCYT). Additionally, we thank the Veterinary Clinic of the "Flor del Bosque" State Park for the facilities to carry out this study, and the students of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics, the Agroecology Center and the Institute of Sciences of the *Benemérita Universidad Autónoma de Puebla* for their support in the field work.

End of English version

References / Referencias

- Alcalá, C., & Enríquez, E. (1999). Manejo y Aprovechamiento de Venados. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias); Centro de Investigaciones Regional de Noroeste; Campo Experimental Carbó. Folleto Técnico N° 3. 24 p.
- Balvanera, P., & Cotler, H. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en *Capital natural de México*, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 185-245.

de 2.48 ha-UA⁻¹. De la misma manera para el bosque mixto y el matorral-pastizal, se puede incrementar el número de venados cola blanca y poder establecer la relación 1:1 con bovinos para desarrollar un correcto manejo en caso de establecer un modelo de Ganadería Diversificada, para el Parque Estatal General Lázaro Cárdenas del Río "Flor del Bosque".

Los resultados de K (Cuadro 5) difieren con los datos establecidos por el coeficiente de pastoreo según la Comisión Técnica Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA), que es la estancia gubernamental que determina el coeficiente de pastoreo en México. (COTECOCA, 2002). Estos valores suponen valores de 9.77 ha-UA⁻¹ en el bosque de pino-encino y 8.80 ha-UA⁻¹ para el matorral-pastizal. En el caso del bosque mixto no se cuenta con datos del coeficiente de pastoreo expresado por COTECOCA, por lo que no se consideró para comparación con los resultados obtenidos. Los datos de COTECOCA son valores en hectárea por unidad animal (UA) para los tipos de vegetación encontrados en el área de estudio y estos se compararon con el coeficiente de pastoreo obtenido con las densidades poblacionales reales de venado cola blanca (Cuadro 5).

Conclusiones y recomendaciones

Se obtuvieron diferencias para la fitomasa aprovechable en cada uno de los tipos de vegetación, a favor de la época de lluvias sobre la de estiaje, consecuencia de la mayor ocurrencia de precipitaciones y temperaturas, que favorecen en ese período anual el crecimiento vegetativo, permitiendo se alcancen mayores productividades primarias (Morley, 1987, Winograd, 1995, Cantú, 2002, Ramírez, 2004, Villarreal, 2006, Gallina & Mandujano, 2009). La comparación con los resultados de coeficientes de agostadero obtenidos en el Parque Estatal Flor del Bosque y lo recomendado por COTECOCA, indica que el bosque de pino-encino puede soportar el incremento de venados, para el matorral-pastizal los valores indican reducir las unidades animales para obtener una K estable. Por lo que, haciendo índole en la capacidad de carga del hábitat (K) esta podría mejorarse significativamente, lo que indica las posibilidades de esta área natural protegida, para que mediante un manejo racional se logre un incremento sostenido anual de la población de venados. Y es importante mencionar que con estos datos obtenidos se puede generar el plan de manejo del Parque Estatal "Flor del Bosque" para generar el turismo de naturaleza y el posible desarrollo del Sistema Producto Ganadería Diversificada.

También, se recomienda continuar los estudios de capacidad de carga, año con año, para así determinar los cambios en la productividad primaria y establecer un

- Cantú, J. (2002). Principios de Bromatología Animal: Principios de manejo de pastizales. Cuarta edición. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Torreón, Coahuila, México, pp: 90-118, 174-183.
- COTECOCA. (2002). Comisión Técnica Consultiva de Coeficientes de Agostadero, SAGARPA, con base en: COTECOCA, SARH.
- Challenger, A., & Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres, en Capital Natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México, pp: 87-108.
- Challenger, A. (1998). Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; UNAM, Instituto de Biología.
- Fulbright, T. E., & Ortega J. A. (2013). White-Tailed Deer habitat: Ecology and management on rangelands. Texas A&M University Press: Second Edition; 265 p.
- Gallina, S., & S. Mandujano. (2009). Research on ecology, conservation and management of wild ungulates in Mexico. *Tropical Conservation Science*, 2 (2): 116-117.
- González, F. (2001). Evaluación de Poblaciones y Hábitat de la Fauna Silvestre. Manual del Curso Taller Internacional sobre Técnicas Aplicadas a la Conservación y Manejo de Fauna Silvestre. COLPOS, US Fish and Wildlife Service, BUAP, FUPPUE, Mazamiztli, A. C., SDR, SEMARNAT, CEFFASIP, SEDURBECOP. Puebla, Pue., México, pp 59-98.
- Guevara, R. (1999). Contribución al estudio del pastoreo racional intensivo en vaquerías comerciales en condiciones de bajos insumos. Tesis de doctorado en Ciencias Veterinarias, Instituto de Ciencia Animal, la Habana, Cuba.
- INEGI (2010). (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). Censo de Población y Vivienda, México.
- Morley, F. W. H. (1987). *Grazing Animals*. Elsevier Publications, 728 pp.
- Ocaña, P. Carlos, Daniel, J. G., Jesús, L. O., Héctor, B. M., Omar, R. A., & Villarreal-EB, O. (2014). Population Density of White Tailed Deer (*Odocoileus virginianus*), in a Natural Protected Area State of Puebla, Mexico. *World Journal of Zoology*, 9(1), pp. 52-58.
- Ocaña, P. Carlos, Daniel, J. G., Jesús, L. O., Héctor, B. M., Omar, R. A., & Villarreal-EB, O. (2016). Evaluation of the habitat of the White tailed deer (*Odocoileus virginianus*), in the Protected Natural Area State Park "Flor del Bosque", Puebla, Mexico. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, Volume 6(1), pp. 301-310
- Ramírez, R. G. (2004). Nutrición del Venado Cola Blanca. Universidad Autónoma de Nuevo León; Universidad Ganadera Regional de Nuevo León; Fundación PRODUCE Nuevo León, A. C.; 240 pp.
- Romero, S., & Martínez-Romero, L. (1998). Programa de rescate del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en el Parque Estatal Gral. Lázaro Cárdenas "Flor del Bosque", en Puebla. Programa de Manejo, tendiente al mejoramiento del hábitat, en sus cuatro componentes agua, alimento, cobertura y espacio.

Agradecimientos

Esta investigación fue parte de una beca de maestría apoyada por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT). Asimismo, agradecemos a la Clínica Veterinaria del Parque Estatal "Flor del Bosque", por las instalaciones para realizar este estudio. También agradecemos a los estudiantes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y del Centro de Agroecología y del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por su apoyo en los trabajos de campo.

Fin de la versión en español

- Troxel, Tom R., & White, Larry D. (1995). Balancing Forage Demand with Forage Supply. Available electronically from <https://hdl.handle.net/1969.1/87781>.
- Villarreal-EB, O. A. (1999). Venado Cola Blanca: Manejo y Aprovechamiento Cinegético. Unión Ganadera Regional de Nuevo León, pp: 215-276.
- Villarreal-EB, O. A., & Marín M. (2005). Agua de Origen Vegetal para el Venado Cola Blanca Mexicano. *Archivos de Zootecnia*, 54 (206-207): 91-196.
- Villarreal-EB, O. A. (2006). El venado cola blanca en la Mixteca Poblana: Conceptos y métodos para su conservación y manejo". Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, pp: 77-87.
- Villarreal-E.B., O. A., Hernández J. E., Franco, F. J., & García, F. (2013). Densidad poblacional del venado temazate rojo (Mazama temama) en dos sierras del estado de Puebla, México. *RECIA (Revista Colombiana de Ciencia Animal)*, 5(1): 24-35.
- Villarreal-EB, O., A., Guevara-Viera, R., Hernández-Hernández, J., Rivera-Tapia A., & Romero-Arenas O. (2015). Feed balance of the habitat for white-tailed deer in the Rio Balsas Depression in Puebla-Mexico, *Wulfenia Journal*, 22(1).
- Walters, S. (2001). Landscape pattern and productivity effects on source sink dynamics of deer populations, *Ecological Modelling* 143:17-32.
- Winograd, M. (1995). Indicadores Ambientales para Latinoamérica y el Caribe: Hacia la Sustentabilidad en el Uso de Tierras. Proyecto IICA/GTZ, OEA. Instituto de Recursos Mundiales. San José de Costa Rica.