Carrying capacity of *Odocoileus virginianus* in two vegetation types, Chiapas, Mexico

Ocaña-Parada Carlos de Jesús¹
 Villarreal Espino-Barros Óscar Agustín²
 Barrera-Rodríguez Efraín¹
 Martínez-Ramírez Lesly Paola³
 Serna-Lagunes Ricardo^{4*}

Abstract

Studies on the carrying capacity (K) of the habitat are important to estimate the size of a population that can be spatially and temporally viable. Currently, the K of grassland and medium deciduous forest (MDF) for a population of *Odocoileus virginianus* in the state of Chiapas is not known as a base information for its sustainable use and the conservation of its habitat. The objective of the study was to determine the K of *O. virginianus* in two types of vegetation in the ejido Nueva Independencia, municipality of Frontera Comalapa, Chiapas, Mexico, using the technique of Transect to Steps by Direct and Indirect Points. Six transects of 500 m long were drawn, three in the grassland cover and three in the MDF; the pasture coefficient from the usable biomass per hectare per animal unit ($\text{ha} \cdot \text{UA}^{-1}$) was estimated in each one. MDF and grassland have a K of 1.05 and $2.69 \text{ ha} \cdot \text{UA}^{-1}$, respectively, although these are lower values than those pre-established by the Technical Committee on Pasture Coefficient for cattle (Comité Técnico de Coeficiente de Agostadero). This information is essential for making decisions focused on the conservation and sustainable use of *O. virginianus* in this region of the state of Chiapas.

Keywords: Coefficient of pasture, grassland, medium deciduous forest, white-tailed deer, habitat.

Capacidad de carga de *Odocoileus virginianus* en dos tipos de vegetación, Chiapas, México

Resumen

Los estudios sobre capacidad de carga (K) del hábitat son importantes para estimar el tamaño de una población que se puede mantener viable espacial y temporalmente. Actualmente, no se conoce la K del pastizal y selva mediana caducifolia (SMC) para una población de *Odocoileus virginianus* en el estado de Chiapas, como información base para su aprovechamiento sustentable y la conservación de su hábitat. El objetivo del estudio fue determinar la CC del *O. virginianus* en dos tipos de vegetación en el ejido Nueva Independencia, municipio de Frontera Comalapa, Chiapas, México, mediante la técnica de Transecto a Pasos por Puntos Directos e Indirectos. Se trazaron seis transectos de 500 m de largo, tres en la cobertura del pastizal y tres en la SMC; en cada uno, se estimó el coeficiente de agostadero a partir de la biomasa aprovechable por hectárea por unidad animal ($\text{ha} \cdot \text{UA}^{-1}$). En la SMC y el pastizal tienen una K de 1.05 y $2.69 \text{ ha} \cdot \text{UA}^{-1}$, respectivamente, aunque son valores inferiores a los preestablecidos por el Comité Técnico de Coeficiente de Agostadero para ganado bovino. Esta información es esencial para tomar decisiones enfocadas a la conservación y aprovechamiento sustentable de *O. virginianus* en esta región del estado de Chiapas.

Palabras clave: Coeficiente de agostadero, pastizal, selva mediana caducifolia, venado cola blanca, hábitat.

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Sede Motozintla. Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación Biodiversidad y Agroecosistemas Sostenibles. Prolongación de la 2a. Calle Poniente núm. 2285 Calle Real, Barrio Rivera Hidalgo, Motozintla, Chiapas.

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, carretera Tecamachalco-Cañada Morelos, km 7.5, El Salado, C. P. 75460 Tecamachalco, Puebla, México.

³El Colegio de La Frontera Sur (ECOSUR) Unidad Chetumal. Departamento de Conservación de la Biodiversidad. Avenida Centenario km 5.5 Chetumal, Quintana Roo, México.

⁴Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba-Córdoba, Laboratorio de Bioinformática y Bioestadística, calle Josefa Ortiz de Domínguez, s/n Col. Centro, Peñuela, Amatlán de Los Reyes, Veracruz, México.

*Corresponding author: rserna@uv.mx Tel: 2711414702

Introduction

In North America and Mexico, the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*; Artiodactyla, Cervidae; Zimmerman, 1780) is the most important cervid in biocultural, ecological (Leopold, 1977), and economic terms (TTHA, 2000, Villarreal, 2006). The success of its hunting exploitation is due, in part, to the implementation of actions on the management of the population and its habitat, which provide basic biotic/abiotic elements that develop individuals considered trophy pieces (González, 2001, Villarreal, 2013). It is important to mention that the white-tailed deer subspecies of northern Mexico stand out in the cinegetics market, due to the increase in the number of Conservation and Wildlife Management Units (UMA – Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre) under the Diversified Livestock Product System model (Sistema Producto de Ganadería Diversificada) (Gallina-Tessaro *et al.*, 2009). On the other hand, the subspecies of *O. virginianus* in southern Mexico, managed in UMAs, are harvested mainly for subsistence, making it difficult for ejido communities to implement hunting (Villarreal-Espino-Barros, 2002).

It is necessary to know the components of its habitat to develop a wildlife population (Delfín-Alfonso *et al.*, 2014) defined as the geographic space where biotic and abiotic elements that facilitate the necessary conditions for the viable development of a population are combined (Storch, 2002). Therefore, studying the characteristics that habitat offers for the development of a viable population of *O. virginianus* (Mendoza *et al.*, 2006, Villarreal-Espino-Barros *et al.*, 2011) is essential information for planning the sustainable use of the population, from a spatial and temporal perspective (Delfín-Alfonso *et al.*, 2009).

There are different studies on the habitat of *O. virginianus*. Spatial models, habitat characterization and identification of factors that determine habitat use are tools that allow describing the conditions under which the population of this cervid thrives (Delfín-Alfonso *et al.*, 2014, Ortiz-Martínez *et al.*, 2005, Medina-Torres *et al.*, 2008, Sánchez-Rojas *et al.*, 2009, Hernández-Silva *et al.*, 2011). Carrying capacity (*K*) is also a habitat attribute that can be considered in the *in situ* ecological management of the *O. virginianus* population under the UMA system (Mandujano,

Introducción

En Norteamérica y México, el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*; Artiodactyla, Cervidae; Zimmerman, 1780) es el cérvido más importante en términos bioculturales, ecológicos (Leopold, 1977), y económicos (TTHA, 2000, Villarreal, 2006). El éxito de su aprovechamiento cinegético se debe, en parte, a la implementación de acciones sobre el manejo de la población y su hábitat, que provean elementos bióticos/abióticos básicos que desarrollen individuos considerados piezas trofeo (González, 2001, Villarreal, 2013). Es importante mencionar que las subspecies del venado cola blanca del norte de México destacan en el mercado cinegético, debido al incremento en el número de Unidades de Manejo para la Conservación y de la Vida Silvestre (UMA) bajo el modelo del Sistema Producto de Ganadería Diversificada (Gallina-Tessaro, S., Hernández-Huerta, A., Delfín-Alfonso, C. A., & González-Gallina, A. 2009). Por otro lado, las subspecies de *O. virginianus* del sur de México, manejadas en UMAs, son aprovechadas principalmente para subsistencia, siendo difícil la implementación de un aprovechamiento cinegético por parte de las comunidades ejidales (Barros, 2002).

Para desarrollar una población de fauna silvestre, es necesario conocer los componentes de su hábitat (Delfín-Alfonso C. A., Gallina-Tessaro S. A., & López-González C. A. 2014), definido como el espacio geográfico donde se combinan elementos bióticos y abióticos que facilitan las condiciones necesarias para el desarrollo viable de una población (Storch, 2002). Por lo tanto, estudiar las características que el hábitat ofrece para el desarrollo de una población viable de *O. virginianus* (Mendoza, G., Plata, F. X., Villarreal-EB, O., & Franco, F. J., 2006, Villarreal-E. B., Plata, F., Camacho, J., Hernández-Hernández, J., & Franco, F. Mendoza, G., 2011), es información esencial para planificar el aprovechamiento sustentable de la población, desde una perspectiva espacial y temporal (Delfín-Alfonso, C. A., Gallina, S., & López-González, C. A. 2009).

Existen diferentes estudios sobre el hábitat de *O. virginianus*. Los modelos espaciales, la caracterización del hábitat e identificación de factores que determinan el uso de hábitat son herramientas que permiten describir las condiciones bajo las que prospera la población de este cérvido

2011), as it is an evaluation that estimates the number of animals per unit area that the habitat can sustain without showing degradation in its vegetation cover in the short and medium term (Plata et al., 2011).

Because habitat K determines the population size and spatial distribution of deer (Gallina et al., 2014), its study is essential to make decisions on actions that affect habitat improvement in order to increase K and, consequently, a population size of deer with greater exploitation options (Granados et al., 2014). In the ejido Nueva Independencia, located in the municipality of Frontera Comalapa, Sierra Mariscal Region, Chiapas, Mexico; the natural distribution of the subspecies *O. virginianus thomasi* coincides (Hall, 1981, Mandujano et al., 2010), in this region and in the neotropics, rural communities have been using wildlife since pre-Columbian times for meat, skin and other by-products (Naranjo & Bodmer, 2007).

In this sense, the community of the Ejido de Nueva Independencia is interested in carrying out a planned and regulated harvest of *O. virginianus*, but there are no basic studies that allow us to know, at least indirectly, the size of the deer population, and with this, to estimate the harvesting rate, without affecting the population structure and population dynamics. Therefore, the objective of the study was to estimate the carrying capacity of *O. virginianus* through the usable phytomass in two types of vegetation (grassland and MDF) of the ejido Nueva Independencia, Frontera Comalapa, Chiapas, Mexico, as a basis for the registration of the ejido as an UMA for the legalized harvesting of this species, since under the conservation-use approach (Villarreal, 2013). Farmers and owners of rural properties (communal lands holder, communal owners and small landowners) can dedicate themselves to recover, conserve, manage and sustainably use *O. virginianus* and other wildlife species with which it shares its natural habitat in Chiapas. The main purpose of this study is to identify the population abundance and register rural properties where the right to sustainable use can be exercised through the UMA system, where the General Wildlife Law (Ley General de Vida Silvestre) states that the owners of properties that demonstrate that they have surplus population as a result of their conservation work and good management, can extract individuals from the

(Delfín-Alfonso et al., 2014, Ortiz-Martínez, T., Gallina, S., Briones-Salas, M., & González, G. 2005, Medina-Torres et al., 2008, Sánchez-Rojas, G., Aguilar-Miguel, C., & Hernández-Cid, E. 2009, Hernández-Silva et al., 2011). También la capacidad de carga (K) es un atributo del hábitat que puede considerarse en el manejo ecológico *in situ* de la población de *O. virginianus* bajo el sistema de UMA (Mandujano, 2011), al ser una evaluación que estima el número de animales por unidad de área, que el hábitat puede sostener sin presentar degradación en su cobertura vegetal a corto y mediano plazo (Plata, F. X., Mendoza, G. D., Viccon, J. A., Bárcena, R., & Clemente, F. 2011).

Debido a que la K del hábitat determina el tamaño de la población y la distribución espacial de los venados (Gallina, S., Mandujano, S., & Villarreal Espino Barros, O. A. 2014), su estudio es imprescindible para tomar decisiones en acciones que incidan en el mejoramiento del hábitat con el fin de incrementar la K y, por consiguiente, un tamaño poblacional del venado con mayores opciones de aprovechamiento (Granados et al., 2014). En el ejido Nueva Independencia, ubicado en el municipio Frontera Comalapa, Región Sierra Mariscal, Chiapas, México; coincide la distribución natural de la subespecie *O. virginianus thomasi* (Hall, 1981, Mandujano, S., Delfín-Alfonso, C. A., & Gallina, S. 2010), en esta región y en el neotrópico, las comunidades rurales usan a la fauna silvestre desde tiempos precolombinos, para el uso de carne, piel y otros subproductos (Naranjo, E. J., & Bodmer, R. E., 2007).

En este sentido, la comunidad del Ejido de Nueva Independencia tiene el interés de realizar un aprovechamiento planificado y regulado de *O. virginianus*, pero no se cuenta con estudios básicos que permitan conocer, al menos de manera indirecta, el tamaño de la población de venados, y con ello, estimar la tasa de cosecha de aprovechamiento, sin que la población se vea afectada en aspectos de estructura y dinámica poblacional. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue estimar la capacidad de carga *O. virginianus* mediante la fitomasa aprovechable en dos tipos de vegetación (pastizal y SMC) del ejido Nueva Independencia, Frontera Comalapa, Chiapas, México, esto como información base para el registro del ejido como UMA para el

population through a use that generates economic benefit for the owners of the UMA in favor of the recovery and conservation of wildlife and its natural habitat (CONABIO, 2012).

Method

Study area. The present study was carried out in the ejido of Nueva Independencia, located 15 km from the municipal seat of the municipality of Frontera Comalapa (92° 11' 27.5" W, 15° 47' 9.19" N), in the state of Chiapas, Mexico (Figure 1). The ejido has an area of 2,000 ha and an average altitude of 700 masl. Its climate is warm sub-humid with summer rains, with average annual temperature and precipitation of 25 °C and 1100 mm, respectively.

The study was carried out on a 50 ha plot of land that had previously been allocated by the members of the ejido community, with the objective of diversifying their activities into alternative economic income through the management and use of *O. virginianus* (Figure 2). The productive activities that have been carried out on this property for more than 20 years have been extensive cattle ranching, with approximately 35 head of cattle, and the production of rainfall agricultural crops.

aprovechamiento legalizado de esta especie, ya que bajo el enfoque conservación-aprovechamiento (Villarreal, 2013), los campesinos y propietarios de predios rurales (ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios), pueden dedicarse a recuperar, conservar, manejar y aprovechar de manera sustentable a *O. virginianus* en Chiapas, y a otras especies de fauna silvestre con los que comparte su hábitat natural. El fin principal de este estudio, es la base para identificar la abundancia poblacional y registrar predios rurales donde se puede ejercer el derecho al aprovechamiento sustentable a través del sistema de las UMA, donde la Ley General de Vida Silvestre señala que los propietarios de predios que demuestren que tienen excedentes de población producto de su trabajo de conservación y buen manejo, se pueden extraer individuos de la población mediante un aprovechamiento que genere beneficio económico para los propietarios de las UMA a favor de la recuperación y conservación de la fauna silvestre y su hábitat natural.

Método

Área de estudio. El presente estudio se desarrolló en el Ejido de Nueva Independencia se ubica a

Figure 1. Spatial location of the municipality of Frontera Comalapa, Chiapas, Mexico.

Figura 1. Ubicación espacial del municipio de Frontera Comalapa, Chiapas, México.

In each vegetation type, three 500 m long transects were established. In each one, a 1 m² was delimited at 1, 100, 200, 300, 400 and 500 m of distance, where phytomass was harvested from ground level to 1.5 m height (herbivory threshold of white-tailed deer; Villarreal, 2006). Phytomass

El estudio se desarrolló en un predio de 50 ha, que previamente había sido destinado por los miembros de la comunidad del ejido, con el objetivo de diversificar sus actividades en alternativas de ingresos económicos mediante el manejo y aprovechamiento de *O. virginianus* (Figura 2). Las actividades productivas que en este predio se han desarrollado desde hace más de 20 años han sido la ganadería bovina extensiva, con alrededor de 35 cabezas de ganado y producción de cultivos agrícolas de temporal.

Se consideró evaluar dos tipos de vegetación:

a) Pastizal: con extensión de 18 ha (Figura 3) caracterizada por la dominancia de especies de la familia Poaceae como zacate llanero (*Vaciaria dictyoneura*) y zacate jaragua (*Hyparrhenia rufa*), y

b) selva mediana caducifolia (Rzedowski, 1988): con superficie de 32 ha, constituida de una matriz de paisaje en forma de parches aislados y remanentes

Figure 3. Grassland coverage located in the study plot in Ejido Nueva Independencia.

Figura 3. Cobertura de pastizal ubicada en la parcela de estudio en el Ejido Nueva Independencia.

Figure 4. MDF coverage in the study plot in Ejido Nueva Independencia.

Figura 4. Cobertura de SMC en el predio de estudio en el Ejido Nueva Independencia.

samples were collected during the dry season (January-April) and rainy season (June-September) of 2017. Each sample was placed in a paper bag and labeled with a key indicating the transect and distance; subsequently, the samples were transferred to the Science Laboratory of the Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) Motozintla Campus, Chiapas. The cut weight (gr) was obtained from each sample, then they were dehydrated at 70 °C for four days and weighed until constant weight, in order to determine the proportion of moisture (H) and dry matter (DM) of the usable phytomass (Cantú, 2002).

de vegetación de tipo acahual (un tipo de vegetación que se desarrolla después del abandono del área ocupada por un cultivo; Figura 4). Estas coberturas son de protección (Villarreal, 2006) y en ocasiones fungen como áreas de descanso y alumbramiento de cervatos (Villarreal, 2013).

Estimación de la capacidad de carga. En cada tipo de vegetación, se realizó la colecta botánica de la flora silvestre disponible como forraje potencial (Neira, 1981, CONABIO, 2012). Las plantas fueron identificadas a nivel especie y catalogadas como especies forrajeras para *O. virginianus* según la literatura (Lozano, 2012).

The Balance-Forage method was applied to calculate the forage potential (Guevara 1999, Roca-Cedeño et al., 2018), which considers the total area of the farm by the phytomass productivity estimated as the yield per season of the year and per vegetation type. This relationship determines the forage produced in 25 % of the area for phytomass use per animal unit (AU) with respect to the total forage available in the area. To balance this last term against the forage needs of the AU, the annual need of an animal of 450 kg live weight (BW) was calculated, equivalent to 13.5 kg of Dry Matter (DM), plus an extra forage supply of 30 % being a total of 17.55 kg of DM·UA⁻¹·day⁻¹. Finally, to determine the actual phytomass production by vegetation type, the equation proposed by Cantú (2002) was applied:

$$K(\text{carrying capacity}) = (\text{DM consumption in the season} * \text{UA}) / (\text{Primary productivity} * \% \text{ utilization}).$$

To estimate the general forage balance by time of year and vegetation type, the absolute population density of white-tailed deer was used, which was estimated in a preliminary study (Calderón & Ocaña, 2017) using the method modified by Villarreal (2006) and the count of fecal excreta on transects (Calderón & Ocaña, 2017). Likewise, it was considered that a deer consumes 1.89 kg DM·UA⁻¹·day⁻¹ (COTECOCA, 2007). The actual value of 70 AU of the 1:1 ratio of the bovine-deer binomial with a daily consumption of 17.55 kg was also included (COTECOCA, 2007).

To identify differences between harvestable phytomass by vegetation type and season, a one-way analysis of variance (ANOVA) with an $\alpha = 0.05$ was applied. The independent variable was vegetation type (grassland and MDF) and the response variable was phytomass yield (gr DM·m⁻²). Another ANOVA was applied where the independent variable was season (dry vs. rainy) and the response variable was phytomass yield (gr DM·m⁻²). In both analyses, a Tukey's mean test ($P < 0.05$) was applied to determine differences with respect to the average harvestable phytomass (gr DM·m⁻²) between vegetation type and time of year.

En cada tipo de vegetación, se establecieron tres transectos de 500 m de longitud. En cada uno, se delimitó un cuadrante de 1 m² a 1, 100, 200, 300, 400 y 500 m de distancia, donde se cosechó la fitomasa desde el nivel del suelo hasta 1.5 m de altura (umbral de herbivoría del venado cola blanca; (Villarreal, 2006). Las muestras de fitomasa se recolectaron durante la temporada de secas (enero-abril) y lluvias (junio-septiembre) del año 2017. Cada muestra se colocó en una bolsa de papel y fueron etiquetadas con una clave que indicaba el transecto y distancia; posteriormente, las muestras se trasladaron al Laboratorio de Ciencias de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) Sede Motozintla, Chiapas. De cada muestra se obtuvo el peso (gr) al corte, después se deshidrataron a 70 °C durante cuatro días y se pesaron hasta peso constante, con el fin de determinar la proporción de humedad (H) y materia seca (MS) de la fitomasa aprovechable (Cantú, 2002).

Para calcular el potencial forrajero se aplicó el método de Balance-Forrajero (Guevara, 1999, Roca Cedeño, et al., 2018), que considera el área total del predio, por la productividad de fitomasa estimada como el rendimiento por temporada del año y por tipo de vegetación. Esta relación determina el forraje producido en un 25 % del área para el uso de la fitomasa por unidad animal (UA), con respecto al total del forraje disponible en el área. Para balancear este último término contra las necesidades forrajeras de la UA, se calculó la necesidad anual de un animal de 450 kg de peso vivo (PV), equivalente 13.5 kg de Materia Seca (MS), más un extra de oferta forrajera del 30 %; siendo un total de 17.55 kg de MS·UA⁻¹·día⁻¹. Finalmente, para determinar la producción de fitomasa real por tipo de vegetación, se aplicó la ecuación propuesta por Cantú (2002):

$$K(\text{capacidad de carga}) = (\text{Consumo de MS en la época} * \text{UA}) / (\text{Productividad primaria} * \% \text{ de utilización}).$$

Para estimar el balance forrajero general por época del año y por tipo de vegetación, se utilizó la densidad poblacional absoluta del venado cola blanca, la cual fue estimada en un estudio preliminar

Results and discussion

In the MDF, 27 plant species were recorded, grouped in 21 botanical families (Table 1) of which two species: *Leucaena leucocephala* and *Bursera simaruba* had been reported in the nutrition of *O. virginianus* in northeastern Mexico by Lozano (2004) while, in the grassland, 12 plant species belonging to six botanical families were recorded (Table 1), but four species: *L. leucocephala*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium* and *Acacia dolichostachya* are part of the deer's

(Calderón & Ocaña, 2017), mediante el método modificado por Villarreal (2006) el conteo de excretas fecales sobre transectos (Calderón & Ocaña, 2017). Asimismo, se consideró que un venado consume 1.89 kg de MS-UA⁻¹·día⁻¹ (COTECOCA, 2007). También se incluyó el valor real de 70 UA de la relación 1:1 del binomio bovinos-venados con un consumo diario de 17.55 kg (COTECOCA, 2007).

Con el objetivo de identificar diferencias entre la fitomasa aprovechable por tipo de vegetación y

Table 1. Diversity of wild plants and botanical families with forage potential available in the Ejido Nueva Independencia, Chiapas.

Cuadro 1. Diversidad de plantas silvestres y familias botánicas con potencial de forraje disponible en el Ejido Nueva Independencia, Chiapas.

Medium Deciduous Forest / Selva Mediana Caducifolia				Grassland / Pastizal	
Family / Familia	Species / Especie	Family / Familia	Species / Especie	Family / Familia	Species / Especie
Fabaceae	<i>Vachellia farnesiana</i>	Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
	<i>Gliricidia sepium</i>		<i>Ceiba pentandra</i>		<i>Leucaena leucocephala</i>
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i>		<i>Caesalpinia echinata</i>
	<i>Poeppigia procera</i>	Apocynaceae	<i>Couma macrocarpa</i>		<i>Gliricidia sepium</i>
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Moraceae	<i>Ficus insipida</i>		<i>Vachellia farnesiana</i>
<u>Rosaceae</u>	<i>Crataegus monogyna</i>	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>		<i>Acacia dolichostachya</i>
Tiliaceae	<i>Luehea candida</i>	Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>	Boraginaceae	<i>Cordia boissieri</i>
<u>Burseraceae</u>	<i>Bursera simaruba</i>	Sapotaceae	<i>Sideroxylon capiri</i>	Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Sapindaceae	<i>Cupania dendata</i>	Combretaceae	<i>Bucida buceras</i>		<i>Ceiba pentandra</i>
Boraginaceae	<i>Cordia boissieri</i>	Apocynaceae	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	Moraceae	<i>Ficus insipida</i>
Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i>	Nyctaginaceae	<i>Pisonia macranthocarpa</i>	Sapotaceae	<i>Sideroxylon capiri</i>
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i>	Picramniaceae	<i>Alvaradoa amorphoides</i>	Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i>
	<i>Luma apiculata</i>	Cornaceae	<i>Cornus disciflora</i>		
		Zygophyllaceae	<i>Guaiacum</i>		

diet (Lozano, 2004). This diversity of flora is the main one to be considered in the establishment of forage banks within the Ejido in order to increase their frequency and increase their availability as a food source for the deer, so that they can remain in the area. When comparing the plants recorded with those reported in xerophytic vegetation for *O. virginianus mexicanus* in the Mixteca Poblana region, the species *L. leucocephala*, *Ceiba pentandra*, *Spondias purpurea* and *A. dolichostachya* are consistent in the deer's diet (Villarreal et al., 2011).

Table 2 shows that in the MDF, 1.52 t DM and 0.243 t DM of available forage were estimated in the rainy and dry seasons, respectively. In the grassland, 0.355 t DM and 0.460 t DM were estimated in the rainy and dry season, respectively. The results are low when compared with those reported for low deciduous forest (0.79 t DM) and xerophytic scrub (0.88 t DM) in the Mixteca Poblana region (Villarreal et al., 2008), and are also low when compared with available forage values of 0.69 and 0.819 t DM in dry and rainy seasons for a conserved habitat and a grassland in the state of Zacatecas, Mexico (Navarro-Cardona, 2018). The usable phytomass recorded in the rainy season, exceeded that recorded in the dry season, which may be due to the increase in precipitation and variation in temperature since these conditions favor the growth and development of the flora; at a physiological level, during this season, plants

época, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía con un $\alpha = 0.05$. La variable independiente fue el tipo de vegetación (pastizal y SMC) y la variable respuesta fue el rendimiento de la fitomasa ($\text{gr MS}\cdot\text{m}^{-2}$). Otro ANOVA se aplicó donde la variable independiente fue la época (secas vs lluvias) y la variable respuesta fue el rendimiento de la fitomasa ($\text{gr MS}\cdot\text{m}^{-2}$). En ambos análisis se aplicó una prueba de medias de Tukey ($P < 0.05$), para determinar diferencias respecto al promedio de la fitomasa aprovechable ($\text{gr MS}\cdot\text{m}^{-2}$) entre tipo de vegetación y época del año.

Resultados y discusión

En la SMC se registraron 27 especies de plantas, agrupadas en 21 familias botánicas, (Cuadro 1) de las cuales, dos especies: *Leucaena leucocephala* y *Bursera simaruba*, habían sido reportadas en la nutrición de *O. virginianus* en el noreste de México Lozano (2004) mientras que, en el pastizal, se registraron 12 especies de plantas pertenecientes a seis familias botánicas (Cuadro 1), pero cuatro especies: *L. leucocephala*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium* y *Acacia dolichostachya* son parte de la dieta del venado (Lozano, 2004). Esta diversidad de flora es la principal a considerar en el establecimiento de bancos de forraje dentro de la superficie del ejido, con el fin de incrementar su frecuencia y aumentar su disponibilidad como fuente de alimento para los venados y que estos puedan mantenerse en el área. Al comparar las plantas registradas con las

Table 2. Usable phytomass in the Ejido Nueva Independencia, Chiapas.
Cuadro 2. Fitomasa aprovechable en el Ejido Nueva Independencia, Chiapas.

Vegetation type / Tipo de Vegetación	Season / Época	Phytomass Yield ($\text{g DM}\cdot\text{m}^{-2}$) / Rendimiento de la Fitomasa ($\text{t MS}\cdot\text{m}^{-2}$)
Medium deciduous forest / Selva Mediana Caducifolia	Rainy / Lluvias	152 ^{*a}
	Dry / Estiaje	24.3 ^{*c}
Grassland / Pastizal	Rainy / Lluvias	35.5 ^{*b}
	Dry / Estiaje	46 ^{*b}

* Significant differences from ANOVA and different literals show significant differences from the mean (Tukey with a $P < 0.05$).

*Diferencias significativas del ANOVA y literales diferentes muestran diferencias significativas con respecto a la media (Tukey con un $P < 0.05$).

present a higher concentration of nutrients, which favors the availability of food for *O. virginianus* (Hall, 1981, Alcalá & Enríquez, 1999, Ramírez, 2004, Villareal & Marín, 2005, Villareal, 2006).

The forage balance (comparison between forage supply and demand in a grassland for a given time) was carried out with population densities of *O. virginianus* previously estimated in studies of absolute population density within the Ejido by vegetation type (Table 3), but presented values higher than the estimated primary productivity (Table 4). During the rainy season, there was a low population density of *O. virginianus* in the study area in response to the availability of forage that the deer found in other areas; therefore, increasing the number of deer in the area would not imply a risk of decreasing plant diversity, loss of habitat structure and function, but would allow the short and long-term maintenance of a larger deer population (Villarreal, 2013).

reportadas en vegetación xerófila para *O. virginianus mexicanus* en la región Mixteca Poblana, las especies *L. leucocephala*, *Ceiba pentandra*, *Spondias purpurea* y *A. dolichostachya*) son consistentes en la dieta del venado (Villarreal et al., 2011).

En el Cuadro 2 se muestra que en la SMC se estimaron 1.52 t de MS y 0.243 t de MS de forraje disponible en la época de lluvias y secas, respectivamente. En el pastizal, se estimaron 0.355 t de MS y 0.460 t de MS en la época de lluvias y estiaje, respectivamente. Los resultados son bajos cuando se comparan con los reportados para la selva baja caducifolia (0.79 t de MS) y matorrales xerófilos (0.88 t de MS) en la región de la Mixteca poblana (Villarreal et al., 2008), y también son bajos al compararlos con valores de forraje disponible de 0.69 y 0.819 t de MS en épocas de secas y lluvias, para un hábitat conservado y un pastizal en el estado de Zacatecas, México. (Navarro-Cardona, 2018). La fitomasa aprovechable registrada en la época de lluvias,

Table 3. Forage balance of *O. virginianus* in two vegetation types and seasons in the Ejido Nueva Independencia, Chiapas.

Cuadro 3. Balance forrajero de *O. virginianus* en dos tipos de vegetación y épocas en el Ejido Nueva Independencia, Chiapas.

Indicators / Índices	Medium Deciduous Forest / Selva mediana caducifolia			Grassland / Pastizal		
	Rainy season / Lluvias	Dry season / Estiaje	Year / Año	Rainy season / Lluvias	Dry season / Estiaje	Year / Año
Area (ha) / Área (ha)		32			18	
Yield (t DM·ha ⁻¹) / Rendimiento (t MS·ha ⁻¹)	1.52	0.243	1.763	0.355	0.46	0.815
% of Utilization / % de Utilización	25	25	25	25	25	25
Available forage (t DM·ha ⁻¹) / Forraje disponible (t MS·ha ⁻¹)	0.38	0.06075	0.44075	0.08875	0.115	0.20375
Used Forage (t DM·ha ⁻¹) / Forraje utilizado (t MS·ha ⁻¹)	12.16	1.944	14.104	1.5975	2.07	3.6675
AU (deer) / Unidad animal (venados)	0.00056	0.00016	0.00072	0.000077	0.000111	0.000187
Forage need (t DM) / Necesidad de forraje (t MS)	0.00105	0.00030	0.00135	0.000145	0.000209	0.000354
Forage balance (t DM) / Balance forrajero (t MS)	12.15	1.9437	14.09	1.5973	2.0697	3.667

Table 4. Estimated overall forage balance with actual absolute population densities of white-tailed deer.
Cuadro 4. Balance forrajero general estimado con densidad poblacional absolutas reales de venado cola blanca.

Indicators / Índice	Rainy season / Lluvias	Dry season / Estiaje	Year / Año
Yield (t DM·ha ⁻¹) / Rendimiento (t MS·ha ⁻¹)	1.875	.703	2.578
% of Utilization / % de utilización	25	25	25
Available Forage (t DM·ha ⁻¹) / Forraje disponible (t MS·ha ⁻¹)	0.468	0.175	0.644
Used Forage (t DM) / Forraje utilizado (t MS)	23.43	8.78	32.22
AU (deer) / UA (Venados)	0.00063	0.00027	0.0009
Forage Need (t DM) / Necesidades forrajes (t MS)	0.00119	0.00051	0.0017
Forage Balance (t DM) / Balance forrajero (t MS)	23.42	8.77	32.21

The forage balance including the number of AU of real cattle in the Ejido considering the 1:1 ratio of the cattle-deer binomial indicates that in the rainy season it was 22.21 t of MDF, while in the dry season the value was 7.56 t of MDF (Table 5). This shows that, at both times of the year, dry and rainy seasons, there is no overgrazing, even with these results, it is recommended to implement strategies such as supplemental feeding to reduce possible overgrazing. In addition, it is important to increase the number of habitat improvement activities such as reforestation with native plants that provide forage for deer-cattle. It is important to mention that it is necessary to carry out studies on forage competition between cattle and deer in this border region of the state of Chiapas; since there is very little information on competition between *O. virginianus* and other domestic ungulates (Mandujano, 2004), although regions such as La Michilía Biosphere Reserve, Durango have already studied that competition between these species is minimal (Gallina, 1993), because due to the slope, altitude and vegetative cover, deer are able to adjust to changes in forage availability and maintain a relatively constant level of nutritional value in their diet (Fullbright & Ortega-Santos, 2005).

In relation to the *K* of both vegetation types, by estimating habitat productivity, the coefficient of pasture (ha·UA⁻¹) for MDF was 1.05 ha·UA⁻¹, while for pasture it was 2.69 ha·UA⁻¹ (Table 6). These values were lower than those suggested by COTECOCA (2007), therefore, this suggests that the cattle-deer

superó a la registrada en la época de secas, lo cual se puede deber al aumento de la precipitación y la variación en la temperatura, ya que estas condiciones favorecen el crecimiento y desarrollo de la flora; a nivel fisiológico, durante esta época, las plantas presentan una mayor concentración de nutrientes, lo que favorece la disponibilidad de alimento para *O. virginianus* (Hall, 1981, Alcalá & Enríquez, 1999, Ramírez, 2004, Villareal & Marín, 2005, Villareal, 2006).

El balance forrajero (comparación entre oferta y demanda de forraje en un agostadero para un tiempo determinado) fue realizada con densidades poblacionales de *O. virginianus* estimadas con anterioridad en estudios de densidad poblacional absoluta dentro del Ejido (Cuadro 3), pero presentó valores superiores a la productividad primaria estimada (Cuadro 4). Durante la estación de lluvias se presentó una baja densidad poblacional del *O. virginianus* en el área de estudio, como respuesta a la disponibilidad de forraje que el venado encuentra en otras áreas; por lo que incrementar el número de venados en el área no implicaría riesgo en la disminución de la diversidad vegetal, pérdida de la estructura y función del hábitat, pero sí permitiría el mantenimiento a corto y largo plazo de una población de venados de mayor tamaño (Villareal, 2013).

El balance forrajero incluyendo el número de UA de bovinos reales en el Ejido considerando la relación 1:1 del binomio bovinos-venados. Esto indica que en la época de lluvias fue de 22.21 t de MS, mientras que en la época de estiaje el valor fue 7.56 t de MS (Cuadro 5). Esto pone de manifiesto que, en ambas

Table 5. Estimated overall forage balance with the 1:1 ratio of cattle – deer.
Cuadro 5. Balance forrajero general estimado con la relación 1:1 del binomio
bovinos-venados.

Indicators / Índice	Rainy season / Lluvias	Dry season / Estiaje	Year / Año
Yield (t DM·ha ⁻¹) / Rendimiento (t MS·ha ⁻¹)	1.875	.703	2.578
% of Utilization / % de Utilización	25	25	25
Available Forage (t DM·ha ⁻¹) / Forraje disponible (t MS·ha ⁻¹)	0.468	0.175	0.644
Used Forage (t DM) / Forraje utilizado (t MS)	23.43	8.78	32.22
AU (Cattle -Deer) / UA (Bovinos-Venados)	70	70	70
Forage Needs (t DM) / Necesidades forrajes (t MS)	1.22	1.22	1.22
Forage Balance (t DM) / Balance forrajero (t MS)	22.21	7.56	29.77

Table 6. Grassland coefficient (ha-UA⁻¹) by vegetation type y by season and year in Ejido Nueva Independencia, Chiapas.

Cuadro 6. Coeficiente de agostadero (ha-UA⁻¹) por tipo de vegetación en función de la época y año en el Ejido
Nueva Independencia, Chiapas.

Vegetation type / Tipo de vegetación	Rainy season / Lluvias	Dry season / Estiaje	Year / Año	Standard Deviation / D.E.	COTECOCA
Medium Deciduous Forest / Selva mediana caducifolia	0.83	1.27	1.05	0.3	3.6
Grassland / Pastizal	3.55	1.83	2.69	0.257	8.9

D.E.= Desviación Estándar.
 Standar Deviation

forage system should be planned, possibly the paddock rotation system and forage production in an intensive manner, may contribute to maintain the cattle-deer ratio in the study area, without affecting the habitat components and structure. In addition, the values obtained in this research work are low compared with those reported by Villarreal et al. (2008b) in the Mixteca Poblana, Mexico, with a K of 7.28 ha-UA⁻¹·year⁻¹ in low deciduous forest and 9.41 ha-UA⁻¹·year⁻¹ in xerophytic scrub. Likewise, Ocaña-Parada et al. (2014), report in Flor del Bosque State Park in Puebla Mexico, in the grassland vegetation type that the annual value is 10.25 ha-UA⁻¹·year⁻¹.

épocas del año, tanto en estiaje como en lluvias, no se presenta una sobre carga animal, aún con estos resultados se recomienda implementar estrategias como el suplemento alimenticio para reducir un posible sobrepastoreo. Además, es importante incrementar el número de actividades de mejoramiento de hábitat como la reforestación con plantas nativas que provean forraje a los venados-bovinos. Es importante mencionar que es necesario realizar estudios de competencia forrajera entre bovinos y venados en esta región fronteriza del estado de Chiapas; ya que existe muy poca información sobre la competencia entre *O. virginianus* y otros ungulados domésticos

Villarreal et al. (2008a) mention that *O. virginianus* has a browsing habit, consumes a wide variety of plant species, its diet is mainly composed of a large proportion of herbaceous and shrubby plants and a low percentage of grasses, its diet shows seasonal variations in consumption and preference and also varies depending on the conditions and characteristics of the habitat. On the other hand, López-Pérez et al. (2012), mention that *O. virginianus* is a selective-opportunistic herbivore since it chooses a great diversity and parts of plants, such as tender leaves, branches and parts of young trees with high digestibility and nutritional quality. This is done in order to compensate for the critical feeding period that it generally faces each year and that limits its production, as well as to reduce the possible effects of secondary compounds present in the plants.

The forage balance of the study area showed the *K* habitat to support a deer population with a higher density per unit area, since the values obtained were lower than those proposed by COTECOCA (2007). Therefore, it can be inferred that there is no animal overload in the study area. The results of this work indicate that deer habitat is determined mainly by food availability; accessibility to biomass; greater diversity and uniformity of plants preferred by deer; protective cover; and minimal competition with cattle.

Conclusions

The *K* of the MDF and the grassland covers the basic needs of *O. virginianus*, due to the plant diversity recorded in the study area, which is part of the diet of the species. This first approach to the estimation of *K* in the ejido Nueva Independencia, Frontera Comalapa, Chiapas, indicates that by increasing the number of deer in the area, there would not be direct competition between the bovine-deer binomial, since with the absolute population densities that are currently managed, the available forage is sufficient for both ungulates, with greater availability during the rainy season.

It is suggested that the inhabitants of the Nueva Independencia ejido should receive training in the implementation of good livestock practices and habitat improvement practices (increased forage cover, reforestation with native forage plants,

(Mandujano, 2004), aunque regiones como en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, ya se ha estudiado que la competencia entre estas especies es mínima (Gallina, 1993), ya que debido a la pendiente, altitud y cobertura vegetal los venados son capaces de ajustarse a los cambios en la disponibilidad de forraje y mantener el nivel relativamente constante en el valor nutricional de su dieta (Fullbright & Ortega-Santos, 2005).

En relación con la *K* de ambos tipos de vegetación, mediante la estimación de la productividad del hábitat, el coeficiente de agostadero ($\text{ha} \cdot \text{UA}^{-1}$) para la SMC fue de $1.05 \text{ ha} \cdot \text{UA}^{-1}$, mientras que para el pastizal fue de $2.69 \text{ ha} \cdot \text{UA}^{-1}$ (Cuadro 6). Estos valores fueron inferiores a los sugeridos por el COTECOCA (2007), por lo tanto, esto sugiere que se debe planificar el sistema forrajero del ganado bovino-venado, posiblemente el sistema de rotación de potreros y la producción de forraje de manera intensiva, puedan coadyuvar para mantener la relación de bovinos-venados en la zona de estudio, sin afectar los componentes y la estructura del hábitat. Además, los valores obtenidos en este trabajo de investigación son bajos comparados con lo reportado por Villarreal et al. (2008b) en la Mixteca Poblana, México, con una *K* de $7.28 \text{ ha} \cdot \text{UA}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en selva baja caducifolia y $9.41 \text{ ha} \cdot \text{UA}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en matorral xerófilo. Asimismo, Ocaña-Parada C. de J., Villarreal, O., Jiménez-García D., y Bernal-Mendoza, H. (2014), reportan en el Parque Estatal Flor del Bosque en Puebla México, en el tipo de vegetación de pastizal que el valor anual es de $10.25 \text{ ha} \cdot \text{UA}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.

Villarreal et al. (2008a) mencionan que *O. virginianus* es de hábitos ramoneadores, consume gran variedad de especies vegetales, principalmente su dieta está compuesta por una gran proporción de plantas de porte herbáceo y arbustivo y, un escaso porcentaje de gramíneas, su dieta presenta variaciones estacionales en el consumo y preferencia y además, varía en función de las condiciones y de las características del hábitat. Por otra parte, López-Pérez, E., Serrano-Aspeitia, N., Aguilar-Valdés, B. C., y Herrera-Corredor, A. (2012), mencionan que *O. virginianus* es un herbívoro seleccionador-opportunista ya que elige gran diversidad y partes de plantas, tales como hojas tiernas, ramas y partes de árboles jóvenes con digestibilidad alta

water sources and predator control), included in a management plan to register as an UMA and join the Diversified Livestock Product System, for the ecological management of cattle, habitat conservation and long-term sustainable use of *O. virginianus* in this region of Chiapas.

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 del Noroeste; Campo Experimental Carbó. Folleto Técnico N° 3. 24 p.
- Calderón, M. A., & Ocaña P. C. (2017). Evaluación del Hábitat y el Estado Poblacional como Herramienta para La Conservación y Recuperación del Venado Cola Blanca en El Ejido Nueva Independencia. Tesis de Licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) Sede Motozintla, Chiapas, México.
- Cantú, J. (2002). Principios de Bromatología Animal: Principios de manejo de pastizales. Cuarta edición. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Torreón, Coahuila, México.
- CONABIO. (2012). Proyecto de Evaluación de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA). Recuperado de http://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/UMAs_pdf/Informe_CONABIO_Proyecto_UMA_FASE_I.pdf
- COTECOCA, Comisión Técnica Consultiva de Coeficientes de Agostadero. (2007). SAGARPA, con base en: COTECOCA, SARH.
- Delfín-Alfonso, C. A., Gallina-Tessaro, S. A., & López-González, C. A. (2014). El hábitat: definición, dimensiones y escalas de evaluación para la fauna silvestre. pp: 317-349. En: S. Gallina-Tessaro & C. López-González (eds.). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México.
- Delfín-Alfonso, C. A., Gallina, S., & López-González, C. A. (2009). Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. *Tropical Conservation Science*, 2(2), 215-228.

y calidad nutricional. Esto lo hace con la finalidad de compensar el periodo crítico de alimentación que generalmente enfrenta cada año y que limita su producción, además de reducir los posibles efectos de compuestos secundarios presentes en las plantas.

El balance forrajero del área de estudio mostró la K del hábitat para albergar una población de venados con mayor densidad por unidad de superficie, ya que los valores obtenidos fueron inferiores a los propuestos por la COTECOCA (2007). Por lo que se puede inferir que no existe sobrecarga animal en la zona de estudio. Los resultados de este trabajo indican que el hábitat del venado está determinado principalmente por disponibilidad de alimento; accesibilidad a la biomasa; mayor diversidad y uniformidad de plantas preferidas por el venado, cobertura de protección; y mínima competencia con el ganado vacuno.

Conclusiones

La K de la SMC y el pastizal cubre las necesidades básicas de *O. virginianus*, por la diversidad vegetal registrada en el área de estudio que es parte de la dieta de la especie. Este primer acercamiento de la estimación de la K en el ejido Nueva Independencia, Frontera Comalapa, Chiapas, señala que al incrementar el número de venados en el área, no se incurriría en una competencia directa entre el binomio bovino-venado, ya que con las densidades poblacionales absolutas que actualmente se manejan, el forraje disponible es suficiente para ambos ungulados, con mayor disponibilidad en la época de lluvias.

Se sugiere capacitar a los habitantes del ejido Nueva Independencia en la implementación de buenas prácticas ganaderas y prácticas de mejoramiento del hábitat (incremento de la cobertura forrajera, reforestación con plantas nativas forrajeras, fuentes de agua y control de depredadores), incluidas en un plan de manejo para registrarse como una UMA e integrarse al Sistema Producto Ganadería Diversificada, para el manejo ecológico del ganado bovino, la conservación del hábitat y el aprovechamiento sustentable a largo plazo de *O. virginianus* en esta región de Chiapas

Fin de la versión en español

- Fulbright, T. E., & Ortega, A. (2007). Ecología y manejo de venado cola blanca. Texas A & M University Press, College Station.
- Gallina, S. (1993). White-tailed deer and cattle diets in La Michilía, Durango, México. *Journal Range Management*, 46(6): 487-492.
- Gallina, S., & Mandujano, S. (2009). Research on ecology, conservation and management of wild ungulates in Mexico. *Tropical Conservation Science*, 2(2): 116-117.
- Gallina-Tessaro, S., Hernández-Huerta, A., Delfín-Alfonso, C. A., & González Gallina, A. (2009). Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. *Investigación Ambiental*, 1(2): 143-152.
- Gallina, S., Mandujano, S., & Villarreal Espino Barros, O. A. (2014). Monitoreo y Manejo del venado cola blanca: Conceptos y métodos. Instituto de Ecología, A.C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Xalapa, Veracruz, México, 137 pp.
- Guevara, R. (1999). Contribución al estudio del pastoreo racional con bajos insumos. Tesis de Doctorado. La Habana, Cuba.
- 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. Colegio de Posgraduados (COLPOS), US Fish and Wildlife Service, BUAP, FUPPUE, Mazamitli A.C., SDR, SEMARNAT, CEFFASIP, SEDURBECOP. Puebla, Puebla, México, pp. 59-98.
- Granados, D., Tarango, L., Olmos, G., Palacio, J., Clemente, F., & Mendoza, G. (2014). Dieta y disponibilidad de forraje del venado cola blanca *Odocoileus virginianus thomasi* (Artiodactyla: Cervidae) en un campo experimental de Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(2): 699-710.
- Hall, R. E. (1981). The Mammals of North America. Wiley-Interscience, New York, pp. 1091-1097.
- Hernández-Silva, D. A., Cortés-Díaz, E., Zaragoza-Ramírez, J. L., Martínez-Hernández, P. A., González-Bonilla, G. T., Hernández-Sedas, D. A. (2011). Hábitat del venado cola blanca, en la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 27(1): 47-66.
- Leopold, S. (1977). Fauna silvestre de México. 2° Ed. Editorial Pax, México. 608 pp.
- López-Pérez, E., Serrano-Aspeitia, N., Aguilar-Valdés, B. C., & Herrera-Corredor, A. (2012). Composición nutricional de la dieta del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* ssp. *mexicanus*) en Pitzotlán, Morelos. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(2), 219-229 pp.
- Lozano, R. G. R. (2012). Alimentación del venado cola blanca: biología y ecología nutricional. Palibrio.
- Lozano, R. G. R. (2004). Nutrición del venado cola blanca en el Noreste de México.
- Mandujano, S. (2004). Análisis bibliográfico de los estudios de venados en México. *Acta Zoológica Mexicana* 20(1): 211-251.
- Mandujano, S., Delfín-Alfonso, C. A., & Gallina, S. (2010). Comparison of geographic distribution models of white-tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780) subspecies in Mexico: biological and management implications. *Therya*, 1(1), 41-68 pp.
- Mandujano, S. (2011). Consideraciones ecológicas para el manejo del venado cola blanca en UMA extensivas en bosques tropicales. Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México. SEMARNAT-USEF & WS-UPC-UAT-UAEM, 249-275.
- Medina-Torres, S. M., García-Moya, E., Márquez-Olivas, M., Vaquera-Huerta, H., Romero-Manzanares, A., & Martínez-Menes, 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., Plata, F. X., Villarreal-EB, O., & Franco, F. J. (2006). Ventajas de la suplementación en venado cola blanca. Primer simposio sobre fauna cinegética de México. BUAP, FUPPUE, Mazamitli, A.C.
- Naranjo, E. J., & Bodmer, R. E. (2007). Source-sink systems and conservation of hunted ungulates in the Lacandon Forest, Mexico. *Biological Conservation*, 138(3-4): 412-420.
- Navarro-Cardona, A. (2018). Dieta, población y capacidad de carga del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en dos condiciones de hábitat en Tlachichila, Zacatecas, México. Instituto de Ciencias Biomédicas.
- Neira, J. M. P. (1981). Métodos para determinar la composición botánica de la dieta de ganado doméstico y fauna silvestre. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, (40): 52-60.
- Ocaña-Parada, C. de J., Villarreal, O., Jiménez-García D., & Bernal-Mendoza, H. (2014). Caracterización del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), como indicador de manejo para la UMA del Parque Estatal Flor Del Bosque. Tesis de Maestría. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Puebla, México. 54-55 pp.

- Repositorio Institucional BUAP. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20500.12371/6444/738914T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortiz-Martínez, T., Gallina, S., Briones-Salas, M., & 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.
- Plata, F. X., Mendoza, G. D., Viccon, J. A., Bárcena, R., & Clemente, F. (2011). Comparación de métodos basados en los requerimientos nutricionales y disponibilidad de biomasa para estimar la capacidad de carga para venado cola blanca. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 43(1): 41-50.
- 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.
- Roca-Cedeño, A. J., Lascano Armas, P. J., Arcos Álvarez, C. N., Cueva Salazar, N. M., Molina Molina, E. J., Curbelo Rodríguez, L. M., Guevara, V., G. E., Hernán Chancusing, F., Torres Inga C., S., Nieto Escandón, P. E. & Serpa García, G. V. (2018). Balance forrajero de energía y nitrógeno en pastizales arborizados con Algarrobo (*Prosopis juliflora* (SW) DC.) bajo pastoreo de vacas lecheras. *Revista de Producción Animal*. 30(1): 38-46.
- Rzedowski, J. 1988. Vegetación de México. Editorial LIMUSA. México. 432 p.
- Sánchez-Rojas, G., Aguilar-Miguel, C., & Hernández-Cid, E. (2009). Estudio poblacional y uso de hábitat por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque templado de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, México. *Tropical Conservation Science*. 2(2): 204-214.
- Storch I. (2002). Linking a multi-scale habitat concept to species conservation, pp. 303-320. En: J. Bissonette & I. Storch (eds). *Landscape Ecology and Resource Management: Linking Theory with Practice*. Island Press, Washington, EEUU.
- TTHA (Texas Trophy Hunters Association). (2000). *The Journal of Texas Trophy Hunters Association*. E.U. 200 p.
- Villarreal, J. (2013). Ganadería Diversificada: Importancia Ecológica, Cinegética y Económica de los Venados Cola Blanca Mexicanos. Comité Nacional Sistema Producto Ganadería Diversificada, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Monterrey, Nuevo León, México, pp: 1724.
- Villarreal, O. (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, O., & Marín, M. (2005). Agua de origen vegetal para el venado cola blanca mexicano. *Archivos de Zootecnia*. 54(206-207): 91-196.
- Villarreal-Espino-Barros, O. A. (2002). El grand-slam de venado cola blanca mexicano, una alternativa sostenible. *Archivos de Zootecnia*. 51(194): 187-193.
- Villarreal-Espino-Barros, O. A., Campos-Armendia, L. E., Castillo-Martínez, T. A., Cortes-Mena, I., Plata-Pérez, F. X., & Mendoza-Martínez, G. D. (2008a). Composición botánica de la dieta del venado temazate rojo (*Mazama temama*), en la sierra nororiental del estado de Puebla. *Universidad y Ciencia*. 24(3): 183-188.
- Villarreal Espino-Barros, O., Guevara Viera, R., Franco Guerra, F., Hernández, Estuardo, Castañón, S., Hernández, T. (2008b). Evaluation of the units of management and wildlife conservation for white tailed deer in the Mixteca region, Mexico. *Zootecnia Tropical*. 26(3): 395-398.
- Villarreal-Espino-Barros, O., Plata, F., Camacho, J., Hernández-Hernández, J., Franco, F., Mendoza, G. (2011). El venado cola blanca en la Mixteca poblana. *Therya*. 2(2): 103-110.
- Zimmermann, E. A. W. (1780). Geographische Geschichte des Menschen und der vierfiissigen Thiere. In der Weygandschen Buchhandlung, Leipzig. 2: 1-432.