

Preference indices for shrubs browsed by white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in northeastern Mexico

Índices de preferencia de arbustivas ramoneadas por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en el noreste de México

Juan E. Segura-Carmona¹; Hugo Bernal-Barragán¹;
Rogelio Carrera-Treviño²; Humberto Ibarra-Gil^{*1}

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Campus de Ciencias Agropecuarias. General Francisco Villa s/n, Ex Hacienda el Canadá, C.P. 66054 Gral. Escobedo, N.L.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Agropecuarias. General Francisco Villa s/n, Ex Hacienda el Canadá, C.P. 66054 Gral. Escobedo, N.L.

*Corresponding author: hibarra_gil@hotmail.com Cell phone:8115316631

Abstract

The Texas white-tailed deer (*Odocoileus virginianus texanus*) is a selective and opportunistic ruminant that can consume over 100 plant species in its diet throughout the year. However, the white-tailed deer's diet is made up of less than 10 species, mainly shrub species, in southern Texas and northeastern Mexico. The objectives of the study were to compare dry matter-based consumption and the shrub selectivity index for white-tailed deer and to study the relationships between some physical and chemical characteristics of shrubs that may affect consumption. A total of four white-tailed deer were involved. Shrub branches were offered for 15 minutes. *Leucaena leucocephala*, *Acacia farnesiana* and *Acacia rigidula* were the most consumed species; furthermore, a negative relationship between iron content and consumption rate, and a negative relationship between consumption and stem percentage were found.

Keywords: Shrub selection, cafeteria trial, shrub consumption, selectivity index.

Resumen

El venado cola blanca texano (*Odocoileus virginianus texanus*) es un rumiante oportunista selectivo que puede llegar a consumir más de 100 especies vegetales en su dieta a lo largo del año. Sin embargo, la dieta del venado se compone con menos de 10 especies, principalmente especies arbustivas en el sur de Texas y noreste de México. Los objetivos del estudio fue comparar el consumo con base en materia seca y el índice de selectividad de arbustivas por el venado cola blanca, e investigar las relaciones entre algunas características físicas y químicas de las arbustivas que puedan afectar su consumo. Fueron usados cuatro venados. Se les ofrecieron ramas colocadas en comederos durante periodos de 15 minutos. *Leucaena leucocephala*, *Acacia farnesiana* y *Acacia rigidula*, estas fueron las especies más consumidas; además, lo encontrado fue una relación negativa entre el contenido de hierro y la tasa de consumo, así como una relación negativa entre el consumo y el porcentaje de tallo.

Palabras clave: Selección de arbustivas, prueba de cafetería, consumo de arbustivas, índice de selectividad.



Introduction

The Texas white-tailed deer (*Odocoileus virginianus texanus*) is a selective and opportunistic ruminant that inhabits rangeland where plant species differ in growth form, nutritional value, distribution and temporal availability. A deer can consume diets of more than 100 plant species throughout the year (Wright, Lyons, Cooper & Cathey, 2003, Hewitt, 2011). Moreover, deer are capable of ingesting material that is not considered feed for other ruminants, such as chicks predated from grassland songbird nestlings (Pietz & Granfors, 2000) and lichens (Uresk & Dietz, 2018). However, the deer's diet throughout the year is made up of less than 10 species; these are usually shrub species among which the most important are *Acacia berlandieri*, *Acacia rigidula* and *Opuntia* spp, among others in southern Texas and northeastern Mexico (Ramírez, Quintanilla & Aranda 1997, Vásquez, Y., Tarango, L., López-Pérez, E., Herrera, J., Mendoza, G., & Mandujano, S., 2016, Wright, B. D., et al. 2003, Cash & Fulbright, 2005, Ramírez, R. G., et al., 1997). This is probably because shrubs are generally available throughout the year; herbaceous plants may be present in the diet, but their availability is generally limited to the spring (Fulbright & Ortega-Santos, 2007, Wright et al., 2003).

The animal's ability to consume a given species from a group of different available species is often called preference. Preference is a result of the interaction among the animal, physical and chemical characteristics of the plant consumed and the environment; these elements together stimulate the animal's selective or aversive response (Heady 1975, Rutter, 2006 and 2010).

The relative preference index (Heady, 1975, Van Dyne & Heady, 1965) or selectivity index (Vallentine, 2001) has been used in cafeteria trials to verify the existence of preference. This technique consists of offering the animal more than one feed at a time, allowing the animal to have a selective response; this will indicate a preference for one of the options offered.

The purpose of this study was to find out if there is evidence of preference for white-tailed deer over seven different species, to facilitate decision making about which species can be used for the establishment of food plots in rangelands.

The objectives of the experiment were i) to compare the consumption of white-tailed deer based on dry matter and selectivity index of shrub species forage (*Acacia farnesiana* (huizache), *Acacia berlandieri* (guajillo), *Acacia rigidula* (chaparro prieto), *Porlieria angustifolium* (guayacán), *Condalia spathulata* (condalia), *Zizyphus obtusifolia* (zizyphus), and *Leucaena leucocephala* (leucaena)

Introducción

El venado cola blanca texano (*Odocoileus virginianus texanus*) es un rumiante oportunista selectivo que habita agostaderos donde las especies vegetales difieren en su forma de crecimiento, valor nutricional, distribución y disponibilidad temporal. Un venado puede llegar a consumir dietas de más de 100 especies vegetales a lo largo del año (Wright, Lyons, Cooper & Cathey, 2003, Hewitt, 2011). Además, el venado es capaz de ingerir material que no es considerado alimento para otros rumiantes como polluelos de aves canoras (Pietz & Granfors, 2000) y líquenes (Uresk & Dietz, 2018). Sin embargo, la dieta del venado a lo largo del año se compone de menos de 10 especies; estas suelen ser especies arbustivas entre las que sobresalen *Acacia berlandieri*, *Acacia rigidula* y *Opuntia* spp, entre otras en el sur de Texas y noreste de México (Ramírez, Quintanilla & Aranda 1997, Vásquez, Y., Tarango, L., López-Pérez, E., Herrera, J., Mendoza, G., & Mandujano, S., 2016, Wright, B. D., et al. 2003, Cash & Fulbright, 2005, Ramírez, R. G., et al., 1997). Lo anterior probablemente se debe a que las arbustivas están generalmente disponibles a lo largo del año, las herbáceas pueden llegar a estar presentes en la dieta, pero su disponibilidad se limita generalmente a la primavera (Fulbright & Ortega-Santos, 2007, Wright et al., 2003).

La capacidad del animal para poder consumir una especie determinada, de entre un grupo de diferentes especies disponibles, suele llamarse preferencia. La preferencia es resultado de la interacción entre animal, características físicas y químicas de la planta consumida y ambiente; esos elementos, en conjunto, estimulan la respuesta selectiva o aversiva del animal (Heady 1975, Rutter, 2006 y 2010).

El índice de preferencia relativa (Heady, 1975, Van Dyne & Heady, 1965) o índice de selectividad (Vallentine, 2001) ha sido usado en pruebas de cafetería para verificar la existencia de preferencia. Dicha técnica consiste en ofrecer al animal más de un alimento a la vez, propiciando que dicho animal tenga una respuesta selectiva; ello indicará la preferencia por alguna de las opciones ofrecidas.

La finalidad de este estudio fue encontrar si existe evidencia de la preferencia del venado cola blanca sobre siete especies diferentes, para facilitar la toma de decisiones sobre cuáles especies se pueden usar para el establecimiento de bancos de proteína en los agostaderos.

Los objetivos del experimento fueron i) comparar el consumo del venado cola blanca con base en materia seca e índice de selectividad de forraje de especies arbustivas (*Acacia farnesiana* (huizache), *Acacia berlandieri*

by performing a cafeteria trial on four different dates, and (ii) study the relationships between some physical and chemical characteristics of shrubs that may affect the consumption of the species.

Materials and methods

The study was conducted on a ranch located in the municipality of Villa Juárez, Coahuila, Mexico (27° 31' N, 100° 48' W). This study started on June 29, 2010 and ended on July 20, 2010. Four one-year-old deer were involved; the specimens originally remained in a 100-hectare game reserve. In the experiment, the four animals were housed in individual 800 m² pens. Each deer was offered the seven species mentioned above on four dates: date 1 June 09, 2010; date 2 June 30, 2010; date 3 July 19, 2010; date 4 July 20, 2010.

In the adaptation period for 15 days prior to the first date, commercial pelleted feed (300 g·day⁻¹), alfalfa bale (300 g·day⁻¹), and branches of the seven 45 cm long shrub species were offered. Daily and for 30 minutes, the branches were placed in a specially designed trough. This trough was made with two rows of four 19-liter buckets mounted on a metal structure with an inclination of 20° to the floor and a height of 40cm (Figure 1). To prevent the deer to associate the location of each species with the bucket, all species were switched; an empty bucket was also placed.

(guajillo), *Acacia rigidula* (chaparro prieto), *Porlieria angustifolium* (guayacán), *Condalia spathulata* (condalia), *Zizyphus obtusifolia* (zizyphus), y *Leucaena leucocephala* (leucaena) mediante una prueba de cafetería en cuatro diferentes fechas, así como ii) investigar las relaciones entre algunas características físicas y químicas de las arbustivas que pueden afectar el consumo de las especies.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en un rancho localizado en el municipio de Villa Juárez, Coahuila, México (27° 31' N, 100° 48' W). El trabajo inició el día 29 de junio del 2010 y finalizó el día 20 de julio del mismo año. Cuatro venados de un año de edad fueron involucrados; los especímenes originalmente permanecían en una reserva cinegética de 100 hectáreas. En el experimento, los cuatro animales se estabularon en corrales individuales de 800 m². A cada venado se le ofrecieron las siete especies antes mencionadas en cuatro fechas: fecha 1, 29-06-2010; fecha 2, 30-06-2010; fecha 3, 19-07-2010; fecha 4, 20-07-2010.

En el periodo de adaptación durante 15 días previos a la primera fecha se ofreció alimento comercial peletizado (300 g·día⁻¹), paca de alfalfa (300 g·día⁻¹), así como ramas de las siete especies arbustivas de 45 cm de longitud. Diariamente y durante 30 minutos, las ramas fueron colocadas en un comedero diseñado ex profeso. Dicho



Figure 1. Trough used in the study, the height of the trough was 40cm and it had an angle of 20° to the floor. The different species were randomly placed on each date.

Figura 1. Comedero utilizado en el estudio, la altura del comedero fue de 40 cm y en un ángulo de 20° con relación al piso. En cada fecha se acomodaron de forma aleatoria las diferentes especies.

During the study, before placing the branches in the troughs, branches were weighed before being placed in their respective buckets. Once the trough was placed, deer were placed in their respective pens. A time of 15 minutes was counted, from the time the deer touched the trough; once this time had expired, the troughs were removed from the pens and the residue of the branches was weighed to estimate the amount consumed by means of differences (biomass offered-biomass rejected).

Later, the available forage (leaves and tender shoots from the stem) and lignified stem were separated to estimate green weight; then biomass was dried at 50 °C for 48 hours to calculate the dry weight of each sample. Dry matter offered was estimated according to the consumption obtained by difference multiplied by the percentage of dry matter of the available forage. This helped to estimate the percentage of dry matter consumption for each species. Bromatological analyses were also carried out to determine protein content ($PC = N \times 6.25$), neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF), tannins, ash, Fe, Na, Mg, Zn, Cu, P, Mb, Ca, Mn and K (by plasma-coupled optical emission spectroscopy, ICP-OES).

The data of the variable 'consumption', expressed as percentage of dry matter consumed by species, using each date as a repetition, were transformed with the following formula $Y' = \text{arc.sen}\sqrt{p}$ recommended for proportion data (Ostle, 1988), in order to homogenize the variance. The analysis of variance was performed by considering a completely randomized design ($P < 0.05$). Then, the comparison of means was made with the Tukey method ($P < 0.05$), a linear regression analysis was performed involving the percentage of consumption based on dry matter with each of the variables of the bromatological analysis; moreover, the relationship between percentage of stem and percentage of consumption based on dry matter was estimated. Also, linear regression analyses were performed with the method of successive steps to find equations to predict the percentage of consumption based on dry matter based on all the variables measured. All statistical analyses were performed with the IBM SPSS statistical package.

The selectivity index or relative preference index was estimated using the following formula:

$$\text{Selectivity index} = \frac{\% \text{ of the species in diet}}{\% \text{ of the species available}}$$

To estimate the percentage of the species available, only the amount of leaves and tender stems were considered, because the lignified stem was not consumed by the deer. The percentage of consumption

comederó se elaboró con 2 hileras de 4 cubetas de 19 litros montadas en una estructura metálica con una inclinación de 20° con respecto al piso y una altura de 40 cm (Figura 1). Para evitar que los venados se relacionaran con la ubicación de cada especie por cubeta en el comedero, todas las especies se cambiaron de lugar; también fue incluida una cubeta vacía.

Durante el estudio, antes de montar las ramas en los comederos, fueron pesadas antes de colocarse en su respectiva cubeta. Una vez montado el comedero, los animales se introdujeron en su respectivo corral. Se cuantificó un tiempo de 15 minutos a partir de que el venado tocaba el comedero; una vez que dicho tiempo transcurrió, los comederos se retiraron de los corrales y el residuo de las ramas fue pesado, para la estimación de la cantidad consumida mediante diferencias (biomasa ofrecida-biomasa rechazada).

Posteriormente, fue separado el forraje disponible (hojas y brotes tiernos del tallo) y tallo lignificado para estimar su peso en verde; después la biomasa fue secada a 50 °C durante 48 horas para calcular el peso seco de cada muestra. La materia seca ofrecida se calculó de acuerdo con el consumo obtenido por diferencia multiplicado por el porcentaje de materia seca del forraje disponible. Esto permitió estimar el porcentaje de consumo de materia seca por cada especie. También se realizaron análisis bromatológicos para conocer los contenidos de proteína ($CP = N \times 6.25$), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), taninos, cenizas, Fe, Na, Mg, Zn, Cu, P, Mb, Ca, Mn y K (mediante espectroscopía de emisión óptica acoplado a plasma, ICP-OES).

Los datos de la variable consumo, expresada como porcentaje materia seca consumida por especie, usando cada fecha como repetición, fueron transformados con la siguiente fórmula $Y = \text{arc.sen}\sqrt{p}$ recomendada para datos de proporción (Ostle, 1988), con el fin de homogeneizar la varianza. El análisis de varianza se realizó al considerar un diseño completamente al azar ($P < 0.05$). Después, la comparación de medias se hizo con el método Tukey ($P < 0.05$), un análisis de regresión lineal se realizó al involucrar el porcentaje de consumo con base en materia seca con cada una de las variables del análisis bromatológico; además, se estimó la relación entre porcentaje de tallo y porcentaje de consumo con base en materia seca. También, se realizaron análisis de regresión lineal con el método de pasos sucesivos para encontrar ecuaciones de predicción del porcentaje de consumo con base en materia seca en función de todas las variables medidas. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico IBM SPSS.

based on dry matter was obtained by dividing the amount of dry matter consumed per species by the amount of dry matter offered (of that species).

Results and discussion

Figure 2 shows the consumption of shrubs based on dry matter expressed as a percentage of the seven species. *Leucaena leucocephala*, *Acacia farnesiana* and *Acacia rigidula* were the most consumed species ($P < 0.05$). *Porlieria angustifolium*, *Zizyphus obtusifolia* and *Condalia spathulata* were the least consumed species ($P < 0.05$) by the white-tailed deer. On the other hand, *Acacia berlandieri* corresponds to an average percentage of consumption ($P < 0.001$; $F = 29.262$ with 6 degrees of freedom).

Figure 3 shows the selectivity indices. This figure shows that *Acacia farnesiana* is associated with a selectivity index of 1.9. To *Leucaena leucocephala*, *Acacia rigidula* and *Acacia berlandieri* correspond indices = 1.5, 1.2 and 1.2, respectively. To the species *Porlieria angustifolium*, *Zizyphus obtusifolia* and *Condalia spathulata* correspond the indices 0.4, 0.3 and 0.2, respectively, values considered small; these values indicate some avoidance, according to Vallentine (2001). Thus, the selectivity index allows us to confirm that white-tailed deer have selectivity or preference among different shrub species.

The results obtained are consistent with those of other experiments (cafeteria trials) that indicate that *Leucaena*

El índice de selectividad o índice de preferencia relativa se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de selectividad} = \frac{\% \text{ de la especie en la dieta}}{\% \text{ de la especie disponible}}$$

Para estimar el porcentaje de la especie disponible, se consideró únicamente la cantidad de hojas y tallos tiernos, ya que el tallo lignificado no fue consumido por los venados. El porcentaje de consumo con base en materia seca se obtuvo dividiendo la cantidad de materia seca consumida por especie entre la cantidad de materia seca ofrecida (de dicha especie).

Resultados y discusión

El consumo de arbustivas con base en materia seca expresado en porcentaje de las siete especies, se muestra en la Figura 2. *Leucaena leucocephala*, *Acacia farnesiana* y *Acacia rigidula* fueron las especies más consumidas ($P < 0.05$). *Porlieria angustifolium*, *Zizyphus obtusifolia* y *Condalia spathulata* fueron las especies menos consumidas ($P < 0.05$) por los venados. En cambio, la *Acacia berlandieri* corresponde un porcentaje de consumo intermedio ($P < 0.001$; $F = 29.262$ con 6 grados de libertad).

Los índices de selectividad se presentan en la Figura 3. En dicha figura se observa que *Acacia farnesiana* se asocia a un índice de selectividad de 1.9. A *Leucaena leucocephala*,

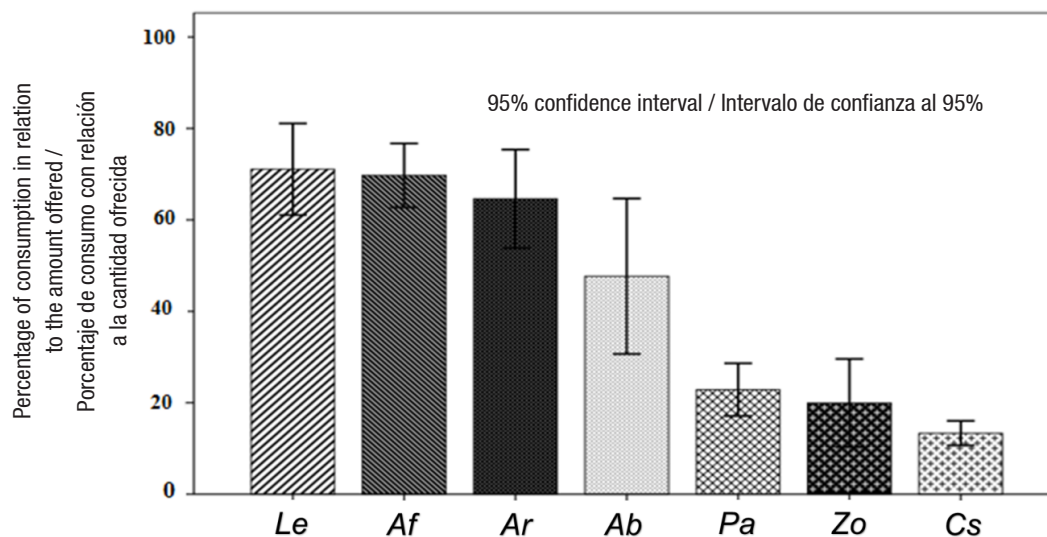


Figure 2. Average consumption of shrubs by white-tailed deer. The bars show 95 % confidence interval (Le= *Leucaena leucocephala*, Af= *Acacia farnesiana*, Ar= *Acacia rigidula*, Ab= *Acacia berlandieri*, Pa= *Porlieria angustifolium*, Zo= *Zizyphus obtusifolia*, Cs= *Condalia spathulata*).

Figura 2. Consumo promedio de arbustivas por venado cola blanca. Las barras muestran el intervalo de confianza al 95 %, (Le= *Leucaena leucocephala*, Af= *Acacia farnesiana*, Ar= *Acacia rigidula*, Ab= *Acacia berlandieri*, Pa= *Porlieria angustifolium*, Zo= *Zizyphus obtusifolia*, Cs= *Condalia spathulata*).

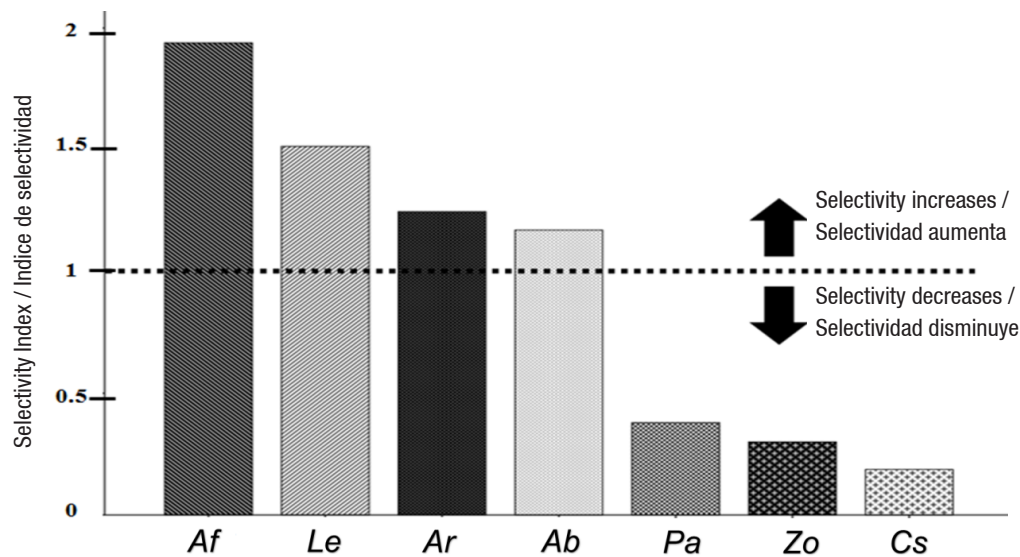


Figure 3. Selectivity index for each shrub species (Af= *Acacia farnesiana*, Le= *Leucaena leucocephala*, Ar= *Acacia rigidula*, Ab= *Acacia berlandieri*, Pa= *Porlieria angustifolium*, Zo= *Zizyphu sobtusifolia*, Cs= *Condalia spathulata*). Selectivity Index values greater than 1 indicate greater preference and as they are lower than zero indicate avoidance of consumption by the animal.

Figura 3. Índice de selectividad para cada especie arbustiva (Af= *Acacia farnesiana*, Le= *Leucaena leucocephala*, Ar= *Acacia rigidula*, Ab= *Acacia berlandieri*, Pa= *Porlieria angustifolium*, Zo= *Zizyphus obtusifolia*, Cs= *Condalia spathulata*). Valores de Índice de Selectividad mayores a 1 indican preferencia grande y conforme son menores hasta cero indican evasión de consumo por el animal.

forage is highly preferred for consumption (Pinto et al., 2003, Plata et al., 2009). *Acacia rigidula* forage was more consumed than *Acacia berlandieri*; this result coincides with that reported by Quintanilla (1989) and Koerth and Stuth (1991), although these authors suggest that *Acacia rigidula* forage is more consumed than *Acacia farnesiana*.

Consumptions greater than 50% are associated with *Leucaena leucocephala*, *Acacia farnesiana* and *Acacia rigidula*; therefore, these species form a good proportion of the deer's diet; results from other studies (Plata et al., 2009) suggest that only two species formed more than 50% of the deer's diet; Quintanilla, (1989) found that *Acacia rigidula* made up more than 50% of the diet throughout the year on ranches in northeastern Mexico.

With respect to the reduced consumption of *Condalia spathulata* and *Zizyphus obtusifolia*, Wright and Vincent (1996) indicate that such a situation may be a consequence of their structure, because the branches of these two species have more spines than most of the species involved in our experiment. However, in the present study we did not quantify the average number of spines per species; in spite of this, *Porlieria angustifolium* is a harmless species and, even so, the consumption of its forage was lower than those of *Acacia farnesiana* and *Acacia rigidula*, species with spines.

Acacia rigidula y *Acacia berlandieri* corresponden índices = 1.5, 1.2 y 1.2, respectivamente. A las especies *Porlieria angustifolium*, *Zizyphus obtusifolia* y *Condalia spathulata* se asocian los índices 0.4, 0.3 y 0.2, respectivamente, valores considerados pequeños; estos valores indican algo de evasión, de acuerdo con Vallentine (2001). Entonces, el índice de selectividad permite confirmar que los venados cola blanca presentan selectividad o preferencia entre diferentes especies arbustivas.

Los resultados obtenidos concuerdan con los de otros experimentos tipo cafetería que indican que el forraje del género *Leucaena* es de consumo muy preferido (Pinto et al., 2003, Plata et al., 2009). El forraje de *Acacia rigidula* fue más consumido que el de *Acacia berlandieri*; este resultado coincide con lo reportado por Quintanilla (1989) y Koerth y Stuth (1991), aunque estos autores sugieren que el forraje de *Acacia rigidula* es más consumido que el de *Acacia farnesiana*.

A *Leucaena leucocephala*, *Acacia farnesiana* y *Acacia rigidula* se asocian consumos mayores a 50%; entonces, estas especies forman una buena proporción de la dieta del venado; resultados de otros estudios (Plata et al., 2009) sugieren que tan solo dos especies formaron más del 50% de la dieta del venado; Quintanilla, (1989) encontraron que *Acacia rigidula* compone más del 50% de la dieta a lo largo del año en ranchos del noreste de México.

Table 1 shows the results of the linear regression analysis when percentage of dry matter consumption, percentage of stem and bromatological characteristics were involved. Iron content and proportion of stem have a negative relationship. Protein content and FDA correspond to positive linear relationships with percentage of consumption based on dry matter. Other relationships with the latter variable were omitted because they were not significant or were associated with R^2 less than 0.20 (i.e., hemicellulose, NDF, tannins, ashes, Na, Mg, Zn, Cu, P, Mb, Ca, Mn and K).

Table 1 shows the results of the regression analysis (successive steps) to relate each of the variables to percentage of consumption based on dry matter. The equation with the best predictive capacity of consumption corresponds to the percentage of stem and ADF content.

The negative relationship between percentage of consumption and proportion of stem is similar to that found by Koerth and Stuth (1991). This may be due to the fact that in our experiment the branch was offered as it is available in nature. The percentage of stem in relation to the leaf could affect the preference of animals over different plant species. But it should be mentioned that *Acacia berlandieri* corresponds to a lower percentage of stem than *Acacia rigidula*, but this was not reflected in its consumption.

Con respecto al consumo reducido de *Condalia spathulata* y *Zizyphus obtusifolia*, Wright y Vincent (1996) indican que tal situación puede ser consecuencia de su estructura, ya que las ramas de estas dos especies poseen más espinas que las de la mayoría de las especies involucradas en nuestro experimento. Sin embargo, en el presente trabajo se omitió cuantificar el número de espinas promedio por especie; a pesar de ello, *Porlieria angustifolium* es una especie inerme y, aun así, el consumo de su forraje fue menor que los de *Acacia farnesiana* y *Acacia rigidula*, especies con espinas.

Los resultados del análisis de regresión lineal cuando se involucraron porcentaje de consumo de materia seca, porcentaje de tallo y características bromatológicas se muestran en la Cuadro 1. Contenido de hierro y proporción de tallo tienen una relación negativa. Mientras que a contenido de proteína y FDA corresponden relaciones lineales positivas con porcentaje de consumo con base en materia seca. Otras relaciones con esta última variable fueron omitidas por no ser significativas o asociarse a R^2 menores a 0.20 (i.e hemicelulosa, FDN, taninos, cenizas, Na, Mg, Zn, Cu, P, Mb, Ca, Mn y K).

Los resultados del análisis de regresión (pasos sucesivos) para relacionar a cada una de las variables con porcentaje de consumo con base en materia seca se muestran en el Cuadro 1. A porcentaje de tallo y

Table 1. Results of linear regression analysis between each variable and percentage of consumption based on dry matter and regression analysis by the stepwise method to find a prediction equation of consumption based on dry matter.

Cuadro 1. Resultados del análisis de regresión lineal entre cada variable y porcentaje de consumo con base en materia seca y de análisis de regresión por el método de pasos sucesivos para encontrar una ecuación de predicción de consumo con base en materia seca.

Variable	F	Variable Significance Level/ Nivel de Significancia de la variable	R^2	Adjusted R^2 / R^2 Ajustada	Equation/ Ecuación	Significance Level of the Equation/ Nivel de Significancia de la ecuación
	120.13	$P < 0.001$	0.723	0.518	$y = 1.069 - 1.273 (\% \text{ stem}) /$ $y = 1.069 - 1.273 (\% \text{ tallo})$	$P < 0.001$
Fe	24.291	$P < 0.001$	0.695	0.463	$y = 0.996 - 0.029 (Fe)$	$P < 0.001$
% Protein/ % Proteína	10.526	$P = 0.003$	0.537	0.261	$y = -1.28 + 0.029 (\% \text{ Protein}) /$ $y = -1.28 + 0.029 (\% \text{ Proteina})$	$P = 0.485$
DB ADF/ FDA BS	10.999	$P = 0.003$	0.545	0.27	$y = -0.172 + 0.020 (DB \text{ ADF}) /$ $y = -0.172 + 0.020 (FDA \text{ BS})$	$P = 0.372$
% Stem and DB ADF/ % Tallo y FDA BS	37.9	$P < 0.001$	0.88	0.755	$y = 0.624 - 1.382 (\% \text{ stem}) + 0.017 (DB \text{ ADF}) /$ $y = 0.624 - 1.382 (\% \text{ tallo}) + 0.017 (FDA \text{ BS})$	$P < 0.001$

Fe. - Iron content; DB ADF= Dry-base acid detergent fiber

Fe. - Contenido de hierro; FDA BS= Fibra detergente ácida base seca

The protein content is a very important factor in the diet of wild and domestic animals. The results of this study suggest a very weak and positive relationship between protein and consumption; furthermore, this association was very similar to that found by Dostaler, Ouellet, Therrien, & Cote (2011), who studied the relationship between plant components and the consumption preference by white-tailed deer. Also, Deguchi, Sato, & Sugawara (2001) found a similar positive relationship in an experiment on consumption preference by Japanese Serau (*Capricornis crispus*). In contrast, Littlefield, Mueller, Muir, & Lambert (2011) found no relationship between preference and protein content when browsing, in the case of white-tailed deer in Texas.

The positive relationship between ADF content and consumption is contrary to expectations. Deguchi, et al. (2001), found a negative trend. Pinto et al. (2003) found no relationship between food consumption and ADF.

No information was found in the literature in the case of white-tailed deer regarding the negative relationship between percentage of consumption and iron content. However, the estimated negative relationship could be due to an aversive response of the animal, i.e., avoidance of excess iron in the diet. Olias, Weiss, Gruber and Klopfleisch (2011) noted that excess of iron predisposes red deer (*Cervus elaphus*) to a disease similar to hemochromatosis in humans; this disease can lead to liver fibrosis, cirrhosis, hepatocellular carcinoma and heart failure (Papanikolaou & Pantopoulos 2005, Hentze, Muckenthaler, Galy and Camaschella 2010). Borch-Johnsen & Thorstensen (2009) indicated that animals grazing in rangelands with a poor nutritional diet, mainly shrub species, may have an excess of iron in the diet.

The preference of shrub consumption by white-tailed deer is difficult to predict; preference involves animal behavior based, perhaps, on experiences with each of the shrub species, and learning from other deer.

Conclusions

This study showed that white-tailed deer have a differential consumption preference among shrub species. This animal species prefers to consume *Acacia farnesiana*, *Leucaena leucocephala* and *Acacia rigidula* and avoids *Condalia spathulata*, *Zizyphus obtusifolia* and *Porlieria angustifolium*. No variable explains completely the consumption. A negative relationship between feed consumption by white-tailed deer and iron content of forage is remarkable because this is the first time it has been evidenced. More detailed and perhaps more extensive monitoring studies should be considered in the future to understand the behavior of white deer with respect to forage consumption of various

contenido de FDA corresponde la ecuación con mejor capacidad predictiva de consumo.

La relación negativa entre porcentaje de consumo y proporción de tallo es similar a la encontrada por Koerth y Stuth (1991). Eso puede deberse a que en nuestro experimento se ofreció la rama tal como está disponible en la naturaleza. El porcentaje de tallo con relación a la hoja podría afectar la preferencia de los animales sobre las diferentes especies vegetales. Pero cabe mencionar que, *Acacia berlandieri* corresponde a un porcentaje de tallo menor que el de *Acacia rigidula*, pero eso no se reflejó en su consumo.

El contenido de proteína es un factor muy importante en la dieta de animales silvestres y domésticos. Los resultados de este estudio sugieren una relación positiva, muy débil, entre proteína y consumo; además, dicha asociación fue muy parecida a la encontrada por Dostaler, Ouellet, Therrien, & Cote (2011), quienes estudiaron la relación entre los constituyentes de las plantas y la preferencia de consumo por venado cola blanca. También, Deguchi, Sato, & Sugawara (2001) encontraron una relación positiva parecida en un experimento sobre preferencia de consumo por serau japonés (*Capricornis crispus*). Por el contrario, Littlefield, Mueller, Muir, & Lambert (2011) no encontraron una relación entre la preferencia y los contenidos de proteína al momento del ramoneo en el caso de venado cola blanca en Texas.

La relación positiva entre contenido de FDA y consumo es contraria a lo esperado. Deguchi, et al. (2001), encontraron una tendencia negativa. Por su parte, Pinto et al. (2003) no encontraron relación entre consumo de alimento y FDA.

Con respecto a la relación negativa entre porcentaje de consumo y contenido de hierro. En la literatura no se encontró información al respecto en el caso del venado cola blanca. Sin embargo, la relación negativa estimada podría deberse a una respuesta aversiva del animal, es decir, a la evasión de exceso de hierro en la dieta. Olias, Weiss, Gruber y Klopfleisch (2011) señalaron que el exceso de hierro predispone a los ciervos rojos (*Cervus elaphus*) a padecer una enfermedad similar a la hemocromatosis en el humano; esta enfermedad puede llegar a provocar fibrosis hepática, cirrosis, carcinoma hepatocelular y falla cardíaca (Papanikolaou & Pantopoulos 2005, Hentze, Muckenthaler, Galy y Camaschella 2010). Borch-Johnsen & Thorstensen (2009) indicaron que los animales que pastorean en agostaderos con dieta de calidad nutricional mala, principalmente especies arbustivas, pueden llegar a tener un exceso de hierro en la dieta.

La preferencia de consumo de arbustivas por el venado cola blanca es difícil de predecir; la preferencia

species. This recommendation stems from the weak relationships between the variables documented because they indicate that consumption is affected by other factors not involved in this study.

Aknowledgments

The authors thank the Faculty of Agronomy of the Universidad Autónoma de Nuevo León for the funding support to carry out this study. The authors also thank Lic. Mauro Garza González and Lic. Mauro Garza Fernández for providing us their ranch facilities located in Juárez, Coahuila. The authors also thank Dr. Jorge R. Kawas Garza for the support to carry out bromatological analysis of shrubs and to Ph.D. Marco Vinicio Gómez Meza for the statistical advice provided.

End of English version

References / Referencias

- Borch-Johnsen, B., & Thorstensen, K. (2009). Iron distribution in the liver and duodenum during seasonal iron overload in Svalbard Reindeer. *Journal of Comparative Pathology*, 141(1), 27-40.
- Cash, V. W., & Fulbright, T. E. (2005). Nutrient enrichment, tannins, and thorns: effects on browsing of shrub seedlings. *Journal of Wildlife Management*, 69(2), 782-793.
- Deguchi, Y., Sato, S., & Sugawara, K. (2001). Relationship between some chemical components of herbage, dietary preference and fresh herbage intake rate by the Japanese serow. *Applied Animal Behaviour Science*, 73(1), 69-79.
- Dostaler, S., Ouellet, J.P., Therrien, J.F., & Cote, S. D. (2011). Are feeding preferences of white-tailed deer related to plant constituents? *Journal of Wildlife Management*, 75(4), 913-918.
- Fulbright, T. E., & Ortega-Santos, J. A. (2007). *Ecología y Manejo de Venado Cola Blanca*. Texas A&M University Press, 266 pp.
- Heady, H. F. (1975). *Rangeland Management*: McGraw-Hill Book Company. 460 pp.
- Hentze, M. W., Muckenthaler, M. U., Galy, B., & Camaschella, C. (2010). Two to tango: regulation of Mammalian iron metabolism. *Cell*, 142(1), 24-38.
- Hewitt, David G. (Ed.). (2011). *Nutrition in Hewitt D.G., Biology and management of white-tailed deer*. ISBN1482295989, 9781482295986. 686 pp. CRC Press.
- Koerth, B. H., & Stuth, J. W. (1991). Instantaneous Intake Rates of 9 Browse Species by White-Tailed Deer. *Journal of Range Management*, 44(6), 614-618.
- Littlefield, K. A., Mueller, J. P., Muir, J. P., & Lambert, B. D. (2011). Correlation of plant condensed tannin and nitrogen concentrations to white-tailed deer browse preferences in the Cross Timbers. *Texas Journal of Agriculture and Natural Resources*, 24, 1-7.
- Olias, P., Weiss, A. T. A., Gruber, A. D., & Klopfleisch, R. (2011). Iron storage disease in red deer (*Cervus elaphus*

involucra el comportamiento animal con base, quizás, en experiencias con cada una de las especies arbustivas, así como al aprendizaje de otros venados.

Conclusiones

Con este estudio se pudo apreciar que el venado cola blanca tiene preferencia de consumo diferencial entre especies de arbustivas. Esta especie animal prefiere consumir *Acacia farnesiana*, *Leucaena leucocephala* y *Acacia rigidul* y evita el consumo de *Condalia spathulata*, *Zizyphus obtusifolia* y *Porlieria angustifolium*. Ninguna variable explica completamente el consumo. Es notable una relación negativa entre consumo de alimento por venado cola blanca y contenido de hierro del forraje porque esta es la primera vez que se ha evidenciado. Estudios más minuciosos y quizás más extensos en tiempo de monitoreo deben considerarse en el futuro para entender el comportamiento de especímenes de venado blanco con respecto a consumo de forraje de diversas especies. Esta recomendación surge de las relaciones débiles entre las variables documentadas porque indican que el consumo es afectado por otros factores que no se involucraron en este estudio.

Agradecimientos

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León por el apoyo económico para la ejecución de este estudio. A los Licenciados Mauro Garza González y Mauro Garza Fernández por facilitarnos instalaciones de su rancho ubicado en Juárez, Coahuila. Al Dr. Jorge R. Kawas Garza por el apoyo en la realización de los análisis bromatológicos de arbustivas. Al Ph.D. Marco Vinicio Gómez Meza por la asesoría estadística.

Fin de la versión en español

- elaphus*) is not associated with mutations in the HFE gene. *Journal of Comparative Pathology*, 145(2), 207-213.
- Ostle, B. (1988). *Estadística aplicada: técnicas de la estadística moderna, cuándo y donde aplicarlas*: Editorial Limusa.
- Papanikolaou, G., & Pantopoulos, K. (2005). Iron metabolism and toxicity. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 202(2), 199-211.
- Pietz, P. J., & Granfors, D. A. (2000). White-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) predation on grassland songbird nestlings. *The American Midland Naturalist*, 144(2), 419-422.
- Pinto, R., Gómez, H., Hernández, A., Medina, F., Martínez, B.,..., Carmona, J. (2003). Preferencia ovina de árboles forrajeros del centro de Chiapas, México. *Pastos y Forrajes*, 26(4).
- Plata, F., Ebergény, S., Resendiz, J., Villarreal, O., Bárcena, R.,..., Mendoza, G. (2009). Palatabilidad y composición química de alimentos consumidos en cautiverio por el venado

- cola blanca de Yucatán (*Odocoileusvirginianusyucatanensis*). *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41, 123-129.
- Quintanilla, J. B. (1989). *Determinación de la composición botánica de la dieta por el venado cola blanca en el noreste del estado de Nuevo León*. (Tesis M.C. Producción Animal), Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Ramírez, R. G., Quintanilla, J. B., & Aranda, J. (1997). White-tailed deer food habits in northeastern Mexico. *Small Rum. Res.*, 25(2), 141-146.
- Rutter, S. M. (2010). Grazing preferences in sheep and cattle: Implications for production, the environment and animal welfare. *Can. J. of Anim. Sci.*, 90(3), 285-293.
- Rutter, S. M. (2006). Diet preference for grass and legumes in free-ranging domestic sheep and cattle: Current theory and practice. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 97: 17-35.
- Vallentine, J. F. (2001). *Grazing Management* (Second edition) San Diego, California, USA. Academic Press pp. 659.
- Van Dyne, G. M., & Heady, H. F. (1965). Botanical composition of sheep and cattle diets on a mature annual range. *Hilgardia*, 36, 465-492.
- Vásquez, Y., Tarango, L., López-Pérez, E., Herrera, J., Mendoza, G., & Mandujano, S. (2016). Variation in the diet composition of the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 22(1), 57-68.
- Uresk, D. W., & Dietz, D. R. (2018). Fecal vs. rumen contents to determine white-tailed deer diets. *Intermountain Journal of Sciences*, 24(3-4), 118-122.
- Wright, B. D., Lyons, R. K., Cooper, S., & Cathey, J. (2003). White-tailed deer browse preferences for South Texas and the Edwards Plateau. *AgrilifeExtension Texas A&M System*.
- Wright, W., & Vincent, J. F. V. (1996). Herbivory and the mechanics of fracture in plants. *Biological Reviews*, 71(3), 401-413.