

## Disponibilidad forrajera de tres arbustos en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán\*

### Forage availability of three bushes in Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán

Yunuen Socorro Rojas González<sup>1</sup>, Alejandro Lara Bueno<sup>2§</sup>, Jorge Luis Castrellón Montelongo<sup>2</sup>, Miguel Uribe Gómez<sup>3</sup> y José Luis Zaragoza Ramírez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Agroforestería para el Desarrollo Sostenible- Universidad Autónoma Chapingo. Carretera. México- Texcoco km 38.5. Chapingo, Texcoco 56230, Estado de México. Tel: 595 952 540. (yunymali@hotmail.com). <sup>2</sup>Departamento de Zootecnia-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera. México- Texcoco, km 38.5, Chapingo, Texcoco. C. P. 56230, Estado de México. Tel 595 952 1540. (casmontjorge@yahoo.com.mx; huexotla2001@hotmail.com; migueluribe123@gmail.com). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: alarab\_11@hotmail.com.

#### Resumen

En las regiones semiáridas de México se práctica el sistema silvopastoril extensivo con aprovechamiento de árboles, arbustos y herbáceas en la alimentación de cabras. El propósito del presente estudio fue determinar la disponibilidad del follaje de *Acacia subangulata*, *Lippia graveolens* y *Mascagnia parviflora*. Se seleccionaron 50 individuos de cada especie y se cuantificó la producción de materia seca, altura de la planta (A), número de tallos (N), diámetro de copa (D) y densidad de plantas por ha. Se colectaron hojas y tallos tiernos a una altura máxima de 1.8 m. Se realizó un análisis multivariado correlacionando la producción de materia seca con A, N, D, y se generaron ecuaciones de predicción de biomasa forrajera (Y). Las ecuaciones de predicción fueron:  $Y = -33.74 + 0.008 * (A * N * D)$  con  $R^2 = 0.87$  para *A. subangulata*;  $Y = -15.31 + (0.6097 * D)$  con  $R^2 = 0.63$  para *L. graveolens*; y  $Y = -36.05 + (1.21 * D)$  con  $R^2 = 0.63$  para *M. parviflora*. Se concluye que es posible predecir la producción de forraje a partir de A, N, D mediante ecuaciones de predicción con una confiabilidad moderadamente alta.

**Palabras clave:** biomasa forrajera, cabras, correlación, ecuaciones de predicción, sistema silvopastoril.

#### Abstract

In semiarid regions of Mexico the silvopastoral system with extensive use of trees, shrubs and herbaceous goats feeding practice. The purpose of this study was to determine the availability of foliage of *Acacia subangulata*, *Lippia graveolens* and *Mascagnia parviflora*. The 50 individuals of each species were selected and dry matter production, plant height (A), number of stems (N), crown diameter (D) and density of plants per hectare was quantified. Leaves and tender stems were collected at a maximum height of 1.8 m. A multivariate analysis correlating the dry matter production with A, N, D was performed, and prediction equations forage biomass (Y) were generated. Prediction equations were:  $Y = -33.74 + 0.008 * (A * N * D)$  with  $R^2 = 0.87$  for *A. subangulata*;  $Y = -15.31 + (0.6097 * D)$  with  $R^2 = 0.63$  for *L. graveolens*; and  $Y = -36.05 + (1.21 * D)$  with  $R^2 = 0.63$  for *M. parviflora*. It is concluded that it is possible to predict forage production from A, N, D using prediction equations with a moderately high reliability.

**Keywords:** correlation, forage biomass, prediction equations, silvopastoral system, goats.

## Introducción

Los sistemas silvopastoriles de zonas áridas son un tipo de ecosistema productivo que provee alimento para el ganado y que deriva en fuente de ingresos para los campesinos que habitan diversas regiones de México. Además de la importancia productiva de los sistemas silvopastoriles, las zonas áridas y semiáridas del país contienen gran diversidad de especies vegetales y animales de las cuales muchas son endémicas, lo que incrementa la importancia del estudio de estas áreas para obtener productos del matorral xerófilo, como leña, frutos, fibras, vegetales y carne a través del pastoreo del ganado, sin poner en riesgo plantas y animales amenazados o en peligro de extinción.

La Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán comprende parte de la provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, localizada al sureste de Puebla y noroeste de Oaxaca. Esta región se caracteriza por su riqueza biológica y cultural, donde por más de 10 mil años se han establecido comunidades de al menos ocho pueblos indígenas, con conocimiento importante sobre la flora nativa y sus distintos usos (CONANP, 2013). La baja precipitación y alta evapotranspiración de la región propicia el desarrollo de un tipo de vegetación denominado matorral xerófilo, donde se desarrollan los sistemas de producción caprina en pastoreo extensivo, debido a la adaptabilidad que tiene este ganado a las condiciones áridas y semiáridas, así como por sus hábitos alimenticios, ya que, de manera natural, los caprinos en pastoreo cubren sus requerimientos nutrimentales consumiendo herbáceas, zacates, cactáceas, arbustos y árboles forrajeros (Armenta, 2004; Avalos, 2004) seleccionando hojas, rebrotes tiernos, flores, vainas y corteza. La degradación de los recursos naturales en el matorral xerófilo del sur del estado de Puebla es resultado del manejo deficiente de los sistemas de producción agrícola, forestal y principalmente del sistema de producción pecuario.

El sistema silvopastoril de Tehuacán- Cuicatlán presenta un estado de deterioro severo, caracterizado por la pérdida de cobertura vegetal, en particular de las especies forrajeras; además, se observan signos evidentes de erosión del suelo, lo que ha provocado la disminución de la productividad de las especies vegetales y consecuentemente la reducción de la capacidad de carga animal. Se considera de suma importancia estudiar la disponibilidad forrajera de los arbustos con mayor importancia en la ganadería caprina, ya

## Introduction

The silvopastoral systems in arid areas are a type of productive ecosystem that provides food for cattle and derived source of income for farmers inhabiting different regions of Mexico. In addition to the productive importance of silvopastoral systems, arid and semi-arid areas of the country contain high diversity of plant and animal species, many of which are endemic, which increases the importance of studying these areas to obtain products of desert scrub, as firewood, fruits, fiber, vegetables and meat through livestock grazing, without endangering plants and animals threatened or endangered.

The Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán comprises part of the floristic province Tehuacán-Cuicatlán Valley, located southeast of Puebla and Oaxaca northwest. This region is characterized by its biological and cultural richness, where more than 10 000 years have been established communities of at least eight indigenous peoples, with important knowledge about native flora and its different uses (CONANP, 2013). Low rainfall and high evapotranspiration in the region favors the development of a type of vegetation called desert scrub where goat production systems in extensive grazing develop, due to the adaptability that has these cattle to arid and semi-arid conditions and by their eating habits because, naturally, goats grazing cover their nutritional requirements by consuming herbs, grasses, cacti, shrubs and fodder trees (Armenta, 2004; Avalos, 2004) by selecting leaves, tender shoots, flowers, pods and cortex. The degradation of natural resources in the desert scrub of southern state of Puebla is the result of poor management of farming systems, forestry and livestock mainly production system production.

The silvopastoral system Tehuacán-Cuicatlán presents a state of severe deterioration, characterized by the loss of plant cover, in particular forage species; moreover, obvious signs of soil erosion are observed, which has led to decreased productivity of plants and consequently reducing stocking capacity. It is considered important to study the availability of forage shrubs more importance in goat farming, as this information allows us to understand the relationship they have plants to productivity and growth mechanisms, performance and interaction with the ecosystem.

Therefore, this research aims to describe the morphology and phenology of three shrub species through direct measurement of height, crown diameter and number of secondary branches

que esta información permite comprender la relación que tienen las plantas con la productividad y los mecanismos del crecimiento, rendimiento e interacción con el ecosistema.

Por lo anterior, la presente investigación tiene como finalidad describir la morfología y fenología de tres especies arbustivas por medio de la medición directa de altura, diámetro de copa y número de ramas secundarias e indicadores de tasa de producción de forraje y tasa de rebrote para conocer su respuesta y desarrollar ecuaciones de predicción de la biomasa forrajera.

## Materiales y métodos

### Descripción del área de estudio

El sitio de muestreo de las plantas forrajeras seleccionadas se ubicó en la comunidad de Santa Ana Teloxtoc, perteneciente al municipio de Tehuacán, Puebla. Está dentro de la zona ejidal, en el predio de uso común identificado como Chantile, en el cual el ganado caprino pastorea regularmente. Se localiza en las coordenadas 18° 19' 51" latitud norte y 97° 33' 36" longitud oeste, a 1 646 msnm (CONAFOR, 2013). El clima es semiseco y semicálido con lluvias en verano, la clave climática es BS1hw(w). La temperatura promedio es de 18.1 °C, con máxima de 26.2 °C y la mínima de 10 °C, mientras que la precipitación anual promedio es de 485.6 mm (SMN, 2010). La temporada de lluvias se presenta de mayo a octubre, con mayores probabilidades entre junio y septiembre (CONAFOR, 2013).

### Selección de especies

La selección de los arbustos estudiados consideró la opinión de varios productores que pastorean cabras dentro del sitio Chantile. La versión de los caprinocultores fue constatada mediante recorridos en el área de estudio, tomando como criterio la frecuencia con que las cabras ramonearon los arbustos. Las especies seleccionadas fueron: sierrecilla (*Acacia subangulata*), orégano (*Lippia graveolens*) y palo canizo (*Mascagnia parviflora*). Una vez elegidas las tres especies forrajeras de mayor preferencia para el ganado caprino, se delimitó el área de muestreo. Para ello, se realizó un recorrido al interior del área de pastoreo para identificar los sitios de la vegetación natural con menor deterioro, con presencia regular de las especies arbustivas seleccionadas.

and indicators of rate of forage production and regrowth rate to meet his response and to develop prediction equations forage biomass.

## Materials and methods

### Description of the study area

The sampling site of the selected herbage was located in the community of Santa Ana Teloxtoc, in the municipality of Tehuacán, Puebla. It is within the common area, on the grounds of common use identified as Chantile where grazing goats regularly. It is located at coordinates 18° 19' 51" north latitude and 97° 33' 36" west longitude at 1 646 meters (CONAFOR, 2013). The climate is semi-dry and semi-warm with rains in summer, climate key is BS1hw(w). The average temperature is 18.1 °C, with a maximum of 26.2 °C and minimum 10 °C, while the average annual rainfall is 485.6 mm (SMN, 2010). The rainy season occurs from May to October, most likely between June and September (CONAFOR, 2013).

### Species selection

The selection of shrubs studied considered the opinion of several producers who graze goats within the site Chantile. The version of the goat farmers was verified by tours in the study area, taking as a criterion the frequency with which the goats browsed the bushes. The species selected were: Sierrecilla (*Acacia subangulata*), orégano (*Lippia graveolens*) and reed stick (*Mascagnia parviflora*). Once chosen the three most preferred forages for goats, the sampling area was delimited. To this end, a journey into the grazing area was performed to identify sites of natural vegetation with less deterioration, with regular presence of selected shrub species.

Once defined the sampling site, random selection of shrubs was performed within the total population of each species within the site. By this procedure they were selected and marked an *A. subangulata* of 50 individuals, *M. parviflora* of 50 individuals and *L. graveolens* of 50 individuals, placing a stone adjacent each bush a progressive number using indelible paint also performed each geolocation bush selected using GPS to better control the location of each individual sample. The experiment was conducted between May and October 2014, during the rainy season. The variables measured in the field were: plant density (number of

Una vez delimitado el sitio de muestreo, se realizó selección aleatoria de los arbustos dentro de la población total de cada especie dentro del sitio. Mediante este procedimiento se seleccionaron y marcaron 50 individuos de *A. subangulata*, 50 individuos de *M. parviflora* y 50 individuos de *L. graveolens*, colocando en una piedra adyacente a cada arbusto un número progresivo usando pintura indeleble, asimismo, se realizó geoposición de cada arbusto seleccionado utilizando GPS, para el mejor control de la ubicación de cada individuo a muestrear. El experimento fue realizado entre los meses de mayo a octubre de 2014, durante el periodo de lluvias. Las variables a medir en campo fueron: densidad de plantas (número de individuos por ha), diámetro de copa del arbusto (cm), altura de la planta (cm), número de ramas secundarias y producción de forraje comestible (kg de MS por arbusto).

### Producción de forraje

Para evaluar el recurso forrajero de los arbustos seleccionados se cuantificó la producción total de materia seca (kg) de cada especie por unidad de superficie. Para ello, se procedió a coleccionar hojas y tallos tiernos de cada arbusto a una altura no mayor a 1.80 m, simulando la altura de ramoneo del ganado caprino (Meneses, 1993). El material vegetal coleccionado fue secado durante dos días al aire libre, y colocado después en una estufa de aire forzado a temperatura de 70 °C durante 72 h. Al finalizar el proceso de secado, el follaje fue pesado para obtener la producción de materia seca de cada planta y estimar el rendimiento de forraje seco por hectárea. Con la finalidad de conocer la cantidad de producción de materia seca por frecuencia de corte (FC) e intensidad de defoliación (ID) en la época de lluvias para los tres arbustos objeto de estudio; se establecieron 5 tratamientos con 10 unidades experimentales (arbustos) por tratamiento. El tratamiento 1 (T1) consideró 10 arbustos que se defoliaron a los 45 días de iniciadas las lluvias a una ID de 50%, los cuales fueron defoliados por rama y de forma alternada, dejando en el arbusto el otro 50% del follaje producido. El tratamiento 2 (T2) consistió en la defoliación de 10 arbustos de cada especie arbustiva a los 45 días pos lluvias a una ID de 100% donde se removió toda la biomasa comestible (hojas y tallos tiernos) presente en cada arbusto.

El tercer tratamiento (T3) se realizó a la FC de 60 días con intensidad una defoliación de 50%. El tratamiento 4 (T4) se caracterizó por la defoliación de 10 arbustos a 60 días de FC y ID de 100%. El último tratamiento (T5) consistió de 10 arbustos defoliados por única ocasión a los 150 días

individuos per ha), crown diameter bush (cm), plant height (cm), number of secondary branches and production of edible forage (kg MS per bush).

### Forage production

To assess the forage resource of selected shrubs total dry matter production (kg) of each species per unit area was quantified. To do this, we proceeded to collect leaves and tender stems of each bush at a height of no more than 1.80 m, height simulating the grazing of goats (Meneses, 1993). The plant material collected was dried for two days outdoors, and then placed in a forced air oven at a temperature of 70 °C for 72 h. At the end of the drying process, the foliage was weighed to obtain the dry matter production of each plant and estimate the dry forage yield per hectare.

In order to know the amount of dry matter production cutoff frequency (FC) and intensity of defoliation (ID) in the rainy season for the three shrubs under study; 5 treatments with 10 experimental units (bushes) per treatment were established. Treatment 1 (T1) considered 10 shrubs defoliated within 45 days of commencement of rains to an ID of 50%, which were defoliated by branch and alternately, leaving the bush the other 50% of the foliage produced. Treatment 2 (T2) consisted of defoliation of 10 shrubs of each shrub species 45 days after rains to a 100% of ID where was removed all the edible biomass (leaves and tender stems) present in every bush.

The third treatment (T3) was performed at 60 days with FC defoliation intensity of 50%. The treatment 4 (T4) was characterized by defoliation 10 to 60 days bushes FC and ID of 100%. The last treatment (T5) consisted of 10 shrubs defoliated a one-time 150 days after initiation of growth in the rainy season with ID of 100%. The foliage harvested at each cutoff frequency and intensity of defoliation was placed in paper bags clearly identified and was recorded its corresponding weight. A bushes treatments 1 and 2 underwent a second defoliation with FC accumulated 45 days and the intensity corresponding to each treatment, for the third and fourth treatment accumulated FC were intervals of 60 days with the established ID.

### Statistical design

A statistical design of randomized block factorial arrangement (3 x 5), where the first factor analysis was the shrubby species (*A. subangulata*, *L. graveolens* and *M. parviflora*) was used,

después de iniciado el crecimiento en la temporada de lluvias con ID de 100%. El follaje cosechado en cada frecuencia de corte e intensidad de defoliación fue colocado en bolsas de papel perfectamente identificadas y se le registró su peso correspondiente. A los arbustos de los tratamientos 1 y 2 se les realizó una segunda defoliación con FC acumulada de 45 días y a la intensidad correspondiente a cada tratamiento, para el tercer y cuarto tratamiento la FC acumulada fueron intervalos de 60 días con la ID establecidas.

### Diseño estadístico

Se empleó un diseño estadístico de bloques al azar con arreglo factorial (3 x 5), donde el primer factor de análisis fue la especie arbustiva (*A. subangulata*, *L. graveolens* y *M. parviflora*), el segundo factor la frecuencia de corte (FC) y el tercer factor la intensidad de defoliación (ID) (T1= FC 45, ID 50; T2= FC 45, ID 100; T3= FC 60, ID 50 T4= FC 60, ID 100; T5= FC 150, ID 100). El análisis estadístico se realizó mediante el procedimiento GML de SAS (2009) y la comparación de medias de tratamiento mediante el procedimiento propuesto por Tukey con un nivel de confianza de 0.05. Se realizó también un análisis de correlación (r) entre la producción de forraje y las medidas morfológicas de las especies arbustivas estudiadas. Asimismo, se obtuvieron modelos de regresión lineal simple para predecir el rendimiento de forraje de cada una de las arbustivas a través de los valores de las variables morfológicas para la obtención de ecuaciones de predicción de biomasa forrajera.

## Resultados y discusión

### Producción de forraje

El rendimiento de follaje seco total por arbusto fue estadísticamente diferente para sierrecilla pero similar para orégano y palo canizo ( $p < 0.0001$ ). El valor de densidad se multiplicó por la producción de forraje por planta y se estimó la cantidad de follaje disponible para ser cosechado por especie y por hectárea (Cuadro 1). En total, se encontraron 796.3 kg de MS para las tres arbóreas estudiadas durante la temporada de lluvias, correspondiendo a *L. graveolens* (orégano) 76.8%, *A. subangulata* (sierrecilla) 15.5% y *M. parvifolia* (palo canizo) 7.7% del aporte total de forraje seco disponible para los caprinos (Cuadro 1).

the second cutoff frequency factor (FC) and the third factor the intensity of defoliation (ID) (T1= FC 45, ID 50; T2= FC 45, ID 100; T3= FC 60, ID 50 T4= FC 60, ID 100; T5= FC 150, ID 100). The statistical analysis was performed using SAS (2009) GML procedure and comparison of treatment means by Tukey proposed with a confidence level of 0.05 procedure. An analysis of correlation (r) between forage production and morphological measurements of shrub species studied was also performed. Also, simple linear regression models were obtained to predict forage yield of each of the shrubby through morphological values to obtain prediction equations forage biomass variables.

## Results and discussion

### Forage production

The yield of total dry bush foliage was statistically different for sierrecilla but similar to oregano and reed stick ( $p < 0.0001$ ). The density value multiplied by forage production per plant and the amount of foliage available to be harvested per species per hectare (Table 1) was estimated. In total, were found 796.3 kg MS for the three trees studied during the rainy season, corresponding to *L. graveolens* (oregano) 76.8%, *A. subangulata* (sierrecilla) 15.5% and *M. parvifolia* (reed stick) 7.7% of Total available supply of dry forage for goats (Table 1).

### Cuadro 1. Densidad de plantas y producción de materia seca para sierrecilla (*A. subangulata*), orégano (*L. graveolens*) y palo canizo (*M. parviflora*) en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán.

**Table 1. Plant density and dry matter production for errecilla (*A. subangulata*), orégano (*L. graveolens*) and reed stick (*M. parviflora*) in the Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán.**

Variable	Sierrecilla	Orégano	Palo canizo
Densidad (plantas ha <sup>-1</sup> )	110 <sup>a</sup>	15 778 <sup>b</sup>	2 778 <sup>c</sup>
Producción MS (g planta <sup>-1</sup> )	1 049.9 <sup>a</sup>	38.8 <sup>b</sup>	24.7 <sup>b</sup>
Producción MS (kg ha <sup>-1</sup> )	115.5 <sup>a</sup>	612.2 <sup>b</sup>	68.6 <sup>c</sup>

Medias con distinta literal muestran diferencias entre las especies arbustivas en cada variable ( $p < 0.01$ ).

In a recent study, Race (2014) reported 175 kg ha<sup>-1</sup>, 255.36 kg ha<sup>-1</sup> and 111.14 kg ha<sup>-1</sup> for sierrecilla, oregano and reed stick respectively; i.e. 356 kg ha<sup>-1</sup> less than oregano leaves than

En un estudio reciente, Carrera (2014) reportó 175 kg ha<sup>-1</sup>, 255.36 kg ha<sup>-1</sup> y 111.14 kg ha<sup>-1</sup>, para sierrecilla, orégano y palo canizo, respectivamente; es decir, 356 kg ha<sup>-1</sup> menos de follaje de orégano a lo estimado en el presente estudio; mientras que para sierrecilla y palo canizo la producción de MS fue de 51 y 62% mayor a lo mostrado en el Cuadro 1. Estas diferencias en la producción de follaje entre los tres arbustos estudiados dependen de las condiciones climáticas, edáficas y fisiográficas de la región y a las perturbaciones de la vegetación en los diferentes sitios de pastoreo.

*A. subangulata* presentó el menor porcentaje de individuos por ha, mientras que la densidad de plantas de *L. graveolens* fue cinco veces mayor que *M. parviflora* (Cuadro 1). Estos resultados difieren de los reportados por Carrera (2014) con un valor de densidad para *A. subangulata* de 433 individuos por ha, 323 plantas más por unidad de área a lo observado en esta investigación. La mayor densidad de plantas (15 778 individuos) fue para *L. graveolens*. Sin embargo, otras investigaciones realizadas en diversas regiones semiáridas de México reportaron valores de densidad menores a lo encontrado en este estudio; 6,000 plantas ha<sup>-1</sup> (Velázquez, 2005); 3 891 plantas ha<sup>-1</sup> (Osorno *et al.*, 2009); 1 620 plantas ha<sup>-1</sup> (García, 2012); 2 800 plantas ha<sup>-1</sup> (Carrera, 2014). El único estudio con valores similares a esta investigación lo reportaron Sánchez *et al.* (2007) en rango de 6 236 a 25 200 plantas ha<sup>-1</sup>, para el norte de Jalisco. Estas diferencias en las densidades de plantas de orégano muestran la adaptación de la especie arbustiva a diversos ecosistemas, pero también son resultado de la presión por los sistemas de aprovechamiento del recurso que repercuten en la reproducción y en la abundancia de plantas por unidad de área.

Se encontraron diferencias en el rendimiento de forraje de las especies arbustivas entre los tratamientos ( $p < 0.0001$ ). El rendimiento de MS del orégano en todos los tratamientos fue mayor comparado con sierrecilla y palo canizo. En el tratamiento 5 (FC= 150, ID= 100) la diferencia significativa se presentó en el arbusto canizo con respecto a las otras dos especies; con la menor producción. En el Cuadro 2 se observa que la máxima producción de forraje correspondió a *L. graveolens* (560.12±132.5 kg ha<sup>-1</sup>) y a *M. parviflora* (192.8±58.7 kg ha<sup>-1</sup>) para el tratamiento 2; mientras que *A. subangulata* tuvo máxima producción en T5. La menor producción para *A. subangulata* fue en el tratamiento 1 (FC= 45 con ID= 50); para *L. graveolens* y *M. parviflora* la menor producción se tuvo en el tratamiento 5, a 150 días de iniciadas las lluvias y defoliación de 100%. En las tres especies se observa el comportamiento de la producción acumulada

estimada en este estudio; mientras que para sierrecilla y palo canizo la producción de MS fue de 51 y 62% mayor a lo mostrado en el Cuadro 1. Estas diferencias en la producción de follaje entre los tres arbustos estudiados dependen de las condiciones climáticas, edáficas y fisiográficas de la región y a las perturbaciones de la vegetación en los diferentes sitios de pastoreo.

*A. subangulata* had the lowest percentage of individuals per ha, while the density of plants *L. graveolens* was five times greater than *M. parviflora* (Table 1). These results differ from those reported by Carrera (2014) with a density value for *A. subangulata* of 433 individuals per ha, 323 more plants per unit area to that observed in this research. The higher plant density (15 778 individuals) *L. graveolens* was for. However, other research conducted in various semiarid regions of Mexico reported lower density values as found in this study; 6 000 plants ha<sup>-1</sup> (Velázquez, 2005); 3 891 plants ha<sup>-1</sup> (Osorno *et al.*, 2009); 1 620 plants ha<sup>-1</sup> (García, 2012); 2 800 plants ha<sup>-1</sup> (Carrera, 2014).

The only study with similar values to this research as reported Sánchez *et al.* (2007) in the range of 6 236 to 25 200 plants ha<sup>-1</sup> for northern Jalisco. These differences in densities oregano plants show the adaptation of the shrubby species to various ecosystems, but also are a result of pressure by the systems of resource use that affect reproduction and abundance of plants per unit area.

The differences in yield of forage shrub species between treatments ( $p < 0.0001$ ) were found. The MS yield of oregano in all treatments was higher compared to sierrecilla and reed stick. In the treatment of 5 (FC= 150, ID= 100) showed significant difference in the reed stick bush with respect to the other two species; with lower production. In the Table 2 shows that the maximum forage production accounted *L. graveolens* (560.12±132.5 kg ha<sup>-1</sup>) and *M. parviflora* (192.8±58.7 kg ha<sup>-1</sup>) for treatment 2; while *A. subangulata* had maximum production in T5. Lower production for *A. subangulata* was in treatment 1 (FC= 45 with ID= 50); *L. graveolens* and *M. parviflora* for lower production took into treatment 5, 150 days rains started and 100% defoliation. In the three species the behavior of cumulative production where treatments 1 and 3 received the lowest amount of foliage is observed. This is because in both treatments bushes were defoliated at 50% and the remaining forage was in the bushes prevented the issuance of new shoots, unlike those bushes that were defoliated 100% that were able to issue new shoots.

donde los tratamientos 1 y 3 obtuvieron la menor cantidad de follaje. Esto se debe a que en ambos tratamientos los arbustos fueron defoliados al 50% y el forraje remanente que quedó en los arbustos impidió la emisión de nuevos rebrotes, a diferencia de aquellos arbustos que fueron defoliados al 100% que fueron capaces de emitir nuevos rebrotes.

Differences between treatments 1 and 3 with respect to treatments 2 and 4 are explained by the fact that if the bushes are completely defoliated (ID of 100%) twice during the rainy season, the total removal of foliage present stimulates the emission of buds and new shoots, which allowed vigorous foliage growth after cutting 100%.

**Cuadro 2. Producción de materia seca (kg ha<sup>-1</sup>) en los tratamientos para sierrecilla (*A. subangulata*), orégano (*L. graveolens*) y palo canizo (*M. parviflora*) en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán.**

**Table 2. Production of dry matter (kg ha<sup>-1</sup>) in treatments for sierrecilla (*A. subangulata*), oregano (*L. graveolens*) and reed stick (*M. parviflora*) in the Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán.**

Tratamiento	Sierrecilla e.e.	Orégano e.e.	Canizo e.e.
T1	72.47 +18.5 <sup> bA</sup>	282.42 +65.32 <sup> bB</sup>	87.78 +16.89 <sup> bA</sup>
T2	134.5 +31.45 <sup> aA</sup>	560.12 +132.7 <sup> aB</sup>	192.8 +58.7 <sup> aA</sup>
T3	75.85 +15.45 <sup> bA</sup>	279.58 +75.57 <sup> bB</sup>	91.11 +14.97 <sup> bA</sup>
T4	128.97 +40.42 <sup> aA</sup>	550.8 +149.89 <sup> aB</sup>	109.45 +31.78 <sup> aA</sup>
T5	209.95 +112.66 <sup> aA</sup>	272.95 +132.06 <sup> bA</sup>	83.06 +18.3 <sup> bB</sup>

T1= cada arbusto se defolió a 45 días de iniciadas las lluvias con ID de 50%; T2= cada arbusto se defolió a 45 días de iniciadas las lluvias con ID de 100%; T3= cada arbusto se defolió a 60 días de iniciadas las lluvias con ID de 50%; T4= cada arbusto se defolió a 60 días de iniciadas las lluvias con ID de 100%; T5= cada arbusto se defolió a 150 días de iniciadas las lluvias con ID de 100%. Medias con distinta literal en mayúsculas muestran diferencias entre las especies arbustivas ( $p < 0.0001$ ). Medias con distinta literal en minúsculas muestran diferencias entre los tratamientos ( $p < 0.0001$ ). ± e.e.: error estándar de la media.

Las diferencias entre los tratamientos 1 y 3 con respecto a los tratamientos 2 y 4 se explican por el hecho que si los arbustos son defoliados completamente (ID al 100%) en dos ocasiones durante el periodo de lluvias, la remoción total del follaje presente estimula la emisión de yemas y nuevos rebrotes, lo cual permitió el crecimiento vigoroso del follaje después del corte a 100%. No obstante, Huss (1993), establece que la defoliación completa durante los periodos de inactividad de la planta puede reducir las reservas de carbohidratos, afectando de modo adverso el crecimiento de la planta el año siguiente y comprometiendo la sobrevivencia de la planta.

El tratamiento 5, que se refiere a la defoliación completa y única de la planta a los 5 meses de edad de los rebrotes, tuvo la máxima producción debido a la acumulación de follaje durante toda la temporada de lluvias (150 días). De este modo, los rendimientos de forraje fueron similares ( $p > 0.0001$ ) a los obtenidos en los tratamientos 2 y 4, lo cual sugiere resultados favorables al realizar uno o dos remociones del follaje comestible por los caprinos para las tres especies arbustivas durante la época de lluvias. Sin embargo, la calidad de forraje cosechado a diferentes edades puede ser menor cuando la edad de los rebrotes es mayor.

La producción de MS de *L. graveolens* (orégano) fue mayor en los tratamientos 2 (FC= 45; ID= 100) y 4 (FC= 60; ID= 100) en comparación con los tratamientos 1, 3 y 5 ( $p <$

However, Huss (1993) provides that the complete defoliation during periods of inactivity of the plant can reduce carbohydrate reserves, adversely affecting plant growth next year and compromising the survival of the plant.

The treatment 5, which refers to the complete and only defoliation at 5 months of age of suckers, had maximum production due to the accumulation of foliage throughout the rainy season (150 days). Thus, forage yields were similar ( $p > 0.0001$ ) than those obtained in treatments 2 and 4, suggesting favorable results to perform one or two removals of edible foliage goats for the three shrub species during the time of rain. However, the quality of forage harvested at different ages may be lower when the age of suckers is greater.

The MS production *L. graveolens* (orégano) was higher in treatments 2 (FC= 45; ID= 100) and 4 (FC= 60; ID= 100) compared to treatments 1, 3 and 5 ( $p < 0.0001$ ; Figure 10), but the dry forage yield was similar ( $p > 0.0001$ ) between treatments 1 (FC= 45; ID= 50), 3 (FC= 60; ID= 50) and 5 (FC= 150; ID= 100), indicating that the cutoff frequency affects the production of forage from oregano. Defoliation alternatives that offer better results during the rainy season are ID of 100% at intervals of 45 to 60 days with increased accumulation of forage without compromising the persistence of shrubby species.

0.0001; Figura 10), pero el rendimiento de forraje seco fue similar ( $p > 0.0001$ ) entre los tratamientos 1 (FC= 45; ID= 50), 3 (FC= 60; ID= 50) y 5 (FC= 150; ID= 100), indicando que la frecuencia de corte afecta la producción de forraje proveniente del orégano. Las alternativas de defoliación que ofrecen mejores resultados durante la época de lluvias son ID a 100% a intervalos de 45 a 60 días con mayor acumulación de forraje sin comprometer la persistencia de la especie arbustiva.

*M. parviflora* (palo canizo) tuvo mayor rendimiento de MS en el tratamiento 2 ( $p < 0.0001$ ) en comparación con los demás tratamientos, por lo que la mejor frecuencia de corte fue de 60 días después del inicio del periodo de lluvias con intensidad de defoliación de 100%. Esto sugiere que a 60 días de establecidas las lluvias palo canizo tuvo la máxima producción de follaje, para después disminuir su crecimiento hasta perder sus hojas durante la época de otoño.

Esto demuestra que cada especie arbustiva presenta adaptaciones morfo-fisiológicas, acumulando reservas nutrimentales para el desarrollo de follaje durante la estación lluviosa y desprendiéndose de las hojas durante el otoño para ahorrar energía durante la época de estiaje, manteniendo un estado de baja actividad fisiológica (Passera *et al.*, 2010).

### Correlación de características morfológicas con producción forrajera

Las características morfológicas obtenidas se utilizaron para estimar el índice de correlación ( $r$ ) con la producción de forraje y obtener ecuaciones de predicción de biomasa forrajera. Las variables altura de planta, diámetro de copa y número ramas secundarias, mostraron diferencias ( $p < 0.0001$ ) entre los arbustos *A. subangulata*, *L. graveolens* y *M. parviflora*. La sierrecilla (*A. subangulata*) fue el arbusto más alto, con mayor área de copa, pero con menor número de ramas secundarias, en comparación con orégano y palo canizo (Cuadro 3).

### Cuadro 3. Características morfológicas de la sierrecilla (*A. subangulata*), orégano (*L. graveolens*) y palo canizo (*M. parviflora*) en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. México.

Table 3. Morphological characteristics of sierrecilla (*A. subangulata*), oregano (*L. graveolens*) and reed stick (*M. parviflora*) in the Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán.

Variable	Sierrecilla	Orégano	Palo canizo
Altura (cm)	235.6 <sup>a</sup>	83.4 <sup>b</sup>	53.4 <sup>c</sup>
Diámetro de copa (cm)	270.9 <sup>a</sup>	65.6 <sup>b</sup>	61.9 <sup>b</sup>
Número de ramas	1.8 <sup>c</sup>	7 <sup>b</sup>	14.7 <sup>c</sup>

Medias con diferente literal muestran diferencias entre especies arbustivas en cada variable ( $p < 0.0001$ ).

*M. parviflora* (reed stick) had higher dry matter yield in treatment 2 ( $p < 0.0001$ ) compared with other treatments, so the best cutoff frequency was 60 days after the onset of the rainy season with intensity 100% defoliation. This suggests that established the 60 days post reed stick rains had maximum production of foliage, then slow their growth until they lose their leaves during the autumn time.

This shows that every shrub species has morpho-physiological adaptations accumulate nutrient reserves for the development of foliage during the rainy season and shedding leaves in the fall to save energy during the dry season, maintaining a state of low physiological activity (Passera *et al.*, 2010).

### Correlation of morphological characteristics with forage production

Morphological characteristics obtained were used to estimate the correlation index ( $r$ ) with forage production and obtain prediction equations forage biomass. The variables plant height, crown diameter and secondary branches number, showed differences ( $p < 0.0001$ ) between the bushes *A. subangulata*, *L. graveolens* and *M. parviflora*. The sierrecilla (*A. subangulata*) was the highest bush, more glass area, but with fewer secondary branches, compared with oregano and reed stick (Table 3).

In other investigations are reported height ranges similar to that observed in oregano plant in the present study: CONAFOR (2009) described as thin *L. graveolens* bush 70 cm to 2 m high, while Sánchez *et al.* (2007) report the height of the bush in a range of 45 cm to 1.8 m, indicating that the stems are branched at the top and tend to bare; in the lower parts, these morphological characteristics of oregano match the observed field. Regarding the other two forage species no prior information of their morphological characteristics was found, so that the values obtained are used as references for further research.



En otras investigaciones se reportan rangos de altura de la planta orégano similares a lo observado en el presente estudio: CONAFOR (2009) describe a *L. graveolens* como arbusto delgado de 70 cm a 2 m de altura, mientras que Sánchez *et al.* (2007) reportan la altura del arbusto en un rango de 45 cm hasta 1.8 m, indicando que los tallos se ramifican en su parte superior y tienden a deshojarse en las partes inferiores, estas características morfológicas del orégano coinciden con lo observado en campo. Respecto a las otras dos especies forrajeras no se encontró información previa de sus características morfológicas, de modo que los valores obtenidos sirven son referentes para nuevas investigaciones.

La variable dependiente producción de MS fue correlacionada con altura de planta, diámetro de copa y número de ramas. Los coeficientes de correlación revelaron que la altura de la planta ( $r=0.6842$ ) y diámetro de la copa ( $r=0.7418$ ) están asociadas positivamente con el rendimiento de follaje cosechado ( $p<0.0001$ ), pero negativamente con el número de tallos secundarios ( $p=0.0007$ ). Los índices de correlación para producción de MS con altura de la planta y diámetro de copa fueron de  $r=0.4766$  y  $r=0.5519$  para *A. subangulata*; de  $r=0.6888$  y  $r=0.7997$  para *L. graveolens*; y de  $r=0.779$  y  $r=0.7958$  para *M. parviflora*, respectivamente. Asimismo, las correlación entre producción de MS y número de ramas secundarias fue negativa y baja ( $r=-0.2902$ ) para orégano, positiva y moderada ( $r=0.5003$ ) para sierrecilla y, positiva y baja ( $r=0.1417$ ), para palo canizo.

#### Ecuaciones de predicción de biomasa forrajera

Mediante análisis de regresión se estimó el efecto de la altura de la planta (A), diámetro de copa (D) y número de tallos (N) sobre la cantidad de forraje seco disponible (CF). Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para cada especie arbustiva explicaron del 63 al 67% ( $p<0.0001$ ) de la variabilidad en el rendimiento de forraje relacionada con la altura de la planta, diámetro de copa y número de tallos (Cuadro 4). Estos resultados son similares a los obtenidos por Domínguez *et al.* (2003), cuando las ecuaciones de predicción de biomasa forrajera para arbustos de zonas áridas tuvieron  $R^2=0.7$  utilizando como variables independientes la temperatura, la precipitación, el manejo del ganado y las actividades antropogénicas.

The dependent variable MS production was correlated with plant height, crown diameter and number of branches. The correlation coefficients revealed that plant height ( $r=0.6842$ ) and crown diameter ( $r=0.7418$ ) are positively associated with the performance of harvested foliage ( $p<0.0001$ ), but negatively with the number of secondary stems ( $p=0.0007$ ). The correlation coefficients for MS production with plant height and crown diameter were  $r=0.4766$  and  $r=0.5519$  for *A. subangulata*;  $r=0.6888$  and  $r=0.7997$  for *L. graveolens*; and of  $r=0.779$  and  $r=0.7958$  for *M. parviflora*, respectively. Also, the correlation between MS production and number of secondary branches was negative and low ( $r=-0.2902$ ) for oregano, positive and moderate ( $r=0.5003$ ) for sierrecilla and positive and low ( $r=0.1417$ ) for reed stick.

#### Prediction equations forage biomass

By regression analysis the effect of plant height (A), crown diameter (D) and number of stems (N) on the amount of dry fodder available (CF) was estimated. The coefficients of determination ( $R^2$ ) for each shrubby species accounted for 63 to 67% ( $p<0.0001$ ) of the variability in forage yield related to plant height, crown diameter and number of stems (Table 4). These results are similar to those obtained by Domínguez *et al.* (2003), when the prediction equations forage biomass for shrubs in arid  $R^2=0.7$  were used as independent variables temperature, precipitation, livestock management and anthropogenic activities.

#### Cuadro 4. Ecuaciones de predicción de materia seca para sierrecilla (*A. subangulata*), orégano (*L. graveolens*) y palo canizo (*M. parviflora*) considerando la altura de la planta, diámetro de copa y número de tallos, en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. México.

Table 4. Prediction equations for sierrecilla dry matter (*A. subangulata*), oregano (*L. graveolens*) and reed stick (*M. parviflora*) considering the plant height, crown diameter and number of stems in Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán.

Especie	Ecuación de predicción	$R^2$	$p$
Sierrecilla	$CF=-33.74+0.008*(A*D*N)$	0.87	0.0001
Orégano	$CF=-15.31+(0.6097*D)$	0.63	0.0001
Palo canizo	$CF=-36.05+(1.21*D)$	0.63	0.0001

$R^2$ : coeficiente de determinación;  $p$ : probabilidad  $\leq 0,0001$ .

## Conclusiones

El mayor rendimiento de forraje por hectárea durante la época de lluvias correspondió a la especie *L. graveolens*, por lo que el orégano es un arbusto que aporta nutrientes al ganado, además de la importancia ecológica, económica y cultural para la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. Para el ganado caprino el orégano consumido proporciona características organolépticas deseables al mercado regional de la carne caprina. La máxima producción acumulada de materia seca se obtiene con *L. graveolens* y *M. parviflora* a intervalo de cosecha de 45 días durante la época de lluvias, con intensidad de defoliación de 100%; no obstante, para *A. subangulata*, el máximo rendimiento se obtuvo a 150 días de iniciadas las lluvias con intensidad de corte de 100%. Por lo tanto se considera pertinente defoliar a intensidad de 100% a los arbustos caducifolios (*L. graveolens* y *M. parviflora*) y una intensidad de 50% al arbusto perennifolio (*A. subangulata*) para incrementar la sobrevivencia de los arbustos a largo plazo. Es posible predecir la producción de forraje utilizando información de altura de la planta, diámetro de copa y número de ramas, mediante las ecuaciones de regresión lineal propuestas con confiabilidad de 79.5%.

## Literatura citada

- Armenta, Q., J. A. 2004. Importancia de las leguminosas en la dieta de caprinos en un matorral sarcocaulés durante la época de sequía. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.
- Avalos, C., R. 2004. Composición botánica y valor nutritivo de la dieta de cabras en pastoreo en el valle de la matanza. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.
- Carrera, P., S. 2014. Plan de manejo sustentable del agostadero del Ejido Santa Ana Teloxtoc, Tehuacán, Puebla. Tesis Profesional, Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo México. 87 pag.
- CONAFOR. 2009. Comisión Nacional Forestal. Paquetes tecnológicos: *Lippia graveolens kunth*. México.
- CONANP. 2013. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Programa de Manejo Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. México, D.F.
- CONAFOR. 2013. Ordenamiento Territorial Comunitario del Ejido Santa Ana Teloxtoc. Servicio Forestal Zenzontepetl. México.
- Domínguez, C. R., Guillén, T. A., León, de la L. J. L., y Murillo, A. B. 2003. Estimación y disponibilidad forrajera de arbustos en Baja California Sur, México. *Interciencia*, 28: 229-233.
- García, V., N. 2012. Aprovechamiento de orégano silvestre (*Lippia spp.*), en la comunidad de Tesila, El Fuerte, Sinaloa. M.C. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Indígena de México. México.

## Conclusions

The highest forage yield per hectare during the rainy season corresponded to the species *L. graveolens*, so that oregano is a shrub that provides nutrients to livestock, in addition to the ecological, economic and cultural importance for Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. For oregano the goats consumed provides desirable organoleptic characteristics to the regional market for goat meat. The maximum cumulative production of dry matter is obtained with *L. graveolens* and *M. parviflora* to harvest interval of 45 days during the rainy season, with defoliation intensity of 100%; however, for *A. subangulata*, the maximum yield was obtained 150 days with intensity rains started cutting 100%. Therefore it is considered appropriate to defoliate intensity of 100% deciduous shrubs (*L. graveolens* and *M. parviflora*) and an intensity of 50% to evergreen shrub (*A. subangulata*) to increase the survival of the bushes long term. It is possible to predict forage production using information from plant height, crown diameter and number of branches, using the linear regression equations proposed with 79.5% reliability.

*End of the English version*



- Huss, D. 1993. Papel del ganado doméstico en el control de la desertificación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 113 p.
- Meneses, R. 1993. Estimación de la disponibilidad forrajera de praderas arbustivas. *Dialogo XXXVIII: metodología de evaluación de pasturas*. 45 p.
- Osorno, S., T., Ruiz, A. T., Sandoval, L. H., y Cisneros, R. L. 2009. Management and extraction of *Lippia graveolens* in the arid lands on Queretaro, Mexico. *Economic Botanic*, 63:314-318.
- Passera, C., Cavagnaro, B. J., y Sartor C. 2010. Plantas C3, C4 y CAM nativas del monte árido argentino. Adaptaciones y potencial biológico. En: C4 y CAM. Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semiáridas. Edit. CSIC, Madrid, Spain: 165-176.
- Sánchez, O., Medellín, R., Aldama, A., Goettsch, B., Soberón, J. y Tambutil, M. 2007. Métodos de Evaluación de Riesgo de Extinción de las especies silvestres en México (MER). Instituto Nacional de Ecología. México. 173 p.
- SAS. 2009. Statistic Analysis Systems. SAS/STAT® 9.3. User's Guide. Cary, NC, USA.
- SMN. 2010. Servicio Meteorológico Nacional, México. Estado de Puebla; Estación: 00021083 Tehuacán; Periodo: 1951-2010. Consultada el 27-02-2015. [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75).
- Velázquez, O., R. 2005. Caracterización de la Biología reproductiva, el establecimiento y crecimiento de *Lippia graveolens Kunth* y la producción de aceites esenciales en poblaciones con o sin manejo. Tesis de Doctorado. Facultad de Recursos Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, México.