



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONOCIMIENTO TRADICIONAL, COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y NUTRITIVO DE ESPECIES LEGUMINOSAS FORRAJERAS NATIVAS EN TECOMATLÁN, PUEBLA

FEDERICO FRANCISCO MARTÍNEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2019



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Federico Francisco Martínez**, alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Conocimiento tradicional, comportamiento productivo y nutritivo de especies leguminosas forrajeras nativas en Tecamatlán, Puebla**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 13 de noviembre del 2018.

Federico Francisco Martínez

Vo. Bo. Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez
Profesor consejero

La presente tesis, titulada: **Conocimiento tradicional, comportamiento productivo y nutritivo de especies leguminosas forrajeras nativas en Tecamatlán, Puebla;** realizada por el alumno: **Federico Francisco Martínez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:

DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ

ASESOR:

DR. JOSÉ ISABEL OLVERA HERNÁNDEZ

ASESOR:

MC. ERNESTO ACEVES RUIZ

ASESOR:

DR. JOSÉ ARTURO MÉNDEZ ESPINOZA

ASESORA:

DRA. SILVIA LÓPEZ ORTIZ

Puebla, Puebla, México, 13 de noviembre del 2018

CONOCIMIENTO TRADICIONAL, COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y NUTRITIVO DE ESPECIES LEGUMINOSAS FORRAJERAS NATIVAS EN TECOMATLÁN, PUEBLA

Federico Francisco Martínez, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2018
RESUMEN

Se evaluaron las especies leguminosas herbáceas nativas *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia*, *Senna uniflora* y *Senna lindehimeriana* en Tecamatlán, Puebla. Se midió el comportamiento productivo, calidad nutritiva y se sistematizó el conocimiento tradicional que los productores tienen sobre estas especies. Se establecieron dos experimentos, el primero en 2016 y el otro en 2017. La siembra se realizó en unidades experimentales de 32 m² (8 x 4 m) utilizando un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Los cortes de las especies se realizaron a un intervalo de 10 días en 2016 y de 15 días en 2017. Las variables medidas fueron materia seca (MS), producción de hoja y de tallo, y altura. Para la calidad nutritiva se evaluaron: Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), Lignina, Cenizas, Proteína Cruda (PC) y Digestibilidad *in vitro* de MS (DIVMS). Los resultados productivos fueron diferentes entre ciclos; la especie *Senna lindehimeriana* no prosperó. La máxima acumulación de MS en el ciclo 2016 se observó a los 70 días para *Crotalaria incana* (17 604.75 kg ha⁻¹ MS), 70 días para *Senna uniflora* (13 981 kg ha⁻¹ MS) y 50 días para *Cassia obtusifolia* (17 241.25 kg ha⁻¹ MS); mientras que en ciclo 2017, este fenómeno se observó a los 75 días para *Senna uniflora* (8 292 kg ha⁻¹ MS), 120 días para *Cassia obtusifolia* (17 027 kg ha⁻¹ MS) y 135 días en *Crotalaria incana* (9 680 kg ha⁻¹ MS). Las especies fueron diferentes ($p < 0.0001$) en concentración de PC. *Crotalaria incana* presentó las mayores concentraciones en ambos ciclos con 274 y 219 g kg⁻¹ MS. *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora* presentaron valores de 221 y 218 g kg⁻¹ MS en 2016 y 112 y 134 g kg⁻¹ MS en 2017, respectivamente. Las especies tuvieron diferencias ($p < 0.0001$) en DIVMS. *Cassia obtusifolia* tuvo la mayor ($p < 0.05$) digestibilidad en toda la evaluación y en ambos ciclos, con 919 y 944 g kg⁻¹ MS, respectivamente. *Crotalaria incana* y *Senna uniflora* presentaron valores de 887 y 865 g kg⁻¹ MS en 2016 y 904 y 873 g kg⁻¹ MS en 2017. Las especies evaluadas fueron poco identificadas por los productores y, cuando las identificaron, las relacionaron como malezas, considerándolas sin importancia para el sistema de alimentación de caprinos. Se concluye que las especies *Cassia obtusifolia* y *Crotalaria incana* fueron las que mostraron mejor comportamiento productivo y nutritivo. Los productores no las valoran como recursos con potencial para mejorar la dieta de sus animales, por lo que sí ocurriera lo contrario, podría mejorarse el sistema de producción en términos de alimentación.

Palabras clave: *Crotalaria incana*, *Senna uniflora*, *Cassia obtusifolia*, Digestibilidad, Producción de forraje.

TRADITIONAL KNOWLEDGE, PRODUCTIVE AND NUTRITIVE PERFORMANCE OF NATIVE LEGUME FORAGE SPECIES IN TECOMATLÁN, PUEBLA

Federico Francisco Martínez, M.S.

Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

The native herbaceous legume species *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia*, *Senna uniflora* and *Senna lindehimeriana* were evaluated in Tecamatlán, Puebla. Its productive performance and nutritional quality was measured, as well as the traditional knowledge about them by the producers was systematized. Two experiments were established, the first in 2016 and the other in 2017. Planting was done in experimental units of 32 m² (8 x 4 m) using a completely random design with four repetitions. The cuts of the species were made at an interval of 10 days in 2016 and 15 days in 2017. The variables measured were dry matter (DM), leaf and stem production, and height. For the nutritional quality, the following were evaluated: Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF), Lignin, Ashes, Crude Protein (CP) and *in vitro* DM Digestibility (IVDDM). The productive results were different between cycles; the species *Senna lindehimeriana* did not prosper. The maximum accumulation of DM in the 2016 cycle was observed at 70 days for *Crotalaria incana* (17 604.75 kg ha⁻¹ DM), 70 days for *Senna uniflora* (13 981 kg ha⁻¹ DM) and 50 days for *Cassia obtusifolia* (17 241.25 kg ha⁻¹ DM); while in the 2017 cycle, this phenomenon was observed at 75 days for *Senna uniflora* (8 292 kg ha⁻¹ DM), 120 days for *Cassia obtusifolia* (17 027 kg ha⁻¹ DM) and 135 days in *Crotalaria incana* (9 680 kg ha⁻¹ DM). The species were different (p<0.0001) in CP concentration. *Crotalaria incana* presented the highest concentrations in both cycles with 274 and 219 g kg⁻¹ DM. *Cassia obtusifolia* and *Senna uniflora* presented values of 221 and 218 g kg⁻¹ DM in 2016 and 112 and 134 g kg⁻¹ DM in 2017, respectively. The species had differences (p<0.0001) in IVDDM. *Cassia obtusifolia* had the highest (p<0.05) digestibility in the whole evaluation and in both cycles, with 919 and 944 g kg⁻¹ DM, respectively. *Crotalaria incana* and *Senna uniflora* presented values of 887 and 865 g kg⁻¹ DM in 2016 and 904 and 873 g kg⁻¹ DM in 2017. The evaluated species were scarcely identified by the producers and, when they identified them, they related them as weeds, considering them unimportant to the goat feeding system. It is concluded that *Cassia obtusifolia* and *Crotalaria incana* species showed the best productive and nutritional performance. The producers do not value them as resources with the potential to improve the diet of their animals, so if the opposite occurs, the production system could be improved in terms of feeding.

Key words: *Crotalaria incana*, *Senna uniflora*, *Cassia obtusifolia*, Digestibility, Forage production.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, Papá, Mamá, por los consejos que me han brindado, y por el hecho de saber que siempre contaré con su apoyo.

A mi hermana, por el simple hecho de ser mi hermana.

A la familia Tapia Llanos por la ayuda mostrada.

A mi amada esposa Nadia Luz Tapia Llanos por el apoyo y la paciencia que ha mostrado en la realización de este trabajo.

A mi hijo Ilich Anibal, y a una criatura que está por venir, que les sirva de inspiración para susperarse en su formación académica y ponerse al servicio del pueblo trabajador.

A la Sra. Inés Córdova Aguilar por su amistad y los sabios consejos que siempre me ha brindado. Gracias Doña Nechi.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia Y Tecnología por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados campus Puebla por permitir formarme profesionalmente.

Al Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez, por aceptar dirigir este trabajo, además de su empeño mostrado y los consejos dados para poder terminar con esta fase formativa.
Gracias por su amistad.

A los integrantes del consejo particular Dr. José Isabel Olvera Hernández, MC. Ernesto Aceves Ruiz, Dr. José Arturo Méndez Espinoza y Dra. Silvia López Ortiz. Gracias por el apoyo mostrado, los comentarios y sugerencias hechas a este trabajo.

Al Instituto Tecnológico de Tecamatlán por permitirme realizar los experimentos dentro del campus así como brindarme lo necesario para el desarrollo de este estudio.

A la ex-presidenta municipal, Inés Córdova Aguilar por brindar información sobre la cantidad de caprinocultores presentes en el municipio para realizar el estudio de conocimiento tradicional.

A los productores de caprinos que tuvieron la modestia en contestar a la encuesta realizada, y por tanto, contribuir en esta investigación compartiendo el conocimiento que han desarrollado.

ÍNDICE

I.	Introducción	1
II.	Problema de investigación.....	3
III.	Hipótesis	4
IV.	Objetivos.....	5
V.	Revisión de literatura.....	6
	5.1. Importancia de la ganadería en el trópico seco	6
	5.2. Comportamiento de los rumiantes en pastoreo	7
	5.3. Importancia de las leguminosas en los sistemas mixtos	9
	5.5. Conocimiento tradicional de especies leguminosas forrajeras nativas.....	9
	5.5.1. <i>Crotalaria incana</i>	14
	5.5.2. <i>Senna lindehimeriana</i>	15
	5.5.3. <i>Cassia obtusifolia</i>	16
	5.5.4. <i>Senna uniflora</i>	19
VI.	Materiales y métodos	21
	6.1. Localización del área de estudio.....	21
	6.2. Material vegetal	22
	6.3. Manejo agronómico	22
	6.4. Toma de datos	23
	6.5. Diseño experimental y análisis estadístico	23
	6.6. Variables del componente de rendimiento	24
	6.6.1. Altura de la planta	24
	6.6.2. Acumulación de materia seca de forraje.....	24
	6.7. Calidad nutritiva	25
	6.8. Encuesta a productores	26
VII.	Resultados.....	28
	7.1. Condiciones edáficas y climáticas	28
	7.2. Comportamiento productivo de forraje de las tres especies leguminosas.....	30
	7.2.1 Acumulación de materia seca	30
	7.2.2. Producción de hoja	31
	7.2.3. Producción de tallo	33
	7.2.4. Relación hoja-tallo	35

7.2.5. Altura de la planta	36
7.3. Calidad nutritiva del forraje de las tres especies leguminosas	38
7.3.1. Fibra Detergente Neutro.....	38
7.3.2. Fibra Detergente Ácido	40
7.3.3. Lignina	41
7.3.4. Cenizas.....	42
7.3.5. Proteína cruda.....	43
7.3.6. Digestibilidad <i>in Vitro</i> de materia seca	44
7.4. Encuesta a productores	46
VIII. Discusión	47
8.1. Comportamiento productivo de tres especies leguminosas.....	47
8.1.1. Acumulación de materia seca	47
8.1.2. Producción de hoja y tallo.....	47
8.1.4. Altura de la planta.....	48
8.2. Calidad nutritiva del forraje de tres especies leguminosas	49
8.2.1. Proteína Cruda	49
8.2.2. Contenido de fibras	49
8.2.3. Cenizas.....	50
8.2.4. Digestibilidad in vitro de la materia seca.....	51
8.3. Encuesta a productores.....	51
IX. Conclusiones y recomendaciones	53
9.1. Conclusiones.....	53
9.2. Recomendaciones	54
X. Literatura citada.....	56
XI. Anexos	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Resultados del análisis de suelo de los sitios de estudio en los ciclos 2016 y 2017.....	28
-----------------	--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Especies nativas estudiadas en la presente investigación: a) <i>Crotalaria incana</i> , b) <i>Senna lindehimeriana</i> , c) <i>Cassia obtusifolia</i> y d) <i>Senna uniflora</i>	13
Figura 2	Ubicación del estudio en el municipio de Tecamatlán, Puebla.....	21
Figura 3	Temperaturas y precipitaciones correspondientes a ambos ciclos de estudio. De junio a noviembre de 2016 a) y de mayo a noviembre de 2017 b) en Tecamatlán, Puebla. Las flechas en negro corresponden a las fechas de corte con un periodo de 10 a) y 14 b) días.....	29
Figura 4	Acumulación de forraje (kg MS ha ⁻¹) de las leguminosas <i>Crotalaria incana</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> y <i>Senna uniflora</i> evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla.....	31
Figura 5	Producción de hoja (kg MS ha ⁻¹) de forraje de las leguminosas <i>Crotalaria incana</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> y <i>Senna uniflora</i> evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla.....	33
Figura 6	Producción de tallo (kg MS ha ⁻¹) de forraje de las leguminosas <i>Crotalaria incana</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> y <i>Senna uniflora</i> evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla	35
Figura 7	Relación hoja-tallo (kg ha ⁻¹) de forraje de las leguminosas <i>Crotalaria incana</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> y <i>Senna uniflora</i> evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla	36
Figura 8	Altura de la planta (cm) de <i>Crotalaria incana</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> y <i>Senna uniflora</i> evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla	38
Figura 9	Fibra Detergente Neutro (g kg ⁻¹ MS) del forraje de las leguminosas <i>Crotalaria incana</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> y <i>Senna uniflora</i> evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla	39
Figura 10	Fibra Detergente Ácido (g kg ⁻¹ MS) del forraje de las leguminosas <i>Crotalaria incana</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> y <i>Senna uniflora</i> evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla.....	41

Figura 11	Lignina (g kg^{-1} MS) del forraje de las leguminosas <i>Crotalaria incana</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> y <i>Senna uniflora</i> evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla.....	42
Figura 12	Cenizas (g kg^{-1} MS) del forraje de las leguminosas <i>Crotalaria incana</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> y <i>Senna uniflora</i> evaluadas en el ciclo 2016 en Tecamatlán, Puebla.....	43
Figura 13	Proteína Cruda (g kg^{-1} MS) del forraje de las leguminosas <i>Crotalaria incana</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> y <i>Senna uniflora</i> evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla.....	44
Figura 14	Digestibilidad <i>in vitro</i> (g kg^{-1} MS) del forraje de las leguminosas <i>Crotalaria incana</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> y <i>Senna uniflora</i> evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla.....	45

I. Introducción

La región de la Mixteca Baja Poblana ocupa el 26.6% de la superficie del estado de Puebla (Huerta *et al.*, 2008), donde el sistema de producción pecuario, principalmente la cría de caprinos en condiciones de pastoreo, se ha practicado como una importante actividad económica, social y cultural (Ortiz *et al.*, 2010; Vázquez y Martínez, 2011). La vegetación predominante es la selva baja caducifolia que ocupa aproximadamente el 40.9 % de la superficie de la Mixteca Baja Poblana (Huerta *et al.*, 2008). Las especies de plantas que predominan en este tipo de vegetación son de afinidad neotropical y las familias predominantes son: *Leguminosae*, *Euphorbiaceae*, *Burseraceae*, *Cactaceae*, *Malphiaceae* y *Anacardiaceae*, entre otras (Trejo y Dirzo, 2000). La familia leguminosae se encuentran presentes en una amplia diversidad de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, que son una fuente importante de forraje para la alimentación animal (Guerrero *et al.*, 2011), pues poseen niveles de proteína que van de 14 a 35% de acuerdo a la especie y las condiciones ambientales en que crecen (Hove *et al.*, 2001; García-Bonilla *et al.*, 2014). Al respecto, Hernández *et al.*, (2008) identificaron 40 especies de leguminosas consumidas por las cabras en la Mixteca Poblana (época seca y lluviosa) de las cuales el 32.5% son de la familia *Mimosoidae*, 12.5% de la familia *Fabaceae* y 7.5% corresponden a la familia *Caesalpinioideae*, las que las hace un recurso importante.

Adicionalmente, las leguminosas tienen una función importante en los ecosistemas porque fijan nitrógeno atmosférico al suelo (Campillo *et al.*, 2003), por esta razón muchas son introducidas en sistemas agrícolas de manera intercalada o asociada con otros cultivos para aumentar la entrada de nitrógeno natural al sistema y producir

mejores rendimientos (Saad R. *et al.*, 2016); de acuerdo con Zimmer *et al.* (2016) hay especies que pueden fijar hasta 337 kg de N/ha/año.

Sin embargo, el conocimiento de muchas especies leguminosas nativas del estrato herbáceo se restringe básicamente a su descripción botánica, tal es el caso de *Crotalaria incana* (Carreras *et al.*, 1997; Carreras *et al.*, 2001; Planchuelo y Carreras, 2011) *Cassia obtusifolia*, *Senna lindheimeriana*, *Senna uniflora*, especies consumidas por caprinos pero carecen de estudios sobre las características nutritivas y su potencial forrajero.

Por tal motivo, se planteó el objetivo de caracterizar la producción de forraje, la calidad nutritiva, así como sistematizar el conocimiento tradicional que tienen los productores de la región sobre estas especies. Esto permitirá generar el conocimiento sobre el potencial forrajero para su mejor manejo en los agostaderos de la mixteca, buscando el mejor aprovechamiento de los recursos locales bajo un sistema de producción pecuario más sostenible, contribuyendo a la mejora de la alimentación animal y, por tanto, a la seguridad alimentaria de la región.

II. Problema de investigación

En la región de la Mixteca Poblana la ganadería se practica bajo un sistema extensivo, aprovechando el agostadero como principal fuente de alimentación de los animales (principalmente cabras) (Hernández *et al.*, 2001). Sin embargo, los forrajes que son consumidos solo aportan nutrientes para mantenimiento de los mismos, esto hace que no puedan expresar su potencial productivo. Este problema se debe principalmente al mal manejo del pastoreo que ha deteriorado los agostaderos, reduciendo el inventario de especies vegetales, y por tanto, dejando el suelo descubierto y propenso a la erosión (Guerrero *et al.*, 2011). Aunado a esto, en la Mixteca Poblana existe una fuerte estacionalidad de la producción natural de forraje, por lo que, sólo es una época corta y muy marcada cuando es posible aprovechar forrajes directamente de los agostaderos. En la época de estiaje se presenta una alta tasa de mortalidad (42.6%) que se atribuye a la falta de forraje, además, en esta época también se presenta la mayor cantidad de muertes de las crías (58.8%) (Hernández *et al.*, 2001)

Bajo este panorama se plantea que la falta de conocimiento sobre el potencial forrajero y la calidad nutritiva de especies nativas de la Mixteca Poblana tales como *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia*, *Senna lindehimeriana* y *Senna uniflora* hace que su aprovechamiento como especies forrajeras, sea limitado en la región. Así mismo, se necesita sistematizar el conocimiento tradicional que los productores tienen sobre estas especies.

Por tal motivo se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál es la producción y el valor nutritivo del forraje de las especies *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia*, *Senna lindehimeriana* y *Senna uniflora* a través de todo su ciclo de vida en

Tecomatlán, Puebla?, ¿Cuál es el conocimiento tradicional que los productores tienen sobre las especies *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia*, *Senna lindehimeriana* y *Senna uniflora*?

III. Hipótesis

Las especies *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia*, *Senna lindehimeriana*, *Senna uniflora*, difieren en rendimiento de forraje en base seca y son complementarias en la curva de acumulación de forraje.

La calidad nutritiva del forraje de las especies *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia*, *Senna lindehimeriana*, *Senna uniflora* a través de su ciclo productivo es alta.

El conocimiento tradicional que tienen los productores sobre las especies *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia*, *Senna lindehimeriana* y *Senna uniflora* como plantas forrajeras es escaso, son poco valoradas y su identificación es sólo de manera visual.

IV. Objetivos

Determinar el rendimiento de forraje en base seca de las especies herbáceas *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia*, *Senna lindehimeriana*, *Senna uniflora*, en la Mixteca Poblana.

Determinar la calidad nutritiva del forraje de *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia*, *Senna lindehimeriana*, *Senna uniflora*, en la Mixteca Poblana.

Sistematizar el conocimiento tradicional existente por parte de los productores sobre el aprovechamiento como plantas forrajeras de las especies *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia*, *Senna lindehimeriana*, *Senna uniflora* en la Mixteca Poblana.

V. Revisión de literatura

5.1. Importancia de la ganadería en el trópico seco

La ganadería en México aprovecha una superficie superior a los 110 millones de hectáreas, representando aproximadamente el 60% de la superficie del territorio nacional (Lastra *et al.*, 2000), de los cuales alrededor de 56 millones de hectáreas (28% del territorio nacional) corresponden a la región tropical (Enríquez *et al.*, 2011). Esta actividad, principalmente la producción de carne, es la más diseminada en el medio rural (Lastra *et al.*, 2000); aquí se mantiene el 64% del hato ganadero y se genera el 35% de carne y 25% de leche que el país produce (Enríquez *et al.*, 2011). Esta actividad se realiza en todas las zonas ecológicas del país, aún en ambientes adversos, utilizando recursos naturales que no tiene condiciones adecuadas para la producción de cultivos u otra actividad productiva (Lastra *et al.*, 2000).

El trópico seco de México se encuentra presente en 26 estados de la república mexicana, abarcando una superficie de 32 millones de hectáreas (61% de la región tropical) y concretamente en el estado de Puebla el trópico seco abarca una superficie de 753 867 hectáreas (21% de la superficie del estado) (Enríquez *et al.*, 2011).

La región Mixteca Baja Poblana ubicada al sur del estado, comprende una superficie de 1.1 millones de hectáreas (Hernández *et al.*, 2011) y presenta condiciones de trópico seco; el clima predominante es cálido subhúmedo (Aw0(w)(i')g), la precipitación anual promedio es de 827.1 mm, la temperatura oscila entre 14.9 y 36.9 °C (Trejo, 1999) y la vegetación predominante es la selva baja caducifolia (Huerta *et al.*, 2008).

En la Mixteca Poblana, las actividades como la producción vegetal, el tejido de palma, la ganadería y actualmente el agave mezcalero, son los recursos con alto potencial económico para las familias (Hernández *et al.*, 2011). La ganadería, principalmente la cría de caprinos, es una importante actividad económica, social y cultural (Ortiz *et al.*, 2010; Vázquez y Martínez, 2011), predominando el sistema pastoril sedentario, organizado en unidades de producción de tipo familiar (Hernández *et al.*, 2011), y aunque la caprinocultura tenga una participación baja en el abasto de carne (alrededor de 0.8%) su rusticidad y adaptación al medio, no sólo les permite sobrevivir, sino producir carne aprovechando los mínimos nutrientes (SAGARPA, 2010).

Hernández *et al.* (2011) mencionan que de 15 unidades de producción ganadera estudiadas en la mixteca, el 83% se dedican a la producción de caprinos, un 10% a caprinos-bovinos y el 7% restante a caprinos-ovinos. Además reportan que la suplementación consiste en rastrojos o esquilmos agrícolas, como las pajas de cacahuate, frijol, zacate de maíz, soya y algunos granos (maíz y frijol) en menor cantidad (60 a 110 g/día/capriño) en la época de estiaje. Por tanto, esta región es productora y abastecedora de caprinos criados mayormente en agostaderos y algunas otras especies de rumiantes que contribuyen a la economía local.

5.2. Comportamiento de los rumiantes en pastoreo

La mayoría de los rumiantes domesticados son criados única o parcialmente en sistemas de producción semi-extensivos o extensivos donde la mayoría de los nutrientes son derivados de los forrajes pastados (Animut *et al.*, 2005a). La vegetación de las áreas donde se realiza el pastoreo difiere en términos de su composición botánica y estructural y puede cambiar de acuerdo a su manejo (sistema de pastoreo, carga animal, especies

animales, raza, tipo de rebaño) y condiciones ambientales como suelo y clima entre otros (Osoro *et al.*, 2013). Esta condición ha permitido que las especies rumiantes desarrollen habilidades como la preferencia, tolerancia y habilidad para pastorear en tierras con diferente topografía (Animut y Goetsch, 2008), consuman diferente tipo de especies o partes de la planta (Álvarez *et al.*, 2016) debido a sus diferencias anatómicas y fisiológicas que afectan la selectividad de las especies de plantas consumidas (Animut *et al.*, 2005b).

En las regiones con climas cálidos, los pequeños rumiantes podrían ser las especies domésticas más apropiadas, debido a su habilidad para seleccionar la dieta, sus bajos requerimientos nutricionales y sus cortos periodos de gestación y lactación comparados con especies mayores (Osoro *et al.*, 2013). Entre los pequeños rumiantes, la especie caprina posee mejores capacidades de adaptación al ramoneo debido a su gran habilidad selectiva. Tienen preferencia por el estrato arbóreo (Animut *et al.*, 2005b; Álvarez *et al.*, 2016), el ramoneo representa de 51-90% de su dieta (Papachristou, 1997; Papachristou, 2005) y es una condición que realizan más en verano y en la época lluviosa cuando dedican de 52.9 – 62.0% de su tiempo de pastoreo (Sharma *et al.*, 1998). Sin embargo, esta condición depende en buena medida de la disponibilidad y calidad de los forrajes (Animut *et al.*, 2005a; Papachristou *et al.*, 2005a) ya que el estrato herbáceo contribuye considerablemente con 30% de su dieta durante abril, mayo y junio (Papachristou, 1997; Papachristou, 2005b) y en invierno pasan más tiempo (52.0 – 61.9%) consumiendo pastos (Sharma *et al.*, 1998). Los caprinos pueden compensar la baja calidad con más grandes volúmenes de forrajes hasta el 6% de su peso vivo (Mendoza *et al.*, 2016), esto se debe a la tasa y tamaño de bocados diarios que toman

(3634 mordidas diarias), ingiriendo alrededor de 514.7 g día⁻¹ de MS (Gonzalez *et al.*, 2015). Aunque la ingesta de materia seca (g por kg BW^{0.75}) también es influenciada por la estación, encontrándose valores mínimos en verano (49.2 - 52.8 g) que se incrementa en invierno (68.5 - 69.7 g) y en la estación lluviosa (84.3 g) (Sharma *et al.*, 1998).

El tiempo de pastoreo de las cabras depende de la época del año; Sharma *et al.* (1998) mencionan que tardan más tiempo pastoreando en la estación lluviosa (504.9 ± 6.8 min día⁻¹) que en verano (76.5 + 5.2 min día⁻¹) o invierno (266.9 + 7.3 min día⁻¹) y existe un patrón diurno de pastoreo que se da en dos etapas una en la mañana y otra por la tarde. De acuerdo con lo anterior, el estrato herbáceo contribuye de manera importante en la alimentación de los rumiantes en pastoreo.

5.3. Importancia de las leguminosas en los sistemas mixtos

La reintroducción de leguminosas en la rotación de cultivos es una estrategia para reducir la entrada de N sintético mientras se mantienen los rendimientos de granos, debido a su capacidad para fijar N₂ atmosférico en simbiosis con bacterias. Por tanto, las leguminosas pueden reducir la demanda de N del cultivo siguiente y por consecuencia disminuir las emisiones de N₂O asociada con fertilizantes sintéticos (De Antoni, 2015). Así mismo, aumentan la calidad de la dieta de los rumiantes.

5.5. Conocimiento tradicional de especies leguminosas forrajeras nativas

De acuerdo con Altieri (1991), los términos conocimiento tradicional, conocimiento indígena técnico, conocimiento rural y etnociencia (ciencia de la gente rural) han sido usados para describir el sistema de conocimiento de un grupo étnico rural que se ha originado local y naturalmente. Para Hernández y Ramos (1975), el conocimiento

empírico campesino es el resultado de experiencias acumuladas durante miles de años y seleccionadas con el fin de obtener los mejores resultados en el aprovechamiento de los recursos naturales. Los sistemas de agricultura tradicional han surgido a través de siglos de evolución biológica y cultural, y representan experiencias acumuladas de interacción entre el ambiente y agricultores sin acceso a insumos externos, capital o conocimiento científico. Estas experiencias han guiado a los agricultores en muchas áreas del mundo en el desarrollo de agroecosistemas sustentables, manejados con recursos locales y con energía humana y animal (Altieri, 1991). Entender como los grupos humanos obtienen, manejan y preservan sus recursos locales -particularmente las plantas que ellos usan como alimento y medicina- es crucial para asegurar que estas comunidades puedan seguir viviendo y beneficiándose de su ecosistema local en un camino sustentable (Pardo-De-Santayana y Macía, 2015). El conocimiento tradicional puede ayudar a planear las estrategias de manejo de los recursos naturales, ya que es un conocimiento que se ha adquirido de un proceso histórico cultural (Bigford, 2015). Los valores culturales tienen una función importante en el conocimiento local, según Pardo-De-Santayana y Macía (2015) la explotación sostenible de la biodiversidad local es mucho más probable para los recursos que son emocionalmente valorados que para aquellos que se utilizan de manera impersonal, como una fuente de ingresos. El conocimiento tradicional no es estático si no dinámico, responden a los cambios, circunstancias y oportunidades que los campesinos han experimentado desde la introducción de las primeras herramientas de metal hasta la actualidad con el más reciente fenómeno de urbanización. Por tanto, el conocimiento tradicional (el saber-hacer) es reapropiado por cada generación de poseedores de conocimiento y

reinterpretados a través de sus propias experiencias, prácticas e interacciones (Chiarolla *et al.*, 2014). La historia informa el presente y ayuda a anticipar el futuro (Bigford, 2015).

En la Mixteca Poblana, el sistema de crianza de caprinos se ha practicado desde la colonia hasta nuestros días, como una importante actividad económica, social y cultural (Vázquez y Martínez, 2011). Este sistema basa su alimentación principalmente en el aprovechamiento del agostadero, donde predominan plantas nativas, principalmente leguminosas, creciendo naturalmente y que están adaptadas a las condiciones climáticas de la región (Guerrero *et al.*, 2011), 32.5% *mimosoideae*, 12.5% *Fabaceae* y 7.5% *caesalpinioideae* (Hernández *et al.*, 2008), o en acahuales que se desarrollan en tierras de descanso después de haber sido cultivadas por varios años (Pérez *et al.*, 2011), presentes en los estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo y bejucos y lianas (Guerrero *et al.*, 2011), siendo las especies arbóreas y arbustivas las más estudiadas (Pérez *et al.*, 2011; Hove *et al.*, 2001). Hernández *et al.* (2008) identificaron 40 especies consumidas por los caprinos en la Mixteca Poblana de las cuales 28 especies pertenecen al estrato arbóreo y 12 especies pertenecen al estrato arbustivo. En otro estudio, Pérez *et al.* (2011) enlistaron 34 especies arbóreas con potencial forrajero, con contenidos de proteína cruda entre 13.3 y 32.2% y una digestibilidad de 38.2 a 74.5%. La parte más apetecible por los caprinos son las hojas (Hernández *et al.*, 2008), con un 83.1% de digestibilidad (Pérez *et al.*, 2011). Sin embargo, una buena parte del forraje producido por las especies arbóreas y arbustivas no es aprovechado por los animales por no estar disponible (cuando son muy altas o por otras causas) (Guerrero *et al.*, 2011). Es aquí, donde el estrato herbáceo tiene su importancia, ya que además de proveer alimento a los animales en pastoreo, fijan nitrógeno atmosférico al suelo

(Campillo *et al.*, 2003) que puede llegar a 337 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ (Zimmer *et al.*, 2016) y contribuyen a la reducción de la erosión del suelo. Aunado a esto, muchas de estas especies no sólo son valoradas por ser alimento para los animales, sino que los usos que se les ha atribuido son muy diversas: alimento para humanos, medicinales, como leña, para la construcción, entre otros.

Por tanto, sistematizar el conocimiento que los criadores de caprinos poseen sobre especies leguminosas nativas, especies del estrato herbáceo, en la Mixteca Poblana, permitirá conocer los usos y valores que se les atribuye a estas especies y contribuir a un uso más racional de estos recursos naturales. En el presente estudio se plantea como objetivo sistematizar el conocimiento tradicional que los criadores de caprinos han desarrollado sobre las especies *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia*, *Senna lindheimeriana* y *Senna uniflora* (Figura 1), especies que visualmente se han identificado como consumidas por los caprinos.



Figura 1. Especies nativas estudiadas en la presente investigación: a) *Crotalaria incana*, b) *Senna lindehimeriana*, c) *Cassia obtusifolia* y d) *Senna uniflora*.

5.5.1. *Crotalaria incana*

Reino: Plantae

Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares)

Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas)

División: Magnoliophyta (plantas con flor)

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales.

Género: *Crotalaria*

Especie: *Crotalaria incana* (Hanan y Mondragón, 2009).

Hierba anual de 0.20-1.40 m. Tallo liso o estriado, con pubescencia esparcida, densa a veces tomentosa, con pelos de 0.3-3.5 mm.

Hojas trifolioladas; pecíolos de 1-5.5 cm con pubescencia similar al tallo; peciólulos 0.12-0.3 cm; estípulas caedizas de hasta 0.5 cm de longitud, setáceas, pubescentes; folíolos elípticos, obovados, obovado-orbiculares, 1.3-5.5 x 1.0-2.5 cm, ápice redondeado, mucronado u obtuso-mucronado, base obtusa o redondeada, cara adaxial glabra, con pelos sólo en los márgenes y nervadura central o esparcida a densamente pubescente en toda su superficie, cara abaxial con pubescencia esparcida a densa en toda la superficie.

Inflorescencia terminal o lateral, multiflora, de hasta 20 cm de longitud; brácteas lanceoladas, pubescentes, 4.5-10 x 0.1-0.6 mm, bractéolas 3-6.5 x 0.1-0.6 mm. Flores amarillas; cáliz con pubescencia esparcida a densamente pubescente, a veces tomentosos externamente, glabro en la parte interna; tubo campanulado, con dos labios sub-iguales, parte adnata 1.5-3.5 x 7-11 mm; labio inferior con tres lóbulos, el central de

4.5-7.5 x 0.9-2.5 mm y los laterales 5-11 x 1.4-2.5 mm; labio superior con dos lóbulos de 4.5-6.5 x 1.5-2.8 mm; estandarte de 6.2-12.5 x 5-11.2 mm, con lámina orbicular glabra o con pubescencia en la parte dorsal y base unguiculada, con apéndices callosos en forma de mamelones, glabros o pilosos extendidos sobre una uña de 1-3 mm; alas oblongas u obovadas, unguiculadas, rugosas transversalmente en el lado interno, con lámina 6.5-11 x 2-5.2 mm y uña 1.5-3.5 x 0.4-1.3 mm, quilla navicular, 9-12.5 x 3.2-5.5 mm, extremo no retorcido, borde superior densamente pubescente; estambres 10 monadelfos, unidos en vaina abierta sobre el lado superior, 8-14.5 mm de largo, anteras dimorfas, 5 alargadas, basifijas de 1.2-3 mm de largo y 5 redondeadas, dorsifijas de 0.4-0.9 mm de largo, filamentos de anteras alargadas 3-6 mm de longitud, filamentos de anteras redondeadas 4-8 mm de longitud; estilo 6-9 mm de largo, curvado abruptamente desde la base, con una hilera de pelos en el margen superior; ovario pubescente.

Frutos 1.9-5.2 x 0.5-1.7 cm, oblongos o globosos, pilosos.

Semillas 0.26-0.42 x 0.21-0.29 cm, con tegumento seminal de colores castaño, verde-oliváceo y/o negro-vináceo, brillante, hilum abierto o ligeramente ocluido por convergencia del lóbulo radicular y protuberancia prominente.

Distribución y hábitat.- Especie con una amplia distribución en la zonas tropicales y subtropicales de Centroamérica, Sudamérica y África. Crece en campos arenosos y disturbados (Planchuelo y Carreras, 2011).

5.5.2. *Senna lindehimeriana*

Reino: Plantae

Phylum o división: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Leguminosae

Género: Senna

Especie: *Senna lindheimeriana*

Nombre científico

Senna lindheimeriana (Scheele) H.S.Irwin & Barneby (IBUNAM, 2015).

Hierbas perennes. Tallos leñosos, erectos o ascendentes, de menos de 1 m de altura, ramitas jóvenes escasamente a densamente peludas. Hojas alternas, pecioladas, compuestas, pinnadas. Glándulas nectarias extraflorales en el pecíolo. Estípulas verdes, triangulares a lanceoladas o foliáceas. Inflorescencias racimos, axilar o terminal. Brácteas muy pequeñas, ausentes o caducas, Flores actinomorfas o algo irregulares, Cáliz de 5 lóbulos, Cáliz peludo, Pétalos separados, de color naranja o amarillo. Filamentos glabros. Anteras que se abren por los poros o hendiduras basales o terminales. Estilo terete. Fruta vaina, dehiscente libremente, alargada con 11 semillas. Semilla con línea elíptica o depresión, pleurograma. Semillas de ovoide a redondeadas en el contorno. Superficie de la semilla Lisa de color oliva, pardo o negro (CONABIO, 2018).

5.5.3. *Cassia obtusifolia*

Reino: Plantae

Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares)

Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas)

División: Magnoliophyta (plantas con flor)

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales.

Género: Senna

Especie: *Senna obtusifolia* (L.) H. S. Irwin & Barneby

Hábito y forma de vida: Hierba anual o de duración indefinida, erecta, ramificada.

Tamaño: Variable, de 20 cm a más de 1 m de alto.

Tallo: A veces leñosa en la base, con o sin pelos.

Hojas: Hojas de 3.5-17 cm, las hojas superiores a menudo las más grandes; folíolos en 3 pares, siempre ciliados, el par distal (más afuera) más grande, ampliamente ovado (con forma de huevo) a ampliamente cuneado-oblancheolado (con forma de pirámide invertida), redondeado y mucronulado (protuberancia pequeña en el ápice de la hoja) a emarginado (hendidura escasa en el ápice) a subagudo, de 1.7 a 6.5 cm de largo por 1 a 4 de ancho, de 1.6 a 2.5 veces más largo que ancho, base oblicua; pecíolos de 1 a 5.5 cm de largo, el superior frecuentemente más corto; raquis de 1 a 4 cm de largo; glándulas (nectarios) entre el primer par de folíolos y algunas veces entre los secundarios (pero nunca en los terceros), delgadas de 1 a 3 mm de largo; estipulas herbáceas (hojas pequeñas en la base del pecíolo), lineares, atenuadas (con márgenes rectos o cóncavos que forman un ángulo menor de 45°) al final, de 5-17 mm de largo, se caen pronto.

Inflorescencia: En racimos de 1 a 2, subsésiles en las axilas de las hojas del tallo y más cortas que las hojas; pedúnculo (soporte de la inflorescencia) arriba de 4 mm (raramente 8 mm) de largo; brácteas angostas de 2 a 5 mm de largo, deciduas (prontamente caedizas).

Flores: Pedicelos (soporte de las flores) filiformes (en forma de hilo), en su mayoría de 1 a 2.5 mm de largo, en el fruto mucho más engrosados y por arriba de 3.5 a 4 cm de largo; sépalos delgados, verde pálido, con pequeños pelos, los más grandes interiores de 5.5 a 9.5 mm de largo; flor zigomorfa (simetría bilateral), pétalos amarillo pálido, algunas veces con pelitos en la parte externa, el pétalo superior obcordado (con dos lóbulos apicales redondeados en forma de corazón) o cuneado-obcordado, 9-15 mm de largo, el resto oblongo-obovado (con forma de huevo invertido), los dos pétalos orientadas hacia abajo ligeramente asimétricos, el más grande de 9 a 15 mm de largo; androceo (estambres) sin pelos, estambres fértiles 7, 4 con anteras cortas de 1 a 2.8 mm de largo, con un pico no muy obvio, biporoso, filamento de 1 a 3 mm de largo; los otros 3 con anteras más largas de 2 a 5 mm de largo, con un pico de 0.3 a 0.6 mm de largo, se abre al madurar por una rendija con forma de "u", filamentos principalmente de 2 a 4 mm de largo; ovario con pelos; estilo de 1.7 a 4 mm de largo, incurvado doblado hacia el interior de la misma estructura; óvulos de 16 hasta 38.

Frutos y semillas: Fruto tieso ascendente, comúnmente fuertemente arqueado hacia afuera y abajo, hasta formar un semicírculo, angostamente linear, atenuado (con márgenes rectos o cóncavos que forman un ángulo menor de 45°) en ambos extremos, de 6 a 18 cm de largo por 2 y hasta 6 mm de ancho, inicialmente comprimido de forma hexagonal, cuando maduro café y más turgente (abultado), tetragonal, quilla (protuberancia) en la suturas (línea por donde se abre el fruto al madurar) y con 2 costillas paralelas (cerca de la sutura) en cada cara, valvas (caras) que se separan a través de ambas suturas; semillas oblicuas descendiendo a través del fruto principalmente de forma paralela a lo largo del eje del fruto, de 3.2 a 6 mm de largo (Rojas, 2010).

5.5.4. *Senna uniflora*

Reino: Plantae

Phylum o división: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Leguminosae

Género: *Senna*

Especie: *Senna uniflora*

Nombre científico: *Senna uniflora* (Mill.) H.S.Irwin & Barneby

Referencia del nombre científico: THEPLANTLIST: ild-21536

Determinador (es): R. C. Barneby

Fecha de determinación: 2007. (IBUNAM, 2015)

Hierbas monocárpicas, 0.2–1.2 m de alto, erectas o ramificadas hacia arriba, vellosas y rojizo-setosas, malolientes. Hojas 5–16 cm de largo; folíolos 3–5 pares, los del par distal o del penúltimo par más grandes, obovado-cuneados o rómbico-obovados, 2–5.5 cm de largo y 1–3 cm de ancho, obtusos o acuminados; nectario estipitado, lanceolado, entre el par proximal y pares sucesivos de folíolos, raquis apenas más corto que el pecíolo, pecíolos 15–40 mm de largo, estípulas linear-atenuadas, 7–24 mm de largo, deciduas. Inflorescencias compuestas de racimos con 2–6 flores, pedúnculos 5–17 mm de largo, eje menos de 7 mm de largo en fruto, pedicelos a menudo abrazados por un nectario; sépalos gradualmente distintos, los internos 3–4.3 mm de largo; los 2 pétalos abaxiales ligeramente más largos, 4–8 mm de largo; anteras de los 7 estambres fértiles subhomomorfas, lanceoladas, 1–2.4 mm de largo, ligeramente rostradas; estilo 1.4–2.4

mm de largo, óvulos 7–12. Fruto erecto, recto o ligeramente incurvado, linear-oblongo, 2.5–5.5 cm de largo y 0.3–0.45 cm de ancho, obtusamente comprimido-tetragonal, 2-carinado por suturas en forma de cuerdas, las valvas cafés o negruzcas, profundamente sulcadas al través entre las semillas, sésil o casi sésil; semillas lustroso-areoladas (Missouri Botanical Garden, 2013).

VI. Materiales y métodos

6.1. Localización del área de estudio

El experimento se estableció en el municipio de Tecamatlán, Puebla (Figura 2). Las coordenadas de la parcela experimental fueron 18.123312 y -98.308852. La altitud de este municipio está entre 900 y 1 700 msnm; tiene un clima cálido subhúmedo [Aw0(w)(e) el más seco de los subhúmedos], con régimen de lluvias de verano.

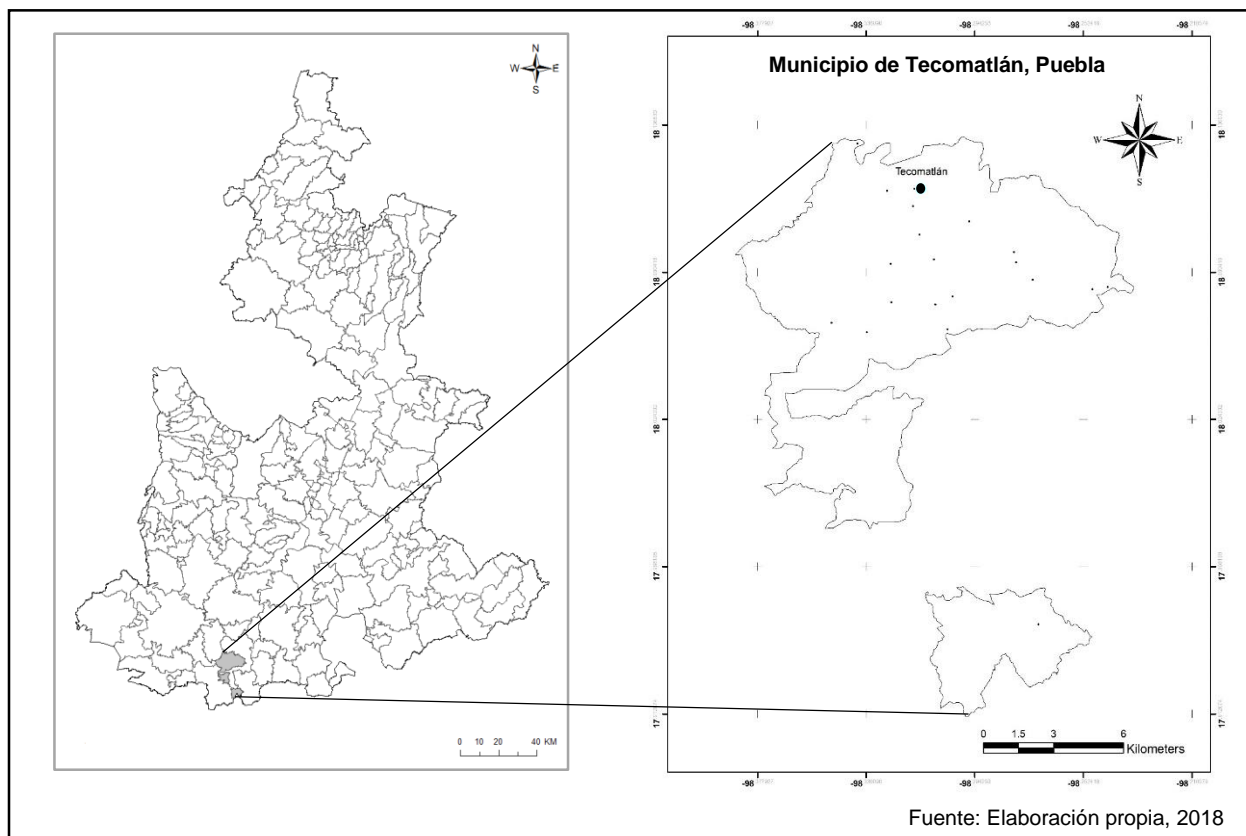


Figura 2. Ubicación del estudio en el municipio de Tecamatlán, Puebla.

6.2. Material vegetal

Se evaluó la producción de biomasa y la calidad nutritiva del forraje de las especies *C. incana*, *C. obtusifolia*, *S. lindehimeriana* y *S. uniflora* en dos ciclos, el primero fue de mayo a noviembre de 2016 y el segundo de mayo a septiembre de 2017. En el ciclo 2016 se utilizó semilla de *C. incana*, *C. obtusifolia*, *S. lindehimeriana* y *S. uniflora* obtenida de dos maneras: a) de los agostaderos, caminos y a orillas del río Mixteco, y b) de un incremento en el año 2015, en la comunidad Santo Domingo Ayotlicha, Tlapalá, Puebla; ambos municipios pertenecientes a la región Mixteca. En el ciclo 2017 se utilizó semilla colectada de las parcelas establecidas en el experimento del ciclo 2016.

6.3. Manejo agronómico

Antes de la siembra se preparó el terreno mediante un paso de arado (barbecho) y uno de rastra. El método de siembra utilizado en ambos ciclos de estudio fue al voleo, tratando de uniformizar la semilla en toda la unidad experimental. Se sembraron cuatro especies, de las cuales únicamente *S. lindheimeriana* fue la especie que no germinó en ambos ciclos de evaluación. En el ciclo 2016, la siembra se realizó el 26 de junio utilizando las siguientes cantidades de semilla por metro cuadrado: 3 g para las especies *C. incana*, *C. obtusifolia*, *S. lindheimeriana* y 2.5 g para *S. uniflora*. En el ciclo 2017, la siembra se realizó el 25 de mayo y la cantidad de semilla utilizada se incrementó a 5 g m² para cada especie. Además, en este ciclo se utilizó un método de escarificación térmico, el cual consistió en sumergir la semilla en agua caliente por tres minutos, posteriormente se enjuagaron con agua fría. El estudio se realizó bajo condiciones de

temporal y no se llevó a cabo ningún tipo de fertilización. A lo largo del ciclo la unidad experimental se mantuvo libre de malezas.

6.4. Toma de datos

Los días a la germinación entre ciclos fue contrastante. La germinación de semilla de las especies evaluadas dentro de cada ciclo también difirió. En 2016, la germinación de las semillas se presentó del 20 al 23 de julio (25 días después de la siembra), obteniéndose bajo porcentaje de germinación en las especies *C. incana* y *S. uniflora*. A los 29 días después de la germinación se inició con la toma de datos de altura. Además, se tomaron muestras de forraje para determinar las mediciones del componente de rendimiento y la calidad nutritiva, posteriormente, las mediciones se realizaron cada 10 días. En 2017, las semillas germinaron del 29 de mayo al 6 de junio (4 días después de la siembra), observándose bajo porcentaje de germinación para la especie *S. uniflora*. El inicio para la toma de datos fue el 14 de julio.

6.5. Diseño experimental y análisis estadístico

Para los componentes de rendimiento y calidad nutritiva se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar. Se evaluó el factor especie con tres niveles (T1= *C. incana*, T2= *C. obtusifolia* y T3= *S. uniflora*) y cuatro repeticiones cada uno. La unidad experimental fue una parcela de 32 m² (8 x 4 m).

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta
 μ = Media general
 T_i = Efecto de la especie
 B_j = Efecto del bloque
 E_{ij} = Error experimental

Para cada una de las variables medidas se realizó un análisis de varianza usando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS en su versión 9.4 y una prueba de medias por el método de Tukey aceptando una significancia con $\alpha=0.05$ y separándolas por la diferencia mínima significativa.

6.6. Variables del componente de rendimiento

6.6.1. Altura de la planta

La altura de la planta se midió de manera similar en ambos ciclos de evaluación. Se tomó con una cinta métrica desde el nivel de suelo hasta el ápice de la planta. Se tomó la altura de 20 plantas previamente identificadas con un número distribuidas de manera aleatoria en cada una de las unidades experimentales. En 2016, esta variable se comenzó a medir a partir del 20 de agosto. Posteriormente, se realizó cada 10 días hasta finalizar el ciclo productivo de cada especie. En 2017, se inició con la toma de datos el 14 de julio, posteriormente cada 15 días.

6.6.2. Acumulación de materia seca de forraje

En 2016, para la determinación de la acumulación de materia seca se realizaron muestreos cada 10 días entre los meses agosto y octubre. En 2017, el muestreo se realizó cada 15 días entre los meses agosto y octubre. Cada muestra consistió en tres plantas previamente identificadas con la misma edad. Para esto se utilizó tijeras para cortar las plantas y bolsas de papel para guardar las muestras. Las bolsas de papel se identificaron con datos de fecha de corte, número de corte y número de parcela.

Posteriormente, se pesó la muestra fresca en una báscula digital marca Ohaus. Las muestras se secaron en estufa de aire forzado a 55° durante 72 h. Una vez terminado el tiempo de secado, se procedió a pesar la muestra seca y la bolsa de papel; además se separó la hoja del tallo y se pesaron por separado, para determinar la relación hoja tallo. Para estimar la acumulación de MS, el peso seco obtenido en cada muestra se dividió entre el número de plantas de la muestra y se multiplicó por la densidad de plantas por metro cuadrado, posteriormente el resultado se extrapoló a una hectárea.

6.7. Calidad nutritiva

Después del trabajo en campo, la fracción correspondiente a las hojas de cada muestra se molió en un molino ciclónico marca FOSS TECATOR® con malla de 1 mm. El producto resultante se guardó en bolsas de plástico con cierre para posteriormente realizar los análisis de laboratorio que a continuación se describen.

La determinación de fibras se realizó por gravimetría siguiendo los protocolos de ANKOM Technology (2006). La determinación de fibra detergente neutro se realizó por duplicado con 0.5 ± 0.0015 g de cada muestra en un analizador de fibra ANKOM 200/220. La determinación de fibra detergente ácido se realizó de manera secuencial, después de la determinación de FDN, se hizo por duplicado utilizando un analizador de fibra ANKOM 200/220. El contenido de lignina en las tres especies de leguminosas se determinó por duplicado, después de la determinación de FDA, con ácido sulfúrico (H_2SO_4) a una concentración de 72%. El contenido de proteína cruda del forraje se determinó con el procedimiento micro Kjeldahl (AOAC, 1990). La DIVMS se realizó en dos etapas por el método pepsina-celulasa. Las enzimas utilizadas fueron de la marca SIGMA-ALDRICH. Se disolvió 8.2 g de pepsina (1:10,000 de mucosa de estómago de

porcino) fue disuelta en 1.23 L de solución de ácido clorhídrico a 0.125N HCL normal. La celulasa Onozuka RS de *Trichoderma viride* se disolvió en buffer acetato; 4.1 g de acetato de sodio anhidro y 2.9 ml de ácido acético por litro de agua destilada. La prueba se realizó por duplicado para cada muestra. Se utilizó 0.3 g de MS por muestra y estas fueron colocadas en bolsas ANKOM F57. La primera etapa fue la digestión de las muestras con pepsina y la segunda etapa fue la digestión de las muestras con celulasa. Cada etapa tuvo una duración de 48 horas en un incubador de digestión orbital a 50 °C y a 80 revoluciones por minuto.

6.8. Encuesta a productores

La encuesta fue dirigida a criadores de rumiantes en la cabecera municipal de Tecamatlán y sus localidades (ver anexo 1). Se acudió a la presidencia municipal para solicitar el padrón de las personas que se dedican a la producción de rumiantes. La información recabada fue que en el municipio de Tecamatlán existen 100 criadores de rumiantes, distribuidos en las siguientes localidades: 8 en La unión, 6 en Tezoquipan, 6 en Mixquiapan, 10 en San Miguel de Lozano y 70 en Olomatlán. Se realizó un muestreo simple aleatorio y proporcional al número de productores en cada localidad. Para realizar el muestreo se realizó una prueba piloto y se consideró la varianza de la variable número de cabezas por productor. El tamaño de muestra obtenido fue de 43 productores (las encuestas se aplicaron en la cabecera municipal y en las localidades del municipio), el cual se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 S_n^2}{Nd^2 + Z_{\alpha/2}^2 S_n^2}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

N = Total de productores de interés (**100 criadores de rumiantes**)

$Z_{\alpha/2}^2$ = confiabilidad (valor de Z de tablas con $\alpha=0.05$; **1.96**)

S_n^2 = Varianza (calculada para la variable número decabezas por productor = **101**)

d^2 = Precisión (10% de la media general = **2.25**)

VII. Resultados

7.1. Condiciones edáficas y climáticas

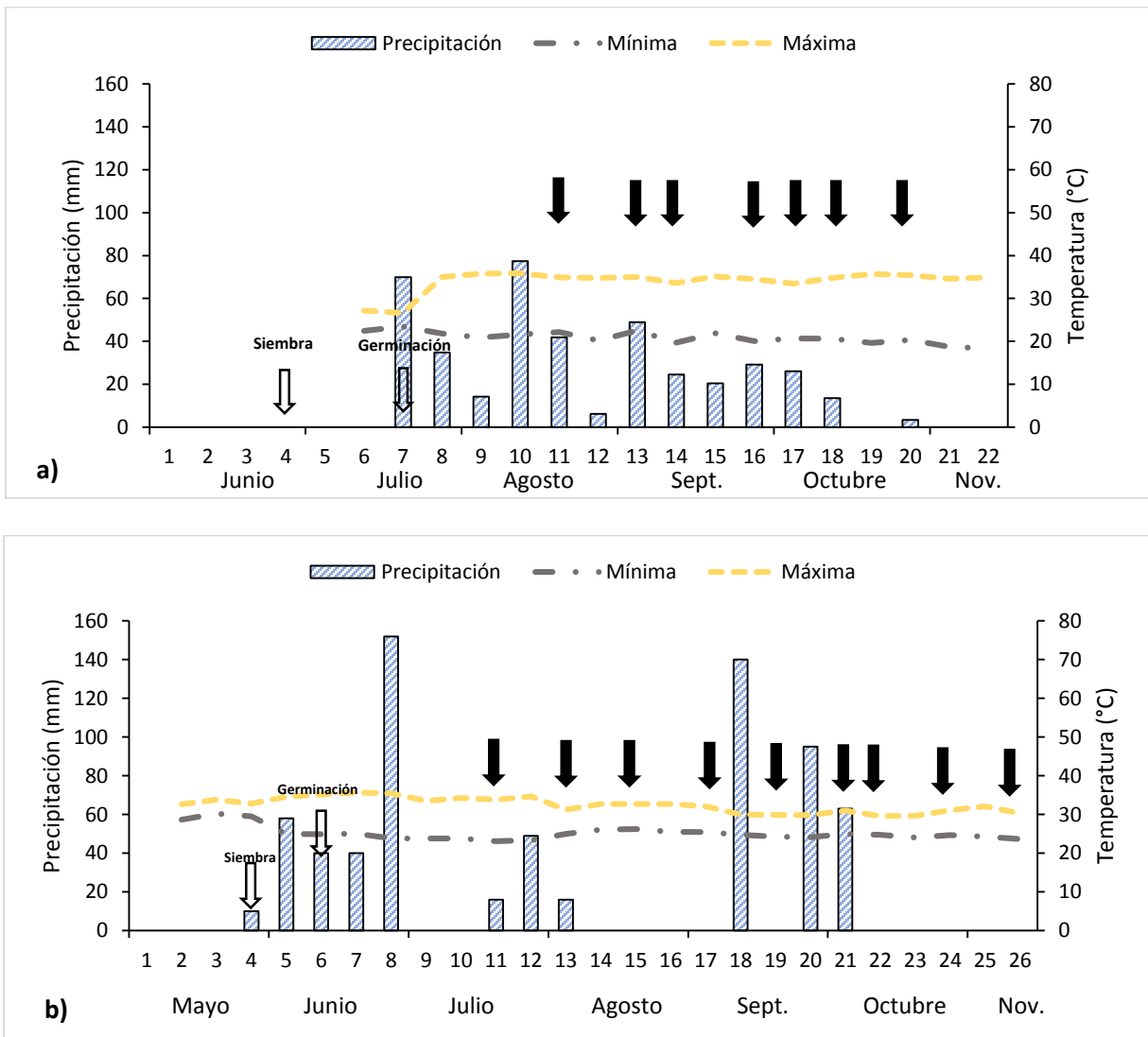
Las propiedades físicas y químicas del suelo en dos sitios de estudio se muestran en el Cuadro 1. El pH se considera alcalino. El contenido de materia orgánica fue muy bajo. La concentración de P se considera en un nivel medio. El K se encuentra en un nivel alto en 2016 y medio en 2017. La concentración de Ca y Mg se encontró en un nivel alto en ambos ciclos de estudio.

Cuadro 1. Resultados del análisis de suelo de los sitios de estudio en el ciclo 2016 y 2017.

	2016	2017
Textura	Arcilla	Arcillo limoso
pH	7.73	8.21
Materia orgánica (%)	3.1	2.3
P (mg kg ⁻¹)	19	17
K (mg kg ⁻¹)	409	165
Ca (mg kg ⁻¹)	2677	2535
Mg (mg kg ⁻¹)	479	424
Na (mg kg ⁻¹)	26	18

La precipitación y el rango de temperaturas en ambos ciclos de estudio fueron contrastantes. En 2016, la precipitación acumulada fue de 410.46 mm y las temperaturas máxima y mínima fueron de 38.6 y 16.4 °C, respectivamente. Este ciclo se caracterizó por la presencia de un déficit hídrico en todo el experimento, no hubo periodo de superávit y la condición húmeda solo se presentó en la tercera semana de julio y en la segunda semana de agosto. En este ciclo no hubo sequía intraestival. En el ciclo 2017, la precipitación acumulada fue 679 mm y las temperaturas máxima y mínima fueron 36 y 23 °C, respectivamente. En este ciclo, la precipitación se presentó de forma torrencial en dos ocasiones, alcanzando superávit hídrico en la cuarta semana del mes de julio y en

la segunda semana de septiembre. Sin embargo, la mayor parte del tiempo que duró el experimento lo que prevaleció fue un déficit hídrico. En este ciclo se presentó sequía intraestival que tuvo una duración de cuatro semanas, de la segunda semana de agosto hasta la primera semana de septiembre. La condición húmeda solo se presentó en la cuarta semana de septiembre y la primera de octubre (Figura 3).



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 3. Temperaturas y precipitaciones correspondientes a ambos ciclos de estudio. De junio a noviembre de 2016 **a)** y de mayo a noviembre de 2017 **b)** en Tecamatlán, Puebla. Las flechas en negro corresponden a las fechas de corte con un periodo de 10 **a)** y 14 **b)** días.

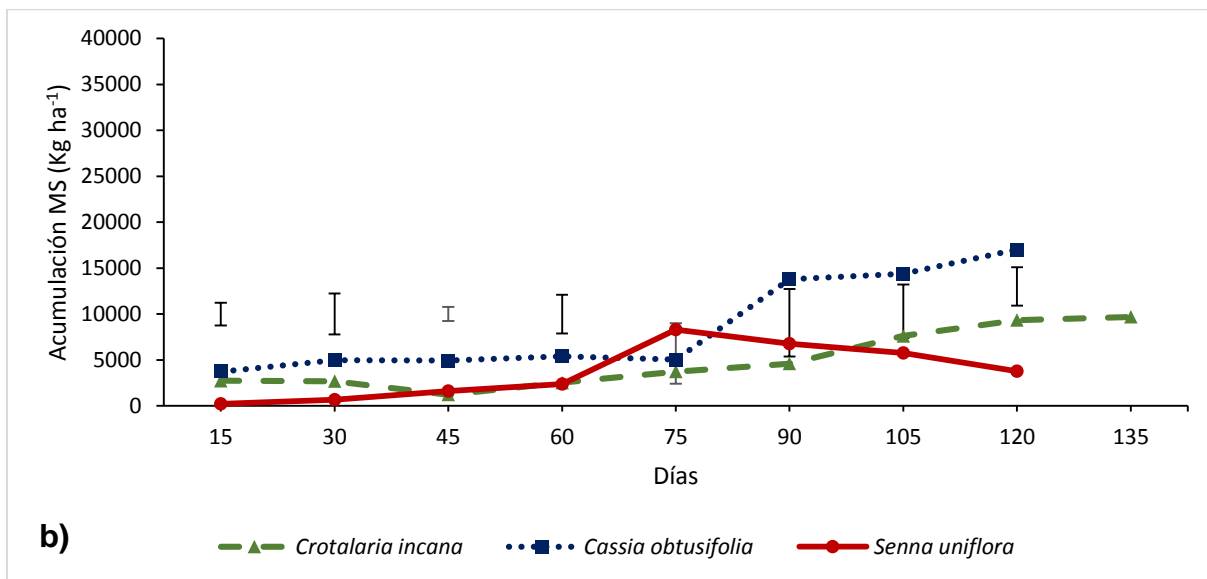
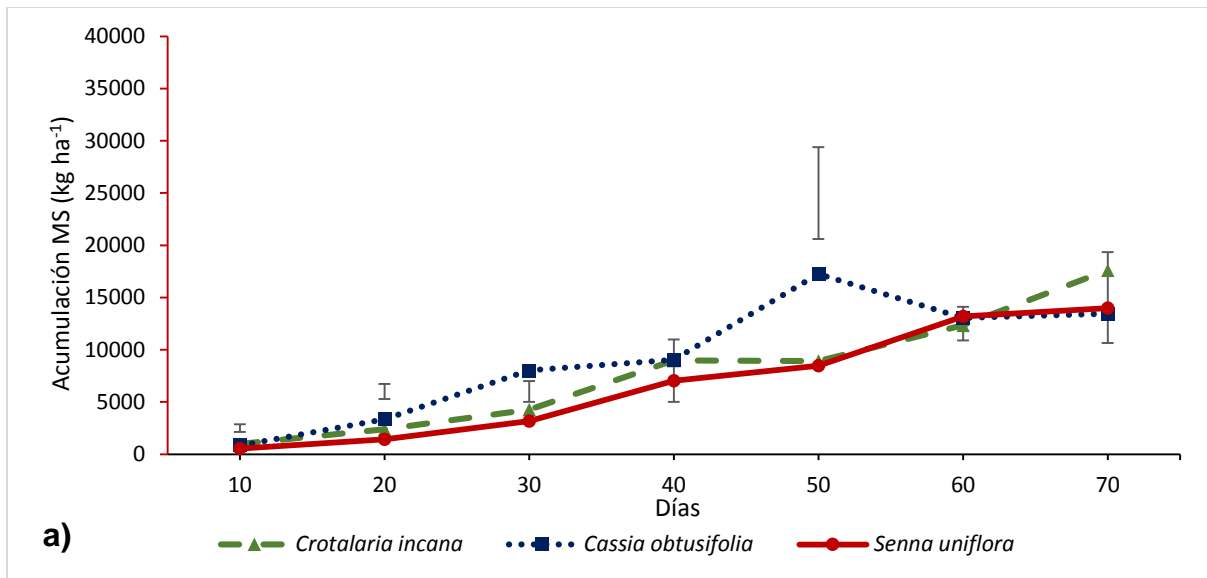
7.2. Comportamiento productivo de forraje de las tres especies leguminosas

7.2.1 Acumulación de materia seca

De manera general, la tendencia en la acumulación de MS fue incrementar conforme incrementa la edad de la especie. Dentro de cada ciclo, las especies mostraron acumulaciones de MS diferentes ($p < 0.0001$) como se muestra en la Figura 4.

En el ciclo 2016 se observó diferencias entre las especies ($p < 0.05$) sólo en los días 30 y 50, siendo la especie *C. obtusifolia* la de mayor acumulación (8 017.5 y 17 241 kg ha⁻¹, respectivamente). Sin embargo, a partir del día 50 su acumulación de MS tendió a disminuir. Por otro lado, la acumulación de MS de las especies *C. incana* y *S. uniflora* después del día 50 continuaba en aumento, pero después del día 70 ya no fue posible hacer otra medición debido a que dejó de llover, y por tanto, las plantas terminaron con su ciclo.

En el ciclo 2017, se encontraron diferencias entre las especies ($p < 0.05$) a los 15, 45, 90, 105 y 120 días, la especie *C. obtusifolia* fue la de mayor acumulación de MS (3 733, 4 928, 13 787, 14 364 y 17 027 kg ha⁻¹, respectivamente). En este ciclo, la especie *S. uniflora* inició con la disminución en la acumulación de MS a los 75 días, *C. obtusifolia* terminó su ciclo a los 120 días, prevaleciendo sólo la especie *C. incana* hasta el día 135.



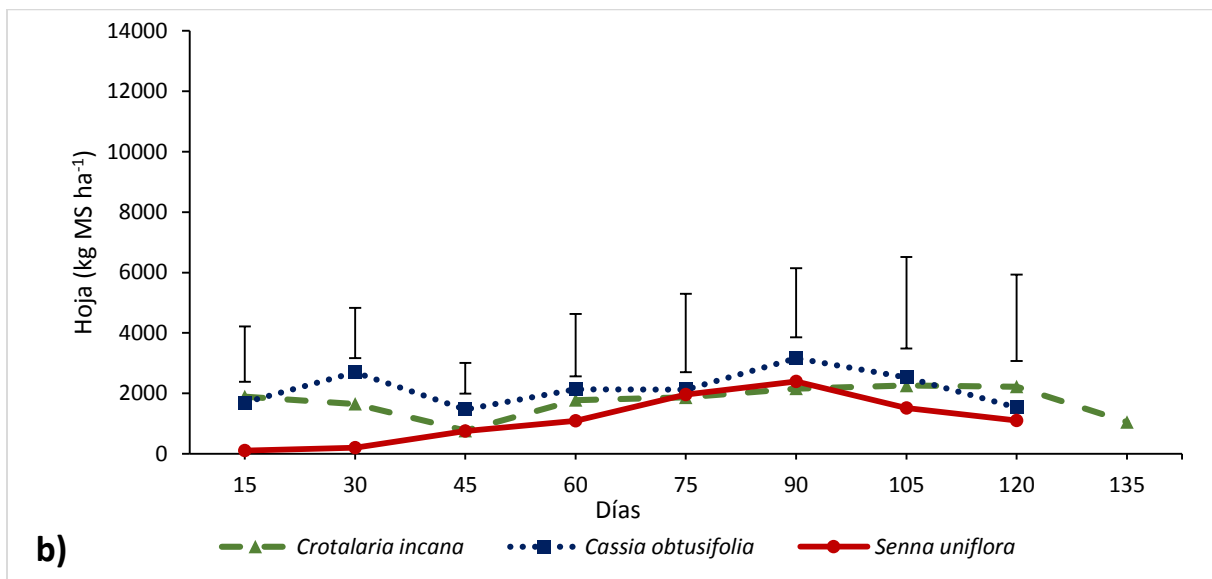
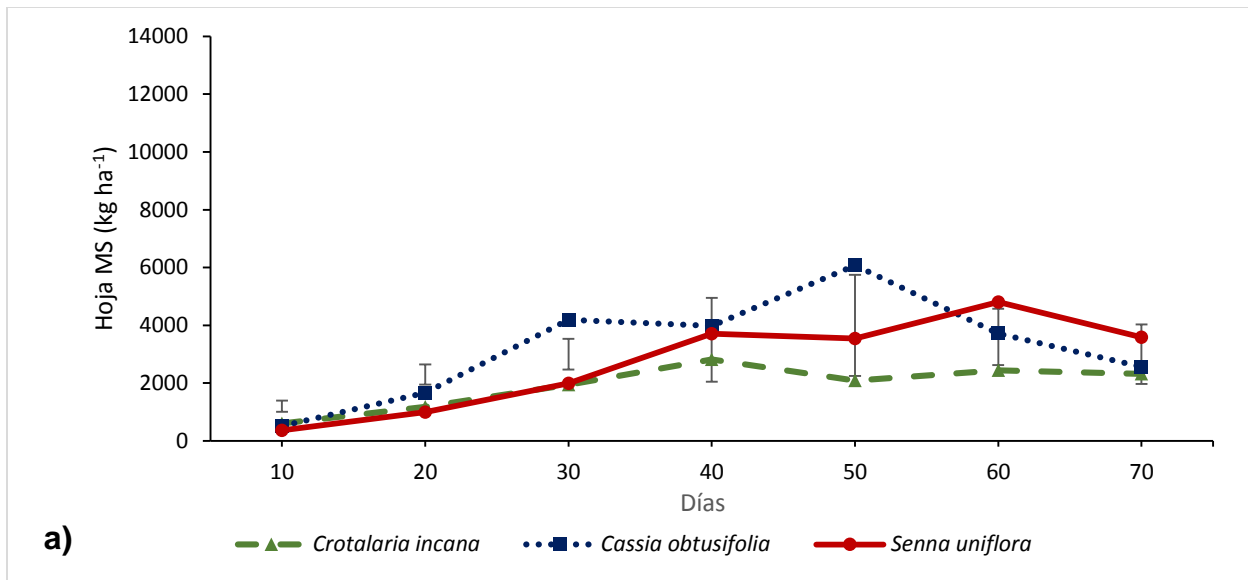
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 4. Acumulación de MS (kg ha⁻¹) de forraje de las leguminosas *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora* evaluadas en los ciclo **a)** 2016 y **b)** 2017, en Tecamatlán, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa.

7.2.2. Producción de hoja

La producción de hoja aumentó en función a la edad de las especies y fue mayor en el ciclo 2016. Se observó diferencias ($p < 0.0001$) entre las especies evaluadas dentro

de cada ciclo (Figura 5). En ciclo 2016, se encontraron diferencias ($p < 0.05$) a los 30, 50 y 60 días. La especie sobresaliente a los 30 y 50 días fue *C. obtusifolia* con 4 193 y 6 078 kg MS ha⁻¹, mientras que a los 60 días la especie *S. uniflora* mostró el valor más alto (4 802 kg MS ha⁻¹). A los 50 días la especie *C. obtusifolia* alcanzó la máxima producción (6 078.75 kg MS ha⁻¹); después de esta fecha, esta especie mostró una disminución en la producción de hoja. La disminución en la producción de hoja fue diferente para cada especie, *C. incana* alcanzó su pico máximo de producción (2 818.5 kg MS ha⁻¹) a los 40 días, posteriormente disminuyó; mientras que *S. uniflora* alcanzó su pico máximo (4 802 kg ha⁻¹ MS) a los 60 días, posteriormente disminuyó. En el ciclo 2017, el comportamiento en la producción de hoja fue similar entre especies ($p > 0.05$) al inicio y al final del estudio, y sólo se encontró diferencias ($p < 0.05$) a los 30 días de evaluación. La especie *C. obtusifolia* fue la que presentó la mayor producción de hoja (2 694 kg MS ha⁻¹). En este ciclo, la disminución de la producción de hoja fue variable para cada especie, *C. obtusifolia* alcanzó su pico máximo (3 164 kg MS ha⁻¹) a los 90 días al igual que *S. uniflora* (2 394 kg MS ha⁻¹), después de esta fecha ambas especies mostraron una tendencia a disminuir. *Crotalaria incana* mostró este comportamiento a los 120 días alcanzando 2 220 kg MS ha⁻¹.



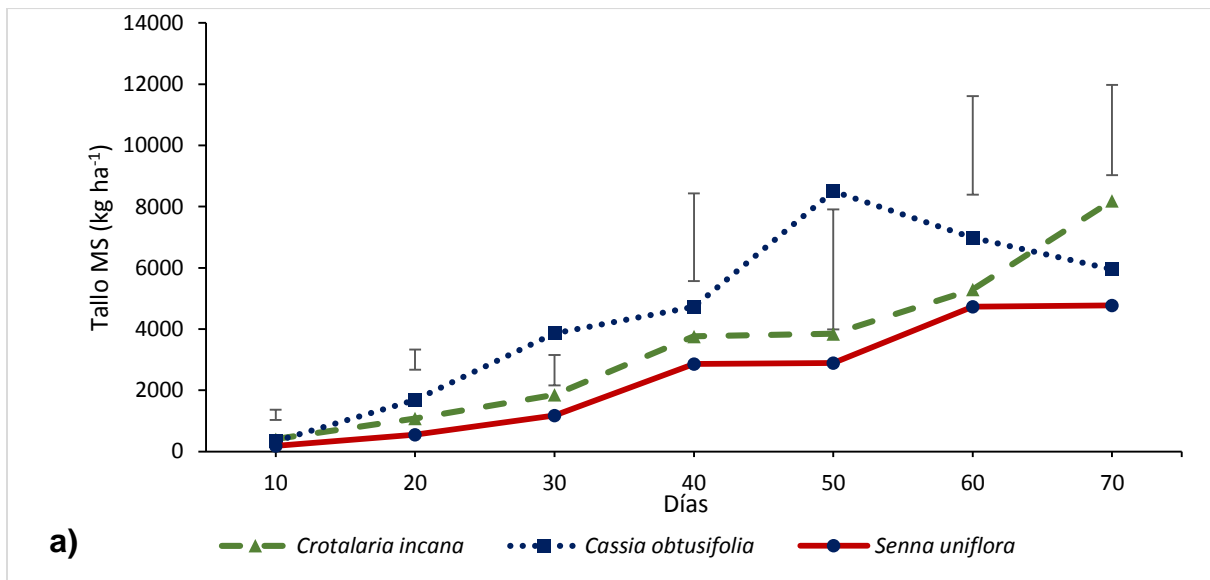
Fuente: Elaboración propia, 2018.

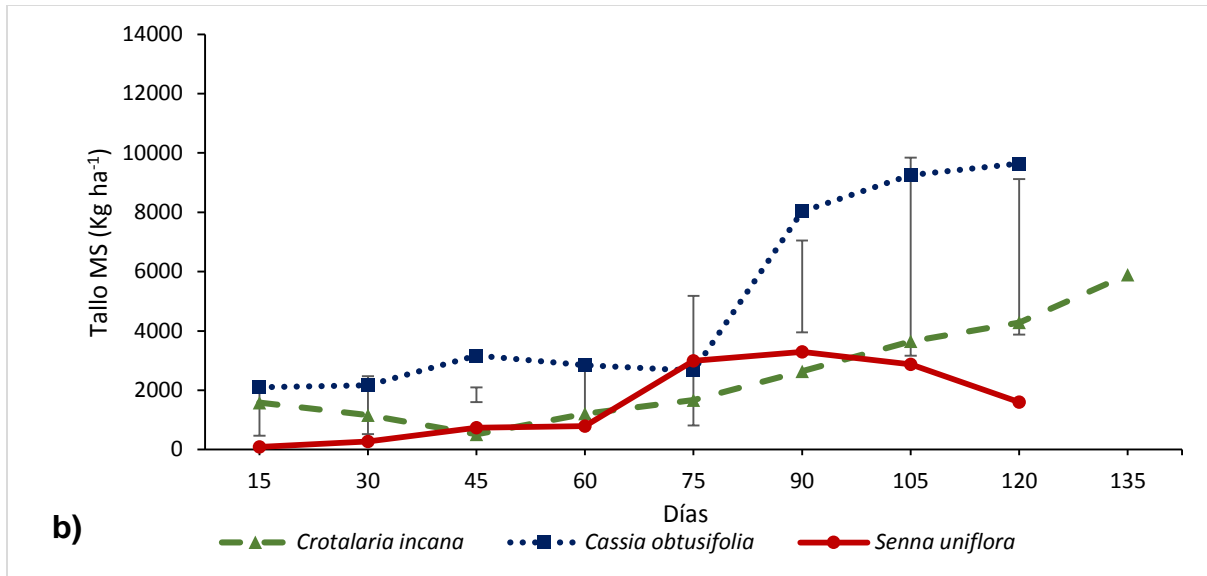
Figura 5. Producción de hoja (kg MS ha⁻¹) de forraje de las leguminosas *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora* evaluadas en los ciclos **a)** 2016 y **b)** 2017, en Tecamatlán, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa.

7.2.3. Producción de tallo

La tendencia de esta variable fue a incrementarse conforme aumenta la edad de las especies. La producción de tallo fue diferente entre ciclos, alcanzando valores más

altos en 2016. Dentro de cada ciclo hubo diferencias ($p < 0.0001$) entre especies (Figura 6). En el ciclo 2016, se encontraron diferencias ($p < 0.05$) a los 20, 30, 50 y 70 días. La especie *C. obtusifolia* presentó los valores más altos a los 20, 30 y 50 (1 687.5, 3 858.75 y 8 500 kg MS ha⁻¹, respectivamente), alcanzando su pico máximo a los 50 días, posteriormente la tendencia fue a disminuir. Este fenómeno no se observó para las especies *C. incana* y *S. uniflora* debido a que ya no fue posible hacer otro muestreo posterior a los 70 días debido a que terminaron su ciclo de vida. En el ciclo 2017, se encontraron diferencias ($p < 0.05$) en los días 15, 45, 60, 90 y 120 sobresaliendo la especie *C. obtusifolia* (2 106, 3 168, 2 848, 8026.67, 9 641.33 kg MS ha⁻¹, respectivamente).



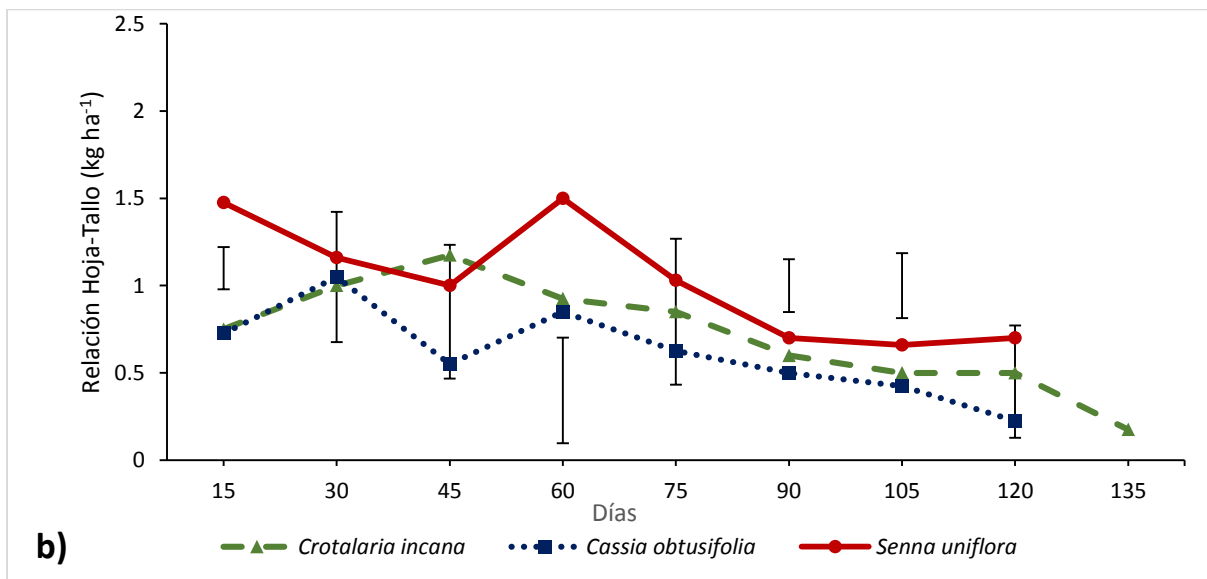
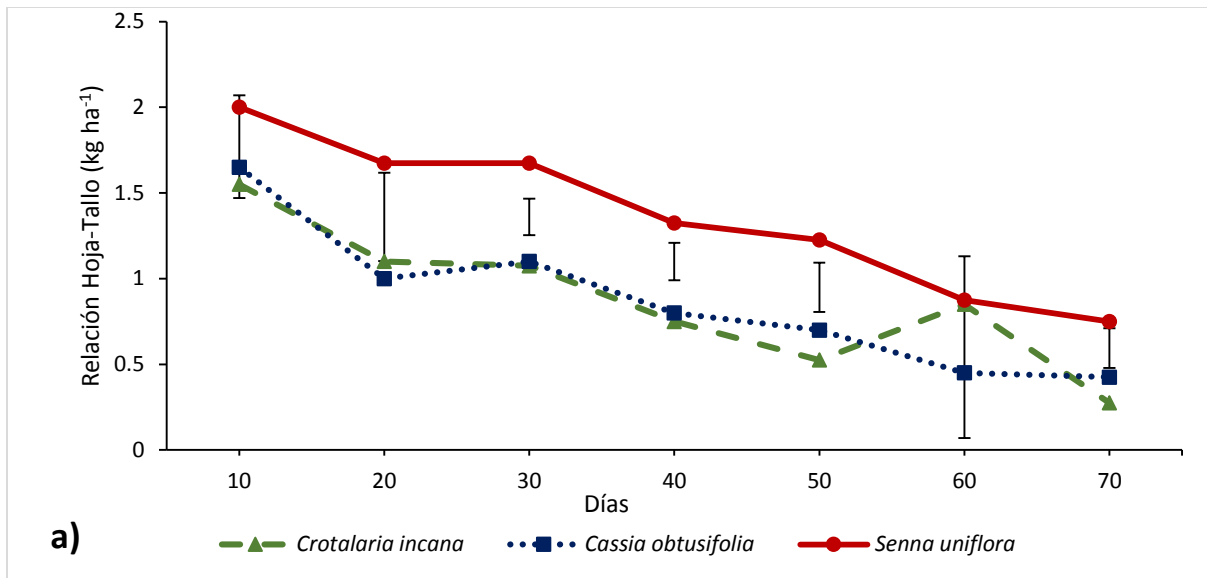


Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 6. Producción de tallo (kg MS ha⁻¹) de forraje de las leguminosas *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora* evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa.

7.2.4. Relación hoja-tallo

En la relación hoja-tallo, el comportamiento que se observa en ambos ciclos es una tendencia a disminuir, relación que fue inferior en el ciclo 2017 (Figura 7). En el ciclo 2016 se encontraron diferencias entre especies ($p < 0.05$) a los 20, 30, 40, 50 y 70 días, *S. uniflora* fue la especie con mayor relación hoja-tallo (1.6, 1.6, 1.3, 1.2 y .7), mientras que *C. obtusifolia* y *C. incana* mostraron valores similares ($p > 0.05$). En el ciclo 2017, se encontraron diferencias ($p < 0.05$) únicamente en el día 15; *S. uniflora* presentó la mayor relación hoja-tallo (1.45), posteriormente no hubo diferencias ($p > 0.05$) entre especies.



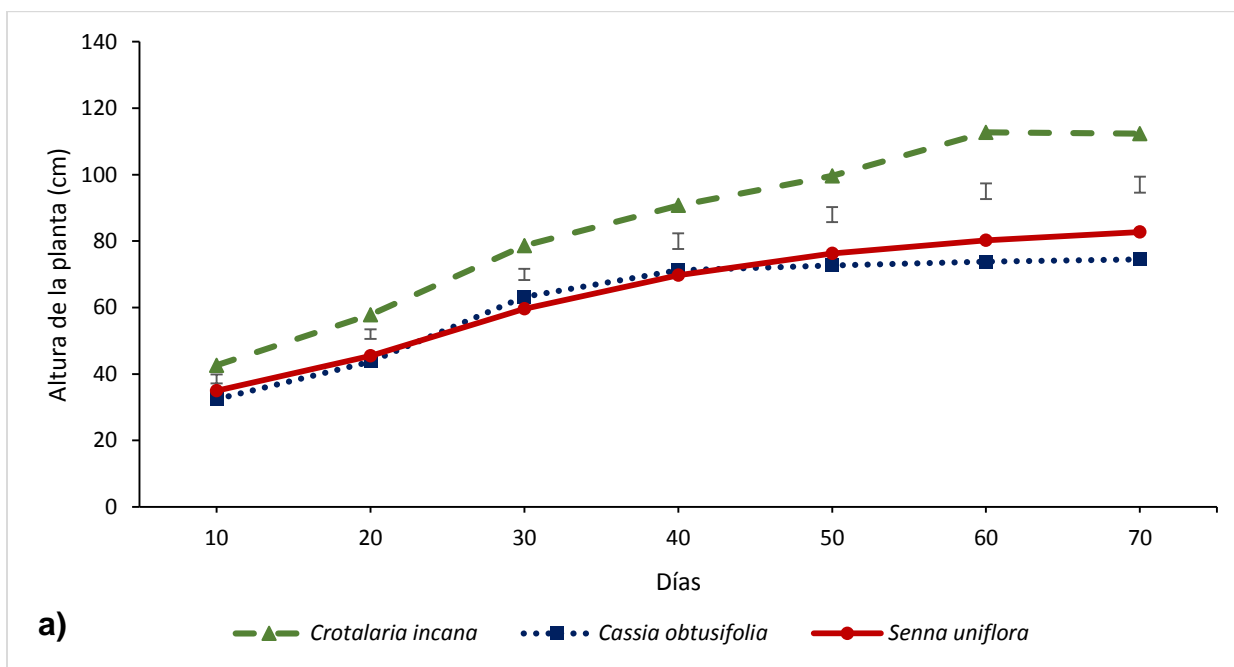
Fuente: Elaboración propia, 2018.

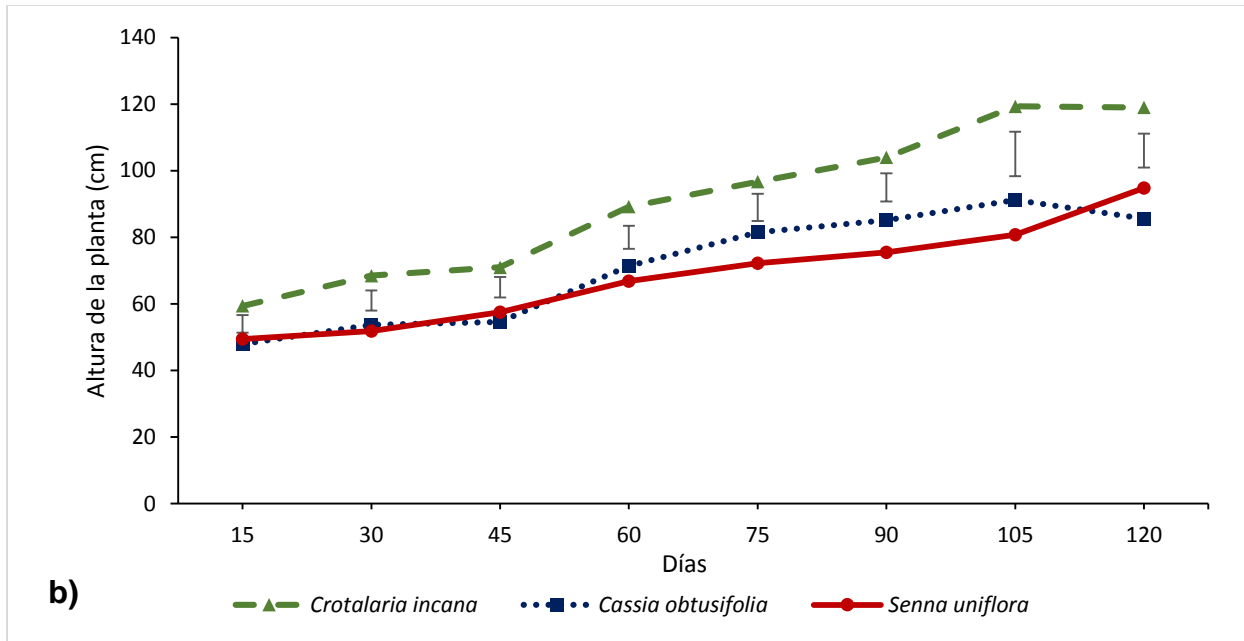
Figura 7. Relación hoja-tallo (kg ha⁻¹) de forraje de las leguminosas *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora* evaluadas en los ciclos **a)** 2016 y **b)** 2017, en Tecmatlán, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa.

7.2.5. Altura de la planta

La altura de la planta difirió entre especies ($p < 0.05$) (Figura 8). La especie que tuvo mayor altura fue *C. incana*, alcanzando 115 cm a los 60 días en 2016 y 119 cm a los 105 días en 2017; posterior a estas fechas la tasa de crecimiento disminuyó.

Cassia obtusifolia y *S. uniflora* presentaron alturas similares ($p>0.05$) en ambos periodos evaluados. En 2016, *C. obtusifolia* presentó un rápido crecimiento hasta los 40 días, alcanzando 69.7 cm de altura, posteriormente, la tasa de crecimiento disminuyó considerablemente hasta alcanzar 74.5 cm al finalizar su ciclo. *Senna uniflora* presentó este fenómeno a los 50 días con 76.3 cm, alcanzando 82.7 cm de altura. En 2017, *C. obtusifolia* redujo su tasa de crecimiento a los 105 días, alcanzando una altura de 91.2 cm. *Senna uniflora* en este ciclo no mostró reducción el crecimiento alcanzado una altura al finalizar el periodo de evaluación de 94.8 cm.





Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 8. Altura de la planta (cm) de *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora* evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa.

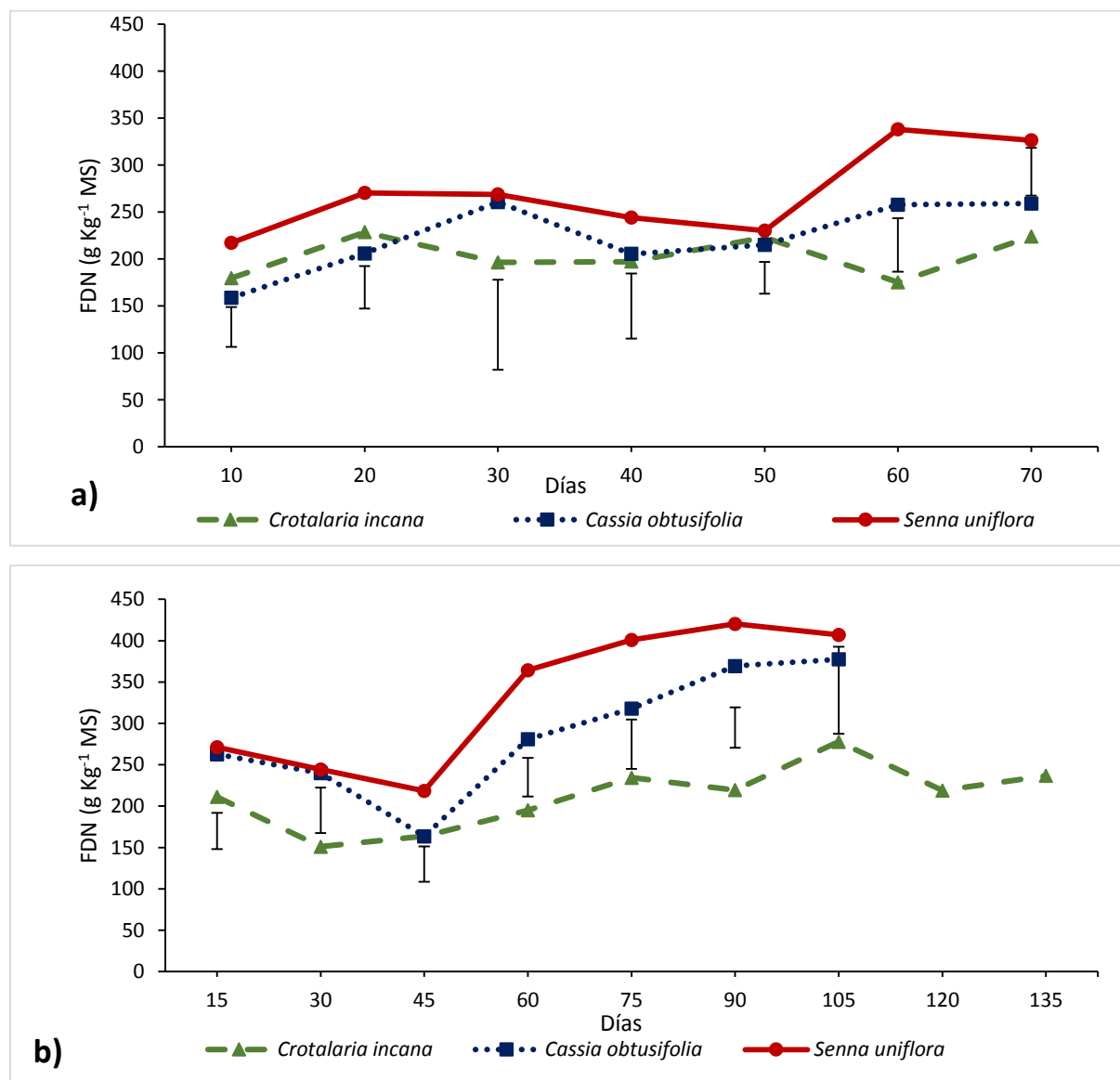
7.3. Calidad nutritiva del forraje de las tres especies leguminosas

7.3.1. Fibra Detergente Neutro

De manera general, el contenido de FDN en ambos ciclos no fue contrastante, sin embargo, dentro de cada ciclo hubo diferencias ($p < 0.0001$) entre especies. El contenido de FDN tendió a incrementar conforme incrementó la edad de las especies (Figura 8).

En el ciclo 2016, se encontraron diferencias ($P < 0.05$) al inicio (10 y 20 días) y al final (60 y 70 días) de la evaluación, observándose que la especie con mayor cantidad de FDN fue *S. uniflora* (217, 270, 338 y 326 g kg⁻¹ MS, respectivamente). En el ciclo 2017, se encontraron diferencias ($p < 0.05$) entre especies, donde la especie *C. incana*

mostró los contenidos de FDN más bajos durante todo el periodo de evaluación (211, 151, 164, 195, 234, 219, 278, 219 y 237/217, 270, 338 y 326 g kg⁻¹ MS, respectivamente).

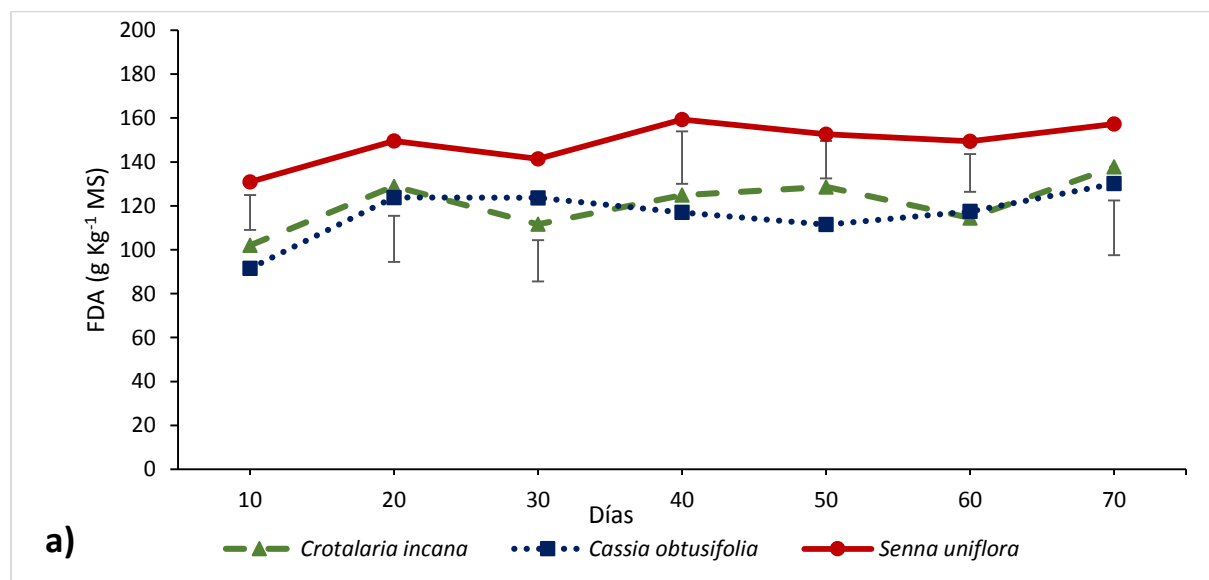


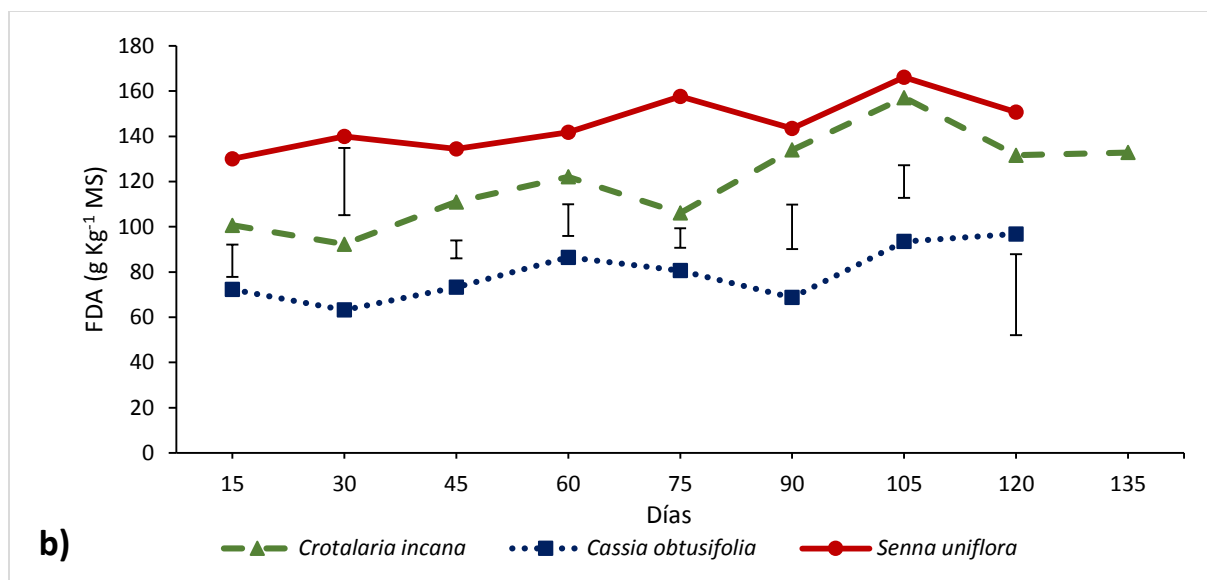
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 9. Fibra Detergente Neutro (g kg⁻¹ MS) del forraje de las leguminosas *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora* evaluadas en los ciclos **a)** 2016 y **b)** 2017, en Tecamatlán, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa.

7.3.2. Fibra Detergente Ácido

El contenido de FDA en los dos ciclos de evaluación no fueron contrastantes y la tendencia fue a incrementar ligeramente a medida que las especies maduraban. Dentro de cada ciclo se encontró diferencias ($p < 0.0001$) entre especies (Figura 9). En el ciclo 2016, *S. uniflora* presentó contenidos más altos ($p < 0.05$) de FDA (131, 150, 141, 159, 153, 150 y 157 g kg^{-1} MS, respectivamente) respecto a *C. incana* y *C. obtusifolia*. Estas últimas dos especies mostraron contenidos similares ($p > 0.05$). En el ciclo 2017, *C. obtusifolia* mostró menores contenidos de FDA ($p < 0.05$) (72, 63, 73, 87, 81, 69, 94 y 97 g kg^{-1} MS, respectivamente) respecto a *C. incana* y *S. uniflora*. A partir del día 90, *C. incana* y *S. uniflora* mostraron contenidos de FDA similares ($p > 0.05$).



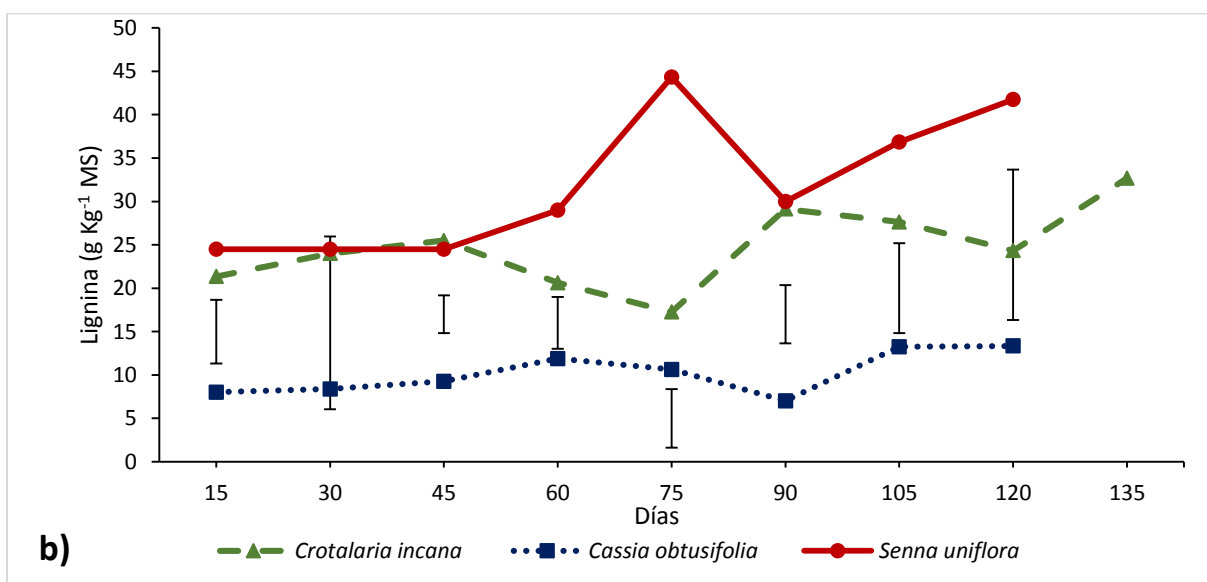
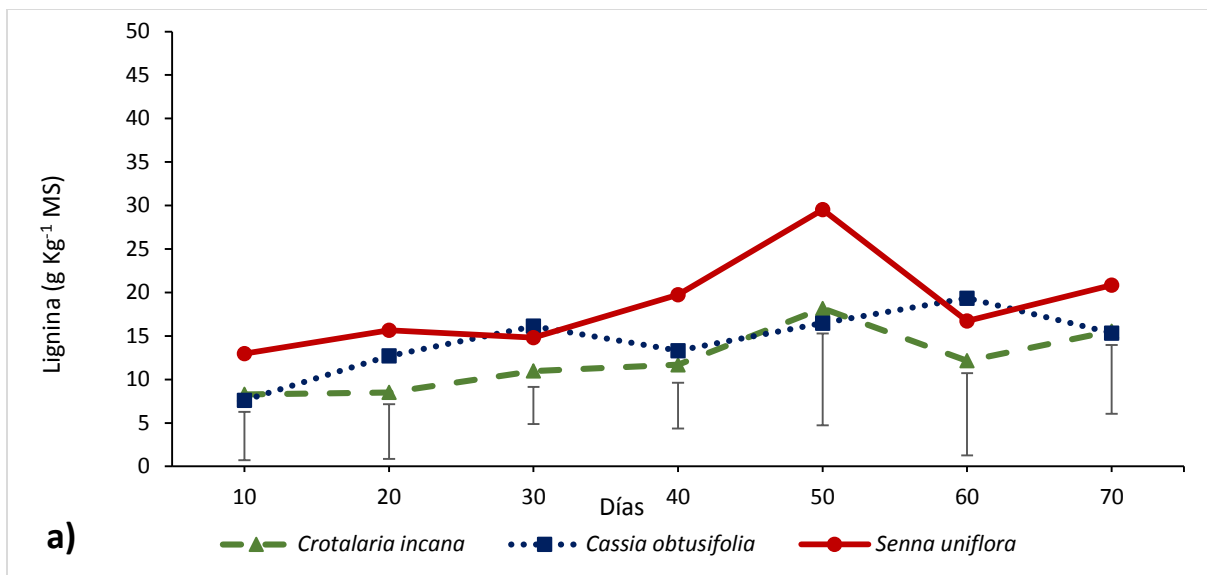


Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 10. Fibra Detergente Ácido (g kg^{-1} MS) del forraje de las leguminosas *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora* evaluadas en los ciclos a) 2016 y b) 2017, en Tecamatlán, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa.

7.3.3. Lignina

El contenido de lignina fue contrastante entre especies, observándose contenidos de lignina más altos en 2017 (Figura 10) y una clara tendencia en el incremento de lignina conforme aumentó la madurez de la especie. En el ciclo 2016, el contenido de lignina fue similar ($p > 0.05$) al inicio (a los 10 días) y al finalizar el estudio (a partir del día 60). Las diferencias ($p < 0.05$) encontradas fue a partir del día 20 hasta el día 50. Del día 20 al 30 *C. incana* fue la especie que mostró menores contenidos de lignina (8.5 y 11 g kg^{-1} MS, respectivamente). Del día 30 al 50 *C. incana* y *C. obtusifolia* mostraron contenidos similares ($p > 0.05$). En el ciclo 2017, el contenido de lignina fue diferente ($p < 0.05$) entre especies. *Cassia obtusifolia* mostró los contenidos de lignina más bajos (8, 8, 9, 12, 11, 7, 13 y 13 g kg^{-1} MS).



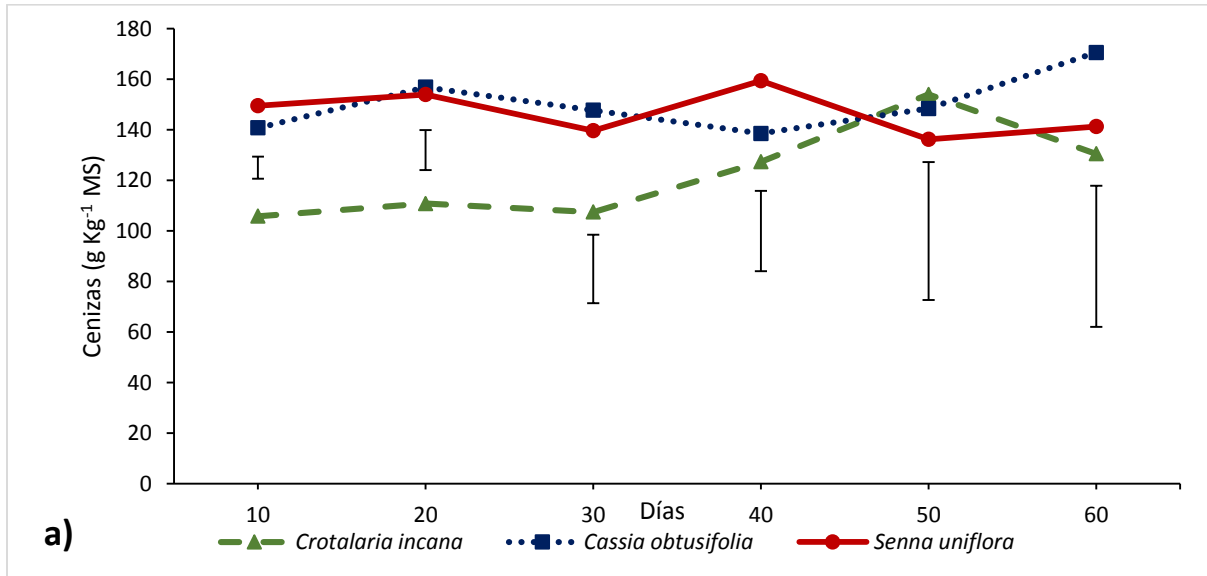
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 11. Lignina (g kg^{-1} MS) del forraje de las leguminosas *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora* evaluadas en los ciclos **a)** 2016 y **b)** 2017, en Tecamatlán, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa.

7.3.4. Cenizas

El contenido de cenizas fue diferente ($p < 0.05$) en las tres especies durante el día 10 hasta el día 40. En esta etapa la especie *C. incana* mostró los valores más bajos (106, 111, 108 y 127 g kg^{-1} MS, respectivamente) mientras que *C. obtusifolia* y *S. uniflora*

mostraron contenidos de ceniza similares ($p>0.05$). A partir del día 50 las tres especies presentaron similares ($p>0.05$) contenidos de ceniza.

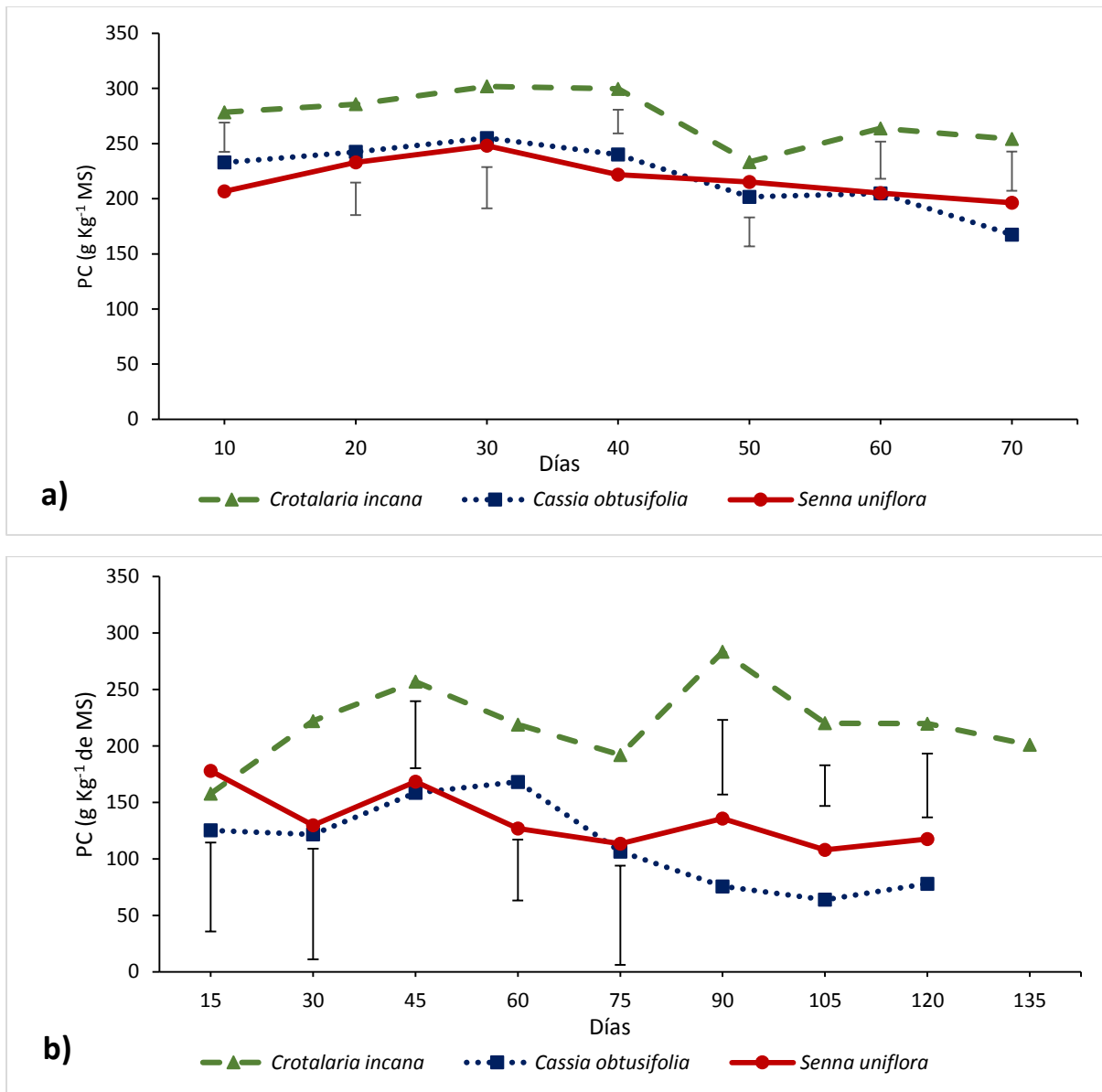


Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 12. Cenizas (g kg^{-1} MS) del forraje de las leguminosas *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora* evaluadas en el ciclo 2016 en Tecamatlán, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa.

7.3.5. Proteína cruda

En general la tendencia del contenido de proteína cruda en ambos ciclos tiende a disminuir conforme la madurez de la especie aumenta. Se encontró una pequeña diferencia en el contenido de PC en ambos ciclos, observándose valores más altos en el ciclo 2016 (Figura 12). En el ciclo 2016, se encontró diferencia ($p<0.05$) en el contenido de PC, la especie *C. incana* mostró valores más altos (alrededor de $300 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$) respecto a *C. obtusifolia* y *S. uniflora*. En el ciclo 2017, el contenido de PC de las especies evaluadas mostró diferencias ($p<0.05$) y la especie con mayor contenido de PC fue *C. incana* alcanzando valores de 283 g kg^{-1} . A los 15, 30 y 75 días se obtuvieron valores similares ($p>0.05$) de PC en las tres especies.



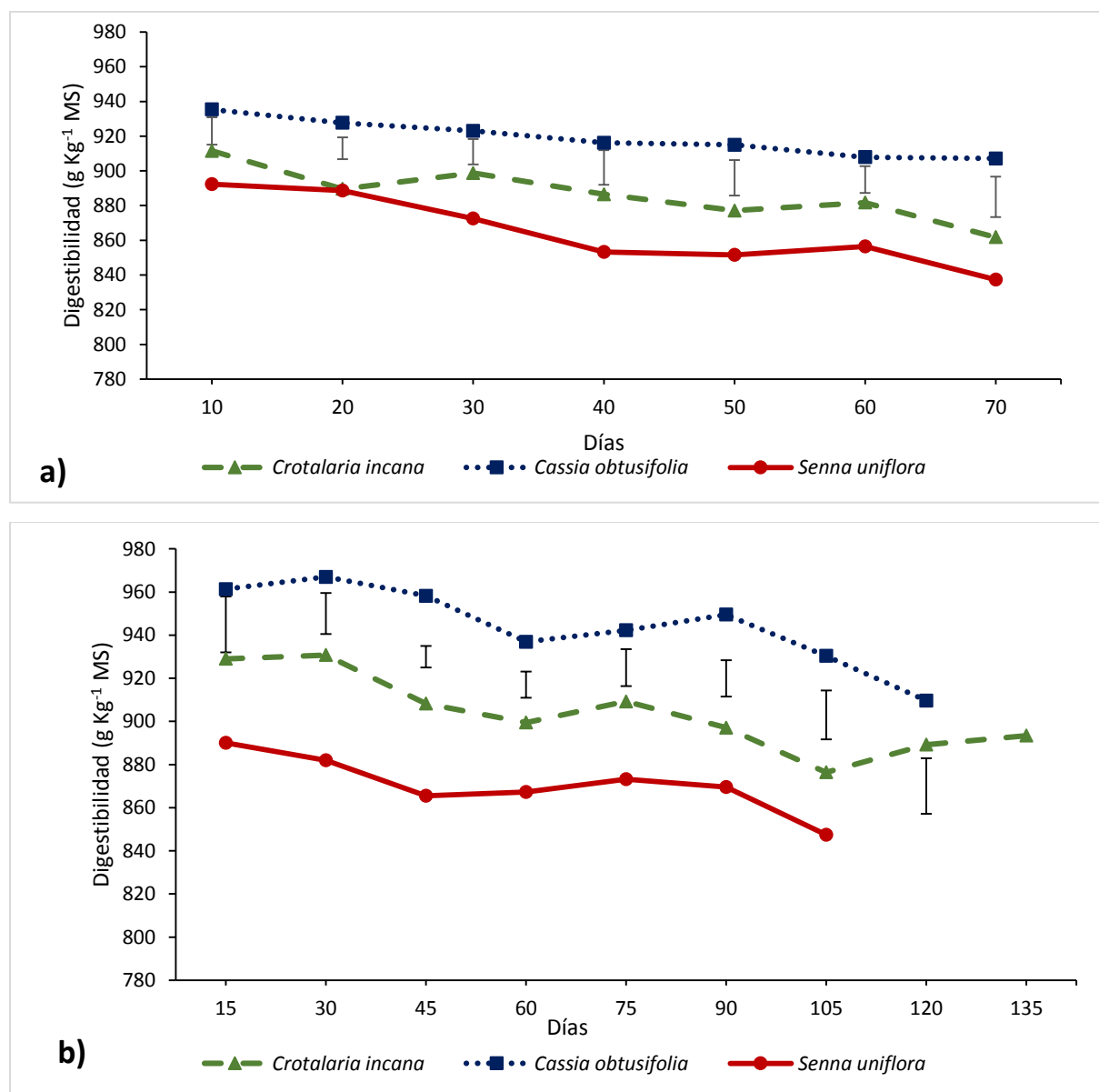
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 13. Proteína Cruda (g kg⁻¹ MS) del forraje de las leguminosas *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora* evaluadas en los ciclos **a)** 2016 y **b)** 2017, en Tecamatlán, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa.

7.3.6. Digestibilidad *in Vitro* de materia seca

De manera general, la digestibilidad *in vitro* de las tres especies en ambos ciclos es alta, ya que se encuentra en un rango de 890 a 961 g kg⁻¹ MS al inicio de la evaluación y al finalizar su ciclo se encontró un disminución entre 848 a 910 g kg⁻¹ MS. Dentro de

cada ciclo se encontró diferencias ($p < 0.05$) de la digestibilidad *in vitro* de MS entre especies (Figura 14). La especie más digestible fue *C. obtusifolia* y la menos digestible en este estudio fue *S. uniflora*. La tendencia observada de la digestibilidad *in vitro* es que conforme avanza la madurez fisiológica de las especies estas son menos digestibles.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 14. Digestibilidad *in vitro* (g kg⁻¹ MS) del forraje de las leguminosas *Crotalaria incana*, *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora* evaluadas en los ciclos **a)** 2016 y **b)** 2017, en Tecamatlán, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa.

7.4. Encuesta a productores

La edad promedio de los entrevistados fue de 42 años, sin embargo, el rango de edad va de 27 a 62 años. El 43 % fueron hombres y 37 % mujeres. Tienen una escolaridad de 7 años en promedio (secundaria) y la actividad a que se dedican es ser campesinos.

En cuanto al tipo de animales con los que cuentan son criollos; sin embargo, existe una tendencia a introducir razas especializadas (57%) para la producción de carne, y la asistencia técnica es mínima (29 % mencionó que ha recibido capacitación técnica). El 71% de los encuestados menciona que quiere que sus hijos se dediquen a esta actividad y, por tanto, les transmiten los conocimientos desarrollados.

En cuanto al sistema de alimentación, la mayoría utiliza el agostadero (alrededor de 90%), pastoreando 6.4 horas en promedio. El 66% complementa la alimentación en la época de estiaje con rastrojo de maíz, alfalfa y avena. Solo el 33% suplementa con alimento comercial.

En relación al conocimiento de las especies consumidas por los caprinos, el 90% de los entrevistados mencionaron que las especies del estrato arbóreo son las que consumen por mayor tiempo el ganado. En cuanto al conocimiento de las especies evaluadas, *S. uniflora* fue la especie que más reconocieron visualmente (100% de los entrevistados), seguido de *C. incana* (43 %), *C. obtusifolia* (14 %) y no ubicaron a *S. lindehimeriana* (0 %). No tienen nombres para ellas, desconocen sus usos y las identifican más como malezas de los campos de cultivo. Dado que se reproducen por sí solas, no reciben ningún manejo. Sin embargo, al hacerles el supuesto de que si estas especies fueran de alta calidad nutritiva, los entrevistados mencionaron que estarían dispuestos a cultivarlas.

VIII. Discusión

8.1. Comportamiento productivo de tres especies leguminosas

8.1.1. Acumulación de materia seca

Al finalizar el estudio, en ambos ciclos, las tres especies evaluadas mostraron la misma acumulación de MS, en un rango que va de 23 721 a 32 190 kg ha⁻¹ en 2016; mientras que en 2017, esta acumulación se mantuvo en un rango muy inferior, de 3 272 a 12 640 kg ha⁻¹. La diferencia que existe entre ciclos se debe a las diferencias ambientales y edáficas en las cuales fueron desarrollados los experimentos. De acuerdo con Hayano *et al.* (2012), la condición ambiental que más afectan a los cultivos es el estrés hídrico. Sin embargo, la producción de forraje no se ve tan influenciada por la precipitación en los periodos críticos de reproducción y llenado de grano como la producción de grano (Nielsen, 2011). Aunado a esto, las especies locales están adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de cada región, por tanto, poseen características que les permite permanecer. Cabe mencionar, que al no haber estudios relacionados sobre la acumulación de MS de las especies evaluadas, estas podrían alimentar a 18 unidades animal por un periodo de un año con la producción del primer ciclo, si se conserva en forma de heno o ensilado, mientras que la producción del segundo ciclo alcanzaría para 6 Unidades animal.

8.1.2. Producción de hoja y tallo

La producción de hoja y tallo en ambos ciclos de evaluación se vio influenciado por la presencia de lluvia y por la densidad de siembra. Alcanzando mayores rendimientos en 2016. Dentro de cada ciclo evaluado existieron pocas diferencias en la producción de hoja y tallo; se pudo observar que a partir del día 50 la producción de hoja

disminuyó en el ciclo 2016. En 2017, este fenómeno fue observado a partir del día 90. Mientras la producción de hoja disminuía, la producción de tallo se mantenía casi constante en ambos ciclos. Esto se debe principalmente a que los tallos de las plantas maduran, se vuelven más gruesos y leñosos y por consiguiente existen altos rendimientos de MS (Macharia *et al.*, 2010). De acuerdo con Zarzaa *et al.* (2018), la producción de biomasa está relacionada con el ambiente y la calidad del suelo, además que la producción de biomasa disminuye ligeramente al aumentar la densidad de plantas.

8.1.3. Relación hoja-tallo

Senna uniflora presentó la mayor relación hoja-tallo en 2016 (2 al inicio y 0.75 al finalizar su ciclo) y en 2017 las tres especies mostraron similitud en esta variable (en un rango de 0.725 a 1.475 al inicio y 0.225 a 0.7 al final). La tendencia de esta relación fue disminuir debido a que conforme las especies van madurando la cantidad de tallo es mayor que la cantidad de hoja. Este fenómeno ha sido descrito para otras especies, por ejemplo Acikgoz *et al.* (2007) en el mediterráneo lo describen para soya y García-Ferrer *et al.* (2015), lo describen con las especies forrajeras *Arachis pintoi*, *Stylosanthes guianensis*, *Clitoria ternatea* y *Pueraria phaseoloides*.

8.1.4. Altura de la planta

La especie con mayor altura fue *C. incana* (87.9 cm) en ambos ciclos evaluados. *C. obtusifolia* y *S. uniflora* presentaron alturas de 66.5 y 66.4 cm, respectivamente. Estas diferencias se deben principalmente a la especie. De acuerdo a la descripción botánica *C. incana* puede medir hasta 140 cm (Planchuelo y Carreras, 2011), en este estudio la altura máxima promedio que alcanzó fue de 119 cm. *Cassia obtusifolia* y *S. uniflora* tienen un hábito de crecimiento erecto hasta alcanzar una altura determinada, posteriormente

comienzan a desarrollar ramas secundarias que alcanza la altura del tallo principal. Las alturas encontradas sugieren que el forraje de estas especies pueden ser fácilmente accesibles para los rumiantes (Ouédraogo-Koné *et al.*, 2006; Dziba *et al.*, 2003).

8.2. Calidad nutritiva del forraje de tres especies leguminosas

8.2.1. Proteína Cruda

La especie que mostró contenidos más altos de PC fue la especie *C. incana* en ambos ciclos de evaluación, alcanzando valores de hasta 300 g kg⁻¹ MS. *Senna uniflora* y *C. obtusifolia* se encuentran en un rango de 78 a 233 g kg⁻¹ MS. Al comparar estos resultados con el contenido de CP de otras especies forrajeras, son similares, tal es el caso de *C. rotundifolia*, *Lablab purpureus* y *Macroptilium atropurpureum* cuyos contenidos de PC fueron de 173 a 246 g kg⁻¹ MS, 162 a 254 g kg⁻¹ MS y 191 a 282 g kg⁻¹ MS, respectivamente (Mupangwa *et al.*, 2006), el forraje de soya presentó contenidos de 10.7 a 23% de PC (Nielsen, 2011). En ambos ciclos existe una tendencia a disminuir el contenido de PC, esto se debe principalmente a que una porción de proteína es destinada a la formación de flores y frutos en la edad reproductiva. Los resultados encontrados en las especies evaluadas sugieren que pueden ser utilizadas como fuente de proteína en la alimentación animal.

8.2.2. Contenido de fibras

El contenido de FDN, FDA y Lignina fueron más altos en *S. uniflora*. Estos resultados se deben principalmente a la especie, ya que es de hojas más duras al tacto y sus tallos son más leñosos. Sin embargo estas concentraciones (FDN: 338 y 421; FDA: 159 y 166; Lignina: 29.5 y 44 g kg⁻¹ MS en cada ciclo evaluado) se encuentran dentro de los parámetros encontrados para otras especies forrajeras que han reportado otros

autores. Por ejemplo, Mupangwa *et al.* (2006) encontraron un rango de 328 a 566 g kg⁻¹ MS de FDN; 282 a 472 g kg⁻¹ MS de FDA y 56.1 a 106 g kg⁻¹ MS de lignina en las especies *C. rotundifolia*, *L. purpureus* y *M. atropurpureum*. García-Ferrer *et al.* (2015), encontraron valores de 473.2 a 741.3 g kg⁻¹ MS de FDN en la época seca y 548.1 a 714.1 g kg⁻¹ MS de FDN en la época lluviosa de las especies *C. rotundifolia*, *L. purpureus* y *M. atropurpureum*. Olafadehan y Okunade (2018), encontraron 521 g kg⁻¹ MS de FDN, 325 g kg⁻¹ MS de FDA y 549 g kg⁻¹ MS de FDN y 324 g kg⁻¹ MS de FDA de las especies arbóreas *Azelia africana* y *Daniellia oliveri*. Se puede observar que el contenido de fibras no aumentó considerablemente conforme aumentó la edad de la especie. Esto se debe a que la composición química fue determinada en las hojas y no en la planta completa y de acuerdo a Mupangwa *et al.* (2006), los contenidos de fibras en las hojas de leguminosas no cambia bruscamente conforme aumenta la madurez de la planta.

8.2.3. Cenizas

El contenido de cenizas se mostró constante en todo el ciclo evaluado (en un rango de 106 a 150 g kg⁻¹ MS al inicio y 131 a 171 g kg⁻¹ MS), solo presentando diferencias al inicio de la evaluación. Estos resultados se encuentran dentro del rango reportado para otras especies forrajeras por otros autores por ejemplo: Mupangwa *et al.* (2006), encontraron contenidos de ceniza de 68 a 173 g kg⁻¹ MS para las especies *C. rotundifolia*, *L. purpureus* y *M. atropurpureum*. Olafadehan y Okunade (2018), reportan concentraciones de cenizas de 116, 120 y 126 g kg⁻¹ MS para las especies forrajeras arbóreas *Azelia africana*, *Daniellia oliveri* y *Entada africana*.

8.2.4. Digestibilidad in vitro de la materia seca

La especie con mayor DIVMS en ambos ciclos fue *C. obtusifolia* obteniendo valores de 907 y 910 g kg⁻¹ MS al finalizar su ciclo en 2016 y 2017. Sin embargo, todas las especies mostraron altos índices de DIVMS, ya que en este estudio la especie menos digestible fue *S. uniflora* alcanzando valores por encima de 837 g kg⁻¹ MS. Estos resultados comparados con la DIVMS que presentan otras plantas forrajeras es superior. García-Ferrer *et al.* (2015), encontraron 538.5 a 801.9 g kg⁻¹ MS en época seca y 517.5 a 775.9 g kg⁻¹ MS en la época lluviosa para las especies *C. rotundifolia*, *L. purpureus* y *M. atropurpureum*. La diferencia observada en la DIVMS se debe principalmente a que en este estudio fueron evaluadas sólo las hojas. La disminución en la DIVMS está relacionada con la el aumento de fibras en las paredes celulares de las hojas al aumentar la edad de la planta. Este fenómeno fue reportado por García-Ferrer *et al.* (2015).

8.3. Encuesta a productores.

En el presente estudio se encontró que las especies evaluadas fueron poco reconocidas por los entrevistados y fueron más relacionadas a malezas en los campos de cultivo. Le han puesto mayor atención a las especies arbóreas, de las cuales la mayor parte de los entrevistados lo mencionó. Esto se debe principalmente a que estas especies arbóreas no sólo son aprovechadas como forraje, sino que algunas son utilizadas como medicinales, para leña y postes para cercos. Alatorre (2018) describe este fenómeno al evaluar especies herbáceas de tipo enredadera en la Mixteca Poblana y coincide con Houehanou *et al.* (2011), al señalar que las especies multipropósito son valoradas y explotadas al grado que pueden degradar su hábitat natural.

La alimentación de los animales se basa principalmente en el aprovechamiento del agostadero sin suplementación. Sólo en la época seca cuando existe un déficit de forraje en el agostadero, se llega a comprar forraje principalmente rastrojos. Esto lo describe Hernandez *et al.* (2001), quienes además mencionan que el sistema de producción caprina que predomina es de tipo familiar, teniendo como base biológica al caprino criollo. En este, la caprinocultura es vista como una actividad que ayuda a sufragar gastos inesperados (ahorro) y por tanto, de acuerdo a la forma en que realiza, no se requiere de mucha inversión para la compra de alimentos de buena calidad.

Se constata con el presente estudio que las especies evaluadas son recursos locales que no se les ha dado la importancia suficiente en la alimentación caprina, pero que esto es por el desconocimiento de los mismos productores. Por tanto, hace falta que los productores conozcan las bondades de estas especies para ser aprovechadas como fuente de alimento de alta calidad.

IX. Conclusiones y recomendaciones

9.1. Conclusiones

Bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento, los resultados encontrados muestran que las especies difieren en el rendimiento y la curva de acumulación de MS. Sobresalen la especie *C. obtusifolia* con mayores rendimientos y la especie *C. incana* con mayor prevalencia. La especie *Senna lindehimeriana* no pudo evaluarse en este estudio, debido probablemente a factores ambientales, de suelo o propios de la semilla que no le permitieron germinar. Con el forraje de *C. obtusifolia* en su pico máximo de producción de MS se puede llegar a alimentar 0.94 UA al año.

En cuanto a la calidad nutritiva, las especies evaluadas mostraron bajos contenidos de fibras (92 a 157 g kg⁻¹ MS en 2016 y de 63 a 166 g kg⁻¹ MS en 2017) y alta digestibilidad (935 a 837 g kg⁻¹ MS en 2016 y 961 a 848 g kg⁻¹ MS en 2017), asimismo, la PC fue alta (168 a 300 g kg⁻¹ MS en 2016 y 64 a 283 g kg⁻¹ MS en 2017). Cabe mencionar que aun cuando los niveles de PC y DIVMS fueron disminuyendo conforme la edad de la planta aumentaba, esta reducción no fue brusca, quedando en niveles aceptables para la producción de rumiantes al finalizar su ciclo de vida. Estos resultados sugieren que las especies evaluadas pueden ser aprovechadas a lo largo de su ciclo productivo.

Considerando la producción de MS y la calidad nutritiva del forraje, las especies *C. incana* y *C. obtusifolia* presentaron mejores resultados que *S. uniflora*, por lo que estas dos especies pueden ser consideradas como opciones en los sistemas de alimentación de rumiantes.

En cuanto al conocimiento tradicional, los productores de este municipio no han desarrollado ningún tipo de conocimiento tradicional con respecto a las especies evaluadas, esto debido probablemente a la diversidad vegetal existente en esta región. Los resultados de la encuesta mostraron que los productores sólo identifican de manera visual a las especies evaluadas y no les dan ningún uso alternativo. La especie más reconocida por los productores fue *Senna uniflora*; sin embargo, no la relacionaron como fuente de forraje para la alimentación de rumiantes en Tecamatlán, Puebla.

9.2. Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos en la acumulación de MS y la calidad nutritiva en este estudio se hace necesario seguir estudiando a estas especies, prestando principal atención a *C. incana* y *C. obtusifolia*. Debido a que las especies evaluadas son nativas y presentan bajas tasas de emergencia, se hace necesario determinar métodos que permitan aumentar la germinación y emergencia de las plantas, además de determinar las densidades óptimas de siembra.

En el presente estudio no se evaluaron compuestos secundarios; sin embargo, muchos de estos compuestos tales como: fenoles, taninos, fitatos, saponinas, alcaloides, inhibidores de la tripsina, entre otros compuestos pueden afectar el consumo. Por tanto, se debe estudiar la presencia y concentración de compuestos secundarios en el forraje de las especies evaluadas y su efecto en la preferencia y aceptación por los rumiantes. Adicionalmente, se debe evaluar el comportamiento productivo de animales alimentados con estas especies.

En esta investigación se encontró que los productores no le dan mayor importancia a las especies evaluadas, posiblemente debido a la gran diversidad vegetal existente de otras especies que proporcionan forraje; sin embargo, de acuerdo a este estudio, estas especies presentan alto valor nutritivo. Por tanto, se hace necesario la difusión de estos resultados mediante pláticas, conferencias en foros, elaboración de tríptico, folletos y manuales, para que los productores conozcan detalles de estas especies y las puedan ir adoptando y mejoren los sistemas de alimentación. La presente investigación da pie para buscar la manera en que estas especies puedan ser adoptadas ya sea como cultivos forrajeros en bancos de proteína o mezclados con otras especies a fin de mejorar la calidad de los forrajes en las praderas o agostaderos, además, estudiar la forma en que el forraje pueda ser conservado y aprovechado en la época seca.

X. Literatura citada

A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis of AOAC International. Vol. 1. 15th edition.

Edited by Kenneth Helrich. Arlington, Virginia USA.

Acikgoz E., Sincik M., Oz M., Albayrak S., Wietgreffe G., Turan Z.M., Goksoy A.T., Bilgili U., Karasu A., Tongel O. & Canbolat O. (2007). Forage soybean performance in mediterranean environments. *Field Crops Research* 103, 239–247.

Alatorre-Hernandez A, Guerrero-Rodríguez JD, Olvera-Hernández JI, Aceves-Ruíz E, Vaquera-Huerta H, Vargas-López S. (2018). Yield performance, physicochemical characteristics and in vitro digestibility of forage legumes in the dry tropic of Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* (9)2:296-315.

Altieri M.A. (1991). ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? *in* Agroecología y desarrollo. *Revista de CLADES*, 1.

Álvarez M. J., Gómez-V. A. & Lasanta T. (2016). The use of goats grazing to restore pastures invaded by shrubs and avoid desertification: a preliminary case study in the spanish cantabrian mountains. *Land Degradation Development* 27, 3–13.

Animut G., Goetsch A.L., Aiken G.E., Puchala R., Detweiler G., Krehbiel C.R., Merkel R.C., Sahlu T., Dawson L.J. Johnson Z.B. & Gipson T.A. (2005a). Grazing behavior and energy expenditure by sheep and goats co-grazing grass/forb pastures at three stocking rates. *Small Ruminant Research* 59, 191–201.

Animut G., Goetsch A.L., Aiken G.E., Puchala R., Detweiler G., Krehbiel C.R., Merkel R.C., Sahlu T., Dawson L.J., Johnson Z.B. & Gipson T.A. (2005b). Performance

- and forage selectivity of sheep and goats co-grazing grass/forb pastures at three stocking rates. *Small Ruminant Research* 59, 203–215.
- Animut G. & Goetsch A.L. (2008). Co-grazing of sheep and goats: Benefits and constraints. *Small Ruminant Research* 77, 127–145.
- ANKOM Technology. (2006). Operator's manual ANKOM 200/220 Fiber Analyzer. ANKOM Technology, Macedon, NY, USA. Pp.31.
- Bigford T. E. (2015). Traditional Knowledge and Biodiversity. *Fisheries* 40(11). 528-528.
- Carreras M. E., Fuentes E., & Pascualidades A. L. (1997). Evaluación del valor forrajero y contenido de fibra de *Crotalaria incana* L. (Leguminosae). *Actas del II Congreso Internacional Etnobotánica*, 220-221.
- Carreras M. E., Pascualidades A. L. & Planchuelo A. M. (2001). Comportamiento germinativo de las semillas de *Crotalaria incana* L. (Leguminosae) en relación a la permeabilidad de la cubierta seminal. *Agriscientia* 18, 45-50.
- Chiarolla C., Hadley M. & Lapeyre R. (2014). Protecting Biodiversity and Traditional Knowledge. *Environmental Policy and Law*, 44/3.
- De Antoni M. M., Bell M., Grace P. R., Scheer C., Rowlings D. W. & Liu Shen. (2015). Legume pastures can reduce N₂O emissions intensity in subtropical cereal cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 204, 27–39.
- Dziba L.E., Scogings P.F., Gordon I.J. & Raats J.G. (2003). The feeding height preferences of two goat breeds fed *Grewia occidentalis* L. (Tiliaceae) in the Eastern Cape, South Africa. *Small Ruminant Research* 47, 31–38.

- Campillo R. R., Urquiaga. S., Pino N. I., & Montenegro B. A. (2003). Estimación de la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas forrajeras mediante la metodología del ^{15}N . *Agricultura Técnica* 63(2), 169-179.
- CONABIO. (2018). Consultado en: <http://enciclovida.mx/especies/187041-senna-lindheimeriana>. 30 de octubre de 2018.
- Enríquez Q. J. F., Meléndez N. F., Bolaños A. E. D. & Esqueda E. V. A. (2011). Producción y manejo de forrajes tropicales. Centro de investigación regional golfo centro. Campo experimental La Posta. Medellín de Bravo, Veracruz. Libro Técnico Numero 28.
- García-Ferrer L., Bolaños-Aguilar E. D., Ramos-Juárez J., Arce M. O. & Lagunes-Espinoza L. C. (2015). Yield and nutritive value of forage legumes in two seasons and four regrowth stages. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 6 (4), 453-468.
- González P. P.G., Torres A. J.F.J, Sandoval C. C.A. & Tun G. J. (2015). Feeding behavior of sheep and goats in a deciduous tropical forest during the dry season: The same menu consumed differently. *Small Ruminant Research* 133,128–134.
- Guerrero R. JD., Calderón S. F., Pérez R. E. Bustamante G. A., Vargas L. S., & Pérez R. N. (2011). El agostadero: manejo y perspectiva de mejora para la producción caprina en la montaña de Guerrero. *Experiencias en la producción de ganado caprino en el estado de Guerrero*. Altres Costra-Emic Editores S. A. de C.V.
- Hanan A. A. M. & Mondragón P. J. (2009). *Malezas de México*. Ficha-*Crotalaria incana*. Consultado en:

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/fabaceae/crotalaria-incana/fichas/ficha.htm>. 30 de octubre de 2018.

Hayano K. C., Calderon V. C., Ibarra L. E., Herrera E. L. & Simpson J. (2012). Gene Expression and Physiological Responses in Mexican Maize Landraces under Drought Stress and Recovery Irrigation. En *Plant Physiology*. Apple Academic Press. Toronto, New York. Pg 74-103.

Hernández H. J. E., Franco G. F. J., Villarreal E. O., Aguilar G. L. M. & Sorcia C. M. G. (2008). Identificación y preferencia de especies arbóreo-arbustivas y sus partes consumidas por el ganado caprino en la Mixteca Poblana, Tehuaxtla y Maninalcingo, México. *Zootecnia Tropical* 26(3), 379-382.

Hernández, J. E., Franco, F. J., Villarreal, O. A., Camacho, J. C. & Pedraza, R. M. (2011). socioeconomic and productive characterization of goat family farms in the Mixteca Poblana, Mexico. *Archivos Zootecnia* 60 (230), 175-182.

Hernández J.S., Rodero E., Herrera M., Delgado J.V., Barba C., Sierra A. (2001). Goat production in the Mixteca Poblana (Mexico). Description and identification of restrictive factors. *Archivos Zootecnia*, 50: 231-239.

Hernández X. E. & Ramos R. A. (1975). Metodología para el estudio de agroecosistemas con persistencia de tecnología agrícola tradicional. *In: Agroecosistemas de México: contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola*. Hernández X., E. (ed.). Colegio de Postgraduados, ENA, México. pp. 321-333.

Houehanou T. D., Assogbadjo A. E., Glele Kakai R. L., Marcel H. & Sinsin B. (2011). aluation of local preferred uses and traditional ecological knowledge in relation to

- three multipurpose tree species in Benin (West Africa). *Forest Policy and Economics* 13(7):554-562.
- Hove L., Topps J.H., Sibanda S. & Ndlovu L.R. (2001). Nutrient intake and utilisation by goats fed dried leaves of the shrub legumes *Acacia angustissima*, *Calliandra calothyrsus* and *Leucaena leucocephala* as supplements to native pasture hay. *Animal Feed Science and Technology* 91, 95-106.
- Huerta Z. S., Vidal C. A., Rodríguez R. J., Bonilla B. M., Mora P. M., Vázquez M. S., Ortiz & Rivera G.A., Bravo H. F. (2008). Principales árboles y arbustos en la Selva baja caducifolia de la Mixteca baja poblana, Puebla, México.
- IBUNAM. (2015). *Senna lindheimeriana* (Scheele) H.S.Irwin & Barneby, ejemplar de: Herbario Nacional de México (MEXU), Plantas Vasculares. En Portal de Datos Abiertos UNAM (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:152898>. Fecha de consulta: 30/10/2018, 8:21:24 a.m.
- IBUNAM. (2015). *Senna uniflora* (Mill.) H.S.Irwin & Barneby, ejemplar de: Herbario Nacional de México (MEXU), Plantas Vasculares. En Portal de Datos Abiertos UNAM (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:142200>. Fecha de consulta: 30/10/2018, 7:55:23 a.m.
- Lastra M. I. J. & Peralta A. M. A. (2000). La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000.

- Macharia P. N., Kinyamario J. I., Ekaya W. N., Gachene C. K. K., Mureithi J. G. & Thur E. G. (2010). Research Note Evaluation of forage legumes for introduction into natural pastures of semi-arid rangelands of Kenya. *Grass and Forage Science* 65, 456–462.
- Mendoza J., Gaytan L., Mellado M., Angel O. & Chavarria I. (2016). Nutrient content of crop residues selected by grazing goats. *Journal Animal Science* 94(5), 833-834.
- Missouri Botanical Garden. (2013). Consultado el 30 Oct 2018 en: <<http://www.tropicos.org/Name/13041541>>
- Mupangwa J. F., Ngongoni N. T. & Hamudikuwanda H. (2006). The effect of stage of growth and method of drying fresh herbage on chemical composition of three tropical herbaceous forage legumes. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 6, 23–30.
- Nielsen D. C. (2011). Forage soybean yield and quality response to water use. *Field Crops Research* 124, 3, 400-407.
- Olafadehana O.A. & Okunade S.A. (2018). Fodder value of three browse forage species for growing goats. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 17, 1, 43-50.
- Ortiz y Rivera G. A., Vidal C. A., Rodríguez R. J., Bonilla B. M., Mora P. M., Huerta Z. S., Vázquez M. S., Bravo H. F., López S. G. & Ortiz S. G.F. (2010). Criterios básicos para la definición del manejo sostenible de plantas nativas de la Mixteca Poblana.

- Osoro K., Ferreira L.M.M., García U., Jáuregui B.M., Martínez A., García R.R. & Celaya R. (2013). Diet selection and performance of sheep and goats grazing on different heathland vegetation types. *Small Ruminant Research* 109, 119–127.
- Ouédraogo-Koné S., Kaboré-Zoungrana C.Y. & Ledin I. (2006). Behaviour of goats, sheep and cattle on natural pasture in the sub-humid zone of West Africa. *Livestock Science* 105, 244 – 252.
- Pardo-De-Santana M. & Macía J. M. (2015). The benefits of traditional knowledge. *Nature* 518, 487-488.
- Papachristou T. G. (1997). Foraging behaviour of goats and sheep on Mediterranean oak shrublands. *Small Ruminant Research* 24, 85-93.
- Papachristou T. G., Dziba L. E. & Provenza F. D. (2005a). Foraging ecology of goats and sheep on wooded rangelands. *Small Ruminant Research* 59, 141–156.
- Papachristou T. G., Platis P. D. & Nastis A. S. (2005b). Foraging behaviour of cattle and goats in oak forest stands of varying coppicing age in Northern Greece. *Small Ruminant Research*. 59, 2–3, 181-189.
- Pérez R. N., Bustamante G. A., Vargas L. S., Pérez R. E., Guerrero R. JD., Calderón S. F., Olvera H. JI. & Martín F. S. (2011). Sistemas silvopastoriles y árboles forrajeros en la selva baja de la Montaña de Guerrero. Experiencias en la producción de ganado caprino en el estado de Guerrero. Altres Costra-Emic Editores S. A. de C.V.

- Planchuelo A. M. & Carreras M. E. (2011). Evaluación de la diversidad morfológica en *Crotalaria incana* L. (Fabaceae, Faboideae), una leguminosa silvestre de valor forrajero. *Agriscientia* 28, 39-49.
- Rojas C. S. (2010). Malezas de México. Ficha- *Senna obtusifolia*. Consultado en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/caesalpinaceae/senna-obtusifolia/fichas/ficha.htm>. 30 de octubre de 2018.
- SAGARPA, Coordinación General de Ganadería. (2010). La producción de carnes en México 2010. *Claridades Agropecuarias* 207, 19-33.
- Sharma K., Saini A.L., Singh N. & Ogra J.L. (1998). Seasonal variations in grazing behaviour and forage nutrient utilization by goats on a semi-arid reconstituted silvipasture. *Small Ruminant Research* 27, 47-54.
- Trejo V. I. (1999). El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones geográficas. Boletín* 39.
- Trejo I. & Dirzo R. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94,133-142.
- Vázquez D. R. & Martínez R. M. O. (2011). Testimonio de la compra-venta de ganado cabrio en la Mixteca de Guerrero y Oaxaca. *Experiencias en la producción de ganado caprino en el estado de Guerrero*. Altres Costra-Emic Editores S. A. de C.V.

Zarzaa R., Rebuffoa M., La Mannaa A. & Balzarinib M. (2018). Plant density in red clover (*Trifolium pratense* L.) pastures as an early predictor of forage production. *European Journal of Agronomy* 101, 193–199.

Zimmer S., Messmer M., Haase T., Piepho H. P., Mindermann A., Schulz H., Habekuß A., Ordon F., Wilbois K. P. & Heß J. (2016). Effects of soybean variety and Bradyrhizobium strains on yield, protein content and biological nitrogen fixation under cool growing conditions in Germany. *European Journal of Agronomy* 72, 38–46.

XI. Anexos

Anexo 1. Cuestionario aplicado a criadores de caprinos en Tecamatlán, Puebla.



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

Encuesta para aplicar a productores de caprino y ovinos en el municipio de Tecamatlán Puebla.

Estudio: Conocimiento tradicional, comportamiento productivo y nutritivo de especies forrajeras leguminosas nativas en Tecamatlán, Puebla.

Objetivo: Sistematizar el conocimiento tradicional que tienen los criadores de caprinos y ovinos sobre las leguminosas herbáceas *Crotalaria incana*, *Senna lindehimeriana*, *Cassia obtusifolia* y *Senna uniflora*.

1. Datos generales.

Fecha:

No. Cuestionario:

1. Nombre del productor: _____
2. Localidad: _____ Municipio: _____
3. Edad: _____ Sexo: _____
4. Escolaridad: _____
5. Principal actividad del jefe de familia _____

2. Sistema de manejo y crianza de cabras y borregos.

1. ¿Qué tipo de animales tiene?
1. Criollos 2. Mejorados 3. Ambos
2. ¿Por qué prefiere este tipo de animales?
3. Número de animales
1. Borregos _____ 2. cabras _____
4. ¿Desde cuándo se dedica a ésta actividad?
5. ¿De dónde adquirió el conocimiento para dedicarse a esta actividad?
1. Padre 2. Madre 3. Abuelos 4. Otra persona: _____
6. ¿Ha recibido capacitación técnica en el manejo de sus animales?
0. Sí 1. No
7. ¿Cuál?
8. ¿Por qué se dedica a esta actividad?
9. ¿Le ha enseñado a sus hijos el conocimiento que ha adquirido sobre esta actividad?
0. Sí 1. No
10. ¿Por qué?
11. ¿Quiere que sus hijos se dediquen a esta actividad?
0. Sí 1. No

12. ¿Por qué?

13. ¿Quién cuida los animales en el agostadero?: _____

3. Sistema de alimentación

1. ¿Cómo alimenta sus cabras?

1. En agostadero 2. Estabulados 3. Ambos

2. Si es en pastoreo, ¿cuántas horas al día?

3. ¿Qué distancia recorren las cabras en promedio al día?

4. ¿Cómo alimenta sus borregos?

1. En agostadero 2. Estabulados 3. Ambos

5. Si es en pastoreo, ¿cuántas horas al día?

6. ¿Qué distancia recorren los borregos en promedio al día?

7. ¿Compra alimento comercial?

0. Sí 1. No

8. ¿Qué tipo de alimento?

1. Crecimiento 2. Mantenimiento 3. Engorda 4. Otro

9. ¿En qué época del año?

1. Lluvias 2. Secas 3. Siempre

10. Con qué frecuencia

1. Una vez por semana 2. Cada 15 días 3. Una vez al mes 4. Otro

11. ¿Compra forrajes?

0. Sí 1. No

12. ¿Qué tipo de forrajes?

1. Rastrojo de maíz 2. Ensilado de maíz 3. Heno de alfalfa 4. Otros

13. ¿En qué época?

1. Lluvias 2. Secas 3. Siempre

14. ¿Con qué frecuencia?

1. Una vez por semana 2. Cada 15 días 3. Una vez al mes 4. Otro

15. ¿Siembra maíz?

0. Sí 1. No

16. ¿Realiza el proceso de zacateo?

0. Sí 1. No

17. ¿Por qué no lo hace?

18. ¿Sabe usted que es el ensilado?

0. Sí 1. No

19. ¿Realiza el proceso de ensilaje?

0. Sí 1. No

20. ¿Por qué no lo realiza?

21. ¿Pastorea sus animales?

0. Sí 1. No

22. ¿En qué época?

1. Siempre 2. En la época seca 3. En la época lluviosa

23. ¿Con qué frecuencia?

1. Una vez al día 2. Dos veces al día 3. Más de tres veces al día 4. Siempre están en el campo
24. ¿Dónde los pastorea?
1. Tierras de cultivo 2. Agostadero 3. En los caminos 4. Otro
25. Tipo de tierras
1. Privadas 2. Ejidales 3. Comunales 4. Otro
26. ¿Con cuántas hectáreas de terreno cuenta?
27. ¿Cuánto de su terreno dedica para el pastoreo?

4. Conocimiento de especies forrajeras

1. En el pastoreo, ¿conoce las especies que consumen los chivos y borregos?
0. Sí 1. No
2. ¿Cuáles son las mayormente consumidas?
1. Árboles 2. Arbustos 3. Herbáceas 4. Enredaderas 5. De todo
3. Mencione el nombre de algunas especies que conoce y que consumen sus chivos y borregos.

Época de lluvias			
Árboles	Arbustos	Herbáceas	Enredaderas
Época de secas			

4. ¿Las especies herbáceas que consumen sus animales las conoce?
0. Sí 1. No
5. ¿Dónde crecen?
1. Tierras de cultivo 2. Agostadero 3. Tierras abandonadas 4. A orilla de ríos 5. En los caminos 6. Otro

6. ¿Conoce la especie *Crotalaria incana*?
0. Sí 1. No
7. ¿Dónde crece?
1. Tierras de cultivo 2. Agostadero 3. Tierras abandonadas 4. A orilla de ríos 5. En los caminos
6. Otro
8. ¿En qué mes presenta floración?
9. ¿En qué mes produce semilla?
10. ¿Conoce la especie *Cassia obtusifolia*?
0. Sí 1. No
11. ¿Dónde crece?
1. Tierras de cultivo 2. Agostadero 3. Tierras abandonadas 4. A orilla de ríos 5. En los caminos
6. Otro
12. ¿En qué mes presenta floración?
13. ¿En qué mes produce semilla?
14. ¿Conoce la especie *Senna linheimeriana*?
0. Sí 1. No
15. ¿Dónde crece?
1. Tierras de cultivo 2. Agostadero 3. Tierras abandonadas 4. A orilla de ríos 5. En los caminos
6. Otro
16. ¿En qué mes presenta floración?
17. ¿En qué mes produce semilla?
18. ¿Conoce la especie *Senna uniflora*?
0. Sí 1. No
19. ¿Dónde crece?
1. Tierras de cultivo 2. Agostadero 3. Tierras abandonadas 4. A orilla de ríos 5. En los caminos
6. Otro
20. ¿En qué mes presenta floración?
21. ¿En qué mes produce semilla?

5. Usos y valor forrajero de especies nativas

1. ¿Qué otros usos le da a las especies forrajeras que consumen sus cabras?
1. Alimento para animales 2. Alimento para humanos 3. Medicinales 4. Leña 5. Otros
2. ¿Qué usos le da a las especies forrajeras que consumen sus borregos?
1. Alimento para animales 2. Alimento para humanos 3. Medicinales 4. Leña 5. Otros
3. ¿Qué uso tiene la especie *Crotalaria incana*?
1. No la conozco 2. Alimento para animales 3. Alimento para humanos 4. Medicinales 5. Otros
4. ¿Se la comen sus animales?
0. Sí 1. No
1. Si la respuesta es sí ¿Qué tipo de animales?
1. Borregos 2. Chivos 3. Ambos 4. Ninguno 5. Otros: _____
2. Si la respuesta es sí ¿De qué calidad considera que es el forraje?
1. Muy buena 2. Buena 3. Regular 4. Mala 5. Muy mala
3. Si la respuesta es no ¿Por qué no se la comen?
1. Es amargosa 2. Es tóxica 3. Tiene un olor fuerte 4. Otro:

4. Esta especie comparada con otras (en una escala del 1 al 5 donde 1 es altamente preferida y 5 nada preferida) mencione el nivel de preferencia de sus animales por esta especie: _____
5. ¿Qué tan abundante es esta especie en la región?
1. Muy abundante 2. Regular 3. Poco abundante 4. Escaza 5. No hay
6. ¿Cuántos meses dura su ciclo productivo (Desde que nace hasta muere)? _____
7. ¿Ha notado algún cambio en la fertilidad del suelo donde crece esta especie?
0. Sí 1. No
8. ¿Cuál?
9. ¿Qué uso tiene la especie *Cassia obtusifolia*?
1. No la conozco 2. Alimento para animales 3. Alimento para humanos 4. Medicinales 5. Otros
10. ¿Se la comen sus animales?
0. Sí 1. No
11. Si la respuesta es sí ¿Qué tipo de animales?
1. Borregos 2. Chivos 3. Ambos 4. Ninguno 5. Otros: _____
12. Si la respuesta es sí ¿De qué calidad considera que es el forraje?
1. Muy buena 2. Buena 3. Regular 4. Mala 5. Muy mala
13. Si la respuesta es no ¿Por qué no se la comen?
1. Es amargosa 2. Es tóxica 3. Tiene un olor fuerte 4. Otro:
14. Esta especie comparada con otras (en una escala del 1 al 5 donde 1 es altamente preferida y 5 nada preferida) mencione el nivel de preferencia de sus animales por esta especie: _____
15. ¿Qué tan abundante es esta especie en la región?
1. Muy abundante 2. Regular 3. Poco abundante 4. Escaza 5. No hay
16. ¿Cuántos meses dura su ciclo productivo (Desde que nace hasta muere)? _____
17. ¿Ha notado algún cambio en la fertilidad del suelo donde crece esta especie?
0. Sí 1. No
18. ¿Cuál?
19. ¿Qué uso tiene la especie *Senna linheimeriana*?
1. No la conozco 2. Alimento para animales 3. Alimento para humanos 4. Medicinales 5. Otros
20. ¿Se la comen sus animales?
0. Sí 1. No
21. Si la respuesta es sí ¿Qué tipo de animales?
1. Borregos 2. Chivos 3. Ambos 4. Ninguno 5. Otros: _____
22. Si la respuesta es sí ¿De qué calidad considera que es el forraje?
1. Muy buena 2. Buena 3. Regular 4. Mala 5. Muy mala
23. Si la respuesta es no ¿Por qué no se la comen?
1. Es amargosa 2. Es tóxica 3. Tiene un olor fuerte 4. Otro:
24. Esta especie comparada con otras (en una escala del 1 al 5 donde 1 es altamente preferida y 5 nada preferida) mencione el nivel de preferencia de sus animales por esta especie: _____
25. ¿Qué tan abundante es esta especie en la región?
1. Muy abundante 2. Regular 3. Poco abundante 4. Escaza 5. No hay
26. ¿Cuántos meses dura su ciclo productivo (Desde que nace hasta muere)? _____
27. ¿Ha notado algún cambio en la fertilidad del suelo donde crece esta especie?
0. Sí 1. No
28. ¿Cuál?

29. ¿Qué uso tiene la especie *Senna uniflora*?

1. No la conozco 2. Alimento para animales 3. Alimento para humanos 4. Medicinales 5. Otros

30. ¿Se la comen sus animales?

0. Sí 1. No

31. Si la respuesta es sí ¿Qué tipo de animales?

1. Borregos 2. Chivos 3. Ambos 4. Ninguno 5. Otros: _____

32. Si la respuesta es sí ¿De qué calidad considera que es el forraje?

1. Muy buena 2. Buena 3. Regular 4. Mala 5. Muy mala

33. Si la respuesta es no ¿Por qué no se la comen?

1. Es amargosa 2. Es tóxica 3. Tiene un olor fuerte 4. Otro:

34. Esta especie comparada con otras (en una escala del 1 al 5 donde 1 es altamente preferida y 5 nada preferida) mencione el nivel de preferencia de sus animales por esta especie: _____

35. ¿Qué tan abundante es esta especie en la región?

1. Muy abundante 2. Regular 3. Poco abundante 4. Escaza 5. No hay

36. ¿Cuántos meses dura su ciclo productivo (Desde que nace hasta muere)? _____

37. ¿Ha notado algún cambio en la fertilidad del suelo donde crece esta especie?

0. Sí 1. No

38. ¿Cuál?

6. Manejo de especies forrajeras

1. ¿Siembra alguna especie forrajera?

0. Sí 1. No

2. ¿Cuál?

3. ¿Qué área destina para la siembra de este forraje?

4. ¿En qué época?

1. En secas 2. Temporal 3. Bajo riego

5. ¿Para qué lo siembra?

1. Alimentación de animales 2. Venta 3. Otros

6. ¿Estaría dispuesto a sembrar una especie forrajera?

0. Sí 1. No

7. ¿Por qué no lo haría?

8. ¿Estaría dispuesto a sembrar la especie *Crotalaria incana*?

0. Sí 1. No

9. ¿Por qué no lo haría?

10. ¿Estaría dispuesto a sembrar la especie *Cassia obtusifolia*?

0. Sí 1. No

11. ¿Por qué no lo haría?

12. ¿Estaría dispuesto a sembrar la especie *Senna linheimeriana*?

0. Sí 1. No

13. ¿Por qué no lo haría?

14. ¿Estaría dispuesto a sembrar la especie *Senna uniflora*?

0. Sí 1. No

15. ¿Por qué no lo haría?

16. ¿Cuida alguna de estas especies?

0. Sí 1. No

17. ¿Por qué?
18. ¿Deja que se reproduzcan en las praderas?
0. Sí 1. No
19. ¿Por qué?
20. ¿Junta semilla de estas especies para sembrar?
0. Sí 1. No
21. ¿Por qué?
22. ¿Corta su forraje para dárselo a sus animales?
0. Sí 1. No
23. ¿Por qué?