



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO
AGRÍCOLA REGIONAL

**CONOCIMIENTO TRADICIONAL DE LEGUMINOSAS
HERBÁCEAS FORRAJERAS NATIVAS Y COMPORTAMIENTO
PRODUCTIVO DE TRES ESPECIES EN LA REGIÓN DE LA
MIXTECA BAJA POBLANA**

ANTONIO ALATORRE HERNÁNDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2016



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 ANEXO

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, **Antonio Alatorre Hernández** 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 de leguminosas herbáceas forrajeras nativas y comportamiento productivo de tres especies en la región de la Mixteca Baja Poblana** 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 Consejo 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, 03 de octubre de 2016

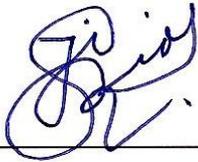
Antonio Alatorre Hernández

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

La presente tesis titulada “**Conocimiento tradicional de leguminosas herbáceas forrajeras nativas y comportamiento productivo de tres especies en la región de la Mixteca Baja Poblana**”, realizada por el alumno **Antonio Alatorre Hernández**; bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

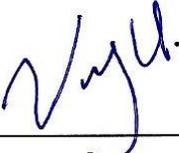
MAESTRO EN CIENCIAS
ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ

ASESOR: 
DR. JOSÉ ISABEL OLVERA HERNÁNDEZ

ASESOR: 
M.C. ERNESTO ACEVES RUÍZ

ASESOR: 
DR. HUMBERTO VAQUERA HUERTA

Puebla, Puebla, México, 03 de octubre de 2016

**CONOCIMIENTO TRADICIONAL DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS
FORRAJERAS NATIVAS Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES
ESPECIES EN LA REGIÓN DE LA MIXTECA BAJA POBLANA**

Antonio Alatorre Hernández, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

Se evaluó el comportamiento productivo y calidad nutritiva de las leguminosas herbáceas *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroides* y *Phaseolus acutifolius* en la Mixteca Baja Poblana. Además, se sistematizó el conocimiento tradicional que los productores de rumiantes tienen sobre estas especies forrajeras a través de tres índices (manejo, valor forrajero y conocimiento), con los cuales se determinó el grado de valoración de las tres leguminosas por parte de los productores. La siembra de las especies se llevó a cabo en parcelas de 2 x 14 m bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. En 10 cortes con intervalos de 15 días, se determinó la producción de materia seca (MS), así como el contenido de fibras, proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* (DIVMS) de las leguminosas. El valor del índice de manejo (0.0205) e índice de valor forrajero (0.4450) de las tres especies fueron bajos, mientras que el índice de conocimiento de las tres leguminosas (0.811) fue alto. La máxima acumulación de MS en las especies fue a los 75, 105 y 120 días en *P. acutifolius* (4639 kg MS ha⁻¹), *M. atropurpureum* (5391 kg MS ha⁻¹) y *M. lathyroides* (7918 kg MS ha⁻¹), respectivamente. Considerando los cortes iniciales y finales, *M. lathyroides* mostró el mayor ($P < 0.05$) rendimiento promedio de MS por corte (4655 kg MS ha⁻¹), seguido de *M. atropurpureum* con 3920 kg MS ha⁻¹ y *P. acutifolius* con 2170 kg MS ha⁻¹. *M. lathyroides* y *M. atropurpureum* mostraron un contenido de PC mayor ($P < 0.05$) que *P. acutifolius* con 153, 159 y 117 g kg⁻¹ MS, respectivamente. Finalmente, *M. lathyroides* tuvo una DIVMS de 596 g kg⁻¹ MS y fue similar al contenido de *M. atropurpureum* (567 g kg⁻¹ MS), mientras que la cantidad de esta última fue similar a la DIVMS de *P. acutifolius* (494 g kg⁻¹ MS). Se concluye que *M. lathyroides* y *M. atropurpureum* fueron las especies con mejor comportamiento productivo y calidad nutritiva. Las tres leguminosas son identificadas por los productores, sin embargo, en la región, existe poca valoración y un escaso conocimiento acerca de su uso como plantas forrajeras para la alimentación de rumiantes.

Palabras clave: calidad, recursos locales forrajeros, saberes tradicionales.

**FARMER TRADITIONAL KNOWLEDGE AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF
THREE NATIVE HERBACEOUS LEGUMES SPECIES IN THE REGION OF LOW
MIXTECA POBLANA**

Antonio Alatorre Hernández, M.S.

Colegio de Postgraduados, 2016

The productive performance and nutritional quality of the herbaceous legumes *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroides* and *Phaseolus acutifolius* in the Low Mixteca Poblana was evaluated. Additionally, traditional knowledge from ruminant farmers about these forage species was systematized, using three indices (management, forage value and knowledge), in order to determine the degree of valuation of the legumes. The sowing of the species was carried out in plots of 2 x 14 m under a complete randomized block design with four replications. Ten harvests with intervals of 15 days were carried out, considering the variables of dry matter production (DM), fiber content, crude protein (CP) and *in vitro* digestibility (IVDMD). The index value management (0.0205) and Index of forage value (0.4450) of the three species were low, while the index of knowledge of the three legumes (0.811) was high. The maximum accumulation of MS in the species was at 75, 105 and 120 days in *P. acutifolius* (4639 kg DM ha⁻¹), *M. atropurpureum* (5391 kg DM ha⁻¹) and *M. lathyroides* (7918 kg DM ha⁻¹), respectively. Considering the initial and final harvest *M. lathyroides* showed higher ($P < 0.05$) average DM yield (4655 kg DM ha⁻¹), than *M. atropurpureum* with 3920 kg DM ha⁻¹ and *P. acutifolius* with 2170 kg DM ha⁻¹. *M. lathyroides* and *M. atropurpureum* showed higher CP content ($P < 0.05$) than *P. acutifolius* with 153, 159 and 117 g kg⁻¹ DM, respectively. Finally, *M. lathyroides* had an IVDMD of 596 g kg⁻¹ MS, similar to *M. atropurpureum* (567 g kg⁻¹ MS), while the amount of the latter was similar to the IVDMD of *P. acutifolius* (494 g kg⁻¹ DM). In conclusion, *M. lathyroides* and *M. atropurpureum* were the species with better productive performance and nutritional quality. The three legumes are well identified by producers, however in the region, these species are low valued as forage source and there is little knowledge about its use as fodder plants for feeding ruminants.

Keywords: nutritive value, local forage resources, traditional knowledge

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi madre Rosa Hernández Sosa por ser la persona que con sus ejemplos, me ha enseñado a trabajar y a salir adelante, por sus consejos y apoyo incondicional en cualquier momento de mi vida.

A mi hermano Conrado Alatorre Hernández por su apoyo incondicional, amistad, atención y consejos en todo momento.

A mis hermanos Cristina, Elizabeth, Eloísa, Oscar, Luz María y Ana Laura por su amistad y por los bonitos momentos que siempre me han regalado.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por darme la oportunidad de existir, disfrutar de este bonito mundo y hacer de mi lo que es su voluntad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado en la realización de mis estudios de posgrado.

Al Colegio de Postgraduados por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

Al Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez por aceptar ser el director de tesis, por sus consejos, apoyo en la práctica y escritura de la investigación. Es un ejemplo a seguir y gracias por su amistad.

A los doctores que aceptaron formar parte del Consejo Particular: Dr. José Isabel Olvera Hernández, M.C. Ernesto Aceves Ruíz y Dr. Humberto Vaquera Huerta. Gracias por su apoyo, consejos y sugerencias en el trabajo de investigación.

Al Ing. Juan Carlos Soriano Martínez por su apoyo y sugerencias en el trabajo de campo. Gracias por su amistad.

Al Profesor Rosalío Soriano Canizal y a su esposa la Profesora Anastasia Martínez Reyes, así como a toda su familia por su gran amistad y apoyo brindado durante el transcurso de la investigación.

A la Ing. María Dolores Saavedra Méndez y al señor Pedro Saavedra Santos por el apoyo directo en la realización de las entrevistas a productores de la Mixteca Baja Poblana.

A los productores entrevistados de la Mixteca Baja Poblana, gracias por compartir su conocimiento y hacer posible la investigación.

Al M. T. Rafael Ábrego Hernández por su amistad, apoyo y consejos durante el transcurso de los dos años de estudio.

Al Ing. Gerardo Rufo Morán Sánchez y al señor Miguel Merino Merino por el apoyo (incondicional) en cuanto a la disposición del terreno para la siembra de las leguminosas forrajeras en el municipio de Tecamatlán, Puebla.

A mi amigo José Espinoza por su gran amistad y por compartirle (incondicionalmente) a un servidor sus conocimientos académicos durante los dos años de estudio. Gracias Espe.

A mi buen amigo Héctor B. García, por su apoyo y gran amistad que siempre me ha brindado.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
III. HIPÓTESIS	3
IV. OBJETIVOS	4
4.1 Generales	4
4.2 Particulares	4
V. REVISIÓN DE LITERATURA	5
5.1 Trópico seco y húmedo de México	5
5.2 Agricultura mixta: cultivos-ganado	6
5.3 Uso de recursos locales	7
5.4 Comportamiento alimenticio de pequeños rumiantes en pastoreo	8
5.5 Leguminosas herbáceas	10
5.6 Sistematización del conocimiento tradicional	14
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	17
6.1 Ubicación del experimento	17
6.2 Colecta de semillas de las tres especies de leguminosas forrajeras	17
6.3 Siembra	18
6.4 Diseño experimental y análisis estadístico	18
6.5 Variables de estudio	19
6.5.1 Altura de plantas y cobertura	19
6.5.2 Producción de materia seca	20
6.5.3 Material muerto de las especies forrajeras	21
6.5.4 Calidad nutritiva	21

6.5.5 Componentes químicos secundarios: fenoles totales y taninos condensados	23
6.6 Prueba de preferencias.....	24
6.7 Conocimiento tradicional sobre las tres especies forrajeras	26
6.8 Contenido de la entrevista	27
6.9 Índices para determinar el conocimiento tradicional	27
VII. RESULTADOS	31
7.1 Condiciones edáficas y climáticas	31
7.2 Comportamiento productivo de las leguminosas forrajeras	32
7.2.1 Rendimiento de materia seca (MS)	32
7.2.2 Tasa diaria de crecimiento.....	33
7.2.3 Material muerto.....	34
7.2.4 Producción de hoja.....	35
7.2.5 Producción de tallo	36
7.2.6 Relación hoja-tallo	37
7.2.7 Altura de la planta.....	38
7.2.8 Cobertura de las plantas.....	39
7.3 Calidad nutritiva de las tres especies	40
7.3.1 Fibra detergente neutro (FDN)	40
7.3.2 Fibra detergente ácido (FDA)	41
7.3.3 Lignina en detergente ácido (LDA)	42
7.3.4 Proteína cruda (PC).....	43
7.3.5 Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS).....	44
7.4 Calidad nutritiva del material muerto de las tres especies de leguminosas	46
7.4.1 Fibra detergente neutro (FDN)	46

7.4.2 Fibra detergente ácido (FDA)	47
7.4.3 Lignina en detergente ácido (LDA)	48
7.4.4 Proteína cruda	49
7.4.5 Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS)	50
7.5 Componentes químicos secundarios; fenoles totales y taninos condensados	52
7.6 Pruebas de preferencia.....	52
7.7 Conocimiento tradicional de las tres especies de leguminosas herbáceas	53
7.7.1 Índice de manejo, de valor forrajero y de conocimiento para las tres especies forrajeras	56
VIII. DISCUSIÓN	58
8.1 Comportamiento productivo de las leguminosas forrajeras	58
8.1.1 Rendimiento de materia seca (MS)	58
8.1.2 Tasa diaria de crecimiento y cantidad de tallos	59
8.1.3 Material muerto y cantidad de hojas	60
8.1.4 Relación hoja-tallo	61
8.1.5 Altura	62
8.1.6 Cobertura.....	63
8.2 Calidad nutritiva de las tres especies	64
8.2.1 Proteína cruda (PC).....	64
8.2.2 Contenido de fibras	64
8.2.3 Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS)	65
8.3 Calidad nutritiva del material muerto de las tres especies de leguminosas	66
8.4 Componentes químicos secundarios: fenoles totales y taninos condensados	67
8.5 Pruebas de preferencia.....	68
8.6 Conocimiento tradicional de las tres especies de leguminosas herbáceas	69

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
9.1 Conclusiones	72
9.2 Recomendaciones	73
X. BIBLIOGRAFÍA	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Calidad nutritiva de <i>Macroptilium atropurpureum</i> obtenida por diferentes autores..... 13
Tabla 2	Especies de leguminosas y distribución de parcelas dentro de los bloques en el diseño experimental..... 19
Tabla 3	Promedios totales de las variables físicas de las leguminosas <i>M. lathyroides</i> , <i>M. atropurpureum</i> y <i>P. acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla..... 45
Tabla 4	Promedios totales (g kg ⁻¹ MS) de las variables de calidad nutritiva de las leguminosas <i>M. lathyroides</i> , <i>M. atropurpureum</i> y <i>P. acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla..... 46
Tabla 5	Promedios totales (g kg ⁻¹ MS) de las variables de calidad nutritiva en el material muerto de las leguminosas <i>M. lathyroides</i> , <i>M. atropurpureum</i> y <i>P. acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla..... 51
Tabla 6	Concentración de fenoles totales y taninos condensados (g kg ⁻¹ MS) en tres leguminosas forrajeras herbáceas evaluadas en Tlapanalá, Puebla..... 52
Tabla 7	Valores propios resultantes del análisis del PCA. Para los dos primeros componentes principales se muestra la proporción de variación acumulada..... 54
Tabla 8	Resultados del PCA que muestran la contribución de cada variable a cada componente principal..... 54
Tabla 9	Diferencias estadísticas entre grupos respecto a las variables edad, escolaridad, número de rumiantes y años como ganaderos de productores de rumiantes en tres comunidades de la Mixteca Baja Poblana..... 55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Especies forrajeras evaluadas..... 15
Figura 2	Ubicación de la comunidad de Santo Domingo Ayotlicha en el municipio de Tlapanalá, Puebla, México..... 17
Figura 3	Temperaturas y precipitaciones correspondientes a siete meses; de abril a octubre de 2015, Santo Domingo Ayotlicha, Tlapanalá, Puebla..... 31
Figura 4	Rendimiento de MS (kg ha^{-1}) de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla..... 32
Figura 5	Curvas de crecimiento: a) <i>Macroptilium atropurpureum</i> , b) <i>Macroptilium lathyroides</i> y c) <i>Phaseolus acutifolius</i> 33
Figura 6	Tasa diaria de crecimiento ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla..... 34
Figura 7	Material muerto (kg MS ha^{-1}) de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla..... 35
Figura 8	Producción de hoja (kg MS ha^{-1}) de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla..... 36
Figura 9	Producción de tallos (kg MS ha^{-1}) de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla..... 37

Figura 10	Relación hoja-tallo de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.....	38
Figura 11	Altura (cm) de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.....	39
Figura 12	Cobertura (%) de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.....	40
Figura 13	Fibra detergente neutro (g kg ⁻¹ MS) de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas en Tlapanalá, Puebla.....	41
Figura 14	Fibra detergente ácido (g kg ⁻¹ MS) de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.....	42
Figura 15	Lignina en detergente ácido (g kg ⁻¹ MS) de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.....	43
Figura 16	Proteína cruda (g kg ⁻¹ MS) de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.....	44
Figura 17	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (g kg ⁻¹ MS) de las leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas	

	de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.....	45
Figura 18	Fibra detergente neutro (g kg ⁻¹ MS) en el material muerto de las especies de leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.....	47
Figura 19	Fibra detergente ácido (g kg ⁻¹ MS) en el material muerto de las especies de leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.....	48
Figura 20	Lignina en detergente ácido (g kg ⁻¹ MS) en el material muerto de las especies de leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.....	49
Figura 21	Proteína cruda (g kg ⁻¹ MS) en el material muerto de las especies de leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.....	50
Figura 22	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (g kg ⁻¹ MS) en el material muerto de las especies de leguminosas forrajeras herbáceas <i>Macroptilium lathyroides</i> , <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Phaseolus acutifolius</i> evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.....	51
Figura 23	Tiempo en minutos que cada especie animal pasó consumiendo cada especie de leguminosas forrajera en campo.....	53

Figura 24	Análisis de componentes principales que muestra las diferencias de tres grupos de productores de rumiantes con respecto a su edad, escolaridad, número de rumiantes y tiempo como ganaderos en tres localidades de la Mixteca Baja Poblana.....	55
Figura 25	Índice de manejo total (ÍMt), índice de valor forrajero total (ÍVFt) e índice de conocimiento total (ÍCt) sobre las especies de leguminosas herbáceas <i>M. atropurpureum</i> , <i>M. lathyroides</i> y <i>P. acutifolius</i> en tres localidades de la Mixteca Baja Poblana.....	57

I. INTRODUCCIÓN

En la selva Baja Caducifolia de la Mixteca Baja Poblana existe una gran diversidad de leguminosas forrajeras de tipo herbáceo, arbustivo y arbóreo que son fuentes importantes de materia seca para la alimentación de rumiantes. Durante la época de lluvias el crecimiento de leguminosas herbáceas aumenta y los animales pasan la mayor parte de su tiempo consumiendo estas especies (63-80%) en comparación a plantas arbustivas o arbóreas (18-32%) (Solanki, 1994; Orihuela y Solano, 1999; Lebopa *et al.*, 2011). Tal es el caso de *Macroptilium atropurpureum* y *Macroptilium lathyroides*, así como de *Phaseolus acutifolius* que son leguminosas herbáceas ampliamente distribuidas en los agostaderos de la Mixteca Poblana y por sus características forrajeras poco conocidas, estas pueden ser fuentes importantes de alimentación de rumiantes en esta región.

Macroptilium atropurpureum ha sido evaluada experimentalmente en monocultivo y en intercalación con pastos nativos de baja calidad nutritiva para la alimentación de rumiantes (Njarui y Wandera, 2004; Njoka-Njiru *et al.*, 2006; Njarui *et al.*, 2007). En esta especie forrajera, diversos investigadores han determinado la calidad nutritiva y el rendimiento de materia seca por hectárea, adicionalmente, se ha evaluado como dieta única y en mezcla con residuos de cosecha para determinar el consumo y la respuesta animal (Mupangwa *et al.*, 2000a; Matizha *et al.*, 2001; Undi *et al.*, 2001; Njarui *et al.*, 2003; Njarui *et al.*, 2004; Mupangwa *et al.*, 2006). Estos autores concluyen que *Macroptilium atropurpureum* mejor conocida como Siratro, es una de las leguminosas tropicales con excelente calidad nutritiva capaz de incrementar el contenido de proteína cruda en pastos y rastrojos de bajo valor nutricional. Además, es muy aceptada por rumiantes estabulados y en pastoreo, y por el aporte de materia seca en su consumo, esta especie mejora el comportamiento productivo de los animales en regiones en donde las sequías son muy prolongadas. Esta leguminosa es nativa de México, sin embargo, la mayoría de las investigaciones de esta especie se han realizado en países como Australia, Brasil, Cuba y países africanos tales como Tanzania, Zimbabwe, Kenya, Uganda y Zambia.

Macroptilium lathyroides es una especie del mismo género de la especie mencionada anteriormente, y *Phaseolus acutifolius* es una leguminosa con los mismos hábitos de crecimiento, no obstante, de éstas dos últimas especies, se desconoce su comportamiento en campo. De estas dos leguminosas sólo se tiene información acerca de sus descripciones botánicas, pero en cuanto a características de importancia para la ganadería lo que se conoce es escaso. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el comportamiento productivo y la calidad nutritiva de estas tres leguminosas forrajeras herbáceas, así como su preferencia por rumiantes y la sistematización del conocimiento tradicional que los productores tienen sobre éstas especies en la Mixteca Baja Poblana. El propósito de esto es conocer el potencial productivo de estas plantas forrajeras y al mismo tiempo ofrecer a los productores de la región nuevas alternativas que mejoren la alimentación animal.

II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La falta de conocimiento de los productores de rumiantes acerca de las tres especies de leguminosas forrajeras en estudio, se convierte en el principal problema para su aprovechamiento como fuentes de forraje para la ganadería. Por tanto, las preguntas de la presente investigación son: ¿Cuál es el conocimiento tradicional que los productores tienen sobre *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium Lathyroides* y *Phaseolus acutifolius*? ¿Cuál es la producción y calidad nutritiva del forraje de *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroides* y *Phaseolus acutifolius* a través del año en la Mixteca Baja Poblana? y ¿Cuál de las tres especies de leguminosas es más preferida por los rumiantes en pastoreo?

III. HIPÓTESIS

- El conocimiento tradicional por parte de los productores de pequeños rumiantes sobre las especies *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroides* y *Phaseolus acutifolius* como plantas forrajeras es escaso y son poco valoradas.
- La producción y calidad de forraje de las especies *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroides* y *Phaseolus acutifolius* a través del año bajo condiciones climáticas de la Mixteca Baja Poblana es alta y diferente entre ellas mismas.
- Por parte de los rumiantes en pastoreo, existen diferencias en cuanto a la preferencia de las tres especies forrajeras objeto de la presente investigación.

IV. OBJETIVOS

4.1 Generales

- Sistematizar el conocimiento tradicional que los productores poseen respecto al aprovechamiento de tres especies nativas forrajeras de tipo herbáceo en la Mixteca Baja Poblana.
- Evaluar el comportamiento productivo y calidad nutritiva del forraje de *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroides* y *Phaseolus acutifolius*, para la alimentación de rumiantes en la región de la Mixteca Baja Poblana.
- Evaluar la preferencia de las tres especies de leguminosas herbáceas por rumiantes en pastoreo.

4.2 Particulares

- Conocer la importancia que los productores le dan al forraje de *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroides* y *Phaseolus acutifolius*, para la alimentación de rumiantes.
- Evaluar el rendimiento de materia seca de las tres leguminosas forrajeras, la digestibilidad de la materia seca, el contenido de fibras, el contenido de proteína cruda, el contenido de lignina y el contenido de fenoles totales y taninos condensados en las tres especies de leguminosas herbáceas.
- Conocer la preferencia de los rumiantes en pastoreo para las tres especies forrajeras.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Trópico seco y húmedo de México

El trópico seco representa el 16% del territorio mexicano, mientras que el trópico húmedo representa el 12% del total del país (Enríquez *et al.*, 2011). Ambas regiones tienen una superficie de alrededor de 55'687,860 hectáreas (28% del territorio nacional). En estas dos regiones se mantiene el 64% del hato ganadero y se genera el 43% de la carne y el 20% de la leche que el país produce (Lamothe, 2002). Concretamente el estado de Puebla cuenta con 753,867 hectáreas de trópico seco y 340,250 hectáreas de trópico húmedo (Enríquez *et al.*, 2011) en donde existen alrededor de 535,457 unidades ganaderas de importancia económica familiar (INEGI, 2007).

Entre las diversas regiones del estado de Puebla, se encuentra la Mixteca Poblana, una región del trópico seco ubicada al sur del estado y caracterizada por presentar un clima cálido sub-húmedo y en algunas zonas, un clima semi-seco muy cálido con lluvias en verano (Guízar *et al.*, 2010). En esta región los habitantes tienen como producción primaria a la agricultura, destacando la siembra de maíz, frijol, cacahuete, pepino, papaya, entre otros cultivos y como producción secundaria tienen a la ganadería, específicamente a la crianza, engorda y comercio de ganado caprino, ovino y bovino. Los caprinos son considerados como la principal especie ganadera en donde el 83% de las unidades de producción se dedica a la cría de estos animales, un 10% a caprinos-bovinos y el 7% restante a caprinos-ovinos (Hernández *et al.*, 2011). El sistema de producción predominante es el extensivo, el cual se caracteriza por el pastoreo de los animales en agostaderos en la época de lluvias; y en la época seca, los productores complementan la alimentación mediante suplementos utilizando fuentes forrajeras locales como los rastrojos de maíz, frijol, cacahuete, pastos nativos y en pocas cantidades los concentrados comerciales (Hernández *et al.*, 2001).

5.2 Agricultura mixta: cultivos-ganado

En la Mixteca Poblana como en muchos otros lugares, los pequeños productores combinan la producción de cultivos básicos con la producción del ganado. En este sistema agrícola, los animales mono-gástricos y rumiantes tienen una función importante en el bien estar de las familias de las zonas rurales, incluso de las zonas urbanas en donde se lleva a cabo la producción animal de traspatio (Lumu *et al.*, 2013). En este tipo de agricultura el ganado bovino ofrece un medio barato para arar las tierras de cultivo y junto con los demás animales (cabras, ovinos, cerdos y aves de corral) proporcionan carne, leche y huevos a la familia, además de abono en forma de estiércol para mantener la fertilidad de los suelos (Devendra y Cevilla, 2002; Njarui y Wandera, 2004). De esta manera, los pequeños productores con la producción animal, intentan minimizar los riesgos de producción agrícola, diversificar las fuentes de ingreso, proporcionar seguridad alimentaria a la familia, incrementar la productividad de la tierra y mejorar la sustentabilidad de los sistemas de producción (Paris, 2002). Por tanto, la disminución en el número de animales dentro de cada familia, lleva a una reducción significativa de los beneficios proporcionados por éstos y a su vez resulta en una disminución en la productividad agrícola, además de posibles consecuencias en la salud y nutrición de los miembros de la familia (Thapa *et al.*, 1997).

Sin embargo, a pesar de los diversos beneficios que los animales pueden aportar a la granja, su producción y principalmente la de rumiantes, muchas veces es limitada por la falta de fuentes alimenticias de buena calidad nutritiva que cubran los requerimientos nutricionales de los animales, sobre todo en épocas de escases de forraje (Paris, 2002). Para hacer frente a este problema, diversos países del sur de Asia y países de África Sub-Sahariana han implementado diferentes estrategias de producción de forrajes para la alimentación animal. Entre estas estrategias se destaca el uso de plantas forrajeras producidas de manera local.

5.3 Uso de recursos locales

Los recursos locales como las plantas nativas tienen una función importante dentro de diversas regiones rurales, debido a que contribuyen substancialmente a la seguridad de los medios de vida en sistemas de producción agrícola de pequeños productores (Paniagua-Zambrana *et al.*, 2014; Houehanou *et al.*, 2011). Debido al mayor conocimiento que la gente rural tiene sobre estas especies de plantas para usos múltiples, éstas tienden a ser mayormente usadas en comparación al grupo de plantas exóticas (Albuquerque, 2006; Albuquerque *et al.*, 2009). La mayoría de las familias rurales o indígenas confían en los beneficios que las plantas locales pueden proporcionar como recursos agrícolas para la subsistencia del hogar, o bien, como una forma de incrementar los ingresos económicos dentro de dichas familias (Cotta, 2015).

Las plantas locales principalmente han sido utilizadas como forraje, medicina, leña, artesanías, materiales para construcción, madera y usos como religión, entre otros (Camou-Guerrero *et al.*, 2008; Houehanou *et al.*, 2011). Según Cotta (2015), en un estudio realizado con familias rurales en el Amazonas Peruano, estos recursos pueden contribuir hasta en un 55% de los ingresos económicos para la subsistencia de los hogares, sin descartar el autoabasto de diversos productos para la alimentación y nutrición de los miembros de la familia. Sin embargo, el uso de estos recursos para fines particulares depende del conocimiento que una población rural tiene sobre el manejo de ciertas plantas locales (Ramos *et al.*, 2008; Houehanou *et al.*, 2011), mientras que este conocimiento a la vez, depende de una interacción compleja entre diferentes factores y las partes interesadas (familias rurales) (Iniesta-Arandia *et al.*, 2014; Paniagua-Zambrana *et al.*, 2014).

Los factores que mayormente influyen en el mantenimiento del conocimiento tradicional y que han sido estudiados por diferentes autores son: el género, edad de las personas, educación, etnicidad, tiempo de residencia por los individuos en un área local, estatus de emigración, tenencia animal y actividades económicas (Camou-

Guerrero *et al.*, 2008; Ramos *et al.*, 2008; Houehanou *et al.*, 2011; Iniesta-Arandia *et al.*, 2014; Paniagua-Zambrana *et al.*, 2014). Aunado a esto, la percepción de calidad de los recursos, su disponibilidad, accesibilidad, estacionalidad y la transmisión de conocimientos de una generación a otra, son factores que también pueden influir en el alto o escaso manejo de las especies de plantas locales (Camou-Guerrero *et al.*, 2008; Ramos *et al.*, 2008; Iniesta-Arandia *et al.*, 2014; Cotta, 2015). No obstante, cada uno de estos factores influye de diferente manera en cada región de estudio, y por tanto, las costumbres en el uso de plantas puede variar de una región a otra (Albuquerque, 2006). Finalmente, e independientemente de la influencia de estos factores en el mantenimiento del conocimiento tradicional, los recursos locales se encuentran integrados dentro de los sistemas de producción de baja escala, los cuales tienen una utilización baja de insumos externos y además aseguran un apoyo a la economía familiar en diversas formas.

5.4 Comportamiento alimenticio de pequeños rumiantes en pastoreo

Las plantas locales o nativas de una región, también son utilizadas por los rumiantes en pastoreo y su importancia radica en que parte de esta vegetación sirve como base de una dieta rica en proteína para la alimentación de los animales en los agostaderos (González-Pech *et al.*, 2015). El pastoreo y ramoneo de diferentes especies forrajeras (herbáceas, arbustivas y arbóreas) por los rumiantes, son una actividad eficiente de los animales para adaptarse a una cantidad y calidad de su ingesta con el fin de saciar y reunir los requerimientos nutricionales por el animal (Solanki, 1994; Lebopa *et al.*, 2011). En estas condiciones (pastoreo), las plantas comúnmente consumidas por ovinos pueden representar hasta el 92.3% de su consumo de materia seca (MS), mientras que para cabras, éstas pueden representar hasta un 89.5% de su consumo de MS (González- Pech *et al.*, 2015). En estas mismas condiciones Solanki (1994) señala un consumo de forraje de diferentes especies de hasta 0.23 kg/kg BW^{0.75} en cabras.

Sin embargo, los rumiantes y principalmente las cabras, muestran un patrón diurno distinto para seleccionar diferentes tipos de plantas forrajeras (Solanki, 1994). Durante la época de lluvias cuando las plantas son abundantes, las cabras principalmente se alimentan de aquellas especies del estrato herbáceo en comparación a especies arbustivas y arbóreas. Así, el tiempo dedicado al consumo de estas plantas por cabras en pastoreo va de 63 a 80% de su tiempo total, mientras que el tiempo dedicado al ramoneo de especies arbustivas y arbóreas es de 18 a 32% (Solanki, 1994; Odo *et al.*, 2001; Lebopa *et al.*, 2011). Incluso el tiempo dedicado a actividades no alimenticias de las cabras tales como el caminar, descansar, rumiar, jugar, golpear y comportamientos de cortejo, es mayor en épocas de sequía que en épocas de lluvia (Lebopa *et al.*, 2011). Esto es debido a que los animales al verse envueltos entre plantas más accesibles, estos tienden a dedicar mayor tiempo al consumo de plantas herbáceas para reunir sus requerimiento nutricionales en comparación a las épocas de sequía en la que las plantas arbustivas y arbóreas por ser de mayor altura son más difíciles de ser cosechadas por los animales (Orihuela y Solano, 1998; Lebopa *et al.*, 2011). Por otra parte, la tasa de bocados en cabras (número de bocados por minuto) se ha estimado en 40.4, 37.1 y 22 para plantas herbáceas, arbustivas y otras especies forrajeras, respectivamente (Solanki, 1994).

Las especies del estrato herbáceo son mayormente preferidas por las cabras en pastoreo debido a diferentes razones, entre las que se encuentran: la facilidad de cosecha de éstas por los animales, son plantas suculentas, palatables y menos toscas, además, son abundantes y generalmente son de mayor valor nutricional (Orihuela y Solano, 1998; Odo *et al.*, 2001; Lebopa *et al.*, 2011). Esto puede ser atribuido a la temprana y rápida tasa de crecimiento de las plantas herbáceas durante la época de lluvias, mientras que en la época seca por la escases de estas plantas forrajeras, el ramoneo de plantas con mayor altura se convierten en la fuente principal de alimento para las cabras (Odo *et al.*, 2001; Lebopa *et al.*, 2011).

Con base a lo anterior, es posible entonces evaluar aquellas especies forrajeras del estrato herbáceo de los agostaderos como una estrategia para mejorar la cantidad y

calidad de los alimentos ofrecidos a los rumiantes en sistemas de producción agrícola de baja escala.

5.5 Leguminosas herbáceas

Entre las plantas forrajeras del estrato herbáceo se encuentran las leguminosas herbáceas del orden fabales, familia fabáceas y subfamilia faboideae. En África Sub-Sahariana estas leguminosas son utilizadas ampliamente con el objetivo de mejorar la fertilidad de suelos en tierras agrícolas para la producción de cultivos (Mureithi *et al.*, 2004). Esto debido a la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico que las leguminosas tienen y porque pueden ser utilizadas como abono verde en la rotación de cultivos en regiones áridas y semi-áridas (Sumberg, 2002). De esta manera, estas leguminosas en diversos países de África, son importantes dentro de los sistemas agrícolas mixtos, puesto que también tienen la capacidad de mejorar la calidad y utilidad de especies forrajeras con bajo valor nutritivo para la alimentación de rumiantes (Thomas y Sumberg, 1995; Sumberg, 2002).

Estas leguminosas empiezan a tomar importancia en la alimentación animal y son utilizadas tanto en asociación con gramíneas como en monocultivos y como bancos de proteína (Enríquez *et al.*, 2011). Las especies de leguminosas herbáceas mayormente utilizadas como plantas forrajeras son *Stylosanthes guianensis*, *Centrosema pubescens*, *Desmodium uncinatum*, *Stylosanthes hamata*, *Lablab purpureus*, *Macroptilium atropurpureum*, *Desmodium intortum* y *Stylosanthes humilis* (Thomas y Sumberg, 1995; Matizha *et al.*, 1997). Particularmente en México las especies mayormente citadas son: *Clitoria ternatea* L., *Pueraria phaseoloies*, *Neonotonia Wightii*, *Arachis pintoi* y *Cratylia argéntea* (Enríquez *et al.*, 2011).

Estas especies han sido estudiadas en términos de establecimiento, producción de materia seca, calidad nutritiva y consumo por rumiantes especialmente en regiones áridas y semi-áridas (Mero y Udén, 1997a; Mero y Udén, 1998b). Aunque estas leguminosas no alcanzan rendimientos de forraje tan altos como las gramíneas, son

muy apreciadas por su alto valor nutritivo y capacidad de fijación de nitrógeno en el suelo (Enríquez *et al.*, 2011). Con base a esto, las leguminosas pueden contribuir al control de erosión de suelos a través de su cobertura e incrementar la fertilidad del mismo al mejorar los niveles de nutrientes y materia orgánica (Devendra y Cevilla, 2002; Mureithi *et al.*, 2003). En África Sub-Sahariana, dependiendo de las condiciones ambientales y edad, la fijación de nitrógeno de estas leguminosas en parcelas experimentales se encuentra entre 45 y 290 kg ha⁻¹ año (Thomas, 1973; Enríquez *et al.*, 2011). Además, si las leguminosas son sembradas bajo cultivos básicos, estas pueden tener un efecto positivo sobre la calidad nutritiva de los residuos de cultivos comúnmente consumidos por los rumiantes después de las cosechas (Sumberg, 2002).

Particularmente *Macroptilium atropurpureum*, es una especie nativa de las regiones del trópico húmedo y seco de México, su uso como planta forrajera inició en Australia a inicios de 1960 (Jones, 2014). Al ser considerada una planta resistente a plagas y enfermedades, investigadores australianos colectaron ecotipos de esta especie en las costas de Veracruz y en Matlapa, San Luis Potosí, con el objetivo de sustituir a otras especies de leguminosas australianas no viables como plantas forrajeras (Hutton, 1962). Actualmente esta especie es considerada como una de las leguminosas forrajeras más importantes en países como Australia y Brasil, y su uso se ha extendido en países de África y Asia, así como en otras partes del mundo para ser cultivada principalmente en las regiones de los trópicos y sub-trópicos (Shaw y Whiteman, 1977).

Siratro es una planta herbácea tropical perene, rastrera o trepadora con hojas trifoliadas variando en tamaño de 3 a 10 cm de largo y de 3 a 6 cm de ancho (Mero y Udén, 1998b). Se caracteriza por tener raíces profundas, sus tallos rastreros pueden enraizar en cualquier sitio a lo largo de su longitud y puede extenderse ampliamente en los sitios de siembra así como nodular libremente con cepas nativas de *Rhizobium* e inoculantes comerciales (Shaw y Whiteman, 1977; Mureithi *et al.*, 2003). En cuanto a su establecimiento en campo, esta leguminosa se adapta a precipitaciones que van

de los 500 a 1179 mm anuales, a suelos arenosos y arcillosos con un rango de pH de 5.5 – 7 y a un rango de temperatura de 19.6 – 28.3 °C (Mero y Udén, 1997a; Njarui y Wandera, 2004; Njarui *et al.*, 2004; Macharia *et al.*, 2005; Njoka-Njiru, *et al.*, 2006; Mupangwa *et al.*, 2006; Njarui *et al.*, 2007). Esta especie no tolera las bajas temperaturas, el follaje es vulnerable a las heladas constantes y en estas circunstancias, la caída de hojas en los cultivos puede ser considerable (Hutton, 1962).

En países del sur de Asia como la India, Sri Lanka, Laos, Filipinas, entre otros, *Macroptilium atropurpureum* se ha intercalado con el cultivo de arroz y con algunas otras leguminosas para aumentar el rendimiento del grano del cereal e incrementar las fuentes de forraje para el ganado en sistemas agrícolas de baja escala. Bajo este sistema, en Filipinas, Paris (2002) ha documentado un rendimiento de arroz de 4.39 t ha⁻¹ de grano y 4.33 t ha⁻¹ de paja, mientras que el rendimiento de materia seca del Siratro ha sido de 4.59 t ha⁻¹. Con esto, la ganancia de peso vivo de los animales ha mejorado de 0.40 kg día⁻¹ a 0.88 kg día⁻¹ en bovinos, la carga animal estimada ha incrementado de 0.9 animales ha⁻¹ a 1.8 animales ha⁻¹. El Siratro en esta intercalación, ha demostrado ser la leguminosa más prometedora, debido a su tolerancia a la sequía, facilidad de establecimiento y palatabilidad al ganado. El último corte del Siratro en estos sistemas, generalmente se establece como abono verde al suelo para los siguientes cultivos de arroz (Devendra y Cevilla, 2002). De esta manera, la leguminosa es manipulada para reponer la fertilidad del suelo y mejorar la productividad de los barbechos naturales, contribuyendo así, a la economía de los pequeños productores (Gathumbi *et al.*, 2002).

En países de África tales como Tanzania, Zimbabwe, Kenya, Uganda y Zambia, *Macroptilium atropurpureum* es comúnmente utilizada por pequeños productores ya que esta especie puede presentar un mayor contenido de proteína (Tabla 1) comparada a la proteína de los pastos que generalmente alcanzan un contenido de 4.6% (Njarui *et al.*, 2003). Además, la disminución en el valor nutritivo (proteína y digestibilidad) del Siratro con el avance en la madurez, no es tan drástico como el que presentan los pastos tropicales (Thomas y Sumberg, 1995; Dewhurst *et al.*, 2009).

Tabla 1. Calidad nutritiva de *Macroptilium atropurpureum* obtenida por diferentes autores.

Variables	Rangos (g kg ⁻¹ MS)	Autores
PC	130 – 280	Mero y Udén (1998b), Mupangwa <i>et al.</i> (1997)
FDN	384 – 652	Matizha <i>et al.</i> (1997), Mupangwa <i>et al.</i> (1997)
FDA	300 – 553	Nakanishi <i>et al.</i> (1993), Matizha <i>et al.</i> (1997)
LDA	46 – 180	Nakanishi <i>et al.</i> (1993), Matizha <i>et al.</i> (2001)
DMS	553 – 760	Mero y Udén (1998a), Mero y Udén (1997a)
Cenizas	90 – 133.1	Mupangwa <i>et al.</i> (1997), Mupangwa <i>et al.</i> (2006)
Ca	7 – 16.5	Matizha <i>et al.</i> (1997), Mupangwa <i>et al.</i> (2006)
P	1 – 1.7	Matizha <i>et al.</i> (1997), Mupangwa <i>et al.</i> (1997)

PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido, LDA: lignina detergente ácido; Ca: calcio; P: fósforo.

Macroptilium atropurpureum cuando se intercala con pastos tales como *Penisetum purpureum*, *Cenchrus ciliaris*, *Panicum máximum*, *Chloris gayana*, entre otros, puede aumentar el rendimiento de materia seca en los pastos de 23 hasta un 30% e incrementar su contenido de proteína cruda hasta un 10% (Njarui *et al.*, 2007 y Njoka-Njiru *et al.*, 2006). Cuando el Siratro es mezclado con los rastrojos de maíz para la alimentación animal, éste aumenta el contenido de PC del rastrojo (4.1%) a 8.2%, mientras que el consumo de esta mezcla por ovinos puede llegar a 76 g día⁻¹ comparado al consumo del rastrojo (48.5 g día⁻¹) cuando este es ofrecido a los rumiantes como un único alimento (Undi *et al.*, 2001). Por su parte Matizha *et al.* (1997) en jaulas metabólicas individuales, señalan un consumo de materia seca de 464 g día⁻¹ cuando a los ovinos en crecimiento se les ofrece una dieta a base de puros pastos, mientras que este consumo puede incrementar hasta 754 g día⁻¹ si tales pastos son suplementados con Siratro. El mayor consumo se debe a una mayor digestibilidad de la materia seca de la leguminosa, el cual resulta en un menor tiempo de retención ruminal y una mayor rapidez (tránsito) de las partículas del forraje dentro del tracto digestivo de los rumiantes (Mupangwa *et al.*, 2000a; Dewhurst *et al.*, 2009).

La digestibilidad de la materia seca y el contenido de proteína cruda del Siratro, proporcionan adecuadas cantidades de amoníaco ruminal para el crecimiento microbiano, esto a su vez promueve la síntesis de proteína microbiana y por tanto, una ganancia de peso vivo en los rumiantes (Mupangwa *et al.*, 1997 y Undi *et al.*, 2001). Con base en esto, esta leguminosa forrajera representa una fuente alimenticia barata y de alta calidad nutritiva para mejorar la producción de rumiantes en sistemas agrícolas de pequeños productores o de baja escala (Mupangwa *et al.*, 1997).

5.6 Sistematización del conocimiento tradicional

La Mixteca Poblana cuenta con una riqueza de plantas forrajeras nativas disponibles como bancos naturales de proteína para los rumiantes. En los agostaderos, las leguminosas son ampliamente consumidas por los animales en pastoreo, según Hernández *et al.* (2008) de 40 especies mayormente preferidas por el consumo animal, 32.5% son especies forrajeras pertenecientes a la familia de las fabáceas. Entre estas plantas nativas *Macroptilium atropurpureum* es abundante en brechas, orillas de carretera y en terrenos agrícolas de esta región. Localmente por los productores es conocida como frijolillo y con base a los beneficios anteriormente descritos sobre esta leguminosa, Siratro puede ser incluida como planta forrajera en los sistemas de producción agrícola de la Mixteca Poblana. Sin embargo, es necesario sistematizar el conocimiento tradicional que los productores tienen sobre esta especie y sobre otras leguminosas herbáceas tales como *Macroptilium lathyroides* y *Phaseolus acutifolius* (Figura 1).

La sistematización del conocimiento se refiere a la interpretación crítica de una o varias experiencias, del por qué existe o no un cierto tipo de conocimiento, y de acuerdo a su ordenamiento, ésta trata de explicar la lógica de un proceso vivido, de los factores que intervienen en dicho proceso y cómo se relacionan entre sí tales factores (Jara, 2012).

a)



b)



c)



Figura 1. a) *Macroptilium atropurpureum*, b) *Macroptilium lathyroides* y c) *Phaseolus acutifolius*.

Por otra parte, el conocimiento tradicional, conocimiento ecológico tradicional o conocimiento indígena (Gaspare *et al.*, 2015; Iniesta-Arandia *et al.*, 2015) se define como aquellas experiencias, prácticas y costumbres que una comunidad regional

obtiene a través de la observación y a través del intercambio de experiencias llevadas a cabo de generación en generación (Mugabe *et al.*, 2001; Soh y Omar, 2012). A su vez, es una fuente vital de información para identificar los usos de los recursos naturales de los cuales una comunidad o comunidades regionales pueden beneficiarse en su conjunto (Mugabe *et al.*, 2001). A través de este conocimiento es posible implementar estrategias de manejo, uso y conservación de recursos naturales a nivel local y regional (Camou-Guerrero *et al.*, 2008; Albuquerque *et al.*, 2009; Houehanou *et al.*, 2011).

Sistematizar el conocimiento tradicional de los productores de rumiantes de la Mixteca Baja Poblana respecto a tres leguminosas forrajeras, se hace con la finalidad de indagar acerca del conocimiento que ellos tienen sobre las especies, así como de sus posibles manejos y usos como plantas forrajeras. Por otra parte, se hace con el objetivo de dar a conocer los beneficios de estos recursos forrajeros locales como una alternativa para mejorar la alimentación de rumiantes en los sistemas ganaderos de los pequeños productores. Albuquerque *et al.* (2009), señalan que para implementar estrategias de manejo, uso y conservación de especies vegetales en una región rural, el conocimiento tradicional es crucial para la toma de decisiones y para el desarrollo de dichas estrategias dentro de la región de estudio.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Ubicación del experimento

La evaluación del comportamiento productivo de las tres especies de leguminosas herbáceas, se llevó a cabo de abril a octubre de 2015 en la comunidad de Santo Domingo Ayotlicha, Tlapanalá, Puebla. Las coordenadas geográficas del sitio son 18° 25' N y 98° 20' O, a una altura de 1455 m sobre el nivel del mar, con un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (Figura 2).

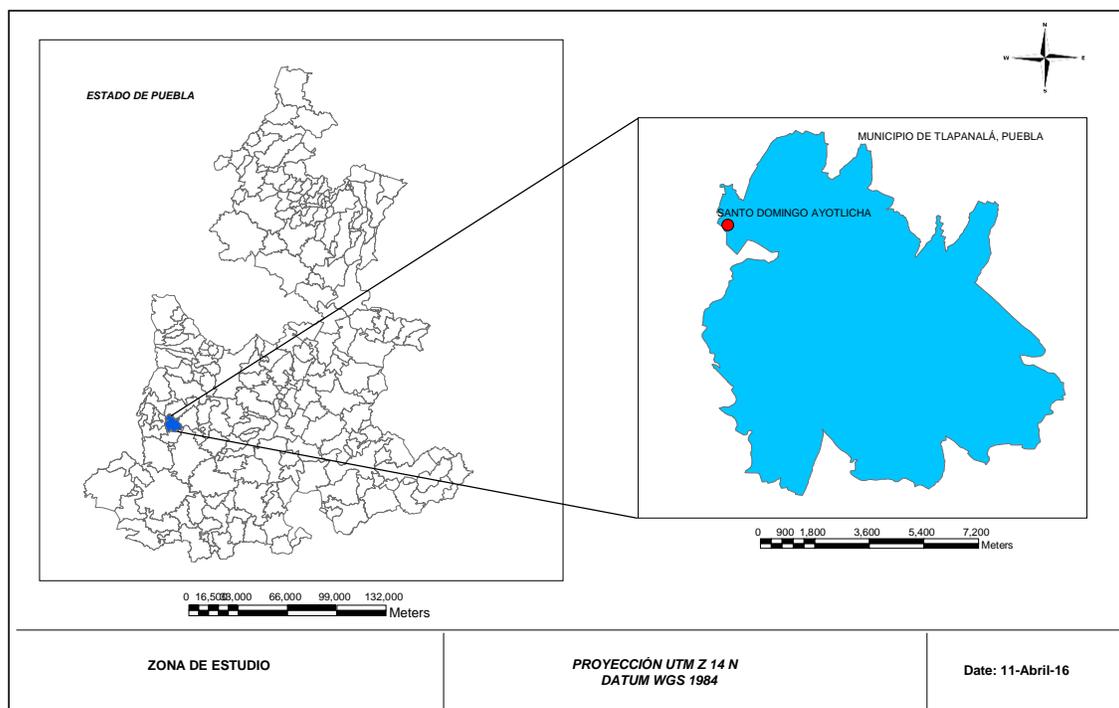


Figura 2. Ubicación de la comunidad de Santo Domingo Ayotlicha en el municipio de Tlapanalá, Puebla, México.

6.2 Colecta de semillas de las tres especies de leguminosas forrajeras

Las semillas de *M. atropurpureum*, *M. Lathyroides* y *P. acutifolius* fueron colectadas durante el año 2014 y a principios del 2015 a orillas de carreteras, brechas y agostaderos de la Mixteca Baja Poblana. Para cada especie se colectó en promedio

1 kg de semilla la cual fue tratada y almacenada en frascos de vidrio para evitar pérdidas por hongos o insectos.

6.3 Siembra

Antes de la siembra las semillas fueron escarificadas mecánicamente con el fin de romper la cubierta de las mismas y facilitar la entrada de humedad en ellas. La preparación del terreno se llevó a cabo en abril de 2015 realizando un barbecho y un rastreo con tractor. Las semillas se sembraron al voleo en 1 y 1.5 g por metro cuadrado para las dos especies de Siratro y *Phaseolus acutifolius*, respectivamente, éstas no fueron inoculadas con *Rhizobium* spp., debido a que las tres leguminosas han mostrado nodular adecuadamente con rizobios nativos del suelo (Muriethi *et al.*, 2003). El experimento se mantuvo con las lluvias temporales de la región y no se aplicó ninguna fertilización. Las unidades experimentales en todo el ciclo productivo se mantuvieron libres de malezas. Al día 40 después de la siembra, el promedio de número de plantas por metro cuadrado fue de 22, 38 y 35 plantas para *Phaseolus acutifolius*, *Macroptilium lathyroides* y *Macroptilium atropurpureum*, respectivamente.

6.4 Diseño experimental y análisis estadístico

Se estableció un diseño experimental en bloques completamente al azar (Tabla 2), con el fin de evitar incrementar el error aleatorio por efectos de la pendiente o fertilidad del suelo. Se tuvieron tres tratamientos con cuatro repeticiones; los tratamientos fueron las tres especies de leguminosas herbáceas y la unidad experimental fue una parcela de 28 m² (2 x14 m) con un metro de pasillo entre ellas, para evitar se juntaran los tratamientos y facilitar la toma de datos.

El modelo estadístico del diseño experimental fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = la variable respuesta

μ = la media general

T_i = el efecto del tratamiento i

B_j = el efecto del bloque j

E_{ij} = el error experimental

Cada variable de estudio se sometió a un análisis de varianza utilizando el sistema de análisis estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2002). Las diferencias entre medias fueron evaluadas usando la prueba de rango estudentizado Tukey aceptando una significancia con $\alpha = 0.05$ y separadas por diferencia mínima significativa (Steel y Torrie, 1981).

Tabla 2. Especies de leguminosas y distribución de parcelas dentro de los bloques en el diseño experimental.

Especies	Bloques			
	I	II	III	IV
<i>P. acutifolius</i>	1	2	3	1
<i>M. lathyroides</i>	2	3	1	2
<i>M. atropurpureum</i>	3	1	2	3

6.5 Variables de estudio

6.5.1 Altura de plantas y cobertura

Cada 15 días a partir del día 20, después de la emergencia de las plantas, la altura de 20 plantas seleccionadas al azar en cada unidad experimental fue medida con un flexómetro desde el nivel del suelo hasta el ápice de cada planta. La cobertura de cada especie se determinó con un cuadro de 1 m² subdividido en 25 cuadros de 0.20 x 0.20 m y midiendo en porcentaje el área cubierta por cada especie de leguminosa forrajera.

En total se realizaron 10 mediciones tanto de altura como de cobertura en cada unidad experimental.

6.5.2 Producción de materia seca

La producción de materia seca por unidad de superficie se muestreó cada 15 días desde el mes de mayo hasta octubre de 2015. Para esto se utilizó un cuadro metálico de 0.25 m² (0.5 x 0.5 m), una tijera para el corte de plantas y bolsas de papel para guardar las muestras. Las plantas de las tres especies fueron cortadas de 10 a 15 cm por encima del nivel del suelo. Las bolsas de papel con el material verde de cada especie fueron identificadas con un marcador color negro, registrando fecha de muestreo, número de bloque y nombre de cada especie forrajera. Posteriormente las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 72 horas. Cada muestra después del secado se pesó en una balanza digital con capacidad de 200 g, la cantidad de hojas y tallos se pesaron por separado con el fin de determinar la relación hoja-tallo de cada especie de leguminosa. Con estos cortes se obtuvo la producción de materia seca por hectárea de cada especie, además utilizando el procedimiento de Modelos no Lineales Mixtos (NLIN) de SAS, se determinó la curva de crecimiento de cada leguminosa forrajera.

En total se realizaron 10 cortes en las dos especies de *Macroptilium*, mientras que en *Phaseolus acutifolius* sólo 7, debido a que esta última especie tendió a culminar con su ciclo productivo a partir del corte número 5. Además, en este mismo corte, a esta especie se le detectó una conchuela, la plaga común del frijol (*Epilachna varivestis* Mulsant) encontrando un promedio de 308 larvas y 9 adultos por m². A esta plaga no se le aplicó ningún insecticida y a partir del corte número 8 ninguna otra variable pudo medirse en esta leguminosa.

6.5.3 Material muerto de las especies forrajeras

En cada corte de las plantas, la cantidad de material muerto de las tres leguminosas también fue medido. Para esto se utilizó el mismo cuadro metálico de 0.25 m² utilizado en los cortes para determinar el rendimiento de materia seca de las especies. Después de hacer el corte de las plantas y guardarlas en bolsas de papel, se recogió todo el material vegetal muerto (principalmente hojas) que se encontró dentro del cuadro metálico. Esta actividad se realizó en cada corte, en cada especie forrajera y en todas las unidades experimentales. El material muerto fue guardado en bolsas de papel y junto con el material verde fue identificado, secado y pesado, no determinando en este caso la relación hoja-tallo.

6.5.4 Calidad nutritiva

Después del procedimiento anterior, todas las muestras del material verde y del material muerto se molieron por separado en un molino ciclónico marca FOSS TECATOR® con malla de 1 mm y en bolsas de plástico con cierre fueron guardadas e identificadas para que posteriormente se llevaran a cabo los siguientes análisis químicos:

a) Fibra detergente neutro (FDN)

La determinación de fibra detergente neutro se realizó por duplicado con $0,5 \pm 0,0015$ g por muestra en un analizador de fibra ANKOM 200/220, utilizando los protocolos de ANKOM Technology (2006).

b) Fibra detergente ácido (FDA)

La determinación de fibra detergente ácido, fue secuencial (después de la determinación de FDN) y de igual manera se realizó por duplicado en un analizador de fibra ANKOM 220/220, utilizando los protocolos de ANKOM Technology (2006).

c) Lignina en detergente ácido (LDA)

El contenido de lignina en las tres especies de leguminosas de igual manera se realizó por duplicado (secuencial a la determinación de FDA) bajo una concentración de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 72%, utilizando el protocolo de ANKOM Technology (2006).

d) Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)

Se realizó mediante la técnica de dos etapas; pepsina-celulasa (Jones y Hayward, 1975; Clarke *et al.*, 1982; Klein y Baker, 1993) adquiriendo las enzimas de la compañía SIGMA-ALDRICH. 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. Por duplicado 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.

e) Proteína cruda

El contenido de proteína cruda de las muestras de leguminosas se realizó por duplicado y se determinó por el método Kjeldahl, en donde el contenido de nitrógeno orgánico es transformado en sulfato de amonio y en una digestión, éste se neutraliza con hidróxido de sodio 1N y se destila sobre una solución de ácido bórico representando el resultado, el contenido bruto de proteína en un alimento (A.O.A.C., 1975).

6.5.5 Componentes químicos secundarios: fenoles totales y taninos condensados

Manualmente y en cada unidad experimental se cortaron de 60 a 70 g de hojas de cada leguminosa forrajera para determinar el contenido de fenoles totales y taninos condensados en las tres especies de leguminosas, esto se llevó a cabo cuando las plantas contaban con 70 días de crecimiento. Después del corte, las hojas fueron lavadas con agua para evitar la contaminación de las muestras por partículas del suelo y sobre-estimar el análisis químico. Posteriormente, cada muestra se envolvió bolsa de plástico sellable manualmente y se almacenó dentro de un termo (Chart/golden phoenix YDS/20) con nitrógeno líquido a $-195.8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Después de esto, las muestras fueron liofilizadas durante 5 días con el fin de conservar el material verde de las hojas y evitar la pérdida de los componentes químicos en cada una de las especies. Todas las muestras después de ser liofilizadas, se molieron en un molino ciclónico marca FOSS TECATOR® con malla de 1 mm y en bolsas de plástico con cierre fueron guardadas e identificadas para su posterior análisis químico.

a) Fenoles totales

La determinación de fenoles se realizó por duplicado mediante el método de folin y ciocalteu (García y Ojeda, 2004). En una primera etapa, se tomaron 100 mg de cada muestra y estas se mezclaron en 75 g de acetona y 75 ml de agua destilada en tubos de ensaye. Posteriormente las muestras se agitaron con un agitador orbital automático (marca Labnet orbit 1900) durante 20 minutos y se dejaron reposar durante 24 horas en un ambiente sin luz. En una segunda etapa se tomaron 100 microlitros de cada muestra reposada y esta se mezcló con 1 ml de folin y 3 ml de carbonato de sodio en tubos de ensaye. Después, las muestras se transfirieron a celdas de medición para determinar la absorbancia a 760 nm en un espectrofotómetro marca Evolution 300.

b) Taninos condensados

La concentración de taninos condensados en las tres especies de leguminosas se determinó por el método de Vainillina-HCl de la norma mexicana; NMX-Y-326-SCFI-2004. Se utilizó un agente cromogénico el cual es una mezcla de una solución al 8% de ácido clorhídrico (HCl) en metanol con una solución al 4% de vainillina en metanol en proporción 1:1. De igual manera se utilizó una solución estándar (catequina en metanol) pesando 20 mg de catequina la cual se aforó en un matraz de 10 ml. Así, por duplicado se pesaron 200 mg de cada muestra colocándolas en tubos de ensaye de 15 ml y agregándoles 10 ml de solución al 1% de HCl en metanol. Todos los tubos se agitaron durante 20 minutos en un agitador orbital automático (marca Labnet orbit 1900). En seguida se tomaron 2 alícuotas de 1 ml, colocándolas en otros tubos de ensaye y se les agregó 4 ml de agente cromogénico. Estos se incubaron a baño María durante 20 minutos a 30 °C y se transfirieron a celdas de medición para determinar la absorbancia a 500 nm en un espectrofotómetro marca Evolution 300.

6.6 Prueba de preferencias

Esta prueba se realizó en campo durante 5 días con el objetivo de evaluar la preferencia de dos especies de leguminosas por rumiantes. Se utilizaron 10 animales criollos, de los cuales 5 fueron cabras y 5 borregos con un peso vivo promedio de 36 ± 5.189 kg. Las leguminosas fueron *Macroptilium atropurpureum* y *Macroptilium lathyroides* las cuales se encontraban en 4 parcelas (2 parcelas por especie) de 14 m² dentro de un perímetro de 200 m². Posterior a un periodo de adaptación de una semana, para la evaluación de la preferencia, se realizó un análisis combinado. Cada día se tomó como un experimento completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2 donde los factores fueron la especie animal (caprinos y ovinos) y la especie vegetal (*M. atropurpureum* y *M. lathyroides*). Cada animal dentro de cada especie se consideró como una unidad experimental.

La especie *Phaseolus acutifolius* no fue tomada en cuenta debido a que las pruebas se llevaron a cabo cuando esta especie ya había culminado con su ciclo biológico. Las parcelas de las dos especies de Siratro fueron cercadas con malla gallinera para controlar la entrada y salida de los animales en cada prueba. Antes de entrar a las parcelas, los animales habían cumplido con su rutina diaria de pastoreo en los agostaderos de la región en donde de igual manera se encuentran de forma nativa las dos especies de Siratro. El consumo preferente de las especies por los rumiantes se determinó por observación directa, es decir, observando el tiempo que pasaba cada animal consumiendo una determinada especie durante 25 minutos. El modelo estadístico para este experimento fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \text{Día} + \text{Spa} + \text{Spv} + \text{Spa}(\text{Día}) + \text{Spa}*\text{Spv} + \text{Spv}*\text{Día} + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = tiempo en minutos

μ = media general

Día = efecto del día i

Spa = efecto de la especie animal

Spv = efecto de la especie vegetal

Spa (día) = anidación de la especie animal con cada día de prueba

Spa*Spv = interacción de la especie animal con la especie vegetal

Spv*Día = interacción de la especie vegetal con cada día de prueba

E_{ij} = error experimental

Para la variable minutos se realizó un análisis de varianza utilizando el sistema de análisis estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2002). Las diferencias entre medias fueron evaluadas usando la prueba de rango estudentizado Tukey aceptando una significancia con $\alpha = 0.05$ y separadas por diferencia mínima significativa (Steel y Torrie, 1981).

6.7 Conocimiento tradicional sobre las tres especies forrajeras

Las encuestas se llevaron a cabo en tres localidades pertenecientes a tres municipios diferentes de la Mixteca Baja Poblana: Acaxtlahuacán, San Antonio Chiltepec y Cuatecontla pertenecientes a los municipios de Albino Zertuche, Guadalupe y Chinantla, Puebla, respectivamente. Estos lugares se eligieron debido a la abundancia de plantas de *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroides* y *Phaseolus acutifolius* en orillas de carreteras, brechas y agostaderos. Por tanto, se consideró que los productores de rumiantes de estas comunidades poseen mayor conocimiento acerca de estas especies como plantas forrajeras. Para captar la información mediante las entrevistas, se utilizó como instrumento un cuestionario con preguntas cerradas y abiertas, predominando la primeras.

Se recurrió a agentes municipales como informantes clave ya que ellos poseen datos generales de los productores; con ello se obtuvo una población de 509 productores de los que se muestrearon 97. Debido a que tres personas de la comunidad de Cuatecontla no quisieron dar información, solo 94 productores fueron considerados; 47 de Acaxtlahuacán, 29 de San Antonio Chiltepec y 18 de Cuatecontla. El muestreo fue simple aleatorio y proporcional al número de productores de las tres comunidades precisando el tamaño de muestra bajo la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 S^2n}{N d^2 + Z_{\alpha/2}^2 S^2n}$$

Dónde:

n = tamaño de la muestra

N = total de productores de interés

$Z_{\alpha/2}^2$ = confiabilidad (valor de Z de tablas con $\alpha = 0.95$; esto es 1.96)

S^2n = varianza poblacional (calculada para el número de rumiantes)

d^2 = precisión (fijada en un 10% de la media general; esto es, 2.9)

6.8 Contenido de la entrevista

La entrevista con el apoyo de un cuestionario, estuvo enfocada en identificar el conocimiento tradicional que los productores de rumiantes tienen acerca de tres especies de leguminosas herbáceas como plantas forrajeras: *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroides* y *Phaseolus acutifolius* nativas de la Mixteca Poblana. El contenido del cuestionario estuvo relacionado con el manejo de las especies, su valor como plantas forrajeras, su importancia ecológica y los posibles usos que a cada especie se le da en la región.

6.9 Índices para determinar el conocimiento tradicional

Para determinar el conocimiento que los productores tienen sobre las tres especies forrajeras, se calcularon tres índices: a) índice de manejo de las plantas, b) índice de valor forrajero y, c) índice de conocimiento tradicional. Así, con base a un número determinado de indicadores se calculó cada índice, los cuales toman valores de 0 a 1. En escala binaria, los indicadores del índice de manejo se codificaron en “lo hace, no lo hace”, los indicadores del índice de conocimiento se codificaron en “lo conoce, no lo conoce”, mientras que los indicadores del índice de valor forrajero se codificaron del 1 al 5; muy bueno, bueno, regular, malo y muy malo, en el cual, cinco es la calificación más alta y uno es la calificación más baja. Estos índices se plantearon con base a los índices desarrollados por Camou-Guerrero *et al.* (2008).

Los indicadores para calcular el índice de manejo fueron: colecta de semilla, siembra de las especies, corte de las plantas para forraje, mezcla de estas leguminosas con otros forrajes y el cuidado de áreas para la conservación de las especies, esto bajo la siguiente fórmula:

$$IM_p = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Dónde:

IM_p = índice de manejo por productor

x_i = valor del indicador del productor i y

n = es el número total de indicadores

Mediante la suma de IM_p se calculó el índice de manejo total (IM_t) calculado por la siguiente expresión:

$$IM_t = \frac{\sum_{i=1}^n IM_p}{k}$$

Dónde:

IM_t = índice de manejo total

IM_p = índice de manejo del productor i y

k = número total de productores

Los indicadores para calcular el índice de valor forrajero fueron: consumo de las especies por rumiantes, preferencia por el ganado ante otras especies forrajeras, ciclo productivo, abundancia de las especies en la zona, calidad forrajera y mejoramiento de los suelos. La fórmula para calcular este índice fue la siguiente:

$$IVF_p = \frac{\sum_{i=1}^n x_i / n}{z}$$

Dónde:

IVF_p = índice de valor forrajero por productor

x_i = valor del indicador en el productor i

n = la máxima calificación posible

z = al número total de indicadores

Mediante la suma de IVF_p se calculó el índice de valor forrajero total (IVF_t) a través de la siguiente expresión:

$$IVF_t = \frac{\sum_{i=1}^n IVF_p}{k}$$

Dónde:

IVF_t = índice de valor forrajero total

IVF_p = índice de valor forrajero que le confiere cada productor y

k = número total de productores

Para el índice de conocimiento se utilizaron los siguientes indicadores: conocimiento sobre *M. atropurpureum*, *M. lathyroides* y *P. acutifolius*, tipo de plantas, época de crecimiento, áreas en que brotan, suelos en que se desarrollan, mes de floración y mes de producción de semilla. Este índice se calculó bajo la siguiente fórmula:

$$IC_p = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Dónde:

IC_p = índice de conocimiento por productor

x_i = valor del indicador en el productor i y

n = número total de indicadores

Mediante la suma de IC_p se calculó el índice de conocimiento general (IC_g) a través de la siguiente expresión:

$$IC_g = \frac{\sum_{i=1}^n IC_p}{k}$$

Dónde:

IC_g = índice de conocimiento general

IC_p = índice de conocimiento por productor y

k = número total de productores

VII. RESULTADOS

7.1 Condiciones edáficas y climáticas

El análisis de suelo indicó que la textura fue franco-arcillosa con un pH de 7.9 y materia orgánica de 2.89%. El contenido nutrimental del suelo fue: 14.405 mg kg⁻¹ de P; 336.5 mg kg⁻¹ de K; 0.002% de N, 0.48% de Ca y 0.42% de Mg. La precipitación promedio acumulada durante toda la fase experimental fue de 225.473 mm y las temperaturas máximas y mínimas fueron de 30 y 15 °C, respectivamente (Figura 3).

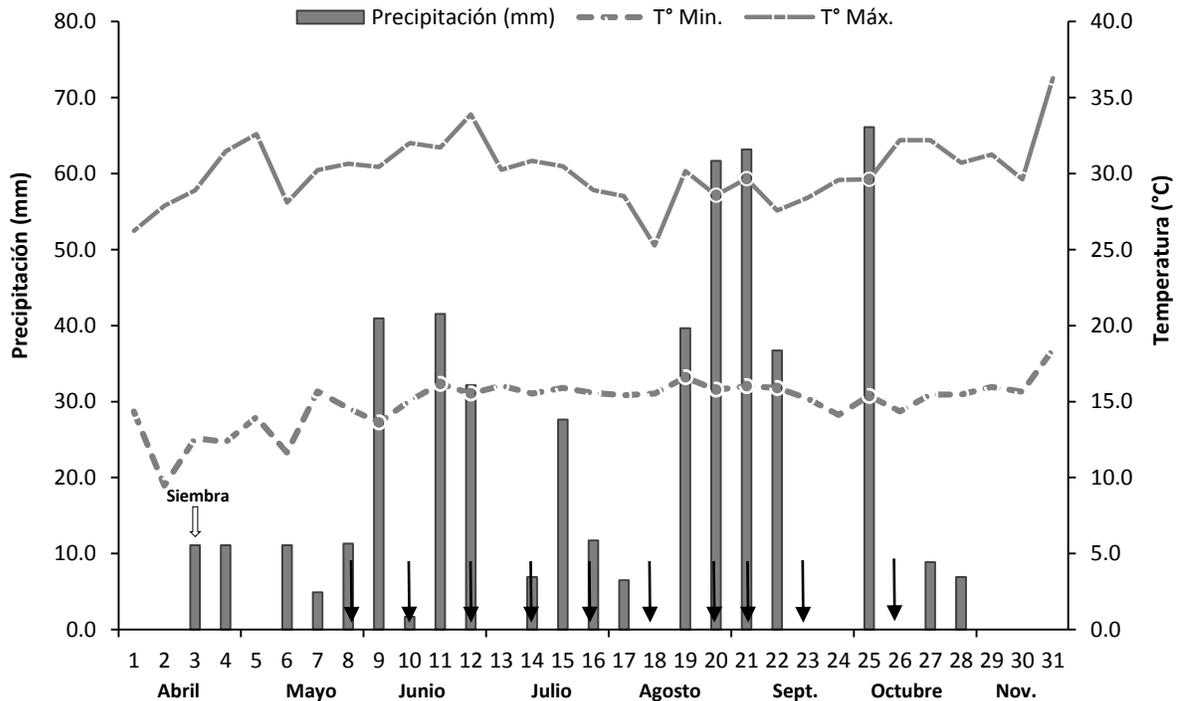


Figura 3. Temperaturas y precipitaciones correspondientes a siete meses; de abril a octubre de 2015, en Santo Domingo Ayotlicha, Tlapanalá, Puebla. Las flechas sombreadas indican el corte de las especies a intervalos de quince días.

7.2 Comportamiento productivo de las leguminosas forrajeras

7.2.1 Rendimiento de materia seca (MS)

En cuanto al rendimiento de MS ha⁻¹ (Figura 4) del día 15 al día 90 las tres especies evaluadas tuvieron un comportamiento similar ($P > 0.05$). Sin embargo, al día 105 el rendimiento de materia seca de *Phaseolus acutifolius* tendió a disminuir considerablemente hasta culminar con su ciclo productivo al día 120 de la fase experimental. Debido a lo anterior, *Macroptilium lathyroides* y *Macroptilium atropurpureum* a partir del día 105 y hasta el día 150 tuvieron los mayores rendimientos de MS ha⁻¹ ($P \leq 0.05$), aunque con diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el corte número 8 (día 120). Por otra parte, la máxima acumulación de MS en las especies fue a los 75, 105 y 120 días de la fase experimental para *P. acutifolius* (4639 kg MS ha⁻¹), *M. atropurpureum* (5391 kg MS ha⁻¹) y *M. lathyroides* (7918 kg MS ha⁻¹), respectivamente. La Figura 5 muestra las curvas de crecimiento de las tres leguminosas forrajeras.

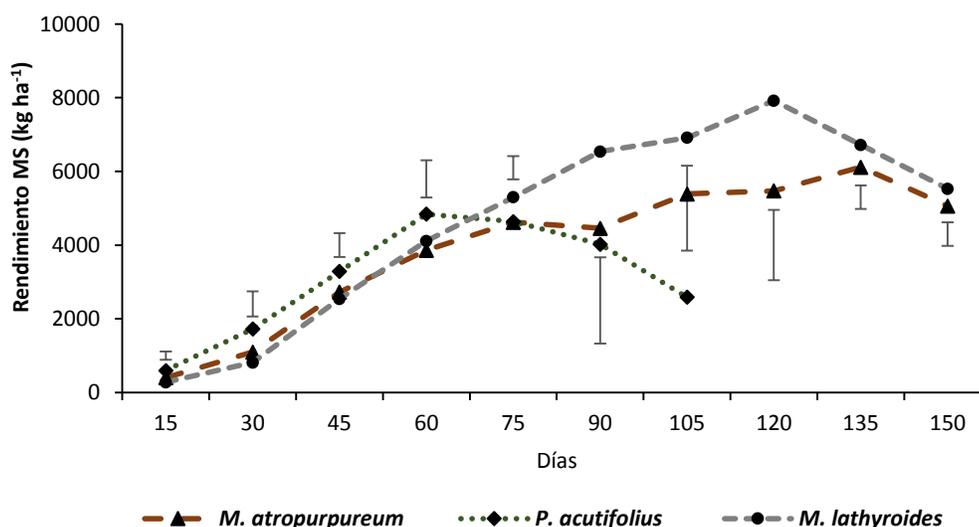


Figura 4. Rendimiento de MS ha⁻¹ de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

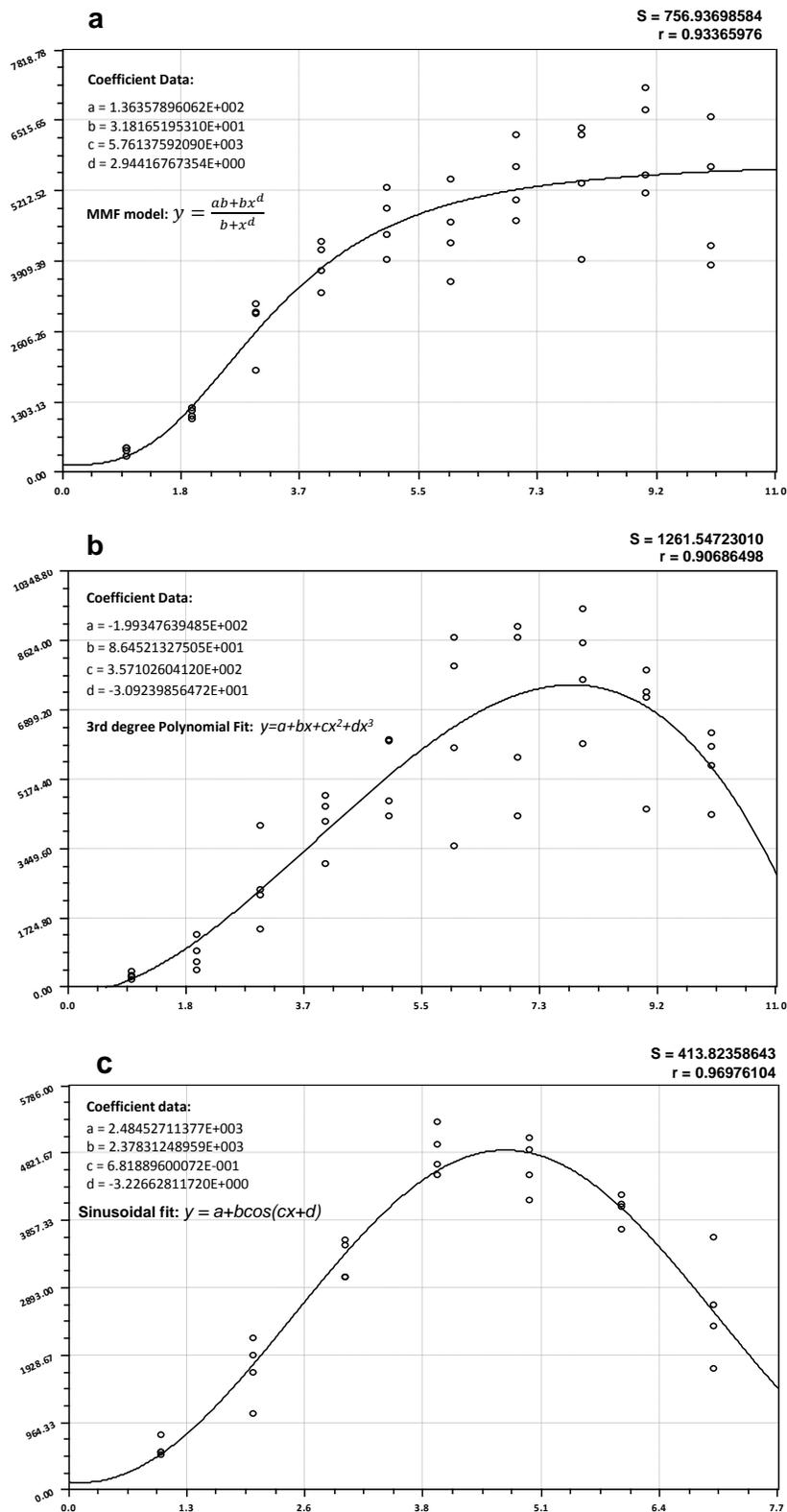


Figura 5. Curvas de crecimiento: a) *Macroptilium atropurpureum*, b) *Macroptilium lathyroides* y c) *Phaseolus acutifolius*.

7.2.2 Tasa diaria de crecimiento

Los resultados de la tasa diaria de crecimiento de las tres especies (Figura 6) fueron similares a los resultados del rendimiento de MS ha⁻¹. Hasta el día 90 las tres especies de leguminosas tuvieron un comportamiento similar ($P > 0.05$), sin embargo, del día 105 en adelante las especies con mayor cantidad de MS ha⁻¹ día⁻¹ fueron de igual manera *Macroptilium atropurpureum* y *Macroptilium lathyroides* ($P \leq 0.05$).

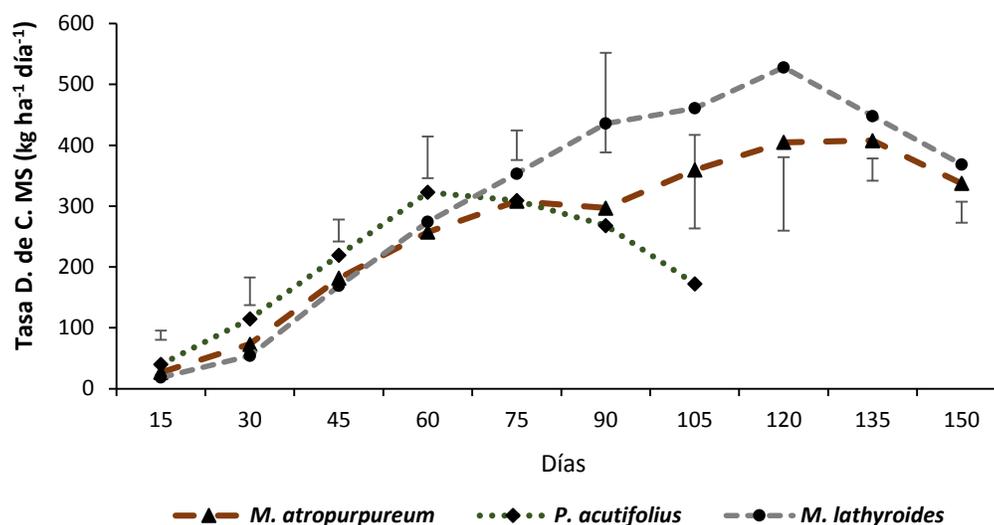


Figura 6. Tasa diaria de crecimiento kg MS ha⁻¹ día⁻¹ de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.2.3 Material muerto

En cuanto a la producción de material muerto (Figura 7), hasta el día 45 las tres especies no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$). A partir del día 60 y hasta el día 105, la cantidad de material muerto en *Phaseolus acutifolius* fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) en comparación a las dos especies de Siratro, aunque al día 75 *Macroptilium atropurpureum* fue mayor ($P \leq 0.05$) en cantidad de material muerto en comparación a *Macroptilium lathyroides*. Por el ciclo corto que tuvo *P. acutifolius*, a partir del día 120 y hasta el día 150 *Macroptilium atropurpureum* y

Macroptilium lathyroides fueron las especies con mayor ($P \leq 0.05$) producción de material muerto en el experimento.

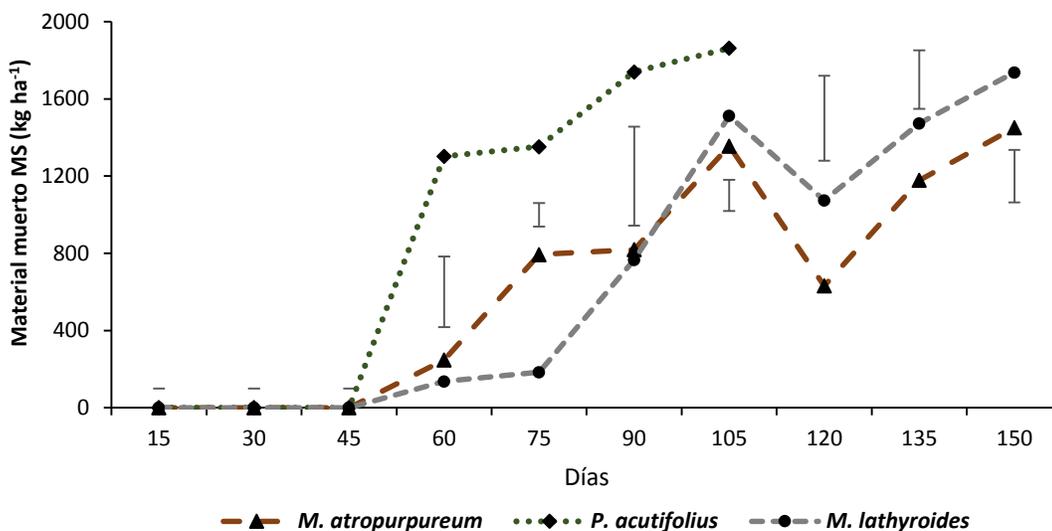


Figura 7. Material muerto kg MS ha⁻¹ de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.2.4 Producción de hoja

El comportamiento de las tres especies en la producción de hoja (Figura 8) fue similar a los resultados de rendimiento de MS y tasa diaria de crecimiento de las plantas. Del día 15 al día 90 las tres especies mostraron un comportamiento similar en producción de hoja ($P > 0.05$). Para el día 105 y hasta el día 135, las especies con mayor producción ($P \leq 0.05$) fueron *Macroptilium lathyroides* y *Macroptilium atropurpureum*, aunque en el corte 8 (día 120), *M. lathyroides* fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) en comparación a *M. atropurpureum*. La baja producción relativa de hojas del día 75 al día 105 en *P. acutifolius*, coincide con la alta cantidad de material muerto (principalmente hojas) en esos mismos días. Finalmente, la producción de hoja en *Macroptilium atropurpureum* se mantuvo hasta el día 150, mostrando por tanto, una

diferencia altamente significativa entre las tres especies en ese mismo corte ($P < 0.0002$).

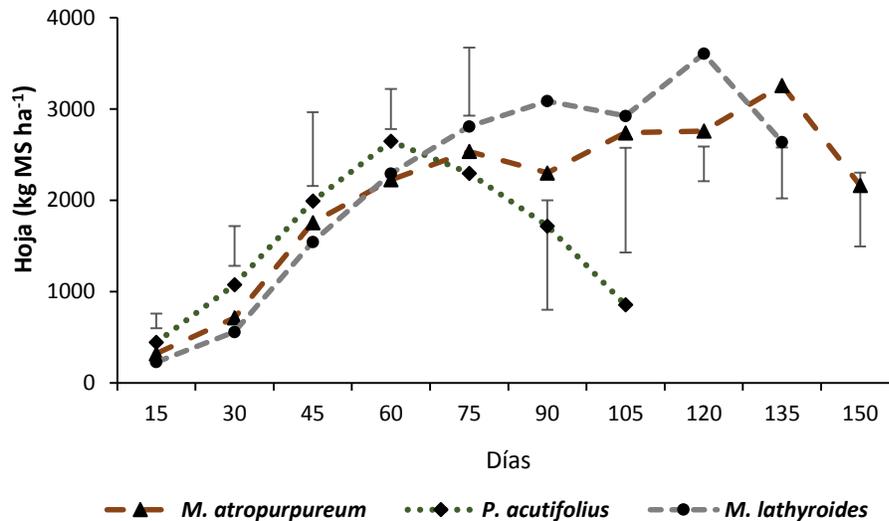


Figura 8. Producción de hoja (kg MS ha^{-1}) de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.2.5 Producción de tallo

La producción de tallo (Figura 9) entre especies fue similar ($P > 0.05$) del día 15 hasta el día 90. *Macroptilium lathyroides* mostró una cantidad significativamente mayor ($P \leq 0.05$) en los cortes 7, 9 y 10 que corresponden a los días 105, 135 y 150, respectivamente, mientras que en el día 120, las dos especies de Siratro no fueron diferentes significativamente ($P > 0.05$). La mayor producción de tallos en *Macroptilium lathyroides* en los últimos cortes, coincide con su pérdida paulatina de hojas desde el día 120 hasta el día 150 de la fase experimental. Finalmente, y al igual que en las variables anteriores, *Phaseolus acutifolius* culminó con su productividad antes que las dos especies de Siratro.

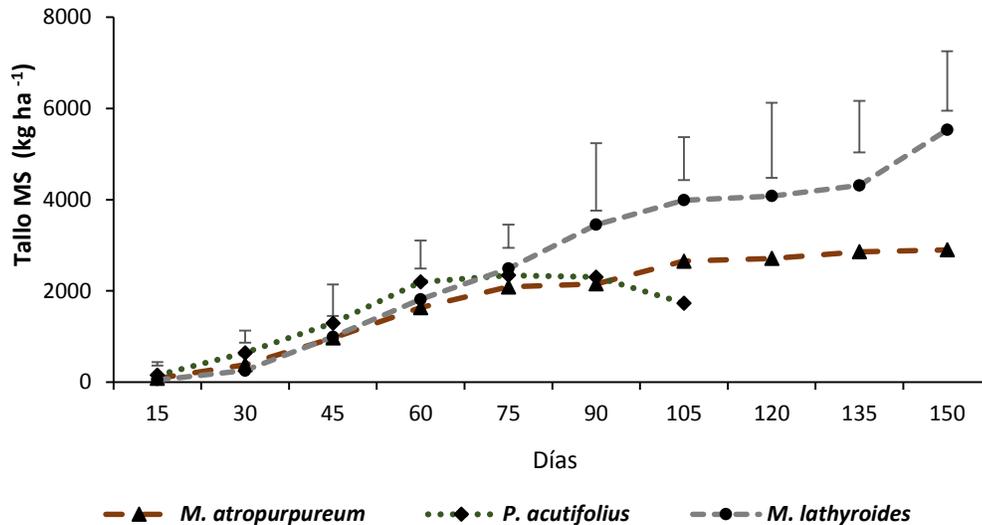


Figura 9. Producción de tallo (kg MS ha^{-1}) de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.2.6 Relación hoja-tallo

Para esta variable (Figura 10) *Macroptilium lathyroides* y *Macroptilium atropurpureum* mostraron una relación hoja-tallo significativamente mayor ($P \leq 0.05$) en los cortes 1 y 7 que correspondieron a los días 15 y 105, respectivamente, aunque en el corte 7 no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre *Macroptilium lathyroides* y *Phaseolus acutifolius*. Al día 135 y hasta el día 150, la relación hoja-tallo de *Macroptilium atropurpureum* fue mayor que las otras dos especies ($P \leq 0.05$). En estos mismos días, la baja relación relativa de hoja-tallo para *Macroptilium lathyroides* se relaciona de igual manera con la pérdida de hojas de esta especie en los últimos cortes, mientras que la baja relación hoja-tallo en *Phaseolus acutifolius* se debe a su corto ciclo productivo.

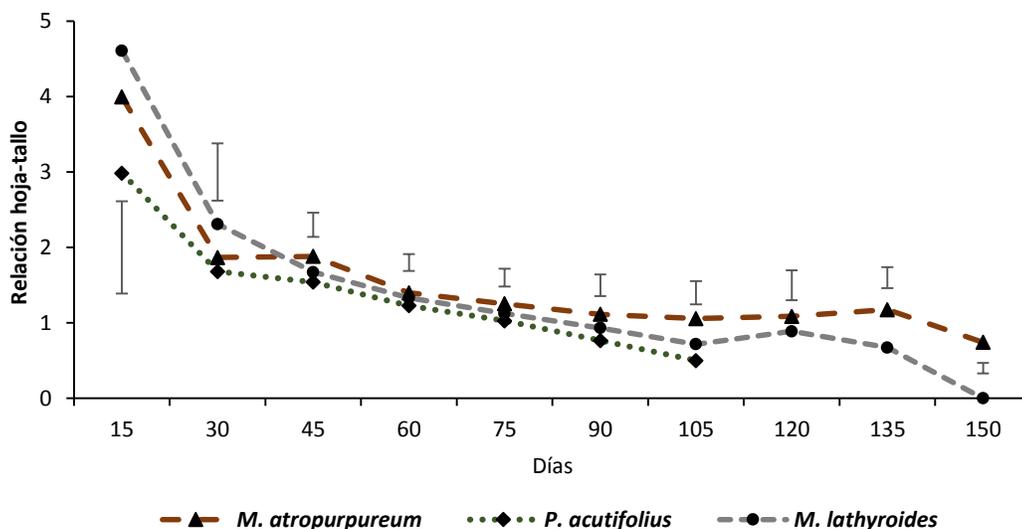


Figura 10. Relación hoja-tallo de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.2.7 Altura de la planta

La altura (Figura 11) fue diferente entre especies a través de los cortes realizados ($P \leq 0.05$). Del día 15 al día 30 *Phaseolus acutifolius* y *Macroptilium lathyroides* tuvieron mayor altura en comparación a *Macroptilium atropurpureum* ($P \leq 0.05$). A partir del día 60, la altura de *Phaseolus acutifolius* tendió a disminuir considerablemente hasta igualarse al día 100 con la altura de *Macroptilium atropurpureum* y culminar con su ciclo productivo en el corte número 7 (día 105). Del día 90 al día 135, *Macroptilium lathyroides* tuvo la mayor altura en comparación a las otras dos especies ($P \leq 0.05$) aunque no hubo diferencia significativa con *Phaseolus acutifolius* en el corte 5 (día 75). En el corte 4, la altura de *Macroptilium atropurpureum* no mostró diferencias significativas con las otras dos especies ($P > 0.05$). Con *Phaseolus acutifolius* tuvo una altura similar ($P > 0.05$) en los cortes 5, 6 y 7 (día 75, 90 y 105, respectivamente) mientras que con *Macroptilium lathyroides* tuvo una altura similar ($P > 0.05$) en el último corte (día 150). De manera general la altura de *Macroptilium atropurpureum* fue la más baja en toda la fase experimental.

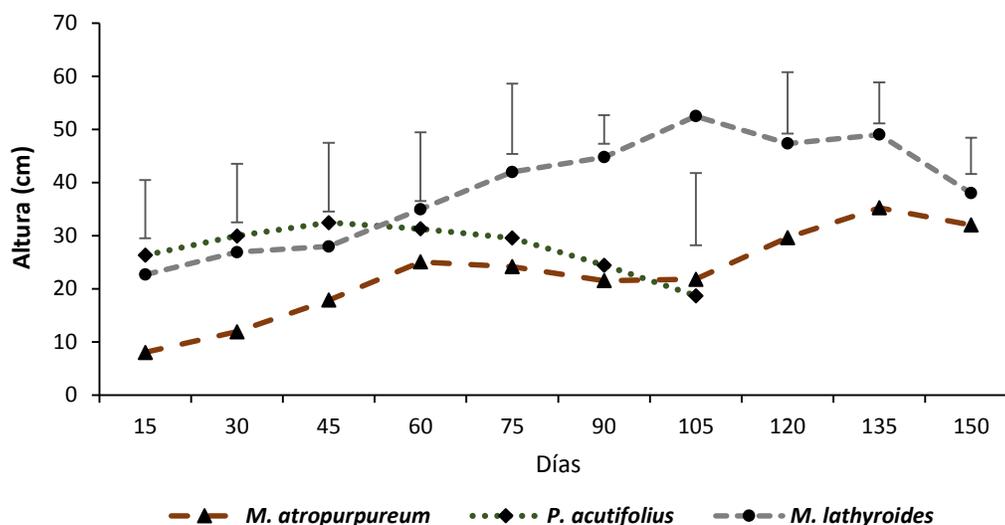


Figura 11. Altura (cm) de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.2.8 Cobertura de las plantas

En cuanto a la cobertura de las plantas (Figura 12), *Phaseolus acutifolius* fue la especie con mayor cobertura, presentando diferencia significativa solamente en el día 30 ($P \leq 0.05$). Al día 75 esta especie, al igual que en la altura, la cobertura tendió a disminuir considerablemente hasta culminar en el día 105. La disminución de la cobertura en esta especie de igual manera se relaciona con la mayor cantidad de material muerto (principalmente hojas) en esos mismos días. Debido a que al día 150 *Macroptilium lathyroides* perdió por completo la cantidad de hojas, *Macroptilium atropurpureum* en este corte, fue la especie que mostró mayor cobertura ($P \leq 0.05$).

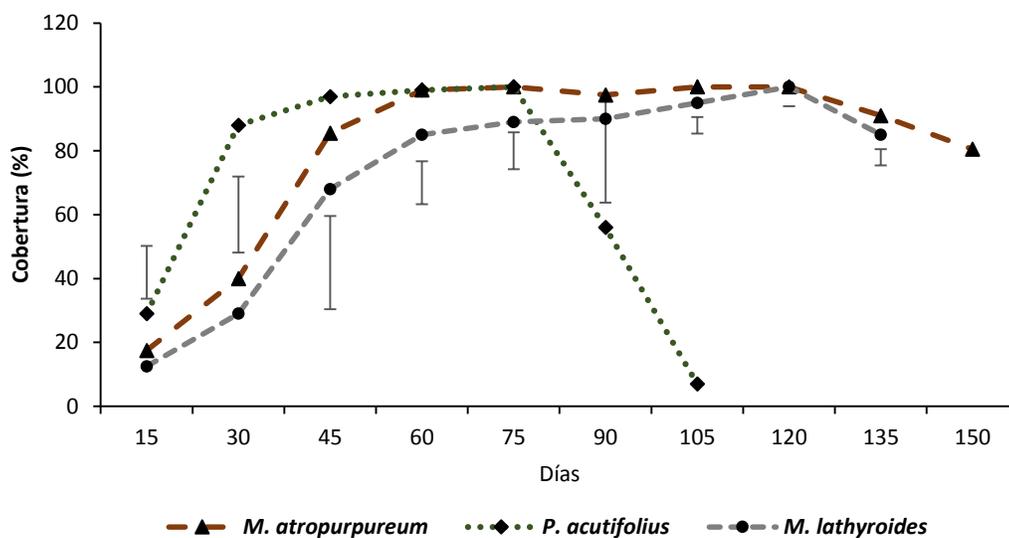


Figura 12. Cobertura (%) de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.3 Calidad nutritiva de las tres especies

7.3.1 Fibra detergente neutro (FDN)

Del día 15 y hasta el día 105, las tres especies de leguminosas mostraron una cantidad similar de FDN ($P > 0.05$). Sin embargo, del día 120 al día 150, *Macroptilium atropurpureum* y *Macroptilium lathyroides*, fueron las especies con mayor contenido ($P \leq 0.05$) en comparación a *Phaseolus acutifolius*. En general, las tres leguminosas tendieron a aumentar la cantidad de FDN a medida que incrementó la madurez de las plantas y a medida que culminaban con su ciclo productivo (Figura 13).

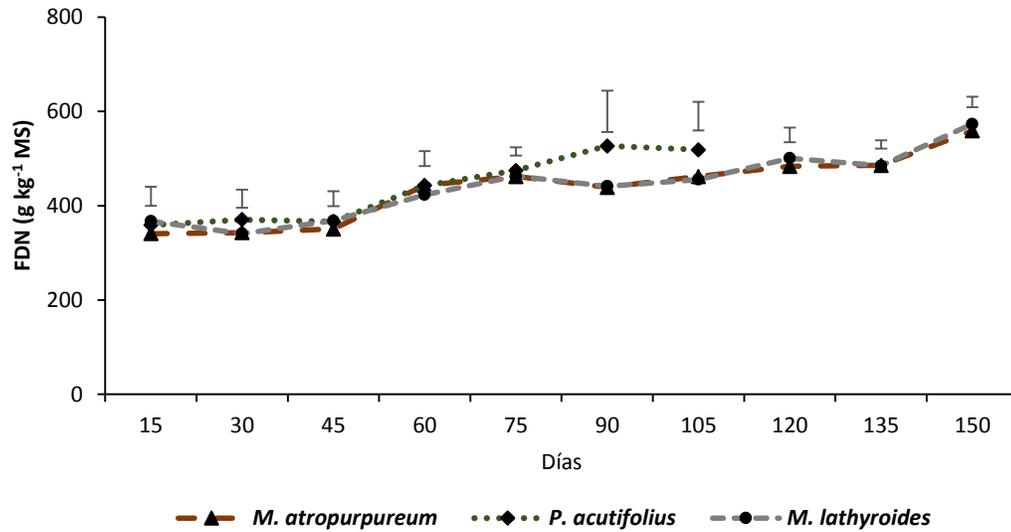


Figura 13. Fibra detergente neutro (g kg^{-1} MS) de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.3.2 Fibra detergente ácido (FDA)

Hasta el día 90 las tres leguminosas mostraron un contenido similar de FDA ($P > 0.05$). En el corte 7 (día 105) *Phaseolus acutifolius* y *Macroptilium lathyroides* fueron significativamente diferentes ($P \leq 0.05$), mientras que el contenido de FDA de *Macroptilium atropurpureum* fue similar ($P > 0.05$) al de *P. acutifolius* y *M. lathyroides*. A partir del día 120 y hasta el día 150, *Macroptilium lathyroides* y *Macroptilium atropurpureum* fueron las especies con mayor contenido de FDA ($P \leq 0.05$). Al igual que en la FDN, la FDA de las tres especies de leguminosas tendió a incrementarse conforme avanzó la madurez de las plantas y el ciclo productivo de cada una de ellas (Figura 14).

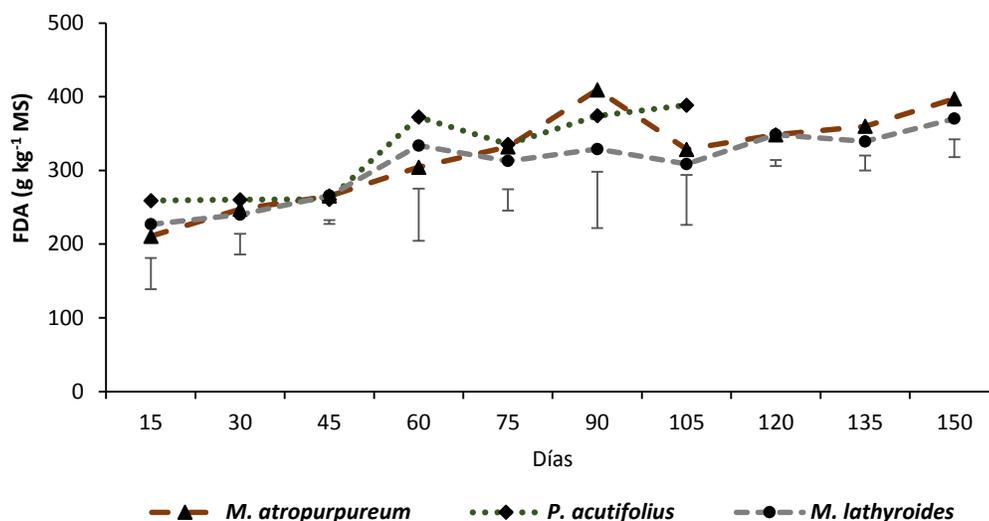


Figura 14. Fibra detergente ácido (g kg^{-1} MS) de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.3.3 Lignina en detergente ácido (LDA)

Del día 15 y hasta el día 105 el contenido de LDA fue similar entre las tres especies, sin embargo, del día 120 al día 135 la cantidad de lignina fue mayor en *Macroptilium lathyroides* y *Macroptilium atropurpureum* en comparación a *Phaseolus acutifolius*. Sólo en el último corte (día 150), la cantidad de LDA en *Macroptilium lathyroides* fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) en comparación a *Macroptilium atropurpureum*. La cantidad de LDA al igual que la FDN y la FDA, aumentó conforme las plantas tendían alcanzar la madurez. La Figura 15 muestra el contenido de lignina en las tres leguminosas durante toda la fase experimental.

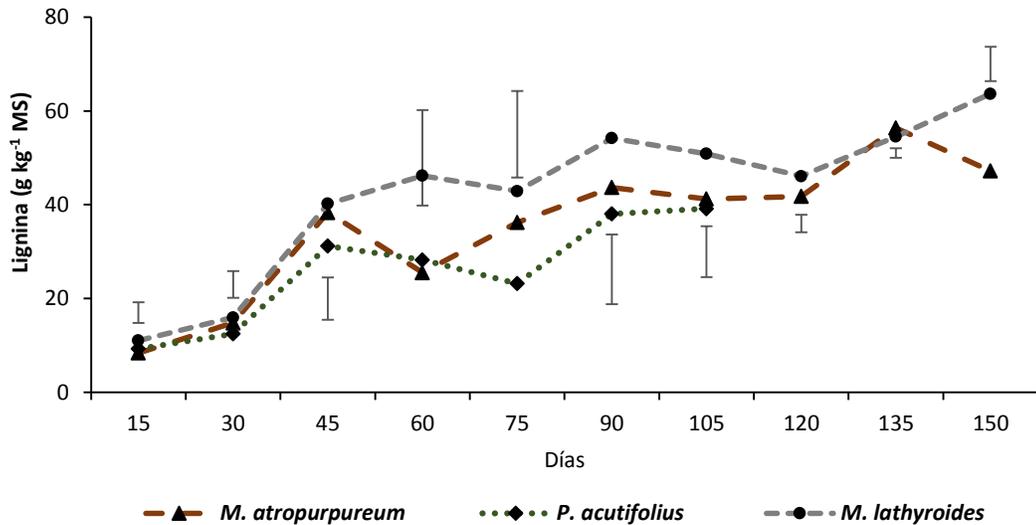


Figura 15. Lignina en detergente ácido (g kg^{-1} MS) de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.3.4 Proteína cruda (PC)

En cuanto al contenido de proteína cruda (Figura 16), *Phaseolus acutifolius* fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) solamente en el día 75 en comparación a las otras dos especies. Sin embargo, del día 120 al día 150, las dos especies de Siratro fueron las leguminosas con mayor contenido de proteína en comparación a *Phaseolus acutifolius*. La cantidad de PC en las tres especies de leguminosas tendió a disminuir conforme se incrementó la madurez de las plantas de cada especie.

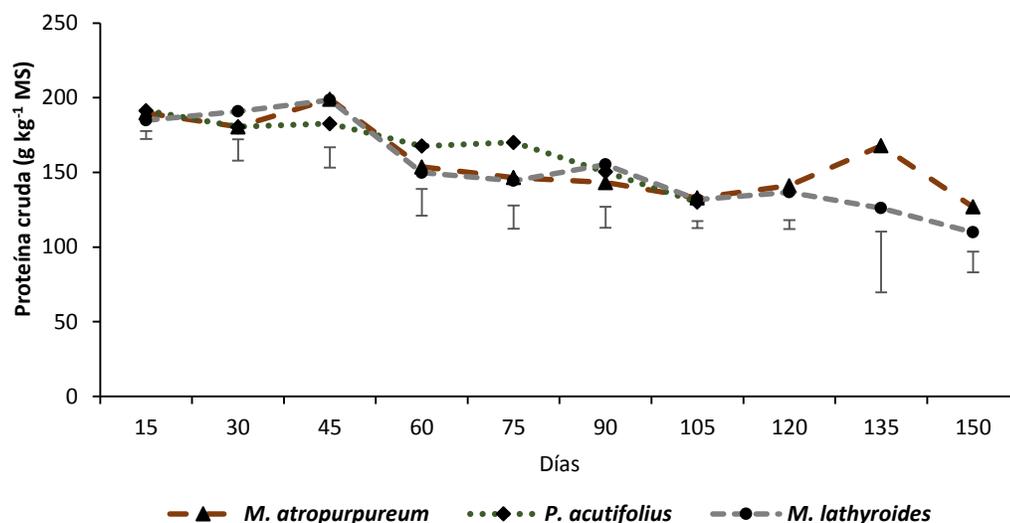


Figura 16. Proteína cruda (g kg⁻¹ MS) de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.3.5 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)

La digestibilidad de las tres especies (Figura 17) fue similar del día 15 hasta el día 105 ($P > 0.05$), mientras que del día 120 al día 150, las dos especies de Siratro mostraron mayor DIVMS ($P \leq 0.05$) en comparación a *Phaseolus acutifolius*. Al igual que en proteína cruda, las tres especies de leguminosas tendieron a disminuir la cantidad de digestibilidad conforme las plantas alcanzaban su madurez y culminaban con su ciclo productivo.

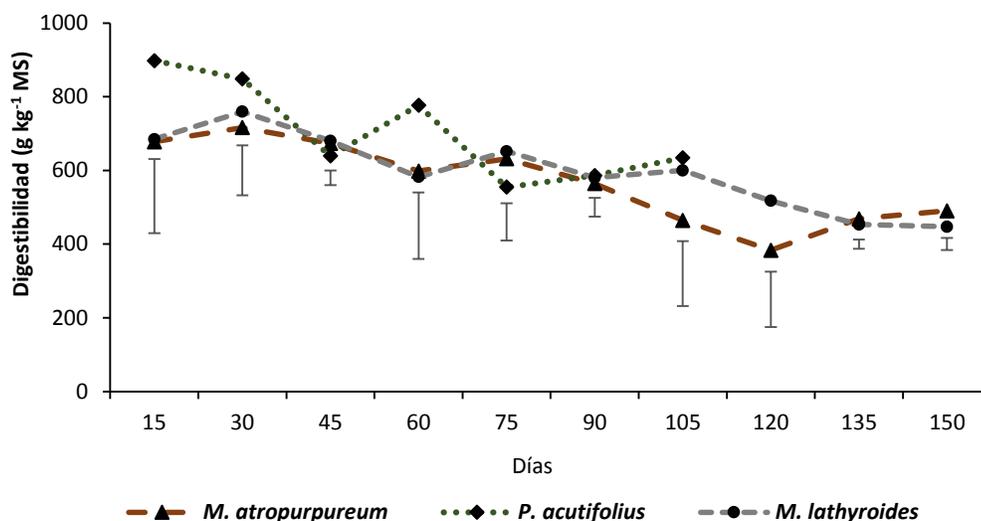


Figura 17. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (g kg^{-1} MS) de las leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

La Tabla 3 resume los promedios totales por corte de las variables físicas de las tres leguminosas forrajeras, mientras que la Tabla 4 resume los promedios totales por corte de las variables de calidad nutritiva de las tres leguminosas.

Tabla 3. Promedios totales de las variables físicas de las leguminosas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.

Variables	<i>M. lathyroides</i>	<i>M. atropurpureum</i>	<i>P. acutifolius</i>
Rendimiento MS (kg ha^{-1})	4655.1 ^a	3920.3 ^b	2170 ^c
Tasa d. de c. ($\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$)	311 ^a	265.4 ^b	144.7 ^c
Material muerto (kg ha^{-1})	688.2 ^a	745.7 ^a	625.8 ^a
Hoja (kg ha^{-1})	1968.9 ^a	2077 ^a	1102.9 ^b
Tallo (kg ha^{-1})	2696.2 ^a	1843.4 ^b	1067.1 ^c
Relación hoja-tallo	1.4 ^a	1.6 ^a	0.9 ^b
Altura (cm)	38.6 ^a	22.7 ^b	19.3 ^c
Cobertura (%)	65.4 ^b	81.2 ^a	47.6 ^c

^{a,b} Medias con la misma letra entre hileras no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

Tabla 4. Promedios totales (g kg^{-1} MS) de las variables de calidad nutritiva de las leguminosas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.

Variable	<i>M. lathyroides</i>	<i>M. atropurpureum</i>	<i>P. acutifolius</i>
LDA	42.6 ^a	35.4 ^b	25.9 ^c
FDA	307.5 ^a	320.3 ^a	225.1 ^b
FDN	441.8 ^a	436.8 ^a	305.9 ^b
Proteína cruda	152.8 ^a	158.2 ^a	117.3 ^b
Digestibilidad	595.6 ^a	566.8 ^{ab}	493.7 ^b

^{a,b} Medias con la misma letra entre hileras no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

Los bajos valores obtenidos en las variables de *Phaseolus acutifolius* se debe principalmente a su corto ciclo productivo alcanzando solamente 7 cortes, en comparación a los 10 cortes realizados en las dos especies de Siratro.

7.4 Calidad nutritiva del material muerto de las tres especies de leguminosas

7.4.1 Fibra detergente neutro (FDN)

Del día 60 al día 105 las tres especies tuvieron concentraciones similares ($P > 0.05$) de FDN (Figura 18) en el material muerto el cual empezó a medirse a partir del corte número 4 (día 60). Por el ciclo corto de *Phaseolus acutifolius*, del día 120 al día 150, *Macroptilium lathyroides* y *Macroptilium atropurpureum* fueron las especies con mayor contenido de FDN ($P \leq 0.05$). Al igual que en el material verde de las plantas, la FDN en el material muerto de las tres leguminosas forrajeras aumentó conforme las plantas alcanzaban su ciclo biológico.

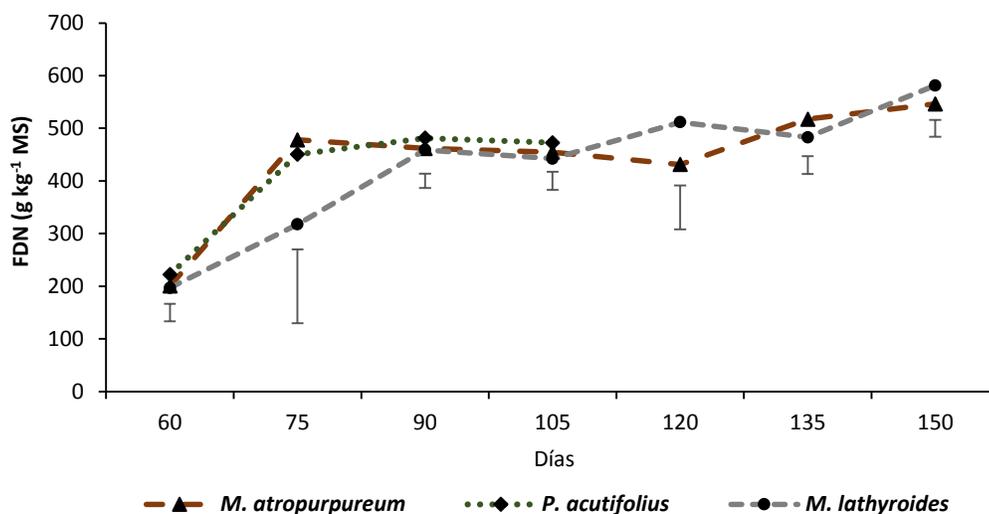


Figura 18. Fibra detergente neutro (g kg^{-1} MS) en el material muerto de las especies de leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.4.2 Fibra detergente ácido (FDA)

La FDA en el material muerto de las tres especies (Figura 19) fue similar hasta el día 105 ($P > 0.05$). Sin embargo, a partir del día 120 y hasta el día 150 de la fase experimental, *Macroptilium atropurpureum* y *Macroptilium lathyroides* tuvieron la mayor cantidad de FDA ($P \leq 0.05$) en comparación a *Phaseolus acutifolius*. La FDA en el material muerto de las tres leguminosas tendió a aumentar conforme las plantas alcanzaban su madurez y culminaban con su ciclo productivo.

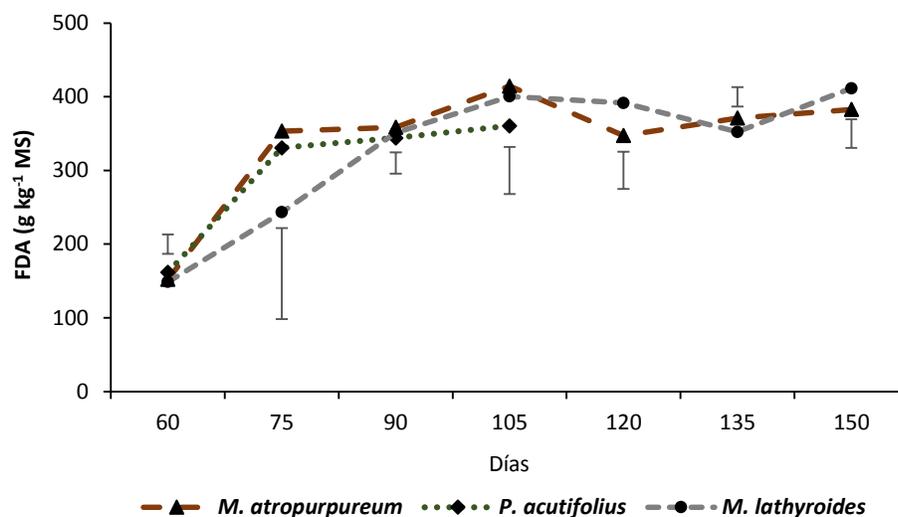


Figura 19. Fibra detergente ácido (g kg^{-1} MS) en el material muerto de las especies de leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.4.3 Lignina en detergente ácido (LDA)

La LDA en el material muerto (Figura 20) de las tres leguminosas al igual que en la FDN y FDA fue similar desde la primera medición de esta variable hasta el día 105 ($P > 0.05$) día en que se llevó a cabo las últimas mediciones de *Phaseolus acutifolius*. A partir del día 120 y hasta finalizar el ciclo productivo, la LDA en *Macroptilium atropurpureum* y *Macroptilium lathyroides* fue similar y por tanto significativamente mayor ($P \leq 0.05$) en comparación a *Phaseolus acutifolius*. La lignina en el material muerto de las plantas tendió a aumentar conforme estas alcanzaban su madurez.

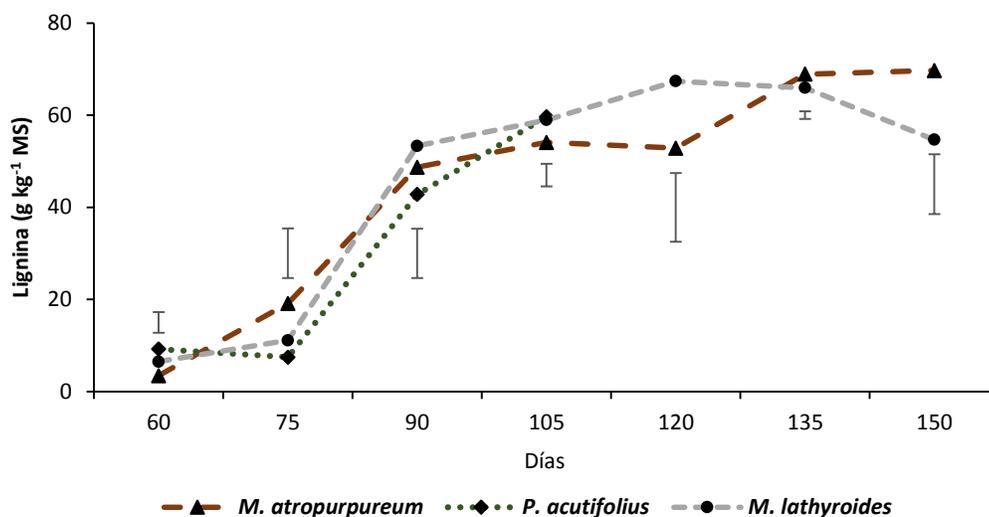


Figura 20. Lignina en detergente ácido (g kg^{-1} MS) en el material muerto de las especies de leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.4.4 Proteína cruda

En el material muerto, el contenido de proteína cruda de las tres leguminosas (Figura 21) fue similar del día 60 al día 90 ($P > 0.05$). Al día 105 *Macroptilium lathyroides* mostró un menor contenido de PC ($P \leq 0.05$) en comparación a *Phaseolus acutifolius*, sin embargo, fue similar ($P > 0.05$) al contenido de *Macroptilium atropurpureum*. Al día 120, esta última especie mostró el mayor contenido de PC ($P \leq 0.05$) y en los dos últimos cortes no hubo diferencias significativas entre las dos especies de Siratro. El contenido de PC de las tres especies tendió a disminuir conforme las plantas alcanzaban la madurez.

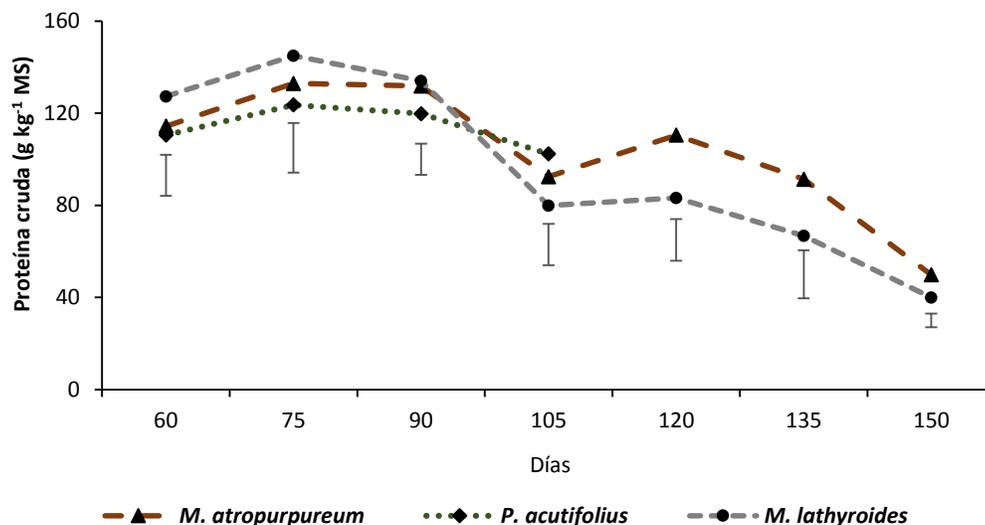


Figura 21. Proteína cruda (g kg^{-1} MS) en el material muerto de las especies de leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

7.4.5 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)

La digestibilidad en el material muerto de las tres especies (Figura 22) fue similar del día 60 al día 105 ($P > 0.05$). La digestibilidad en *Macroptilium atropurpureum* y *Macroptilium lathyroides* tendió a aumentar para mantener un contenido casi constante del día 75 hasta el día 150 y a partir del día 105 fueron las especies con mayor contenido de DIVMS en el material muerto.

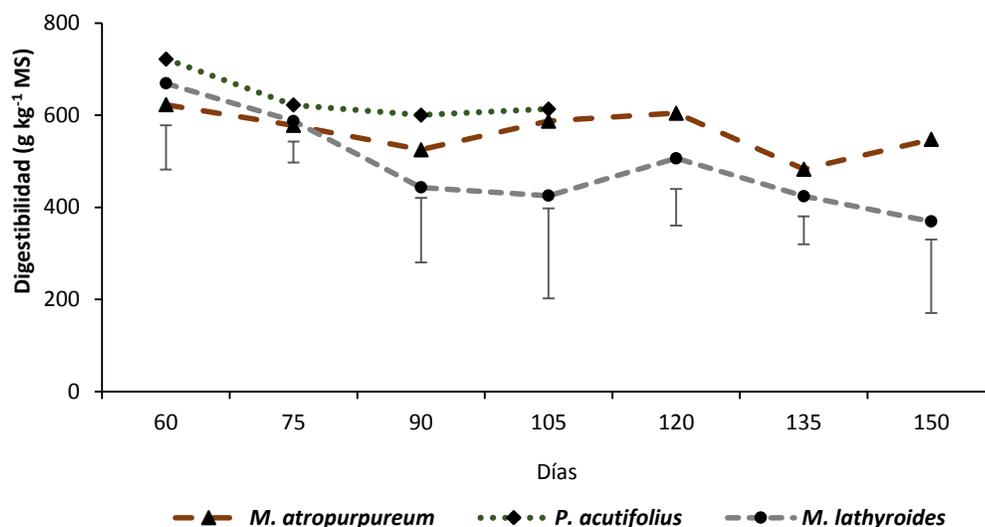


Figura 22. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (g kg^{-1} MS) en el material muerto de las especies de leguminosas forrajeras herbáceas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla. Las barras representan la diferencia mínima significativa por corte.

La Tabla 5 resume los promedios totales de las variables de calidad nutritiva en el material muerto de las tres leguminosas forrajeras.

Tabla 5. Promedios totales (g kg^{-1} MS) de las variables de calidad nutritiva en el material muerto de las leguminosas *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* evaluadas de abril a octubre de 2015 en Tlapanalá, Puebla.

Variable	<i>M. lathyroides</i>	<i>M. atropurpureum</i>	<i>P. acutifolius</i>
LDA	45.4 ^a	45.2 ^a	17 ^b
FDA	328.4 ^a	339.9 ^a	186.7 ^b
FDN	427.4 ^a	441.4 ^a	256.7 ^b
Proteína cruda	96.6 ^a	103.3 ^a	65.2 ^b
Digestibilidad	421.1 ^{ab}	521 ^a	375.4 ^b

^{a,b} Medias con la misma letra entre hileras no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

7.5 Componentes químicos secundarios; fenoles totales y taninos condensados

La cantidad de fenoles fue similar ($P > 0.05$) en las tres leguminosas evaluadas, mientras que en taninos condensados solamente *Phaseolus acutifolius* y *Macroptilium lathyroides* fueron significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). El contenido de taninos en *Phaseolus acutifolius* y *Macroptilium atropurpureum* fue similar ($P > 0.05$), mientras que el contenido de ésta última especie, fue similar ($P > 0.05$) al de *Macroptilium lathyroides*. La tabla 6 muestra la concentración de fenoles totales y taninos condensados en las tres especies de leguminosas forrajeras.

Tabla 6. Concentración de fenoles totales y taninos condensados (g kg^{-1} MS) en tres leguminosas forrajeras herbáceas evaluadas en Tlapanalá, Puebla.

Componentes	<i>P. acutifolius</i>	<i>M. atropurpureum</i>	<i>M. lathyroides</i>
Fenoles	20.9 ^a	22.3 ^a	17.7 ^a
Taninos	3.9 ^a	3.1 ^{ab}	1.8 ^b

^{a, b} Medias con la misma letra entre hileras no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

7.6 Pruebas de preferencia

Las especies vegetales fueron diferentes ($P < 0.0001$) en tiempo de pastoreo por las especies animales. Durante los 25 minutos de cada prueba, la preferencia de los ovinos hacia *Macroptilium atropurpureum* fue mayor que la de las cabras ($P \leq 0.05$), obteniendo un promedio de 22.28 y 19.2 minutos para ovinos y cabras, respectivamente. Por otra parte, la preferencia de las cabras hacia *Macroptilium lathyroides* fue mayor que la de los ovinos ($P \leq 0.05$), encontrando en este caso un promedio en el consumo de esta especie de 6 minutos en cabras y 3 minutos en ovinos. De manera general e independientemente de la especie animal, *Macroptilium atropurpureum* tuvo una mayor preferencia en comparación a *Macroptilium lathyroides* ($P \leq 0.05$). Los animales dedicaron en promedio 20.7 minutos consumiendo la primera especie, mientras que en la segunda, los animales gastaron solamente un promedio

de 4.1 minutos. La Figura 23 muestra los promedios de tiempo que las dos especies de animales gastaron consumiendo cada leguminosa.

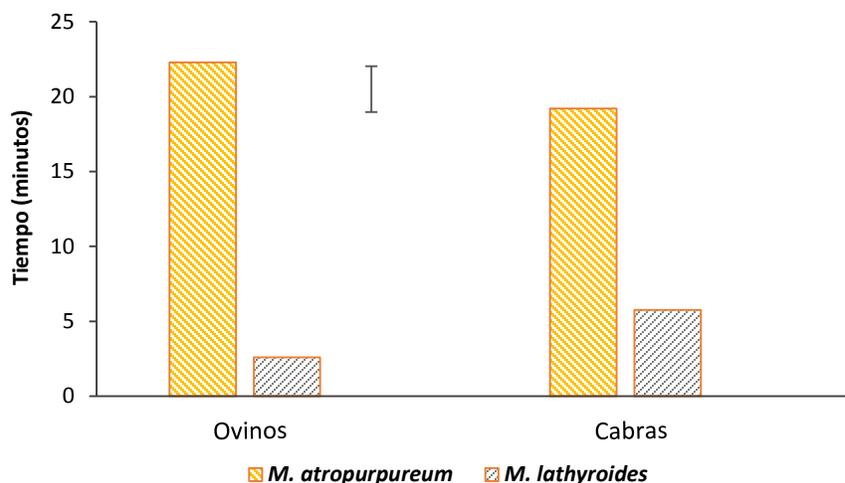


Figura 23. Tiempo en minutos que cada especie animal pasó consumiendo cada especie de leguminosas forrajera en campo. La barra representa la diferencia mínima significativa.

7.7 Conocimiento tradicional de las tres especies de leguminosas herbáceas

Los resultados del análisis de componentes principales (PCA) indican que los primeros dos ejes (Tabla 7) explican el 75% de la variación observada en las características de los productores de rumiantes, así, el PCA refleja de forma resumida las similitudes y diferencias entre los entrevistados. El componente 1 explica el 52% de la variación total y las variables que generan los patrones de dispersión de los productores para este eje fueron; edad (0.4872), escolaridad (-0.5060) y tiempo como ganaderos (0.5943). El segundo componente explica el 22% de la variación total y la variable número de rumiantes (0.8242) fue la más prominente para este eje (Tabla 8).

Tabla 7. Valores propios resultantes del análisis del PCA. Para los dos primeros componentes principales se muestra la proporción de variación acumulada.

Componente	Valor propio	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	2.09883054	1.19905565	0.5247	0.5247
2	0.89977489	0.28974436	0.2249	0.7497

Tabla 8. Resultados del PCA que muestran la contribución de cada variable a cada componente principal.

Variabes	CP1	CP2
Edad	0.487206	-.453985
Escolaridad	-.506044	0.322148
Años como ganadero	0.594303	0.103339
Número de rumiantes	0.391603	0.824281

En la Figura 24 se identificaron tres grupos de productores de rumiantes, el primero representa el 52% del total de productores entrevistados, el segundo el 40% y el tercero representa el 7% de la muestra total. En el eje 1, el primer grupo de productores se caracteriza por tener un promedio en edad de 54 años, 2 años de escolaridad, 32 cabezas de rumiantes y 22 años como ganadero. En ese mismo eje, el segundo grupo se caracteriza por tener promedios de 45, 8, 21, y 9 para esas mismas variables y en ese mismo orden. En el eje 2, el tercer grupo se caracterizó por contar con tan solo 7 productores y con promedios de 31, 9, 48 y 15 para edad, escolaridad, número de rumiantes y años como ganadero, respectivamente.

Los productores del grupo 1 fueron los de mayor edad seguido del grupo dos y tres. Estos mismos productores (grupo 1) se caracterizaron por tener menor escolaridad y por otra parte, mayor experiencia en el cuidado de los animales en comparación a los demás productores (grupo 2 y 3). En cuanto a cantidad de rumiantes, los productores del grupo 3 fueron los que mostraron un mayor número de animales seguido del grupo 1 y finalmente el grupo 2. Se realizó un análisis de varianza con el fin de observar las diferencias entre grupos (Tabla 9).

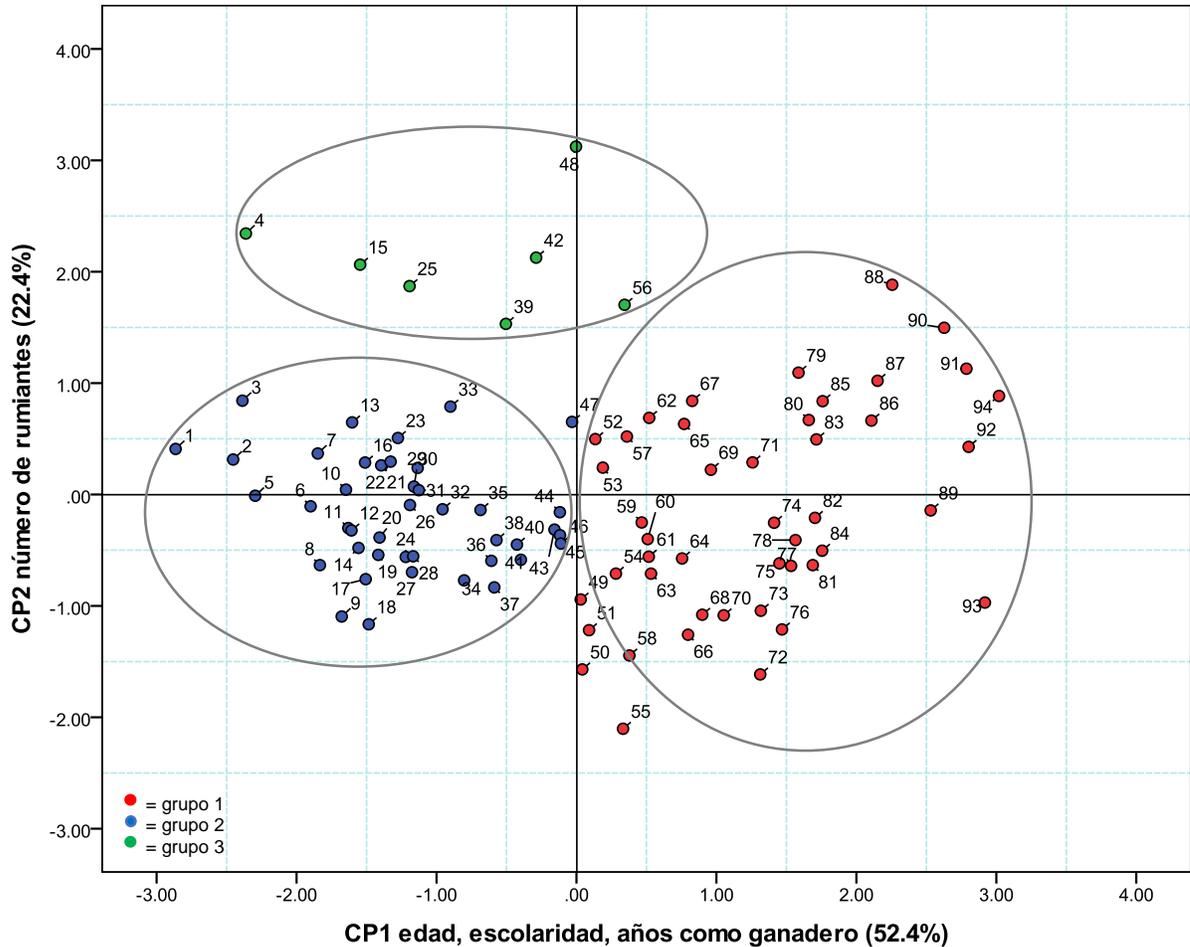


Figura 24. Análisis de componentes principales que muestra las diferencias de tres grupos de productores de rumiantes con respecto a su edad, escolaridad, número de rumiantes y tiempo como ganaderos en tres localidades de la Mixteca Baja Poblana.

Tabla 9. Diferencias estadísticas entre grupos respecto a las variables edad, escolaridad, número de rumiantes y años como ganaderos de productores de rumiantes en tres comunidades de la Mixteca Baja Poblana.

Variables	Grupos		
	1	2	3
Edad	53 ^a	45 ^b	31 ^c
Escolaridad	2 ^b	8 ^a	8 ^a
Número de rumiantes	32 ^b	21 ^c	48 ^a
Años como ganadero	22 ^a	9 ^b	15 ^b

^{a,b} Medias con letra en la misma fila, no son significativamente diferentes (P>0.05).

7.7.1 Índice de manejo, de valor forrajero y de conocimiento para las tres especies forrajeras

Se esperaba que cada una de las tres especies tuviera un índice propio de manejo, de valor forrajero y de conocimiento; sin embargo, los productores no las diferencian como especies diferentes, al ser herbáceas son consideradas como un conjunto de malezas con las mismas características físicas y sin ningún uso en particular. Por lo anterior, con los índices obtenidos por productor el índice de manejo total, el índice de valor forrajero total y el índice de conocimiento total, se calcularon para las tres especies en conjunto.

El índice de manejo total fue de 0.0205, un índice muy bajo, esto significa que los indicadores que determinan este índice son negativos para los productores entrevistados; es decir, que el manejo forrajero de estas especies es nulo. Los productores no colectan semillas, no siembran las especies, no realizan cortes de las plantas para el consumo animal, no hacen mezclas de estas plantas con otros forrajes y no hay un interés por conservar aquellas áreas en las que estas leguminosas se pueden encontrar. Por tanto, no existe un manejo para alimentar a los rumiantes.

El índice de valor forrajero total para las tres especies fue de 0.4450, un índice relativamente bajo, esto indica que los productores le confieren un bajo valor como forraje a las tres especies de leguminosas. Con base a los índices por productor, sólo el 4% de los entrevistados calificó como muy bueno el consumo de estas especies por el ganado, su preferencia ante otras plantas, su facilidad de reproducción, su abundancia en la zona y el hecho de que sean recursos mejoradores de suelos.

El índice de conocimiento total fue de 0.8511, un valor alto para este índice. Los productores efectivamente tienen un alto conocimiento de estas tres leguminosas, pero solamente como plantas nativas de su región; es decir, conocen qué tipo de plantas son, cuándo y dónde crecen, cuándo florecen, en dónde se desarrollan, etc. Sin embargo, en la región, no hay un conocimiento empírico que hable de estas plantas

como forraje para alimentar al ganado. Así, con base a los índices obtenidos por productor, más del 95% de ellos calificó positivamente a los indicadores que determinaron este índice. La Figura 25 muestra el índice de manejo total, el índice de valor forrajero total y el índice de conocimiento total de las tres especies de leguminosas por parte de los productores.

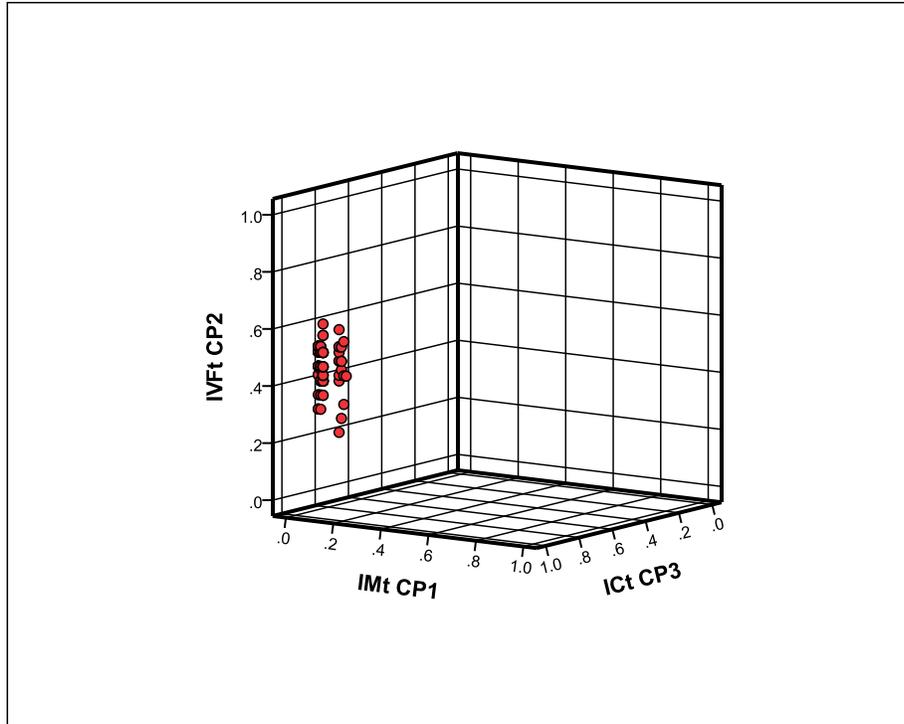


Figura 25. Índice de manejo total (ÍMt), índice de valor forrajero total (ÍVFt) e índice de conocimiento total (ÍCt) sobre las especies de leguminosas herbáceas *M. atropurpureum*, *M. lathyroides* y *P. acutifolius* en tres localidades de la Mixteca Baja Poblana.

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Comportamiento productivo de las leguminosas forrajeras

8.1.1 Rendimiento de materia seca (MS)

En toda la fase experimental la leguminosa con mayor rendimiento de MS fue *Macroptilium lathyroides* con 4655 kg MS ha⁻¹ seguido de *Macroptilium atropurpureum* con 3920 kg MS ha⁻¹ y finalmente *Phaseolus acutifolius* con 2170 kg MS ha⁻¹. Los resultados en las dos especies de Siratro son superiores a los reportados por Nakanishi *et al.* (1993), quienes señalan un rendimiento de MS de 4124 y 2296 kg MS ha⁻¹ en *Macroptilium lathyroides* y en *Macroptilium atropurpureum*, respectivamente en condiciones climáticas similares. Trabajos con Siratro en países como Kenya y Tanzania en África, destacan la importancia de la aplicación de fertilizantes inorgánicos durante la siembra y el crecimiento de las plantas para asegurar un buen rendimiento de MS. Sin embargo, Shaw y Whiteman (1977) mencionan que el Siratro por ser una especie nativa de México, no es sorprendente que tenga una adecuada adaptación y un buen comportamiento productivo en las regiones tropicales de este país. Esto en parte puede explicar los adecuados rendimientos de MS reportados en el presente estudio, los que además se obtuvieron sin la aplicación de fertilizantes inorgánicos en ninguna etapa del crecimiento de las plantas. Así, los resultados de materia seca de *M. lathyroides* y *M. atropurpureum* se encuentran dentro del rango de rendimiento de MS (500 – 4800 kg MS ha⁻¹) reportados en *Macroptilium atropurpureum* (Mero y Udén, 1997a; Njarui y Wandera, 2004; Njarui *et al.*, 2004; Macharia *et al.*, 2005; Njarui *et al.*, 2007). Por su parte, Njarui *et al.* (2003) señalan que una cantidad de 2000 – 4000 kg MS ha⁻¹ al año⁻¹ en leguminosas forrajeras, es suficiente para suplementar a 42 cabras con un promedio de peso vivo de 30 kg durante 5 a 10 meses y a una cantidad de 13.3 kg MS día⁻¹.

El rendimiento de MS de *Phaseolus acutifolius* fue menor a las dos especies de Siratro por el menor número de cosechas (7 cortes) que esta especie tuvo durante todo el

experimento. Sin embargo, este resultado es superior a 1478 kg MS ha⁻¹ en el frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) y comparable a 2172 kg MS ha⁻¹ en *Centrocema pubescens* reportado por Adjolohoun *et al.* (2008) en una región semi-árida de Benín, África. Por otra parte, la desaparición completa de las plantas de *P. acutifolius* en el corte número 8, se debe principalmente a una baja precipitación presentada durante la fase de crecimiento de las plantas, ya que una alta senescencia y caída de hojas de esta especie, coincidió con el mes de julio el cual presentó el menor promedio de precipitación pluvial (46.282 mm) durante todo el experimento. Njarui y Wandera (2004) y Njarui *et al.* (2004) al trabajar con leguminosas forrajeras herbáceas en diferentes sitios y en diferentes épocas de lluvia, mencionan que el rendimiento de MS es fuertemente influenciado por la precipitación pluvial más que por otro tipo de factores. Esto se debe a que la humedad disponible en un cultivo influye en la división celular, elongación y desarrollo de los órganos foliares de las plantas (Fening *et al.*, 2009). Aunado a esto, el ataque de *Epilachna varivestis* Mulsant a esta especie forrajera, influyó de cierta manera en el bajo rendimiento de MS. Según Guerrero *et al.* (1979), las larvas de este insecto pueden llegar a consumir 25 cm² de tejido durante el transcurso de sus cuatro instares de desarrollo, mientras que un adulto consume aproximadamente 4.5 cm de follaje al día (Kabissa y Fronk, 1986; Pinto *et al.*, 2004).

La persistencia de *Macroptilium lathyroides* y *Macroptilium atropurpureum* en el experimento puede estar en función de su raíz principal, en la cual el Siratro alcanza una profundidad de alrededor de 0.95 m, una profundidad superior al de las raíces de la mayoría de los pastos comunes (Macharia *et al.*, 2005). Esto permite a la planta alcanzar mayor cantidad de humedad presente en el subsuelo y de esta manera, esta especie aumenta o mantiene su rendimiento de MS en regiones en donde las precipitaciones son relativamente bajas (Njarui y Wandera, 2004).

8.1.2 Tasa diaria de crecimiento y cantidad de tallos

La tasa diaria de crecimiento de *Macroptilium lathyroides* y *Macroptilium atropurpureum* fue de 311 y 265 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, respectivamente. Comparando con

otras especies de leguminosas forrajeras herbáceas, estos resultados son superiores a los reportados por García-Ferrer *et al.* (2015) al determinar en la época de lluvias una tasa diaria de crecimiento de 136, 161, 197 y 237 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ en *Clitoria ternátea*, *Pueraria phaseoloides*, *Arachis pintoii* y *Stylosanthes guianensis*, respectivamente. Las diferencias entre resultados se deben al diferente comportamiento productivo de cada leguminosa forrajera, el cual es genéticamente controlado (Njarui *et al.*, 2007). La mayor tasa diaria de crecimiento en *Macroptilium lathyroides* se debe a que esta especie tuvo una mayor producción de tallo en todo el ciclo productivo (2696 kg MS ha⁻¹) comparado a la cantidad de tallo producido por *Macroptilium atropurpureum* (1843 kg MS ha⁻¹) y *Phaseolus acutifolius* (1067 kg MS ha⁻¹). Este comportamiento productivo es similar al reportado por Macharia *et al.* (2005) en donde encontraron una mayor acumulación de MS en *Neonotonia wightii* (glycine) que en *Macroptilium atropurpureum* por el hecho de que glycine tuvo una mayor cantidad de tallos (14 tallos por planta) en comparación al Siratro (8 tallos por planta). La menor tasa diaria de crecimiento en *Phaseolus acutifolius* (145 kg MS ha⁻¹ día⁻¹) se debe a las mismas razones expuestas anteriormente en el rendimiento de materia seca.

8.1.3 Material muerto y cantidad de hojas

A pesar de que *Phaseolus acutifolius* tuvo menor número de cosechas en todo el experimento, esta especie tuvo la misma cantidad de material muerto (626 kg MS ha⁻¹) que *Macroptilium lathyroides* (688 kg MS ha⁻¹) y *Macroptilium atropurpureum* (746 kg MS ha⁻¹). El mayor contenido de material muerto en *Phaseolus acutifolius* posiblemente se debió a la tendencia a una mayor cobertura comparada a las otras dos especies, su auto-sombra pudo haber provocado el amarillamiento y caída de las hojas en las partes bajas de las plantas. Aunado a esto, la baja precipitación presentada en el mes de julio aumentó la caída de hojas de esta especie. Así, con base a los resultados obtenidos del material muerto, es probable que *Phaseolus acutifolius* hubiese podido alcanzar mayores rendimientos de MS en comparación a las dos especies de Siratro. Sin embargo, para lograr estos resultados, es posible que

esta especie necesite de una mayor disponibilidad de humedad tal y como se ha demostrado en *Mucuna pruriens* (Mbuthia y Gachuri, 2003) en la que se alcanzó un rendimiento de 4795 kg MS ha⁻¹ bajo irrigación una vez a la semana durante toda la fase de medición. Así, la mayor disponibilidad de agua pudo evitar una alta senescencia y caída de hojas en esta leguminosa, que resultó en un mayor rendimiento de MS.

De esta manera, la cantidad de material muerto y el ataque de plaga en *Phaseolus acutifolius* de igual manera influyeron en el menor rendimiento de MS, mientras que el material muerto en las dos especies de Siratro parece no haber afectado suficientemente la cantidad de MS producida. Njarui *et al.* (2004), al evaluar el comportamiento productivo de *Macroptilium atropurpureum* en cuatro sitios diferentes, concluyen que el rendimiento de MS de esta especie disminuye ligeramente o bien se mantiene estable durante todo el ciclo productivo. Posiblemente esto también se deba a las características de raíz profunda que el Siratro tiene, así, al alcanzar mayor humedad y nutrientes del suelo, las plantas de ésta especie logran retener una mayor cantidad de hojas en la parte aérea. Esto parcialmente puede explicar el mayor contenido de este componente (hojas) en las dos especies de Siratro en comparación a *Phaseolus acutifolius*. Sin embargo, Njarui y Wandera (2004) y Mbuthia y Gachuri (2003), mencionan que para evitar pérdidas en leguminosas con ciclos productivos cortos, estas podrían ser pastoreadas en el momento de mayor producción de MS, o bien, cortarlas a temprana edad y conservarlas como henos o silos para ofrecerlas a los animales en épocas de escases de forraje.

8.1.4 Relación hoja-tallo

La relación hoja-tallo de igual manera fue mayor en las dos especies de Siratro. En otras especies como *Clitoria ternatea*, *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoi*, García-Ferrer *et al.* (2015) reportan una relación hoja-tallo de 0.543, 0.6 y 0.711 en la época seca y una relación de 0.622, 0.6 y 0.657 en la época de lluvias, respectivamente. Estos resultados son menores a los obtenidos en el presente trabajo, principalmente

por ser especies diferentes y probablemente debido a las cortas edades de rebrote (21, 42, 63 y 84 días) en que las especies fueron cosechadas. Una adecuada cantidad de hojas pudo no haberse expresado en aquellas edades de las plantas. Sin embargo, los resultados obtenidos en las especies de Siratro son comparables con los encontrados por Lagunes (2011), quien reporta una relación hoja-tallo de 1.375, 1.4 y 1.6 para las especies *Arachis pintoii*, *Centrosema macrocarpum* y *Pueraria phaseoloides*, respectivamente. Aunque la relación hoja-tallo de *Phaseolus acutifolius* fue baja (1:1), este resultado es comparable con la relación hoja-tallo de *Mucuna pruriens* (1:1) y *Centrosema pubescens* (1.1:1) reportados por Adjolohoun *et al.* (2008).

8.1.5 Altura

Macroptilium lathyroides fue la especie con mayor altura (39 cm) en todo el experimento, esto debido a que presentó un hábito de crecimiento erecto en comparación a *Macroptilium atropurpureum* (23 cm) y *Phaseolus acutifolius* (19 cm), las cuales mostraron un hábito de crecimiento postrado. Estos resultados coinciden con lo reportado por Nakanishi *et al.* (1993) en donde obtuvieron una mayor altura en *Macroptilium lathyroides* (129 cm) en comparación a *Macroptilium atropurpureum*, la cual por su crecimiento postrado tuvo una altura promedio de 36 cm.

Njarui *et al.* (2007) reportan una altura en Siratro de 5 – 11 cm, mientras que Njarui y Wandera (2004) en esta misma especie, señalan una altura promedio de 7.3 cm. Estos resultados son menores a los del actual estudio debido a que, en el primer caso, Siratro fue intercalado con los pastos *Penisetum purpureum* y *Panicum máximum*. En este caso, los pastos en las parcelas fueron los componentes dominantes y debido a esto, el crecimiento máximo de las plantas de Siratro pudo ser inhibido. Mientras que en el segundo caso, el tipo, humedad y nutrición del suelo pudieron haber causado las diferencias en la altura de las plantas. Sin embargo, a pesar de que *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* mostraron una menor altura, estas especies tendieron a extenderse sobre el suelo, probablemente a que de esta manera su menor

altura es compensada. Al menos en el caso de *Macroptilium atropurpureum*, esta especie logra extenderse de 0.38 a 0.7 m de longitud durante todo su ciclo productivo (Njarui y Wandera, 2004; Njarui *et al.*, 2007).

8.1.6 Cobertura

Las plantas de *Phaseolus acutifolius* alcanzaron más rápido la cobertura total en comparación a las otras dos especies. Este comportamiento coincidió con el mes de junio, mes en el cual se obtuvo el mayor promedio de precipitación pluvial (116.347 mm) durante toda la fase experimental. Sin embargo, la tendencia a una rápida cobertura de esta especie, empezó a disminuir, conforme la precipitación disminuyó. Estos resultados demuestran que *Phaseolus acutifolius* puede tener mayor respuesta productiva ante condiciones favorables de humedad. No obstante, la incidencia de la plaga *Epilachna varivestis* Mulsant también influyó de cierta manera en la pérdida de cobertura de esta leguminosa forrajera.

La mayor cobertura (81%) de *Macroptilium atropurpureum* se le atribuye a su crecimiento postrado comparado al crecimiento erecto de *Macroptilium lathyroides* la cual mostró una cobertura promedio de 65%. Según Nakanishi *et al.* (1993) además de que *Macroptilium lathyroides* tiene un hábito de crecimiento erecto, esta especie al alcanzar su madurez tiende a perder una mayor cantidad de hojas en comparación a *Macroptilium atropurpureum* la cual es ligeramente más estable. Matizha *et al.* (2001), mencionan que aquellas leguminosas herbáceas con hábitos de crecimiento erecto, regularmente tienden a perder mayor cantidad de hojas a la madurez por su auto-sombra. Esto en parte también explica la mayor cobertura de *Macroptilium atropurpureum* respecto a *Macroptilium lathyroides* durante todo el ciclo productivo. Resultados de cobertura en Siratro también son reportados por Njarui *et al.* (2007) y Njarui y Wandera (2004) con 21.5 y 27%, respectivamente, siendo estos resultados más bajos a los del actual estudio por las mismas razones descritas en la altura de las plantas.

8.2 Calidad nutritiva de las tres especies

8.2.1 Proteína cruda (PC)

Macroptilium atropurpureum y *Macroptilium lathyroides* fueron las especies con mayor contenido de PC, con 158 y 153 g kg⁻¹ MS, respectivamente. Estos resultados son menores a los reportados por Nakanishi *et al.* (1993), los cuales determinaron una cantidad de PC en *Macroptilium atropurpureum* de 210 g kg⁻¹ MS y de 180 g kg⁻¹ MS en *Macroptilium lathyroides*. Estos mayores resultados fueron influenciados por las fertilizaciones (una mezcla de N:P:K a 500 kg ha⁻¹) que aplicaron en la siembra y durante el crecimiento de las plantas. La aplicación de fertilizantes inorgánicos influye ampliamente en la cantidad y calidad de leguminosas forrajeras tropicales (Evitayani *et al.*, 2004; Adjolahoun *et al.*, 2008). Por otra parte, los resultados obtenidos en este estudio coinciden con aquellos reportados por Njarui *et al.* (2003) y Matizha *et al.* (1997), quienes determinaron una cantidad de PC en Siratro de 147 y 159 g kg⁻¹ MS, respectivamente. Además, los resultados entran en el rango de PC reportados en Siratro, los cuales van de 130 – 280 g kg⁻¹ MS (Mero y Udén, 1997a; Mero y Udén, 1998a; Mero y Udén, 1998b; Mupangwa *et al.*, 1997; Matizha *et al.*, 2001 y Mupangwa *et al.*, 2006). *Phaseolus acutifolius* fue la especie con menor contenido de PC (117 g kg⁻¹ MS) sin embargo, esta cantidad se acerca al rango de PC antes mencionado.

8.2.2 Contenido de fibras

El contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) fue mayor en las dos especies de Siratro en comparación a *Phaseolus acutifolius*. La menor cantidad de estos componentes en esta última especie, se debe a que las plantas cosechadas fueron más jóvenes debido a su corto ciclo productivo. Mupangwa *et al.* (1997) sostienen que la cosecha de leguminosas herbáceas a temprana edad contienen bajas concentraciones de FDN y FDA, mientras que a mayor edad de las plantas, el contenido de estos componentes aumenta. Los resultados de FDN en las especies de Siratro son comparables con los encontrados por Njarui *et al.* (2003) y

Matizha *et al.* (2001) quienes respectivamente reportan un contenido de FDN de 439 y 466 g kg⁻¹ MS en Siratro. Los resultados de FDA de igual manera son comparables con una cantidad de 302 g kg⁻¹ MS reportado por Njarui *et al.* (2003) y una cantidad de 324 g kg⁻¹ MS reportado por Mupangwa *et al.* (1997) en Siratro. *Macroptilium lathyroides* fue la especie con mayor contenido de lignina (43 g kg⁻¹ MS), esto se debe a su hábito de crecimiento erecto y a su mayor pérdida de hojas al alcanzar la madurez. Mupangwa *et al.* (2006) mencionan que aquellas leguminosas herbáceas con hábitos de crecimiento erecto acumulan una mayor cantidad de carbohidratos estructurales principalmente en los tallos con el fin de apoyar el crecimiento aéreo comparado a una leguminosa rastrera como lo es *Macroptilium atropurpureum*. Además, estos mismos autores sostienen que aquellas plantas con mayor pérdida de hojas a la madurez, resultan en mayor material del tallo, por tanto, mayor cantidad de hemicelulosa, celulosa y lignina. *Phaseolus acutifolius* fue la especie con la menor cantidad de lignina, coincidiendo de esta manera con su menor contenido de FDN y FDA por las mismas razones descritas en estas variables.

Los resultados de FDN, FDA y LDA en las especies de Siratro, se encuentran dentro de los rangos reportados en la literatura para *Macroptilium atropurpureum*; de 384 – 652, de 300 – 553 y de 46 – 180 g kg⁻¹ MS, respectivamente (Nakanishi *et al.*, 1993; Matizha *et al.*, 1997; Mero y Udén, 1998a; Mero y Udén, 1998b; Mupangwa *et al.*, 1997; Matizha *et al.*, 2001; Njarui *et al.*, 2003 y Mupangwa *et al.*, 2006).

8.2.3 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)

La DIVMS de las tres especies evaluadas coincide con lo reportado por Mero y Udén (1998b), quienes muestran una digestibilidad de 595 g kg⁻¹ MS en Siratro. De igual manera los resultados de digestibilidad obtenidos por Njarui *et al.* (2003) en Siratro (553 g kg⁻¹ MS) y en *Mucuna pruriens* (513 g kg⁻¹ MS) son similares a los resultados del actual estudio. Por su parte, Nakanishi *et al.* (1993) reportan una cantidad de digestibilidad mayor en *Macroptilium lathyroides* (670 g kg⁻¹ MS) y en *Macroptilium atropurpureum* (630 g kg⁻¹ MS), posiblemente debido al corte de las plantas a una

edad más temprana en dicha investigación. No obstante, los resultados de digestibilidad obtenidos en el actual estudio caen dentro del rango que va de 553 – 760 g kg⁻¹ MS reportados en Siratro (Mero y Udén, 1997a; Mero y Udén, 1997b; Mero y Udén, 1998a; Mupangwa *et al.*, 1997).

De manera general, la FDN, FDA y LDA de las tres especies de leguminosas tendieron a aumentar con el avance de la madures de las plantas, mientras que el contenido de PC y DIVMS tendieron a disminuir. Generalmente, el valor nutritivo de las plantas es influenciado por su desarrollo fenológico, debido a que esto se asocia con cambios en proporciones y composiciones de fracciones de la planta (Matizha *et al.*, 2001). La cantidad de PC y la digestibilidad disminuyen por la pérdida progresiva de hojas, mientras que el contenido de fibras aumenta por la mayor proporción de tallos, los cuales están constituidos por una alta cantidad de paredes celulares en comparación a las hojas de las leguminosas forrajeras (Njarui *et al.*, 2003; Evitayani *et al.*, 2004; Mupangwa *et al.*, 2006). Sin embargo, el contenido de PC de las tres especies evaluadas en el actual estudio, es suficiente para rumiantes en crecimiento y lactación, ya que Mupangwa *et al.* (1997) y Mupangwa *et al.* (2006) en sus discusiones, mencionan un requerimiento mínimo de 113 g kg⁻¹ MS para crecimiento y de 120 g kg⁻¹ MS para lactación en rumiantes.

8.3 Calidad nutritiva del material muerto de las tres especies de leguminosas

Las hojas caídas de las plantas forrajeras no son comúnmente consideradas como una fuente de forraje comestible para pequeños rumiantes (González-Pech *et al.*, 2015). No obstante, Hernández *et al.* (2008) mencionan que en los agostaderos de la Mixteca Poblana, los rumiantes se alimentan incluso de los frutos y hojas caídas de las plantas sobre todo en épocas de sequía.

La calidad nutritiva del material muerto fue menor comparada a la calidad nutritiva del material verde en las tres especies de leguminosas forrajeras. En proteína cruda, para *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius*, las

diferencias fueron de 56, 55 y 52 g kg⁻¹ MS, mientras que en digestibilidad las diferencias fueron de 174, 118 y 46 g kg⁻¹ MS, respectivamente. Sin embargo, la cantidad de PC obtenida en el material muerto, fácilmente puede cubrir las necesidades mínimas (60 – 87 g kg⁻¹ MS) requeridas para el mantenimiento de rumiantes (Undi *et al.*, 2001; Njarui *et al.*, 2003). Por otra parte, los datos de FDN, FDA y LDA obtenidos en el material muerto de las dos especies de Siratro son consistentes con los rangos de FDN, FDA y LDA descritos anteriormente. Los bajos contenidos de fibra en *Phaseolus acutifolius*, se deben a las mismas razones descritas en la calidad nutritiva del material verde.

8.4 Componentes químicos secundarios: fenoles totales y taninos condensados

Las plantas forrajeras producen diferentes compuestos químicos los cuales no son directamente involucrados en el proceso de crecimiento de las plantas (compuestos secundarios), pero actúan como defensas al ataque de insectos, hongos y animales herbívoros (Aganga y Tshwenyane, 2003). Estos compuestos como los taninos condensados y los fenoles (taninos hidrosolubles, alcaloides, flavonoides, terpenos, etc.), entre muchos otros, han sido reportados en la literatura como componentes químicos que influyen en la aceptabilidad y el valor nutritivo de los forrajes ofrecidos a los rumiantes (Thapa *et al.*, 1997; Alonso-Díaz *et al.*, 2010).

En *Macroptilium atropurpureum* López *et al.* (2008) reportan una cantidad moderada (cantidades no numéricas) de fenoles totales en el follaje de las plantas. Según estos autores, el contenido de estos componentes que esta especie pueda presentar, es adecuado y no influye grandemente en la alimentación animal. El contenido de fenoles en *M. lathyroides* (18 g kg⁻¹ MS), *M. atropurpureum* (22 g kg⁻¹ MS) y *P. acutifolius* (21 g kg⁻¹ MS) reportados en el actual estudio, entran en el rango de 14.8 – 42.1 g kg⁻¹ MS reportados por García *et al.* (2006) en plantas forrajeras, en donde además mencionan que estas cantidades de fenoles no comprometen a la palatabilidad de los forrajes.

Por otra parte, los resultados de taninos condensados de las tres especies de leguminosas evaluadas, son inferiores a la cantidad de 12 g kg⁻¹ MS en Siratro reportado por (Mupanwga *et al.*, 2000b). Estos mismos autores señalan que un contenido de taninos condensados de 29 g kg⁻¹ MS en una leguminosa herbácea, puede causar astringencia y por tanto, un bajo consumo voluntario de materia seca por los rumiantes. Por su parte, Waghorn *et al.* (1987) señalan que un contenido de hasta 22 g kg⁻¹ MS no afecta la aceptabilidad y el consumo de los forrajes por los animales, incluso una cantidad moderada de estos metabolitos secundarios puede tener efectos benéficos en los rumiantes al incrementar la absorción de nitrógeno por el animal (Barry y Duncan, 1984). Los taninos condensados al formar complejos con proteínas evitan una alta degradación de éstas por bacterias en el rumen (Dewhurst *et al.*, 2009; Alonso-Díaz *et al.*, 2010). Así, las proteínas son protegidas y transportadas al tracto gastrointestinal en donde son degradadas y absorbidas por el animal en forma de aminoácidos (Dewhurst *et al.*, 2009; Enríquez *et al.*, 2011).

El contenido de compuestos secundarios como cualquier otro compuesto químico puede variar de acuerdo a la etapa de crecimiento de las plantas (Barahona *et al.*, 1997), nutrición de las mismas y condiciones ambientales, incluso por los diferentes métodos utilizados para la determinación de tales compuestos (Mupanwga *et al.*, 2000b). Esto parcialmente podría explicar las bajas cantidades de taninos y fenoles obtenidos en el actual estudio.

8.5 Pruebas de preferencia

Macroptilium atropurpureum presentó mayor cobertura (retención de hojas en la parte aérea) en toda la fase experimental, siendo esto más notable en los últimos días del experimento. Esta puede ser una de las razones por las cuales esta especie presentó mayor preferencia por los animales en comparación a *Macroptilium lathyroides*, ya que además las pruebas de preferencia se llevaron a cabo un mes antes de que las dos especies culminaran con su ciclo productivo. En un trabajo similar, Nakanishi *et al.* (1993), señalan que el tamaño de bocado en cabras que pastorean *Macroptilium*

atropurpureum está correlacionado positivamente con la cantidad de hojas producidas por esta leguminosa. Sin embargo, también señalan que en *Macroptilium lathyroides* el tamaño de bocado por las cabras, poco depende de la cantidad de hojas producidas por esta especie. Adicionalmente, Sollenberger y Burns (2001) señalan que además de la altura de las plantas y la cantidad de hojas que una especie forrajera pueda producir, la composición química también influye en el comportamiento del pastoreo de los rumiantes. En el presente estudio, las diferencias en calidad nutritiva (digestibilidad, proteína y fibras) de las dos especies de Siratro fueron consistentes. Por tanto, otra posible razón por la cual los animales hayan mostrado una menor preferencia hacia *M. lathyroides*, probablemente se deba a que esta especie con el avance de la madurez pudo haber acumulado un mayor contenido de taninos y fenoles, ya que la evaluación de estos componentes en el presente estudio, se llevó a cabo cuando las plantas tenían apenas dos meses de edad.

Por otra parte, la tendencia de las cabras hacia una mayor preferencia de *Macroptilium lathyroides* se debe posiblemente a su mayor tolerancia al consumo de taninos y fenoles presentes en un forraje. La proteína presente en la saliva de las cabras es rica en prolina, un aminoácido que actúa como defensa en contra de taninos y alcaloides los cuales influyen en la palatabilidad y en el consumo de forrajes, mayormente en bovinos y en ovinos que en cabras (D'Mello, 1992; Aganga y Tshwenyane, 2003; Alonso-Díaz *et al.*, 2010). Esto a su vez podría explicar el por qué los ovinos gastaron más tiempo consumiendo plantas de *Macroptilium atropurpureum* en comparación a las plantas de *Macroptilium lathyroides*.

8.6 Conocimiento tradicional de las tres especies de leguminosas herbáceas

La edad de los tres grupos de productores identificados en el PCA fue de 31 a 54 años de edad y de acuerdo a Houehanou *et al.* (2011) estos son considerados como personas adultas (no jóvenes ni ancianos). Se esperaba que las variables edad, escolaridad, años como ganadero y número de rumiantes de los productores pudieran de cierta manera influir en un menor o mayor conocimiento de las tres leguminosas

herbáceas como plantas forrajeras. Sin embargo, los tres grupos de productores, independientemente de sus características, mostraron un conocimiento similar con respecto al conocimiento, valoración y manejo de las tres leguminosas. Algunos autores (Camou-Guerrero *et al.*, 2008; Hoaehanou *et al.*, 2011; Iniesta-Arandia *et al.*, 2014; Paniagua-Zambrana *et al.*, 2014) señalan que la edad, escolaridad, años como residentes en una zona y la tenencia animal son algunos de los factores principales que pueden influir en un menor o mayor conocimiento y uso de especies de plantas para usos particulares. Sin embargo, estos factores pueden influir de diferente manera en cada región de estudio (Albuquerque, 2006) y depende muchas veces del tipo o tipos de especies de plantas bajo investigación.

En el presente trabajo, los productores no diferencian las leguminosas herbáceas del resto de los pastos crecidos en épocas de lluvia, de esta manera, consideran como malezas a todo tipo de plantas herbáceas presentes en los agostaderos y probablemente esta sea una de las razones por las que se les haya conferido un bajo valor forrajero a las tres especies de leguminosas. Por otra parte, el conocimiento de los productores respecto a las plantas forrajeras, tiende más a especies arbustivas y arbóreas de la región. Thapa *et al.* (1997) en su trabajo con agricultores de baja escala, mencionan que los productores tienden a utilizar especies forrajeras de mayor porte debido a los múltiples beneficios (forraje, leña, madera, frutos, etc.) que una planta forrajera pueda ofrecer en diferentes épocas del año. Posiblemente esta sea otra de las razones por la cual los productores ponen mayor atención a este tipo de especies forrajeras, resultando así, en un manejo nulo de las leguminosas herbáceas.

El alto valor obtenido en el índice de conocimiento por parte de los productores, se debe a que físicamente ellos conocen a las plantas como parte de la vegetación herbácea de su región, sin embargo, desconocen las funciones específicas que estas especies de leguminosas pueden aportar a la alimentación de rumiantes. Según Ramos *et al.*, (2008) señalan que si existe un conocimiento respecto al uso de plantas para fines particulares, es posible entonces que un grupo de personas de una sociedad rural tiendan al manejo, cuidado y conservación de aquellos recursos

naturales, independientemente de su disponibilidad. En nuestro caso, al no haber un conocimiento por parte de los productores sobre los beneficios de las tres leguminosas como forraje, de igual manera no existe un interés en cuanto a su conservación, siembra o corte de las mismas para la alimentación animal. Por su parte Hoaehanou *et al.* (2011) mencionan que si se desconocen los beneficios útiles de una planta en particular, su frecuencia de uso puede ser bajo, incluso nulo dentro de diferentes poblaciones rurales.

Así, el escaso conocimiento y la baja valoración de *Macroptilium lathyroides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Phaseolus acutifolius* como plantas forrajeras, en parte se debe a la escasa información que los productores han tenido sobre el uso y manejo de estas especies. Esto a su vez, se debe probablemente, a la ausencia de conocimientos científicos sobre este tipo de plantas forrajeras (Thapa *et al.*, 1997; Sumberg, 2002). Otra posible razón es que, el 93% de los productores mencionó dedicarse a la agricultura (siembra de cultivos básicos) como actividad principal, dejando como actividad secundaria a la ganadería en la cual hay un bajo interés por la alimentación de rumiantes. Hernández *et al.* (2001) mencionan que los sistemas de producción animal en la Mixteca Poblana son de tipo familiar, en donde la cría de los animales no necesariamente es para el abasto, puesto que las ventas se realizan principalmente para sufragar gastos inesperados de la familia. Con base a esto, es posible que no haya una preocupación suficiente en ofrecer alimentos de buena calidad nutritiva a los animales y por tanto, existe un bajo interés en conocer los beneficios que muchas plantas forrajeras locales puedan aportar a la alimentación animal.

Si bien, las tres especies de leguminosas evaluadas en este estudio son recursos locales de la región, entonces, solo hace falta sensibilizar a los productores sobre la importancia de la calidad nutritiva de estos recursos disponibles. De esta manera, dichas especies pudieran ser integradas dentro de los sistemas de producción animal en la Mixteca Baja Poblana, con productores organizados que puedan conservarlas, manejarlas y valorarlas para la alimentación de su ganado.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

Bajo las condiciones de este experimento se concluye que *Macroptilium lathyroides* y *Macroptilium atropurpureum* fueron las leguminosas que mostraron alto rendimiento de materia seca y tasa diaria de crecimiento, teniendo mayor potencial para la alimentación de rumiantes. *Phaseolus acutifolius* por factores ambientales tales como la precipitación pluvial, mostró un ciclo productivo corto y por tanto, una menor cantidad de materia seca y tasa diaria de crecimiento en toda la fase experimental. Por otra parte, el contenido de PC y DIVMS de las tres especies de leguminosas tendió a disminuir con el avance de la madurez de las plantas, mientras que la cantidad de fibras aumentó. Sin embargo, la calidad nutritiva de las tres especies forrajeras es adecuada para la alimentación de rumiantes en pastoreo o en sistemas alimenticios de corte y acarreo, ya que además, el contenido de componentes secundarios (taninos y fenoles) fue bajo.

En cuanto a la preferencia de las leguminosas por ovinos y cabras en pastoreo, *Macroptilium atropurpureum* fue la especie forrajera mayormente preferida por los animales, mientras que *Macroptilium lathyroides* tuvo una tendencia a ser preferida solamente por cabras durante los cinco días de prueba. Esto indica que las dos especies de Siratro pueden ser útiles en los sistemas de producción animal de los pequeños productores, ya que en la región de estudio, las unidades de producción se dedican principalmente a la cría de cabras como especie ganadera.

El conocimiento que los productores tienen acerca de las tres especies de leguminosas herbáceas como plantas forrajeras es escaso y por diferentes razones las tres especies han sido poco valoradas como recursos para la alimentación de rumiantes en la región de la Mixteca Baja Poblana.

9.2 Recomendaciones

Con base a los resultados obtenidos en la cantidad de materia seca y calidad nutritiva de las leguminosas, es necesario continuar con la evaluación de estas especies como plantas forrajeras. Una siguiente etapa podría ser el de evaluar la respuesta animal a través del consumo de materia seca por los rumiantes y a través de la ganancia diaria de peso de los animales.

El contenido de taninos y fenoles con el avance de la madurez de las leguminosas pudo haber influido en la preferencia de las plantas por cabras y ovinos, por tanto, puede ser necesario evaluar estos componentes en diferentes etapas del ciclo productivo de las leguminosas forrajeras. Por otra parte, en este estudio no hubo problemas de toxicidad de los animales por el consumo de las especies de leguminosas. Sin embargo, podría ser determinante evaluar el contenido de saponinas, mimosinas, sustancias cianogénicas u otros compuestos tóxicos que podrían estar presentes en las leguminosas, ya que algunos productores durante las entrevistas señalaron a las especies de Siratro como plantas tóxicas y no aptas para el consumo de las cabras en pastoreo.

Es necesario también determinar las formas en cómo estas leguminosas pueden ser integradas en los sistemas agrícolas mixtos (cultivos-ganado) de la región. Una opción podría ser el de establecerlas como bancos forrajeros o conservarlas como henos o silos para la suplementación del ganado durante los periodos de sequía. Otra opción sería el de cultivarlas en intercalación con pastos de crecimiento erecto o amacollados para mejorar la fertilidad de los suelos y por tanto, mejorar la calidad nutritiva de los pastos. Sin embargo, para esto último aún hace falta evaluar la persistencia de las leguminosas en dicha intercalación, así como los patrones de siembra tanto de los pastos como el de las leguminosas forrajeras.

X. BIBLIOGRAFÍA

- A. O. A. C. 1975. Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists. AOAC International Washington, D. C., USA.
- Adjolohoun, S., Buldgen, A., Adandedjan, C., Decruyenaere, V. and Dardenne, P. 2008. Yield and nutritive value of herbaceous and browse forage legumes in the Borgou region of Benin. *Tropical Grasslands*. 42(2): 104-111.
- Aganga, A. A. and Tshwenyane, S. O. 2003. Feeding values and anti-nutritive factors of forage tree legumes. *Pakistan Journal of Nutrition* 2(3): 170-177.
- Albuquerque, U. P. 2006. Re-examining hypotheses concerning the use and knowledge of medicinal plants: a study in the Caatinga vegetation of NE Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2(1): 1-10.
- Albuquerque, U. P., Antonio de Sousa, A. T., Alves, R. M., Teixeira do, N. V., Paiva de Lucena, R. F., Marcelino, M. J., Leal, A. N. and Lima, A. E. 2009. How ethnobotany can aid biodiversity conservation: reflections on investigations in the semi-arid region. *Biodiversity Conservation*. 18(1): 127-150.
- Alonso-Díaz, M. A., Torres-Acosta, J. F. J., Sandoval-Castro, C. A. and Hoste, H. 2010. Tannins in tropical tree fodders fed to small ruminants: A friendly foe? *Small Ruminant Research*. 89(2): 164-173.
- Ankom, T. 2006. Operator's manual. Ankom Technology, Macedon, New York.
- Barahona, R., Lascano, C. E., Cochran, R., Morrill, J. and Titgemeyer, E. C. 1997. Intake, digestion, and nitrogen utilization by sheep fed tropical legumes with contrasting tannin concentration and astringency. *Journal of Animal Science*. 75(6): 1633-1640.
- Barry, T. N. and Duncan, S. J. 1984. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. *British Journal of Nutrition*. 51(3): 485-491.
- Camou-Guerreo, A., Reyes-García, V., Martínez-Ramos, M. and Casas, A. 2008. Knowledge and use value of plant species in a Rarámuri Community: a gender perspective for conservation. *Human Ecology*. 36(2): 259-272.

- Clarke, T., Flinn, P. C. and McGowan, A. A. 1982. Low-cost pepsin-cellulase assays for prediction of digestibility of herbage. *Grass and Forage Science*. 37: 147-150.
- Cotta, J. N. 2015. Contributions of local floodplain resources to livelihoods and household income in the Peruvian Amazon. *Forest Policy and Economics*. 59: 35-46.
- D'Mello, J. P. F. 1992. Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. *Animal Feed Science and Technology*. 38(2): 237-261.
- Devendra, C. and Sevilla, C. C. 2002. Availability and use of feed resources in crop-animal systems in Asia. *Agricultural Systems*. 71(1): 59-73.
- Dewhurst, R. J., Delaby, R. J., Moloney, A., Boland, T. and Lewis, E. 2009. Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. *Irish Journal of agricultural and Food Research*. 48: 167-187.
- Enríquez, Q. J. F., Meléndez, N. F., Bolaños, A. E. D. y Esqueda, E. V. A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Primera edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Campo Experimental La Posta, Medellín de Bravo Veracruz, México. 405 p.
- Evitayani, L. W., Fariani, A., Ichinohe, T. and Fujihara, T. 2004. Study on nutritive value of tropical forages in north Sumatra, Indonesia. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 17(11): 1518-1523.
- Fening, J. O., Quansah, C. and Sarfo-Kantaka, A. 2009. Response of three forage legumes to soil moisture stress. *Journal of Science and Technology*. 29(3): 24-30.
- García, D. E. y Ojeda, F. 2004. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (L.). II Polifenoles totales. *Pastos y Forrajes*. 27(1): 59-64.
- García, D. E., Medina, M. G., Domínguez, C., Baldizán, A., Humbría, J. y Cova, L. 2006. Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical*. 24(4): 401-415.

- García-Ferrer, L., Bolaños-Aguilar, E. D., Ramos-Juárez, J., Osorio Arce, M. and Lagunes-Espinoza, L del 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.
- Gaspare, L. Bryceson, I. and Kulindwa, K. 2015. Complementary of fishers' traditional ecological knowledge and conventional science: Contributions to the management of groupers (Epinephelinae) fisheries around Mafia Island, Tanzania. *Ocean and Coastal Management*. 114: 88-101.
- Gathumbi, S. M., Cadisch, G. and Guiller, K. E. 2002. N natural abundance as a tool for assessing N₂ fixation of herbaceous, shrub and tree legumes in improved fallows. *Soil Biology and Biochemistry*. 34(8): 1059-1071.
- Gonzalez-Pech, P. G., Torres-Acosta, J. F. de J., Sandoval-Castro, C. A. and Tun-Garrido, 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. E., Valdéz, M.J., Byerly, K. F. y Meza, A. J. 1979. La conchuela del frijol y su combate en el Valle de Guadiana, Durango. Campo Agrícola Experimental Valle del Guadiana, Durango, México. Folleto Técnico, 22 p.
- Guízar-Nolazco, E., Granados-Sánchez, D. y Castañeda-Mendoza, A. 2010. Flora and vegetation in the southern portion of the Mixteca region. *Ciencias Forestales y del Ambiente*. 16(2): 95-118.
- Hernández, H. J. E., Franco, G. F. J., Villarreal, E. O., Aguilar, G. L. M. y 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., Villareal, O. A., Camacho, J.C y Pedraza, R. M. 2011. Socioeconomic and productive characterization of goat family farms in the Mixteca Poblana, Mexico. *Archivos de Zootecnia*. 60(230): 175-182.
- Hernández, J. S., Rodero, E., Herrera, M., Delgado, J. V., Barba, C. y Sierra, A. 2001. Goat production in the Mixteca Poblana (Mexico). Description and identification of restrictive factors. *Archivos de Zootecnia*. 50: 231-239.

- Houehanou, T. D., Assogbadjo, A. E., Kakaï, R. G., Hounato, M. and Sinsin, B. 2011. Valuation 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.
- Hutton, E. M. 1962. Siratro – a tropical pasture legume bred from *Phaseolus atropurpureus*. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 2(5): 117-125.
- INEGI. 2007. Número y superficie total de unidades de producción según desarrollen o no actividad agropecuaria o forestal por entidad y municipio. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est>.
- Iniesta-Arandia, I., Del Amo, D. G., García-Nieto, A. P., Piñeiro, C., Montes, C. and Martín-López, B. 2014. Factors influencing local ecological knowledge maintenance in Mediterranean watersheds: Insights for environmental policies. *Ambio*. 44(4): 285-296.
- Jara, H. O. 2012. Sistematización de experiencias, investigación y evaluación: aproximaciones desde tres ángulos. *Revista Internacional sobre Investigación en Educación Global y para el Desarrollo*. 1: 56-70.
- Jones, D. I. H. and Hayward, M. V. 1975. The effect of pepsin pretreatment of herbage on the prediction of dry matter digestibility from solubility in fungal cellulase solutions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 26: 711-718.
- Jones, R. M. 2014. The rise and fall of Siratro (*Macroptilium atropurpureum*) –what went wrong and some implications for legume breeding, evaluation and management. *Tropical Grasslands*. 2(2): 154-164.
- Kabissa, J. y Fronk, W. D. 1986. Bean Foliage consumption by Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) and its effect on yield. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 59 (2): 275-279.
- Klein, L., Baker, S. K. 1993. Composition of the fractions of dry, mature subterranean clover digested *in vivo* and *in vitro*. Proceedings of the XVII International Grasslands Congress, New Zealand. Pp. 593-595.

- Lagunes, R. S. A. 2011. Evaluación productiva y de calidad de leguminosas tropicales en el estado de Puebla. [Tesis Maestría]. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Puebla, México. 88 p.
- Lamothe, Z. C. 2002. Manejo reproductivo de los ovinos de doble propósito, IX curso internacional de reproducción bovina, UNAM FMVZ División de Educación Continua. Pp. 27 - 31.
- Lebopa, C. K., Boomker, E. A., Chimonyo, M. and Mulugeta, S. D. 2011. Factors affecting the feeding behavior of tree ranging Tswana and Boer goats in the false Thornveld of the Eastern Cape, South Africa. *Life Science Journal*. 8: 70-80.
- López, H. M. A., Rivera, L. J. A., Ortega, R. L., Escoedo, M. J. G., Magaña, M. M. A., Sanginés, G. J. R. and Sierra, V. A. C. 2008. Nutritional composition and antinutritional factor content of twelve native forage species from northern Quintana Roo, Mexico. *Técnica Pecuaria en México*. 46(2): 205-215.
- Lumu, R., Bakyusa, K. C., Nambi, K. J., Bareeba, F., Presto, M., Ivarsson, E. and Lindberg, J. E. 2013. Indigenous knowledge on the nutritional quality of urban and peri-urban livestock feed resources in Kampala, Uganda. *Tropical Animal Health and Production*. 45(7): 1571-1578.
- Macharia, P. N., Kinyamario, J. I., Ekaya, W. N. and Gachene, C. K. K. 2005. Enhancement of grassland production through integration of forage legumes in semi-arid rangelands of Kenya. *Tropical Grassland*. 39:234.
- Matizha, W., Ngongoni, N. T. and Toops, J. H. 1997. Effect of supplementing veld hay with tropical legumes *Desmodium uncinatum*, *Stylosanthes guianensis* and *Macroptilium atropurpureum* on intake, digestibility, outflow rates, nitrogen retention and live weight gain in lambs. *Animal Feed Science and Technology*. 69(1): 187-193.
- Matizha, W., Ngongoni, N. T., Toops, J. H. and Sibanda, S. 2001. Chemical composition of three herbaceous tropical forage legumes grown successfully in Zimbabwe. *Jassa*. 7(2): 73-82.

- Mbuthia, E. W. and Gachuri, C. K. 2003. Effect of inclusion of *Mucuna pruriens* and *Dolichos lablab* forage in Napier grass silage on silage quality and on voluntary intake and digestibility in sheep. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 1(2-3): 123-128.
- Mero, R. N. and Udén, P. 1997a. Promising tropical grasses and legumes as feed resources in central Tanzania I. Effect of different cutting patterns on production and nutritive value of six grasses and six legumes. *Tropical Grasslands*. 31: 549-555.
- Mero, R. N. and Udén, P. 1997b. Promising tropical grasses and legumes as feed resources in central Tanzania II. In sacco rumen degradation characteristics of four grasses and legumes. *Animal Feed Science and Technology*. 69(4): 341-352.
- Mero, R. N. and Udén, P. 1998a. Promising tropical grasses and legumes as feed resources in central Tanzania V. Effect of supplementing *Cenchrus ciliaris* hay with leaves from four legumes on intake and digestibility by growing Mpwapwa bulls. *Animal Feed Science and Technology*. 70(1): 111-122.
- Mero, R. N. and Udén, P. 1998b. Promising tropical grasses and legumes as feed resources in central Tanzania IV. Effect of feeding level on digestibility and voluntary intake of four herbaceous legumes by sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 70(1): 97-110.
- Mugabe, J., Kameri-Mbote, P. and Mutta, D. 2001. Traditional knowledge, genetic resources and intellectual property protection: towards a new international regime. *International Environmental Law Research Centre*. 9:1-13.
- Mupangwa, J. F., Acamovic, T., Topps, J. H., Ngongoni, N. T. and Hamudikuwanda, H. 2000b. Content of soluble and bound condensed tannins of three tropical herbaceous forage legumes. *Animal Feed Science and Technology*. 83(2): 139-144.
- Mupangwa, J. F., Ngongoni, N. T., Toops, J. H. and Ndlovu, P. 1997. Chemical composition and dry matter degradability profiles of forage legumes *Cassia rotundifolia* cv. *Wynn*, *Lablab purpureus* cv. *Highworth* and *Macroptilium atropurpureum* cv. *Siratro* at 8 weeks of growth (pre-anthesis). *Animal Feed Science and Technology*. 69(1): 167-178.

- Mupangwa, J. F., Ngongoni, N. T., Topps, J. H., Acamovic, T., Hamudikuwanda, H. and Ndlovu, L. R. 2000a. Dry matter intake, apparent digestibility and excretion of purine derivatives in sheep fed tropical legume hay. *Small Ruminant Research*. 36(3): 261-268.
- Mupangwa, J. F., Ngongoni, N.T. and 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.
- Mureithi, J. G., Gachene, C. K. K. and Ojiem, J. 2003. The role of green manure legumes in smallholder farming systems in Kenya: The Legume Research Network Project. *Tropical and Subtropical Agroecosystem*. 1(2-3): 57-70.
- Nakanishi, Y., Tsuru, K., Bungo, T., Shimojo, M., Masuda, Y. and Goto, I. 1993. Effects of growth stage and sward structure of *Macroptilium lathyroides* and *M. atropurpureum* on selective grazing and bite size in goats. *Tropical Grasslands*. 27: 108-113.
- Njarui, D. M. G. and Wandera, F. P. 2004. Effect of cutting frequency on productivity of five selected herbaceous legumes and five grasses in semi-arid tropical Kenya. *Tropical Grasslands*. 38(3): 158-166.
- Njarui, D. M. G., Keating, B. A., Jones, R. K. and Beattie, W. M. 2004. Evaluation of forage legumes in the semi-arid region of eastern Kenya. 2: persistence and dry matter production of selected forage legumes. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 4: 57-68.
- Njarui, D. M. G., Mureithi, J. G., Wandera, F. P. and Muinga, R. W. 2003. Evaluation of four forage legumes as supplementary feed for Kenya dual-purpose goat in the semi-arid region of eastern Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 3(2): 65-71.
- Njarui, D. M. G., Njoka, E. N., Abdulrazak, S. A. and Mureithi, J. G. 2007. Effect of planting patterns of two herbaceous forage legumes in fodder grasses on productivity of grass/legume mixture in semi-arid tropical Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 7(2): 73-85.

- Njoka-Njiru, E. N., Njarui, M. G., Abdulrazak, S. A. and Mureithi, J. G. 2006. Effect of intercropping herbaceous legumes with Napier grass on dry matter yield and nutritive value of the feedstuffs in semi-arid region of eastern Kenya. *Agricultura Tropica et Subtropica*. 39(4): 255-267.
- Norma mexicana; NMX-Y-326-SCFI-2004. Alimentos para animales-determinación de taninos en sorgo-método de prueba. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=672457&fecha=22/04/2004.
- Odo, B. I., Omeje, F. U. and Okwor, J. N. 2002. Forage species availability, food preference and grazing behavior of goats in southeastern Nigeria. *Small Ruminant Research*. 42:163-168.
- Orihuela, A. and Solano, J. J. 1999. Grazing and browsing times of goats with three levels of herbage allowance. *Applied Animal Behavior Science*. 61(4): 335-339.
- Paniagua-Zambrana, N. Y., Camara-Lerét, R., Bussman, R. W. and Macía, M. J. 2014. The influence of socioeconomic factor on traditional knowledge: across scale comparison of palm use in northwestern South America. *Ecology and Society*. 19(4): 9.
- Paris, T. R. 2002. Crop-animal systems in Asia: socio-economic benefits and impacts on rural livelihoods. *Agricultural Systems*. 71(1): 147-168.
- Pinto, V. M., Cruz, C. P. O., Ramírez, A. S., Solís, A. J. F. y Castillo, M. L. E. 2004. Evaluation of integrated pest management alternatives for snapbeans in Chapingo, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27(4): 385-389.
- Ramos, M. A., de Medeiros, P. M., de Almeida, A. L. S., Feliciano, A. L. P. and de Albuquerque, U. P. 2008. Use and knowledge of fuelwood in an area of Caatinga vegetation in NE Brazil. *Biomass and Bioenergy*. 32(6): 510-517.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. User's Guide: Statistics, version 9.0. SAS Institute Inc., Cary, North Caroline, USA.
- Shaw, N. H. and Whiteman, P. C. 1977. A success story in breeding a tropical pasture legume. *Tropical Grasslands*. 11(1): 7-14.

- Soh, M. B. C. and Omar, S. K. A. 2012. Small is Big: The charms of indigenous knowledge for sustainable livelihood. *Procedia – Social and Behavior Sciences*. 36: 602-610.
- Solanki, G. S. 1994. Feeding habits and grazing behavior of goats in a semi-arid region of India. *Small Ruminant Research*. 14(1): 39-43.
- Sollenberger, L. E. and Burns, J. C. 2001. Canopy characteristics, ingestive behavior and herbage intake in cultivated tropical grasslands. In International Grasslands Congress. 19: 321-327. Piracicaba: Fealq.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1981. Principios y procedimientos de estadística. Segunda edición. México. 236 p.
- Sumberg, J. 2002. The logic of fodder legumes in Africa. *Food Policy*. 27(3): 285-300.
- Thapa, B., Walker, D. H. and Sinclair, F. L. 1997. Indigenous knowledge of the feeding value of tree fodder. *Animal Feed Science and Technology*. 67(2): 97-114.
- Thomas, D. 1973. Nitrogen from tropical pasture legumes on the African continent. *In Herbage Abstracts*. 43(2): 33-39.
- Thomas, D. and Sumberg, J. E. 1995. A review of the evaluation and use of tropical forage legumes in Sub-Saharan Africa. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 54(3): 151-163.
- Undi, M., Kawonga, K. C. and Musendo, R. M. 2001. Nutritive value of maize stover/pasture legume mixtures as dry season supplementation for sheep. *Small Ruminant Research*. 40(3): 261-267.
- Waghorn, G. C., Ulyatt, M. J., John, A. and Fisher, M. T. 1987. The effect of condensed tannins on the site of digestion of amino acids and other nutrients in sheep fed on *Lotus corniculatus* L. *British Journal of Nutrition*. 57(01): 115-126.