



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN DESARROLLO Y GESTIÓN DE SISTEMAS GANADEROS

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y DE CALIDAD FORRAJERA
DE 12 COLECTAS DE *Lotus corniculatus* L. Y SU POSIBLE
UTILIZACIÓN EN REGIONES TEMPLADAS
DEL ESTADO DE PUEBLA**

DULCE VIOLETA GARCIA BONILLA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA TECNÓLOGA

PUEBLA, PUEBLA

2011



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

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

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, la que suscribe **Dulce Violeta García Bonilla** alumna 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 **Evaluación productiva y de calidad forrajera de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. y su posible utilización en regiones templadas del estado de Puebla** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y la 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 15 de julio de 2011

Firma de la alumna


Vo. Bo. Profesor Consejero


La presente tesis, intitulada **Evaluación productiva y de calidad forrajera de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. y su posible utilización en regiones templadas del estado de Puebla**, realizada por la alumna: **Dulce Violeta García Bonilla**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


MAESTRA TECNÓLOGA


EN DESARROLLO Y GESTIÓN DE SISTEMAS GANADEROS


CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez

ASESOR: 
Dr. Gabino García de Los Santos

ASESOR: 
Dr. Nicolás Rérez Ramírez

ASESOR: 
Dr. Samuel Vargas López

ASESOR: 
M.C. José de Jesús Mario Ramírez González

Puebla, Puebla, México, julio de 2011

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y DE CALIDAD FORRAJERA DE 12 COLECTAS DE
Lotus corniculatus L. Y SU POSIBLE UTILIZACIÓN EN REGIONES TEMPLADAS
DEL ESTADO DE PUEBLA**

Dulce Violeta García Bonilla, MTDGSG

Colegio de Postgraduados, 2011

RESUMEN

Se evaluó la producción y valor nutricional de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, estado de México y la percepción que tienen los productores a la introducción de una nueva especie forrajera en una muestra de 80 personas. Se realizaron 8 cortes; del corte 1 al 2 transcurrieron 190 días y del corte 2 en adelante se efectuaron cada 45 días. Las variables medidas en planta fueron altura y producción de forraje (PF), en calidad del forraje fueron fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad *in vitro* (DIV) y proteína cruda (PC). Para el análisis de digestibilidad y proteína se realizaron mezclas de cortes por estación del año. El análisis de datos se llevó a cabo por corte e incluyendo todos los cortes, bajo un diseño en bloques al azar y en un arreglo de parcelas divididas, respectivamente. La parcela mayor fueron los cortes y como parcela chica las variedades. Las colectas fueron diferentes en PF ($P < 0.0001$). La Estanzuela ganador, 202700, San Gabriel, Gran San Gabriel, 260012 y Procedel 804 produjeron la mayor cantidad de forraje por corte ha^{-1} . Se encontraron diferencias ($P < 0.001$) en FDN, FDA, DIV y PC. Las de menor cantidad de FDN fueron la 227318 y San Gabriel (43 y 44%, respectivamente) y las de menor cantidad de FDA fueron la 227318 y 202700 con 26%. En PC la 188867, 202700, 227318, 255301, Gran San Gabriel y San Gabriel, tuvieron valores entre 21 a 23%. Las menos digestibles fueron la 260012 y la Procedel 804 con 76%; el resto tuvo entre 77 al 79%. Los productores mostraron disposición a probar el *L. corniculatus* L. esperando se adapte a la región, sea rendidora, tenga bajos costos de establecimiento, y el ganado lechero la consuma.

Palabras clave: *Lotus corniculatus* L. trébol pata de pájaro, proteína.

**PRODUCTION AND FORAGE QUALITY EVALUATION OF 12 ACCESSIONS OF
Lotus corniculatus L. AND THEIR POTENTIAL USE IN TEMPERATE REGIONS OF
PUEBLA STATE**

Dulce Violeta García Bonilla, MDGSG

Colegio de Postgraduados, 2011

ABSTRACT

The production and nutritional value of 12 accessions of *Lotus corniculatus* L. were evaluated at Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Mexico state; additionally, the perception of producers to the introduction of a new forage species in a sample of 80 people was registered. Forage was harvested manually performing 8 cuts during the experimental period; the days elapsed from cut 1 to 2 were 190 and, from cut 2 onwards every 45 days. The variables measured in relation to the plant were height and forage yield (FY). The nutritive value variables included neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), *in vitro* digestibility (IVD) and crude protein (CP). For PC and IVD cuts in a season were pooled. Data analysis was carried out by cut and for all cuts. For each cut a randomized complete block design was used and, for all cuts, a split-plot array taking the cuts as the whole plots and the accessions as subplots was used. The accessions differed ($P < 0.0001$) in FY. The Estanzuela ganador, 202700, San Gabriel, Gran San Gabriel, 260012 and Procedel 804 had the greatest amount of forage per cut ha^{-1} . Differences ($P < 0.001$) in NDF, ADF, IVD and CP were found. The accessions with the least amount of NDF were 227318 and San Gabriel (43 and 44%, respectively) and those with the lowest concentration of ADF were 227318 and 202700 with 26%. The accessions with the highest CP concentration (21 to 23%) were 188867, 202700, 227318, 255301, Gran San Gabriel and San Gabriel. Procedel 804 and 260012 had less IVD (76%), the others had 77 to 79%. Producers are willing to introduce *L. corniculatus* L. expecting it has environment adaptation, has low establishment costs and dairy cattle accepted it.

Keywords: *Lotus corniculatus* L. Birdsfoot trefoil, protein.

AGRADECIMIENTOS

- Al ***Colegio de Postgraduados Campus Puebla***, por permitirme realizar mis estudios de maestría.
- Al **Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez**, por sus consejos, enseñanzas, orientación y paciencia brindada durante toda la maestría.
- Al **Dr. Gabino García de los Santos**, por su apoyo y permitirme realizar la investigación en el sitio experimental del Colegio.
- Al **Dr. Francisco Calderón Sánchez**, por sus enseñanzas y amistad brindada.
- Al **Dr. Zenón. Gerardo López Tecpoyotl**, por su participación como sinodal, apoyo incondicional y amistad brindada.
- Al **Dr. Samuel Vargas López**, por sus consejos y enseñanzas durante la maestría.
- Al **Dr. Ángel Bustamante González**, por sus enseñanzas, consejos y amistad brindada.
- A la **Línea de Investigación No. 6** “Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos”.
- Al **POA Individual** del Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez.

Quiero dedicar este trabajo a mi marido “**Sergio Alberto Lagunes Rivera**” quién con su apoyo me motivó a estudiar la maestría y a seguir superándome cada día más. Al mismo tiempo quiero dedicarle esta investigación a mi pequeña hija “**Lía Alexandra Lagunes García**”, principal motivo por el que realice dichos estudios y poder brindarle un futuro mejor, así mismo dedico éste trabajo a mi madre “**María Juana Valentina Bonilla Salazar**”, quien siempre me ha apoyado y a enseñarme a confiar siempre en Dios.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.	1
1.1 Planteamiento del problema.	2
1.2 Objetivo general.	3
1.3 Objetivos específicos.	3
1.4 Organización de la tesis.	3
II. REVISION DE LITERATURA.	4
2.1 La ganadería de zonas templadas en México.	4
2.2 La ganadería poblana.	5
2.3 Los sistemas y sistemas de producción ganaderos.	6
2.4 Importancia de las leguminosas en los sistemas ganaderos.	8
2.5 Introducción de especies forrajeras.	9
2.6 Las leguminosas de clima templado.	10
2.7 El trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), problemática y perspectivas.	11
2.8 Adopción de tecnología por parte de los productores.	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	18
3.1 Localización del área de estudio.	18
3.2 Material vegetal.	18
3.3 Diseño experimental.	18
3.4 Manejo de las unidades experimentales.	19
3.5 Variables medidas.	20
3.6 Análisis estadístico.	22
3.7 Análisis de datos.	23
3.8 Encuesta.	23
IV. RESULTADOS.	24
4.1 Datos meteorológicos durante el período de estudio.	24
4.2 Altura de planta.	24
4.3 Producción de forraje.	28

4.4 Producción de hoja.	30
4.5 Producción de tallo.	33
4.6 Relación hoja/tallo.	33
4.7 Fibra detergente neutro.	38
4.8 Fibra detergente ácido.	38
4.9 Digestibilidad <i>in vitro</i>	43
4.10 Proteína cruda.	45
4.11 Percepción de los productores.	47
4.11.1 Generalidades.	47
4.11.2 Utilización de leguminosas en las explotaciones.	49
4.11.3 Percepción de los productores a la introducción de <i>Lotus</i> <i>corniculatus</i>	51
V. DISCUSIÓN.	53
5.1 Producción del <i>Lotus corniculatus</i> L.	53
5.2 Fibra detergente neutro.	54
5.3 Fibra detergente ácido.	54
5.4 Digestibilidad de <i>Lotus corniculatus</i> L.	54
5.5 Cantidad de proteína cruda.	55
5.6 Percepción de los productores hacia la introducción de una nueva especie de leguminosa forrajera al sistema de producción.	55
VI. CONCLUSIONES.	57
VII. CONSIDERACIONES FINALES.	58
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	59
IX. ANEXOS.	68

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Temperatura y precipitación registradas de noviembre de 2008 a febrero de 2010 en el sitio experimental Montecillo, estado de México.	25
Figura 2. Altura de planta por corte y colecta de <i>Lotus corniculatus</i> L.	26
Figura 3. Altura de planta de ocho cortes por colecta de <i>Lotus corniculatus</i> L. .	27
Figura 4. Altura de planta de <i>Lotus corniculatus</i> L por corte.	27
Figura 5. Producción de forraje por corte de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L.	29
Figura 6. Producción de forraje promedio de ocho cortes por colecta de <i>Lotus corniculatus</i> L.	30
Figura 7. Producción de hoja promedio de ocho cortes por colecta de <i>Lotus corniculatus</i> L.	32
Figura 8. Producción de hoja por corte de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L.	32
Figura 9. Producción de tallo promedio de ocho cortes por colecta de <i>Lotus corniculatus</i> L.	35
Figura 10. Producción media de tallo por corte de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L.	35
Figura 11. Relación hoja/tallo por colecta de <i>Lotus corniculatus</i> L.....	37
Figura 12. Relación hoja/tallo por corte de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L.	37
Figura 13. Porcentaje de FDN promedio de ocho cortes por colecta de <i>Lotus corniculatus</i> L.	40
Figura 14. Porcentaje de FDN por corte de <i>Lotus corniculatus</i> L.	40
Figura 15. Porcentaje de FDA en colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L.	42
Figura 16. Porcentaje de FDA por corte de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L	42
Figura 17. Digestibilidad <i>in vitro</i> de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L.	43
Figura 18. Porcentaje de digestibilidad <i>in vitro</i> promedio de cuatro estaciones de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L.	44

Figura 19.	Digestibilidad <i>in vitro</i> por estación de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L.	44
Figura 20.	Porcentaje de proteína cruda por estación de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L.	45
Figura 21.	Porcentaje de proteína cruda de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L. (promedio de cuatro estaciones.	46
Figura 22.	Porcentaje de proteína cruda por estación en <i>Lotus corniculatus</i> L. .	46
Figura 23.	Edad de los productores, años en la actividad agropecuaria, superficie por productor y número de personas que participan en las explotaciones pecuarias.	48
Figura 24.	Distribución del ganado bovino y equino en las unidades de producción ganaderas. Número de vacas, número de toros, número de becerros y ganado equino.	49
Figura 25.	Información de apoyo para el establecimiento de leguminosas en años anteriores.	50
Figura 26.	Percepción de los productores para establecer praderas de leguminosas en la alimentación de ganado lechero.	50
Figura 27.	Percepción de los productores del porqué establecer <i>Lotus corniculatus</i> L.	51
Figura 28.	Expectativas de los productores al establecimiento del <i>Lotus corniculatus</i> L.	52

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Número de cabezas de ganado en el estado de Puebla.	5
Cuadro 2. Producción de carne y leche en el estado de Puebla y el lugar que ocupa a nivel nacional.	6
Cuadro 3. Producción de materia seca, porcentaje de proteína, porcentajes de FDN, FDA y digestibilidad de <i>Lotus corniculatus</i> L.	14
Cuadro 4. Lista de colectas de <i>L. corniculatus</i> L. y su procedencia, utilizados en el estudio.	19
Cuadro 5. Fechas de corte, estación del año y número de corte de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L. Montecillo, Méx.	20
Cuadro 6. Producción de forraje por corte de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L. (kg ha ⁻¹).	28
Cuadro 7. Producción de materia seca de hoja por corte en 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> (kg ha ⁻¹).	31
Cuadro 8. Producción de materia seca de tallo por corte en 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L. (kg ha ⁻¹).	34
Cuadro 9. Relación hoja/tallo por corte en 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L.	36
Cuadro 10. Porcentaje de FDN por corte de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L.	39
Cuadro 11. Porcentaje de FDA de 12 colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L. por corte.	41

I. INTRODUCCIÓN

En la ganadería, la alimentación animal es uno de los aspectos más importantes que repercuten en la productividad de las unidades de producción. En los rumiantes, ésta alimentación generalmente es a base de forrajes, los cuales representan la fuente más económica de suministro de nutrientes y la más abundante. Sin embargo, para ello, se debe de hacer una buena selección de las especies forrajeras con las que se alimentará el ganado, dado que deben de ser altas productoras de materia seca, persistentes, de buena calidad nutricional y que sean consumidas sin ninguna restricción. Por lo regular, las especies que dominan en la dieta del rumiante son gramíneas, pero en un sistema pecuario más balanceado debe de haber un complemento con leguminosas.

En la familia de las leguminosas, las especies forrajeras de clima templado más comunes han sido la alfalfa (*Medicago sativa* L.) y los tréboles blanco (*Trifolium repens* L.) y rojo (*Trifolium pratense* L.), que tienen buenas cualidades. Aun cuando estas especies representan buenas opciones forrajeras, no prosperan en ciertas condiciones como son, suelos de baja fertilidad, salinos o ácidos y su requerimiento de agua puede ser alto. Por tanto, hace falta incrementar el abanico de opciones en los nichos donde no prosperan las especies antes mencionadas. Para ello se requiere de gestión del conocimiento, de modo tal que se puedan ocupar dichos nichos que tienen potencial de producción. El no hacer uso óptimo de los recursos repercute en que los productores pecuarios tengan que comprar insumos adicionales y por tanto encarecer la alimentación del ganado.

Una especie leguminosa forrajera perenne de clima templado es el “trébol pata de pájaro” (*Lotus corniculatus* L.). Esta especie tolera un intervalo de pH de 5.5 a 7.5 (Canals *et al.*, 2009) y se adapta a suelos pobres en fertilidad (Striker *et al.*, 2005), condiciones en las que no en todas pueden prosperar el trébol blanco y rojo (Grant, 2009). Sus ventajas es que no provoca timpanismo y contiene entre 20.3 y 28.6% de proteína cruda (Fulkerson *et al.*, 2006; Scharenberg *et al.*, 2007). Sus concentraciones de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) están entre 27.4 a 34.7% y de fibra

insoluble en detergente ácido (FDA) entre 22.9 y 24% (Fulkerson *et al.*, 2006; Scharenberg *et al.*, 2007). Los porcentajes de digestibilidad varían de 61.2 a 71.6% (Ramírez-Restrepo *et al.*, 2006a). En ovinos pastoreando esta especie se reportan ganancias diarias de peso de 200 g y crecimiento de lana de 0.77 mg/cm²/día (Niezen *et al.*, 1998).

Estudios de esta especie en relación al potencial productivo y cualitativo no se han reportado en México, por lo que la presente investigación pretende contribuir a su conocimiento como una opción para los sistemas de producción animal.

1.1 Planteamiento del problema

El uso de leguminosas forrajeras contribuye a la fijación de nitrógeno y a un mayor valor alimenticio, tanto desde el punto de vista nutritivo como del consumo voluntario (Acuña, 2008). Son fuente de alimento que proporcionan dietas más económicas y mejor balanceadas disminuyendo los costos de producción (INIFAP, 2003). En lo que respecta a México, existen pocas leguminosas forrajeras perennes que se adapten a climas templados en condiciones de temporal y suelos pobres. Por tanto, resulta conveniente conocer nuevas especies forrajeras sin descuidar la percepción de los productores quienes son finalmente los que deciden en la aceptación de las nuevas tecnologías. Ante dicha problemática, se plantean las siguientes **preguntas de Investigación:**

- 1.- ¿Cuál es el potencial productivo y de calidad del *Lotus corniculatus* L.?
- 2.- ¿Cuál es la percepción de los productores a la adopción o introducción de una nueva especie forrajera?

Hipótesis

- 1.- Las colectas de *Lotus corniculatus* L., tienen diferentes respuestas en producción de forraje y valor nutritivo, y al menos una podría ser utilizada en las regiones templadas del estado de Puebla.

2.- En los productores existe disposición para la introducción del *Lotus corniculatus* L. en sus sistemas de producción.

1.2 Objetivo general

Cuantificar la producción de forraje y calidad del *Lotus corniculatus* L. en una región templada de México y conocer la percepción de los productores a la introducción de una nueva especie al sistema productivo.

1.3 Objetivos específicos

1.- Cuantificar la producción de forraje y la calidad del *Lotus corniculatus* L. e identificar la que posea buena producción y calidad en una región templada del estado de México.

2.- Conocer la percepción de los productores ante la posibilidad de introducción de una nueva especie de leguminosa forrajera, al sistema de producción en el municipio de Libres, Puebla.

1.4 Organización de la tesis

Esta tesis presenta en el capítulo II, los sistemas de producción ganaderos, algunas leguminosas forrajeras, generalidades del *Lotus corniculatus* L. y adopción de tecnología. En el capítulo III, se menciona la metodología del trabajo de investigación. En el capítulo IV, se describe los resultados obtenidos de esta investigación, comparando los datos obtenidos con los de otros autores en el capítulo V. Se prosigue con las conclusiones y consideraciones finales en los capítulos VI y VII y por último se culmina con la referencia bibliográfica y anexos en los capítulos VIII y IX.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La ganadería de zonas templadas en México y su problemática

La actividad pecuaria en México es de gran importancia debido a su contribución en la economía, así como por el número de personas que a ella se dedican (Villegas *et al.*, 2001). La ganadería sirve de base al desarrollo de la industria nacional pues proporciona alimento, materias primas, divisas y empleo (SAGARPA, 2010). Es la actividad más diseminada en el medio rural ocupando el 56% de la superficie total de la república (COTECOCA, 2008) y se practica en todas las regiones ecológicas del país. Actualmente, la superficie con actividad ganadera en México es de 110 millones de hectáreas (SAGARPA, 2010) la cual sostiene 46.9 millones de cabezas.

Para producción animal se definen 4 regiones ecológicas con base en las características climatológicas y relación suelo-planta-animal. Estas se dividen en trópico húmedo, trópico seco, templado y árido-semiárido. La región templada está comprendida por los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Oaxaca, Querétaro, Puebla y Tlaxcala (Suárez-Domínguez y López-Tirado, 1996), su población en esta zona consta de 10 millones 508 mil y 79 cabezas, incluyendo en estas cifras al ganado bovino, ovino y caprino (INEGI, 2009).

La región templada presenta la problemática de la baja rentabilidad de los sistemas de producción tradicionales, debido, en parte, al mal manejo de los suelos, azolve de presas y drenajes y a la baja recarga de acuíferos (Gutiérrez *et al.*, 2000). El ganado en general presenta problemas debido a una deficiente nutrición, derivado de la sobrepoblación ganadera con el subsecuente sobrepastoreo y el bajo índice tecnológico (Ríos, 2006). La deficiente nutrición también es influenciada por la baja calidad de los forrajes que consume el ganado y que no cumplen con sus requerimientos nutricionales (Gutiérrez *et al.*, 2000). La falta de opciones de producción rentables en la zona rural de la región templada del centro del país provoca, hasta cierto punto, una inestabilidad social (Gutiérrez *et al.*, 2000). Esto se ha recrudecido también porque el costo de los insumos para la producción, en especial para el ganado

lechero, ha ido a la alza; así como las importaciones que cada vez mayores repercuten en la disminución del hato ganadero (Ríos, 2006).

2.2 La ganadería poblana

La ganadería en el estado de Puebla ocupa una superficie de 774,318 hectáreas (INEGI, 2006). Esta contribuyó al Producto Interno Bruto en el 2008 con 17,421 millones de pesos anuales y con una participación porcentual de 4.42% (INEGI, 2010). Los rumiantes son las especies pecuarias más importantes; en ellos por número de cabezas, los caprinos tienen el 45.5%, seguidos muy de cerca de los bovinos que tienen el 40.4% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de cabezas de ganado en el estado de Puebla.

ESPECIE	2007	2008
Bovino doble propósito	626,286	638,082
Bovino carne	459,189	470,632
Bovino leche	167,097	167,450
Ovino	437,561	440,393
Caprino	1,396,831	1,438,577
TOTAL CABEZAS		3,157,142

Fuente: (SIAP, 2008).

La ubicación a nivel nacional de la producción pecuaria poblana se describe en el Cuadro 2, donde la producción de caprinos, ovinos y bovinos de leche es importante. Puebla cuenta con 5 millones, 383 mil, 133 habitantes (INEGI, 2005). Para los años 2000-2005 existió un crecimiento poblacional del 1.0% (INEGI, 1995-2005); así mismo, existe un acelerado incremento de la demanda de carne y leche, por lo que es necesario hacer más eficiente el uso de recursos tales como los forrajes, que en su mayoría son estacionales, escasean, y son pieza clave para mejorar los sistemas de producción animal (FAO, 2004).

Cuadro 2. Producción de carne y leche en el estado de Puebla y el lugar que ocupa a nivel nacional.

PRODUCCIÓN	TONELADAS	LUGAR NACIONAL
Ovinos	1,841	4
Caprinos	1,878	3
Bovinos	19,356	18
Leche (bovino)	207,714	8

Fuente: (INEGI, 2010)

En el estado, la ganadería aprovecha pastizales nativos y se complementa con subproductos agrícolas. De acuerdo a Esqueda y Carrillo (2001) en ganado bovino, bajo este tipo de alimentación, se obtienen ganancias diarias de peso de 490 g.

Generar, difundir y adoptar tecnologías de producción de las plantas forrajeras, es indispensable para mejorar la estructura de los pastizales y praderas, y es de suma importancia acompañar a estas tecnologías, con acciones de capacitación y postgrado (Pérez *et al.*, 2007). Por otra parte, diversificar los forrajes es una necesidad para disponer de otras opciones y asegurar altas producciones de forrajes en suelos deteriorados (Acuña, 1998).

2.3 Los sistemas de producción ganaderos

La ganadería en México se desarrolla en diferentes contextos agroecológicos, tecnológicos, de sistemas de manejo y objetivos de producción. En general, los sistemas de producción se clasifican en tecnificados, semi-tecnificados, y tradicionales o de traspatio (SAGARPA, 2009).

Dentro de un sistema de producción ganadero, existen subsistemas dentro de los cuales podemos encontrar bovinos, ovinos y caprinos y demás especies que demandan forraje (Rubio y Yañez, 2000).

Bovinos

La producción de leche en la región templada es más importante que la carne y está estrechamente ligada al área sembrada con forrajes irrigados (Améndola *et al.*, 2005). En este sistema se pueden encontrar desde unidades tecnificadas hasta las de subsistencia, subdividiéndose en sistemas especializados, semi-especializados, de doble propósito y familiar. La región templada en producción de leche aporta el 47.8% y el 31.6% de producción de carne de la producción nacional (SAGARPA, 2009). Así mismo, la ganadería para carne en la región templada está orientada al sistema vaca-becerro y se realizan engordas intensivas con granos y alimentos balanceados para el abasto regional y de la zona metropolitana de la Ciudad de México (Suárez-Domínguez y López-Tirado, 1996). Adicionalmente, se crían becerros para la exportación y la producción de pie de cría. Para este tipo de explotaciones, los sistemas de producción son de tipo intensivo y extensivo, este último sustentado en el pastoreo en la época de lluvias.

Ovinos

La región templada es la que produce mayor cantidad de carne ovina y utiliza razas especializadas como la Suffolk. Esta región aporta el 53.1% de carne ovina a nivel nacional (SAGARPA, 2009). En el estado de Puebla, la ovinocultura se ve influida por la capacidad económica del productor y en su mayoría es una actividad secundaria y complementaria (SDR, 2004). Los sistemas de producción ovina se clasifican como sigue:

Intensivos.- Explotaciones con elevados números de cabezas en relación con su área de explotación, el ganado se encuentra estabulado y basa su producción en el consumo de granos y subproductos agroindustriales (SDR, 2004).

Semi-intensivos.- Este sistema basa su producción en pastoreo, puesto que el ganado se estabula por las noches, mientras que durante el día se llevan a pastoreo ya sean estas plantas nativas o cultivadas (Buxadé, 1996). Su sustentabilidad se basa en la

disponibilidad, el precio de granos y alimentos completos, así como de la producción de forraje (SDR, 2004).

Extensivos.- Se basa en pastoreo conducido a grandes escalas, con nula estabulación y escasa alimentación complementaria. En la época de estiaje utilizan residuos de cosechas agrícolas (Buxadé, 1996).

Trashumantes.- Se desplazan continuamente de un lugar a otro, aprovechando terrenos comunales cultivados o sin cultivar, haciendo uso de residuos de cosechas (SDR, 2004). Frecuentemente no tienen instalaciones ni terrenos propios, pero es uno de los más representativos en la ganadería sostenible (Buxadé, 1996).

Caprinos

Para esta especie predomina la escasa tecnificación en los procesos productivos, predominando el sistema extensivo en la región templada. Este sistema se caracteriza por rebaños de menos de 50 animales, con alimentación basada en pastoreo o ramoneo de vegetación nativa y los animales pastorean durante el día alrededor de 6 a 10 horas siguiendo rutas comunes y por las noche regresan a refugios rudimentarios (Améndola *et al.*, 2005).

2.4 Importancia de las leguminosas en los sistemas ganaderos

Las especies forrajeras tienen gran capacidad para producir biomasa además de ser la fuente más económica para alimentar herbívoros (Sierra, 2005). Se estima que a nivel nacional, la producción de forraje anual es de alrededor de 192.6 millones de toneladas de materia seca (Villegas *et al.*, 2001). De esta producción las leguminosas tienen una función importante. La introducción de leguminosas forrajeras es el medio más eficiente para producir carne y leche por unidad de superficie a un costo más bajo (Paladines y Lascano, 1983). Las ventajas sobre los pastos es que las leguminosas tienen mayor valor nutritivo al contener mayores concentraciones de proteína cruda, calcio y fósforo y menos de fibra que los pastos. El porcentaje de proteína cruda puede llegar hasta el 22% en base seca (Escuder, 1980). Las proteínas son las piezas claves en la construcción de los tejidos vivos por lo que es necesario administrar alimentos que

permitan sintetizarlas y poner especial cuidado en las fases de desarrollo y aumento de peso (Graupera, 1984). Las proteínas de las leguminosas son ricas en lisina y otros aminoácidos que son de gran valor para la constitución de la leche como lo es la caseína y vitaminas A, B, C y D; además de calcio y fósforo (Graupera, 1984). Los sólidos de la leche contienen alrededor de 27% de proteína y para una buena digestión y fermentación ruminal se requiere un mínimo de 11% de proteína cruda en la ración (Morales, 1992).

Las leguminosas tienen la facultad de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium* en los nódulos de sus raíces, siendo de gran importancia para mantener la fertilidad del suelo y como fuente diaria de proteína (Graupera, 1984). La introducción de leguminosas forrajeras que presenten facilidad de establecimiento, buena producción y persistencia, representa un importante avance en la diversificación de la agricultura, pues ofrecen posibilidades de desarrollo a la ganadería regional y se mejora la sostenibilidad de los sistemas de producción (Acuña, 1998).

2.5 Introducción de especies forrajeras

Los forrajes constituyen para la ganadería, una fuente de alimentación de mayor significancia económica; por lo que las investigaciones en especies forrajeras deben estar orientadas a mejorar la producción y calidad de los forrajes y determinar el método más eficiente para su manejo y utilización. Lo anterior se ha logrado mediante la introducción y multiplicación de especies forrajeras para conocer su potencialidad (Sánchez, 1969). Sosa *et al.* (2008) mencionan que una de las formas de incrementar la productividad del ganado es a través de la introducción de leguminosas forrajeras con alto potencial de producción, calidad, persistencia y adaptación. Es importante disponer de variedades que se adapten a distintas condiciones, que mejoren el valor nutritivo de los forrajes y que aumenten la cantidad de proteína en la dieta del rumiante (Graupera, 1984). Para el uso de forrajes introducidos es necesario conocer el valor nutritivo de éstos (Blache *et al.*, 2008), conocer el porcentaje de digestibilidad y realizar un análisis químico proximal para determinar materia seca y proteína cruda. Este porcentaje de proteína cruda debe de ser mayor del 7% de la materia seca para evitar

que la digestibilidad sea limitada por deficiencia de nitrógeno (Sierra, 2005). Por otro lado, la introducción de leguminosas fijadoras de nitrógeno es de gran importancia para el mejoramiento de los sistemas ganaderos y como una opción para rehabilitar los suelos degradados (Ovalle *et al.*, 2003).

2.6 Las leguminosas de clima templado (producción, calidad y restricciones)

Existen varias especies de leguminosas forrajeras y entre las más conocidas se encuentra la alfalfa, el trébol rojo y el trébol blanco que son perennes; dentro de las anuales están la veza de invierno y la veza común (*Vicia sativa* L.).

Alfalfa (*Medicago sativa* L.)

La alfalfa es conocida desde la antigüedad como la reina de las plantas forrajeras, es una de las leguminosas más productivas del mundo (San Miguel, 2007), produce entre 8 a 11 toneladas de materia seca por hectárea por año, contiene alrededor de 18 a 23% de proteína cruda (Klein, 1992), contiene 3.1% de grasa, 16.4% de fibra cruda y 10.7% de cenizas (Druzianich, 2005). Dentro de los principales problemas que enfrenta la pradera de alfalfa, es que si los animales se manejan de manera inadecuada en relación a su consumo, produce timpanismo u otros trastornos digestivos u hormonales. Su utilización como ensilado es raro debido al bajo contenido de carbohidratos (San Miguel, 2007). Otro de los problemas que presenta la alfalfa es la cantidad de agua que utiliza, Montemayor *et al.* (2010) menciona que se necesita una lámina de riego de 1.4 a 1.5 anuales para producir de 14 a 16 ton/ha al año.

Trébol rojo (*Trifolium pratense* L.)

El trébol rojo en monocultivo tiene producciones de 10 a 15 toneladas de materia seca por hectárea (Finck, 1988), contiene 24.1% de proteína cruda y 73.9% de digestibilidad (Crespo *et al.*, 2007). Tiene una buena cantidad de carbohidratos, por lo que puede ser utilizado para henificación y ensilado, tiene muy buena aceptabilidad del ganado (San Miguel, 2007), aunque requiere de una buena fertilización (Blanco *et al.*, 2003).

De acuerdo a Finck (1988), el trébol rojo es una especie que tiene una demanda de agua de media a alta. Esta especie es resistente al frío y a la humedad, pero no tolera la sequía. Se adapta a cualquier tipo de suelo, sin embargo, su resistencia al pastoreo es moderada y su principal problema es la persistencia y la susceptibilidad a enfermedades (San Miguel, 2007).

Trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

Crespo *et al.* (2007) mencionan que el trébol blanco contiene 19.3% de proteína cruda y digestibilidad de 76.7%; contiene además una baja cantidad de carbohidratos, con gran peligro de timpanismo para rumiantes por lo que no se utiliza como única fuente de forraje en verde. Es una especie que se beneficia del pastoreo ya que un pastoreo intensivo permite que sea competitiva frente a especies más agresivas. Resiste bien el pisoteo (San Miguel, 2007). Se desarrolla mejor en suelos arcillosos y con altas precipitaciones pluviales; además, requiere de buena fertilización (Blanco *et al.*, 2003).

Veza (*Vicia sativa* L.)

La veza es una leguminosa anual que tolera la sequía, pero es exigente en precipitación en primavera. Es de porte erecto y dispone de zarcillos por lo que debe establecerse con cereales. Se aprovecha para corte y henificación (San Miguel, 2007). Canals *et al.* (2009) mencionan que contiene de 6 al 16% de proteína cruda y produce de 2 a 9 toneladas de materia seca por hectárea. El forraje tiene un sabor amargo que provoca el rechazo del ganado y en estado juvenil contiene un glucósido llamado vicina que es degradado a ácido cianhídrico, el cual es tóxico para los animales (Canals *et al.*, 2009).

2.7 Trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L), problemática y perspectivas

Lagler (2003) menciona que existen alrededor de 200 especies anuales y perennes del género *Lotus*, siendo el mediterráneo europeo la mayor zona de diversidad. La especie de mayor importancia forrajera es el *Lotus corniculatus* L., especie originaria de la

región del mediterráneo (Castro, 2006). Esta especie se distribuye en las regiones templadas de Europa, Asia Menor y Norte de Sudamérica (Gunn *et al.*, 1992). De acuerdo a Miñon *et al.* (1990) la especie *L. corniculatus* L. cuenta con 9 variedades:

- *Lotus corniculatus* var. *crassifolia* Fr.
- *Lotus corniculatus* var. *kochii* Chrtková
- *Lotus corniculatus* var. *maritimus* Rupr.
- *Lotus corniculatus* ssp. *afghanicus* Chrtková
- *Lotus corniculatus* ssp. *carpetanus* (Lacaita) Rivas-Mart.
- *Lotus corniculatus* ssp. *corniculatus* L.
- *Lotus corniculatus* ssp. *frondosus* Freyn
- *Lotus corniculatus* ssp. *fruticosus* Chrtková
- *Lotus corniculatus* var. *japonicus* Regel

En relación a la calidad nutritiva es comparable a la de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) y a la del trébol blanco (*Trifolium repens* L.) por su proteína de excelente calidad, de alrededor de 17.7 a 21.6% (Marley *et al.*, 2006). Contiene menos celulosa y más carbohidratos no estructurales (Grant, 2009); además, de no producir timpanismo (Beuselink y Grant, 1995) por contener menos proteína 18-S (5% de la proteína total), causante de provocar timpanismo (Gorosito, 2006).

Puede utilizarse como alternativa a la alfalfa en suelos pobres, se adapta a diversas texturas, desde arcillosas hasta franco-arenosas (Miñon *et al.*, 1990). Puede crecer en suelos con exceso de humedad y pesados para la alfalfa o demasiado secos para el trébol blanco (Artola, 2004). El *Lotus corniculatus* L. se adapta a la salinidad, acidez, baja fertilidad y tierras agotadas (Striker *et al.*, 2005) y mejora la disponibilidad de nitrógeno a las especies asociadas (Miñon *et al.*, 1990).

Según Muslera y Ratera (1984), esta especie se adapta a temperaturas medias mensuales entre los 16 a 27°C, pero crece bien en zonas más cálidas con temperaturas de 27-38°C. Se desarrolla a una altitud que va desde los 2000 hasta 3000 msnm.

Una de sus ventajas es que tiene taninos, a los cuales se les atribuye la característica de impedir la formación de gases y espuma en el rumen y se prevenga el timpanismo (Lagler, 2003). El timpanismo se reduce en el pastoreo, cuando el forraje contiene 5 g o más de taninos condensados por kilogramo de materia seca (Ramírez-Restrepo y Barry, 2005). La presencia de taninos condensados evita que la proteína sea degradada en rumen (Hedqvist *et al.*, 2000), lo que a su vez permite incrementar la producción de leche hasta en un 60%. Según Min *et al.* (2003) aumenta en la leche la concentración de proteína (principalmente lactosa) en alrededor de 10%, en comparación con el ryegrass perene (*Lolium perenne*). Contribuye en aumentar de 18 a 25% el flujo proteico al duodeno (Hedqvist *et al.*, 2000). Los taninos condensados están relacionados negativamente con la digestibilidad de la materia seca y el nitrógeno digerible *in vitro* (Grant, 2009). Igualmente, los taninos condensados se correlacionan negativamente para la degradación de proteína *in vitro* (Hedqvist *et al.*, 2000). Concentraciones de taninos condensados alrededor de 20-45 g/kg de materia seca (concentraciones consideradas bajas) disminuyen la degradación ruminal de la proteína debido a la reducción de poblaciones de bacterias proteolíticas, sin embargo, altas concentraciones de taninos condensados (>55 g/kg de materia seca) reducen el consumo voluntario y digestibilidad (Min *et al.*, 2003). En el Cuadro 3 se muestra la producción anual, cantidad de proteína, porcentajes de FDN, FDA y digestibilidad en diferentes trabajos realizados en *Lotus corniculatus* L.

Cuadro 3. Producción de materia seca, porcentaje de proteína, porcentajes de FDN, FDA y digestibilidad de *Lotus corniculatus* L.

PRODUCCION PROMEDIO ANUAL EN MS (kg ha ⁻¹)	PROTEINA CRUDA (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIGESTIBILIDAD (%)	AUTORES
6,794-8,981	14.8-26.3	30.05	21.9-38.2		(Acuña, 1998)
	14.6		29.1	65.6	(Arzani et al., 2006)
	27.5	28.6	21	70	(Cárdenas et al., 2007)
		50.3			(Cherney et al., 1988)
	28.6	34.7	24		(Fulkerson et al., 2006)
8,269					(Halling et al., 2004)
	17.2				(Karabulut et al., 2006)
15,000					(Lagler, 2003)
4,130					(Lingorski, 2001)
1,370-7,950	17.5-21.6	27.7-33.2			(Marley et al., 2006)
8,500					(Meneses et al., 2008)
2,300, 4,040, 6,640					(Pecetti et al., 2009)
				62.3-72.8	(Ramírez-Restrepo et al., 2006a)
2,280		30.6			(Ramírez-Restrepo et al., 2005)
8,460					(Ramírez-Restrepo et al., 2006b)
2,100	31.2				(Ramírez-Restrepo et al., 2004)
9,210	20,3	27,4			(Scharenberg et al., 2007)
4,292 y 10,293	14-21			55-70.5	(Sölter et al., 2007)
4,200,4,800 y 5,800					(Soto et al., 2005)
10,381					(Zarza et al., 2007)
11,200					(Zarza et al., 2008)

MS, Materia seca; FDN, Fibra detergente neutro; FDA, Fibra detergente ácido.

El pastoreo de *Lotus corniculatus* L. es asociado con el mejoramiento de parámetros reproductivos, incremento en producción de leche ovina y bovina y una reducción en la producción de metano (Ramírez-Restrepo y Barry, 2005).

Trabajos realizados por Woodward *et al.* (2000) muestran mejor calidad en la leche en vacas Friesian alimentadas con *L. corniculatus* L. en comparación con vacas alimentadas con Ryegrass. De la misma manera, Grant (2009) menciona que existe mayor cantidad de vitamina A y E en leche en vacas alimentadas con heno de *L. corniculatus* L. comparada con vacas alimentadas con heno de alfalfa.

Ovejas alimentadas con *L. corniculatus* L. incrementaron su porcentaje de nacimientos y corderos destetados en un 16 y 32%, respectivamente (Ramírez-Restrepo *et al.*, 2005). Min *et al.* (2003) mencionan que concentraciones de 22 a 38 gramos de taninos condensados por kilogramo de materia seca aumenta en un 10% el crecimiento de lana; también mencionan que el intervalo de ovulación en borregas aumenta en alrededor del 22% y que puede estar relacionado con el tiempo de apacentamiento del *L. corniculatus* L.; mostrando la mejor respuesta entre las 5 y 7 semanas.

Marley *et al.* (2003) obtuvo ganancias de 102 gramos por día en borregos y estos tuvieron menores cantidades de infestación de parásitos después de pastar en praderas de *Lotus corniculatus* L. Ramírez-Restrepo *et al.* (2004) mencionan que en ovinos, el pastoreo de *Lotus corniculatus* L. incrementa las ganancias de peso en 6 y 7.7 kg de peso final; es decir, aumenta en un 20 y 32% respectivamente en comparación de ovejas que pastorean una mezcla de ryegrass con trébol blanco. Ramírez-Restrepo *et al.* (2005) mencionan que se pueden obtener mejores ganancias en corderos alimentados con *L. corniculatus* L. posiblemente debido a una mayor concentración de proteína metabolizable de la proteína ligada a la acción de los taninos condensados. Además de todos los beneficios anteriores, el *Lotus corniculatus* L. en rumiantes promueve la disminución de la producción de metano, lo cual incrementa el valor de este forraje en cuestiones ambientales (Waghorn, 2008).

2.8 Adopción de tecnología por los productores

La adopción de tecnología implica medir el resultado de la decisión de usar o no una tecnología determinada y conocer los factores que inciden en su aprobación o rechazo (Céspedes, 2005). Así mismo un estudio de adopción de tecnología permite obtener información que es útil para afinar la generación de tecnología (CIMMyT, 1993). De la misma forma, este estudio brinda información sobre las ventajas y desventajas de tecnologías utilizadas así como los cambios que han realizado los productores y su motivo del cambio (Sagastume *et al.*, 2006).

El *Lotus corniculatus* L. es una especie desconocida, por lo que la introducción de una nueva tecnología en el estado de Puebla, y la decisión de adoptar esta tecnología estará influida por factores externos de tipo socioeconómico y político; además de los inherentes a la unidad de producción (Rubio y Yañez, 2000). Rogers (1995) menciona que existen tres factores que inciden en la adopción de una tecnología, éstos son: características de los adoptadores, cualidades de la innovación y los relativos a los agentes de cambio tecnológico.

En relación al primer factor, en estudios recientes se ha comprobado que el proceso de adopción de una nueva tecnología es aceptada cuando los productores se encuentran organizados y éstos participan activamente en el proceso (Hernández-Fonseca y Elizondo-Porras, 2006). Otros estudios muestran que la adopción de tecnología se encuentra limitada por la actitud de los productores inherentes a aspectos culturales (Góngora, 2007). Dentro del factor inherente a los productores se encuentran 5 etapas de la adopción tecnológica: conocimiento de la innovación, persuasión, decisión, implementación y confirmación (Rogers, 1995). La aplicación de la tecnología es sin duda una de las tareas más difíciles en la vida cotidiana, sin embargo, es necesaria para mejorar las posibilidades de éxito en el proceso productivo (INIFAP, 2003).

El segundo factor que incide en la adopción de tecnología, es que existan ventajas sobre la tecnología tradicional, que sea de baja complejidad, que sea accesible y que manifieste una buena relación beneficio-costos (Rogers, 1995). Con respecto al tercer

factor (agente de cambio) es importante que durante el proceso de adopción de tecnología exista interacción entre el agente de cambio y el productor, sin perder de vista el tamaño de las unidades de producción y su cercanía (Miller *et al.*, 2008).

Con base en la revisión de literatura, se puede concluir que el estado de Puebla tiene una población considerable de rumiantes en la región templada. Existen también las condiciones climatológicas y edáficas para la incorporación de nuevas especies como es el caso del *Lotus corniculatus* L., la cual puede ser una opción en la alimentación de los rumiantes. El *L. corniculatus* L. puede prosperar en una gama amplia de tipos de suelos, se puede adaptar a condiciones de temporal y ser una especie segura en términos de no producir timpanismo a diferencia de otras especies de leguminosas que si tienen este problema. Hacen falta estudios en muchos aspectos de esta especie en México, por lo que trabajos como el presente, forman parte de una estrategia de investigación tendiente a incrementar el conocimiento de la misma, para un mejor aprovechamiento de sus características forrajeras.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El trabajo de investigación consistió de dos etapas: a) cuantificar la producción de forraje y la calidad del *Lotus corniculatus* L. en Texcoco, estado de México; b) conocer la percepción de los productores del municipio de Libres, Puebla, ante la introducción de *L. corniculatus* L. en sus sistemas de producción.

Para cuantificar la producción de forraje y la calidad del *Lotus corniculatus* L. se llevó a cabo el trabajo experimental en el *Campus* Montecillo del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, estado de México. Se ubica en las coordenadas geográficas 19° 28' 4.26" latitud norte y 98° 53' 42.18" longitud oeste y localizado en la parte central del Valle de México, a una altitud de 2,250 msnm. El clima, de acuerdo con la clasificación de García (1987) es subhúmedo con lluvias en verano (C(wo)(w)b(i')); con una precipitación media anual de 625 mm, temperatura media anual de 15.1°C.

3.2 Material vegetal

Se utilizaron 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. con distintos orígenes geográficos (Cuadro 4), que se obtuvieron como una selección de un ensayo de adaptabilidad establecido por primera vez en el Colegio de Postgraduados, en 1997. La semilla original fue proporcionada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA-ARS), en Beltsville, Maryland, USA.

3.3 Diseño Experimental

El experimento de las 12 colectas para este estudio, se estableció en el *Campus* Montecillo, Méx., en diciembre del 2007, en un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental constó de dos surcos de 5 metros de largo y 80 cm de ancho, con plantas separadas a un metro.

Cuadro 4. Lista de colectas de *L. corniculatus* L. y su procedencia, utilizados en el estudio.

Colecta	Procedencia	Hábito de crecimiento
260012	Brasil	Semi erecto
255301	Francia	Semi erecto
227318	Francia	Semi erecto
188867	Italia	Postrado o rastrero
255305	Italia	Semi erecto
202700	Uruguay	Erecto
226792	Canadá	Semi erecto
232098	Alemania	Postrado o rastrero
Estanzuela ganador	Uruguay	Erecto
San Gabriel	Uruguay	Erecto
Gran San Gabriel	Uruguay	Erecto
Procedel 804	Uruguay	Erecto

3.4 Manejo de las unidades experimentales

Trabajos realizados muestran que la mayor producción de forraje en alfalfa es de 42 a 49 días (Mendoza *et al.*, 2010), y como lo mencionan Joaquín y Gijon (1990) la respuesta al corte o al pastoreo del *Lotus corniculatus* L. es similar al de la alfalfa, por lo que se decidió realizar los cortes cada 45 días, con excepción del corte 2, el cual fue realizado 6 meses después del corte 1, debido a que no se pudo tener acceso al experimento. A continuación, en el Cuadro 5 se desglosan las fechas de los cortes:

Cuadro 5. Fechas de corte, estación del año y número de corte de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. Montecillo, Méx., 2007

Número de Corte	Fecha	Estación del año
1	17 de Noviembre de 2008	Otoño
2	26 de Mayo de 2009	Primavera
3	10 de Julio de 2009	Verano
4	24 de Agosto de 2009	Verano
5	08 de Octubre de 2009	Otoño
6	22 de Noviembre de 2009	Otoño
7	06 de Enero de 2010	Invierno
8	20 de Febrero de 2010	Invierno

3.5 Variables medidas

Se evaluaron las variables que a continuación se describen:

Altura de planta: se tomó la altura con cinta métrica o regla desde la base del suelo hasta la parte más alta de la planta.

Producción de forraje (PF): se cortó la biomasa aérea de dos plantas a una altura de 5 centímetros del suelo. El material cortado se colocó en una bolsa, se pesó y se tomó una sub-muestra, la cual fue secada en una estufa de aire forzado a 55°C, para posteriormente determinar la materia seca.

Cantidad de hoja y tallo: una vez seca la muestra se separó en hoja y tallo, pesándose por separado cada fracción.

Relación hoja/tallo: se obtuvo dividiendo el peso de la hoja seca entre el peso de tallo seco.

Para determinar las variables de fibra insoluble en detergente neutro (FDN), fibra insoluble en detergente ácido (FDA), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIV) y proteína cruda (PC), el material vegetal seco (hoja y tallo) fue molido en un molino ciclónico marca FOSS TECATOR con gradilla de 1 milímetro.

FDN: La determinación de la FDN se hizo por duplicado en un analizador de fibra ANKOM 200/220, utilizando los protocolos de ANKOM Technology (ANKOM, 2006) excluyendo el paso con alfa-amilasa y el de acetona.

FDA: La determinación de FDA se realizó por duplicado en un analizador de fibra ANKOM 200/220, utilizando los protocolos de ANKOM Technology (ANKOM, 2006) excluyendo el paso con alfa-amilasa y el de acetona.

Digestibilidad *in vitro*: La digestibilidad se determinó por estación (invierno, primavera, verano y otoño). Se realizó por duplicado y mediante la técnica de dos etapas pepsina-celulasa (Jones y Hayward, 1975; Clarke *et al.*, 1982; Klein y Baker, 1993) utilizando las enzimas de la compañía SIGMA-ALDRICH. La pepsina (1:10000 de mucosa de estómago porcino) fue disuelta en 0.125N de ácido clorhídrico a una proporción de 6.66 g litro⁻¹. La celulasa Onozuka RS de *Trichoderma viride* (≥5000 unidades/g de sólido) 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) manteniendo una proporción celulasa:muestra de 1:100 (Clarke *et al.*, 1982). Se utilizó 0.3 g de materia seca por muestra colocándose en bolsas ANKOM F57, por duplicado. Primeramente se realizó la etapa de digestión con pepsina y luego de la celulasa, con una duración de cada una 48 horas en un incubador de agitación orbital a 50°C y a 80 revoluciones por minuto.

Proteína cruda: La determinación de PC se realizó con el procedimiento A.O.A.C. (1975). Se molieron las muestras secas en molino ciclónico, se peso 1 gramo de materia vegetal y se colocó dicho material en matraz de digestión Microkjeldahl donde se añadió un catalizador (1 g de selenio) y 3 ml de H₂SO₄ concentrado. Se realizó la digestión hasta tomar un color verde turquesa. Una vez frío se retiró y se pasó a destilación enjuagando con pequeñas porciones de agua y se agregó 15 ml de NaOH.

Se destiló por 7 minutos con 10 ml de ácido bórico en matraz Erlen Meyer con indicadores y se tituló el destilado con solución valorada de ácido sulfúrico, tomando la lectura del gasto.

3.6 Análisis estadístico

Se utilizaron dos modelos experimentales, uno para analizar cada corte y otro para el análisis global de todos los cortes. El diseño experimental utilizado para el análisis por corte fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Para la evaluación de todos los cortes y variedades se utilizó un modelo de parcelas divididas:

El modelo lineal que se utilizó para cada corte fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable estudiada

μ = es la media poblacional

β_j = es el efecto del bloque j

τ_i = es el efecto de la variedad

ε_{ij} = error experimental ij

El modelo lineal para el análisis conjunto de todos los cortes fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + C_j + \delta_{ji} + V_k + (CV)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable estudiada

μ = Media poblacional

β_i = Efecto del i-esimo bloque

C_j = Efecto de corte en su nivel j (parcela grande)

δ_{ji} = Error asociado del corte

V_k = Efecto de la variedad en su nivel k (parcela chica)

$(CV)_{jk}$ = Efecto de la interacción corte*variedad a nivel j, k

ε_{ijk} = Error aleatorio asociado con la variedad. E(b)

3.7 Análisis de los datos

Para todas las variables evaluadas, se hicieron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias, utilizando la prueba de Tukey con $\alpha=0.05$ mediante el paquete estadístico SAS versión 2000.

3.8 Encuesta

Para conocer la percepción de los productores del estado de Puebla a la introducción de *L. corniculatus* L. se realizó una encuesta en la que se aplicaron un total de 80 cuestionarios en el municipio de Libres, el cual se ubica en las coordenadas geográficas 19° 24' 18" y 19° 35' 00" de latitud norte y los meridianos 97° 33' 54" y 97° 47' 06" de longitud occidental. Se entrevistó a igual número de productores que se dedican a la actividad agropecuaria. Las preguntas estuvieron relacionadas a generalidades de los productores, tales como edad, años en la actividad ganadera y participantes en las explotación ganadera; además de aquella información referente a sus unidades de producción y la percepción a la introducción del *Lotus corniculatus* L.

IV. RESULTADOS

4.1 Datos meteorológicos durante el periodo de estudio del *L. corniculatus* L. Montecillo, México

En la Figura 1 se muestra las temperaturas promedio máximas, mínimas y precipitación pluvial acumulada durante el trabajo de investigación. La máxima temperatura se registró en primavera (mayo) y la menor temperatura se registró durante el invierno (diciembre de 2008). Con respecto a la precipitación total acumulada la mayor presencia ocurrió durante el verano; específicamente en la última semana de junio. En la misma figura se puede observar que durante el verano existió una alta precipitación, con respecto a los demás meses de la misma estación.

4.2 Altura de planta

La variable altura de planta por colecta de *Lotus corniculatus* L. por corte se muestra en la Figura 2. Se detectaron diferencias ($P < 0.004$) entre colectas para todos los cortes. En el corte 1 sólo las colectas 260012 y San Gabriel fueron las más altas. A partir del corte 2, hubo una tendencia de las colectas 226792, 227318 y 232098 a ser las de menor altura. Se sumó a este último grupo la colecta 188867 en los cortes 5, 7 y 8; la 255901 en el corte 6; y la 255305 en el corte 8.

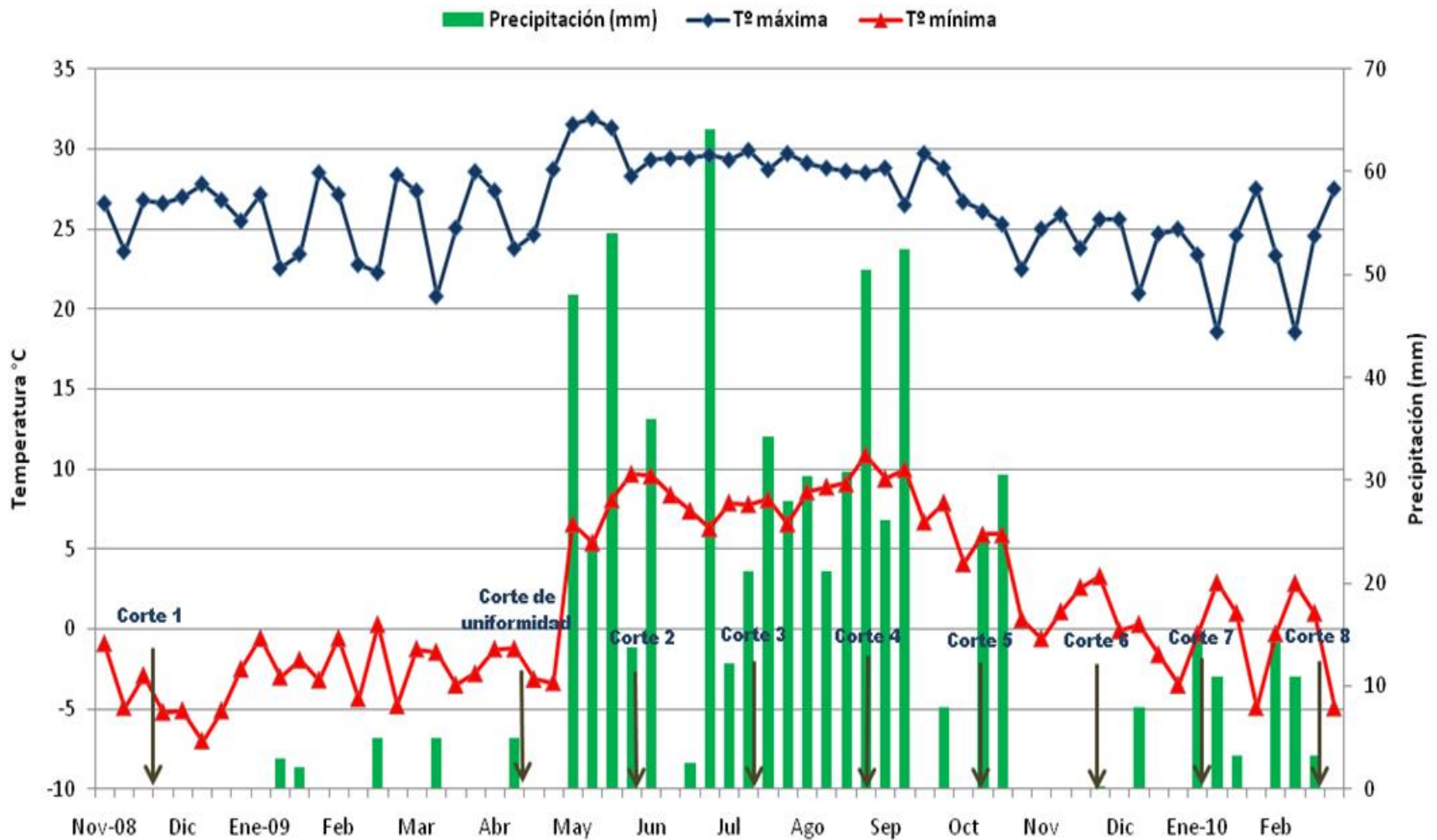


Figura 1. Temperatura y precipitación registradas de noviembre de 2008 a febrero de 2010 en el sitio experimental Montecillo, estado de México. Fuente: Elaboración propia, con datos de la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, Montecillo, 2006-2007

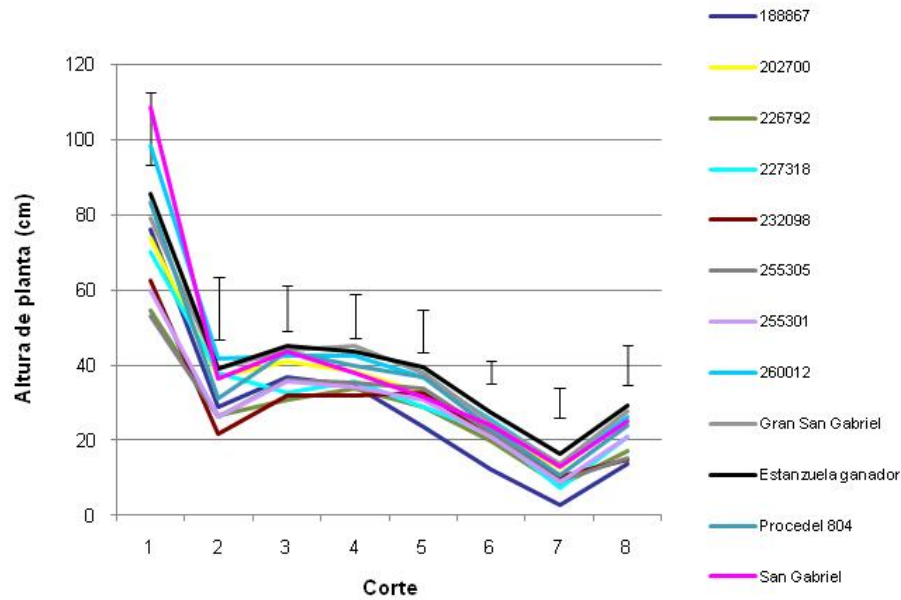


Figura 2. Altura de planta por corte y colecta de *Lotus corniculatus* L. Las barras representan las diferencias mínimas significativas de Tukey, con $\alpha=0.05$.

En promedio, las colectas fueron diferentes en altura ($P<0.0001$), siendo la 260012, Estanzuela ganador, San Gabriel, Gran San Gabriel y Procedel 804 las más altas (Figura 3).

Existió diferencia entre cortes ($P<0.0001$) tal y como se indica en la Figura 4; donde se puede observar que el corte que presentó la mayor altura fue el corte 1 con 75.40 cm y el corte en que menos altura tuvieron las colectas fue el corte 7.

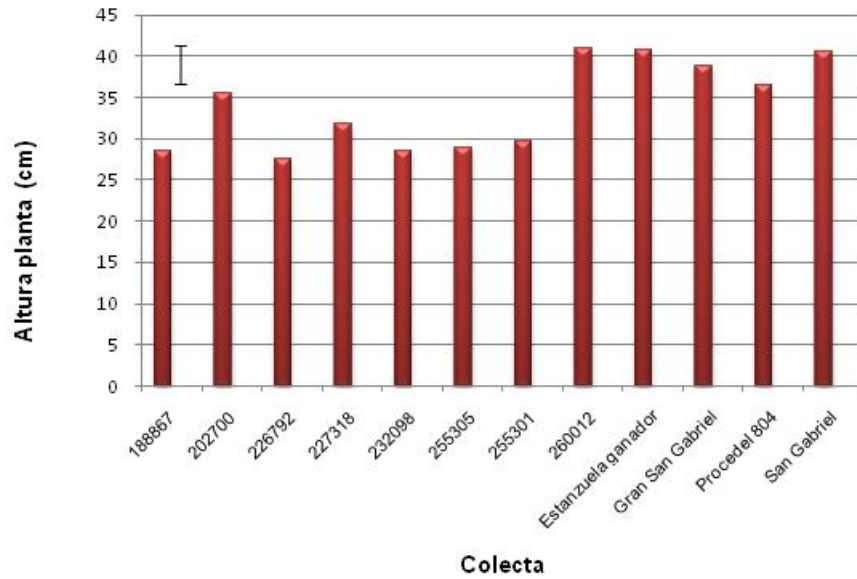


Figura 3. Altura de planta de ocho cortes por colecta de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (4.54), con $\alpha=0.05$.

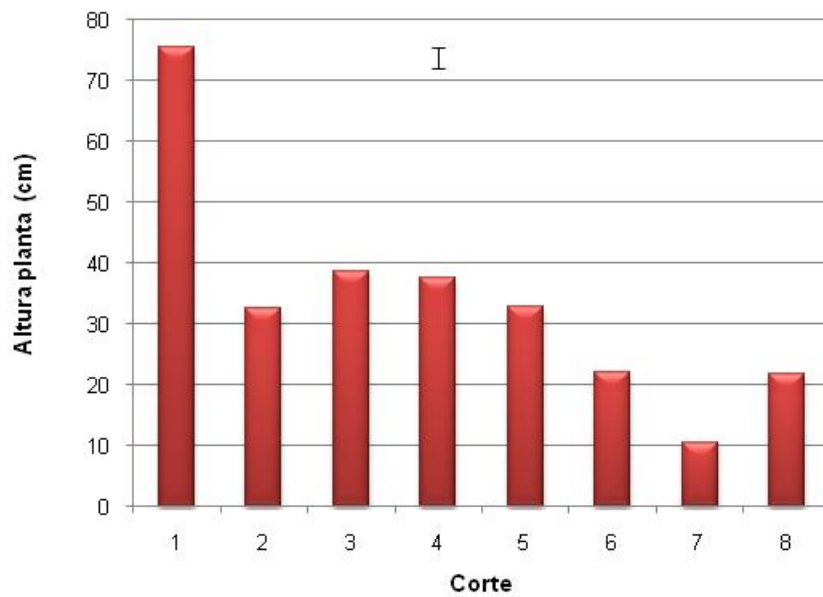


Figura 4. Altura de planta de *Lotus corniculatus* L por corte. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (3.44), con $\alpha=0.05$.

4.3 Producción de forraje

La producción de forraje por colecta en cada corte se muestra en el Cuadro 6. Se encontraron diferencias ($P < 0.001$) entre colectas solamente para los cortes 1, 2 y 7. Las colectas que fueron sobresalientes ($P < 0.001$) en producción de forraje en los tres cortes fueron la 202700, 260012, Gran San Gabriel, Estanzuela Ganador y San Gabriel. La colecta 188867 estuvo en el grupo de las superiores sólo en el corte 1, la 227318 fue sobresaliente en el corte 1 y 2, la Procedel 804 fue sobresaliente en los cortes 1 y 7 y, la 255305 fue sobresaliente sólo en el corte 7.

Cuadro 6. Producción de forraje por corte de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. (kg ha^{-1}). Montecillo, Méx., 2007.

COLECTA	CORTE							
	1	2	3	4	5	6	7	8
188867	1905.60	143.70	386.40	1193.20	470.70	928.80	234.80	1036.50
202700	1644.30	1170.90	496.40	1688.80	450.20	1416.70	479.00	1995.80
226792	1101.80	207.20	265.70	961.00	659.80	1320.00	174.80	1298.50
227318	1754.30	739.80	226.30	1053.30	609.90	832.10	188.20	1381.30
232098	1064.60	134.40	374.00	665.80	718.20	832.70	213.80	1025.80
255305	919.60	336.40	526.40	1144.20	747.00	1058.30	310.80	1117.50
255301	1198.80	232.80	348.30	847.70	624.90	1125.00	141.40	1168.10
260012	2494.60	514.00	434.10	986.80	650.20	1061.40	372.50	1636.50
Gran San								
Gabriel	1809.00	1410.20	497.50	1439.50	933.10	1008.10	312.60	1343.90
Estanzuela								
ganador	2731.50	714.50	351.30	1587.10	924.50	1381.90	620.60	1820.30
Procedel								
804	1901.10	431.80	515.60	1420.90	772.80	1244.90	348.00	1505.40
San								
Gabriel	3171.00	733.30	579.30	955.20	589.10	1069.80	412.10	1411.40
Promedio	1808.02	564.08	416.78	1161.96	679.20	1106.64	317.38	1395.08
Pr > F	0.0002	0.0004	0.4035	0.0875	0.4276	0.3437	0.0013	0.3726
DMS	1602.80	970.09	522.92	1145.40	733.83	927.11	354.75	1422.80

Se encontraron diferencias entre cortes ($P < 0.0001$). El corte 1 tuvo producciones de forraje de $1,808 \text{ kg ha}^{-1}$ y las menores producciones correspondieron a los cortes 3 y 7 con producciones similares (Figura 5).

Al analizar en conjunto todos los cortes, se detectaron diferencias entre las colectas ($P < 0.0001$), siendo las más productivas la 202700, 260012, Estanzuela ganador, Gran San Gabriel, Procedel 804 y San Gabriel (Figura 6).

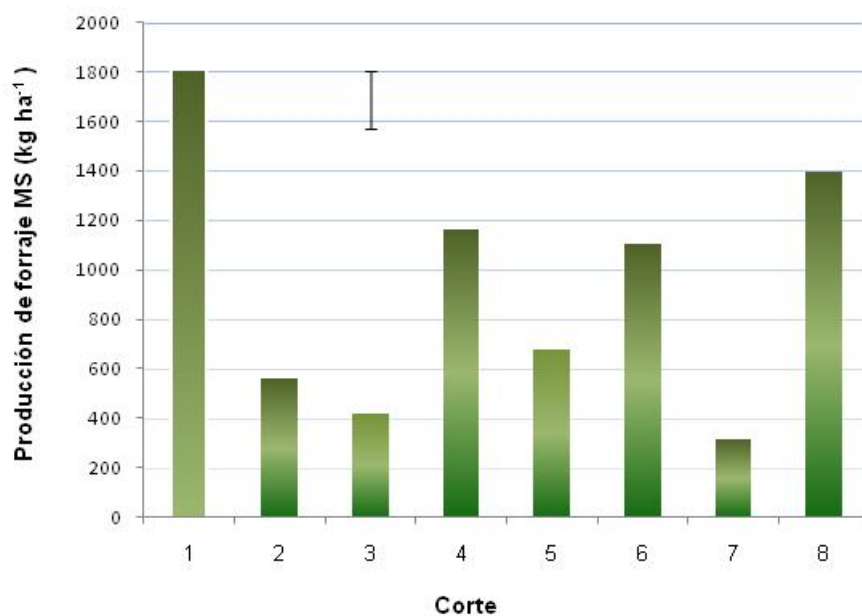


Figura 5. Producción de forraje por corte de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (235.17), con $\alpha=0.05$.

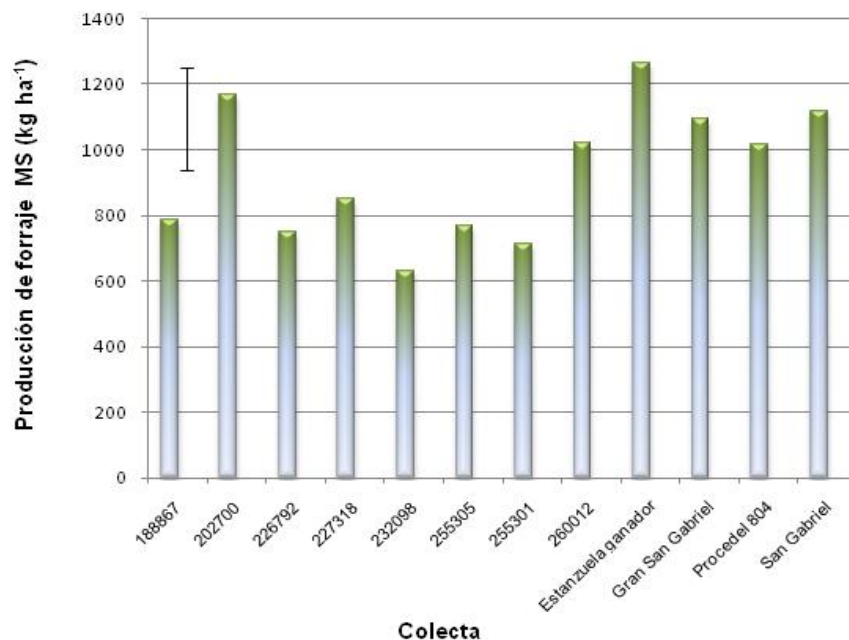


Figura 6. Producción de forraje promedio de ocho cortes por colecta de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (310.88), con $\alpha=0.05$.

4.4 Producción de hoja

La producción de hoja por corte siguió el mismo patrón que el de la producción de forraje. Se detectaron diferencias entre colectas para los cortes 1, 2 y 7 ($P<0.001$). Las colectas con mayores producciones de hoja en los tres cortes mencionados fueron la 260012, Estanzuela ganador y San Gabriel. Adicionalmente, la 188867 fue también sobresaliente en el corte 1; la 227318 fue sobresaliente en el corte 1 y 2, la Procedel 804 en el corte 1 y 7; la 202700 y la Gran San Gabriel en el corte 2 y 7; la 227318 sólo en el corte 2; y la 255305 en el corte 7 (Cuadro 7). En relación a los cortes de manera individual, el corte 8 tuvo la mayor producción de hoja con 900 kg ha^{-1} ; mientras que el corte 7 fue el más bajo con tan sólo 218 kg ha^{-1} (Cuadro 7).

Cuadro 7. Producción de materia seca de hoja por corte en 12 colectas de *Lotus corniculatus* (kg ha⁻¹). Montecillo, Méx., 2007.

COLECTA	CORTE							
	1	2	3	4	5	6	7	8
188867	920.30	107.10	267.43	687.90	295.40	599.60	159.47	747.90
202700	782.30	795.20	273.06	950.30	269.00	885.20	337.64	1238.00
226792	469.30	161.60	166.83	529.90	364.70	861.80	135.89	912.90
227318	934.30	545.80	145.64	541.40	375.00	548.50	133.53	929.40
232098	486.40	94.90	223.50	379.90	372.40	529.20	142.47	674.20
255305	470.20	236.40	300.28	631.80	451.70	716.80	238.36	833.40
255301	649.20	157.50	199.04	470.30	343.00	601.50	96.97	819.10
260012	1098.30	336.60	238.17	502.00	359.40	634.30	251.71	967.10
Gran San								
Gabriel	811.80	919.90	271.06	691.30	491.00	605.10	204.51	806.50
Estanzuela								
ganador	1095.80	447.30	191.53	795.40	527.80	806.10	420.66	1071.00
Procedel								
804	880.20	288.90	260.63	721.20	410.00	711.00	231.28	969.50
San Gabriel	1599.80	490.70	339.44	501.10	341.40	697.90	268.14	860.50
Promedio	849.83	381.83	239.72	616.88	383.40	683.08	218.39	902.46
Pr > F	0.0006	0.0003	0.4168	0.0941	0.6702	0.3303	0.0017	0.7274
DMS	787.55	628.26	272.59	592.54	429.93	545.89	243.05	891.83

En promedio, las colectas difirieron en producción de hoja ($P < 0.0001$), siendo las sobresalientes la 202700, 227318, 260012, Estanzuela ganador, Gran San Gabriel, Procedel 804 y San Gabriel (Figura 7).

Entre cortes existió diferencia para la producción de hoja ($P < 0.0001$). Los cortes que presentaron la mayor producción de hoja fueron el 1 y 8 (Figura 8).

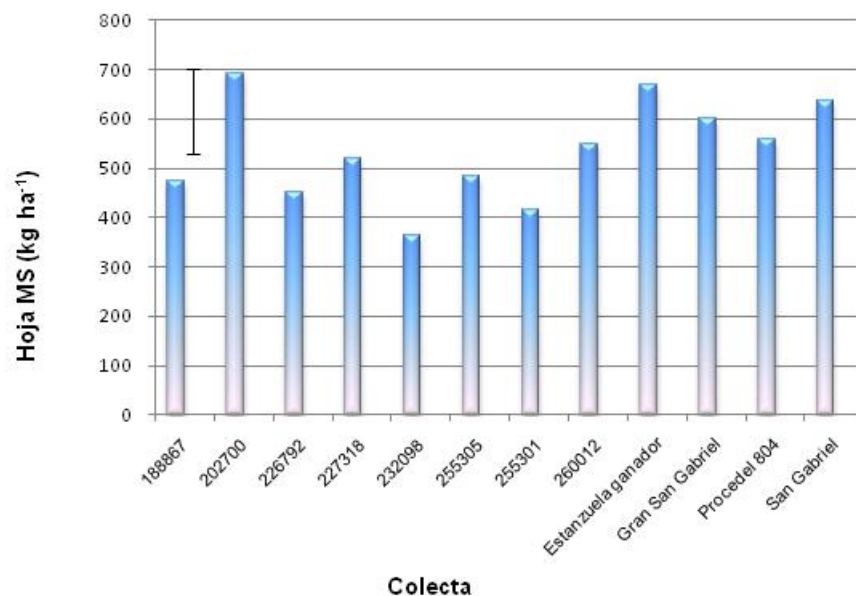


Figura 7. Producción de hoja promedio de ocho cortes por colecta de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (174.03), con $\alpha=0.05$.

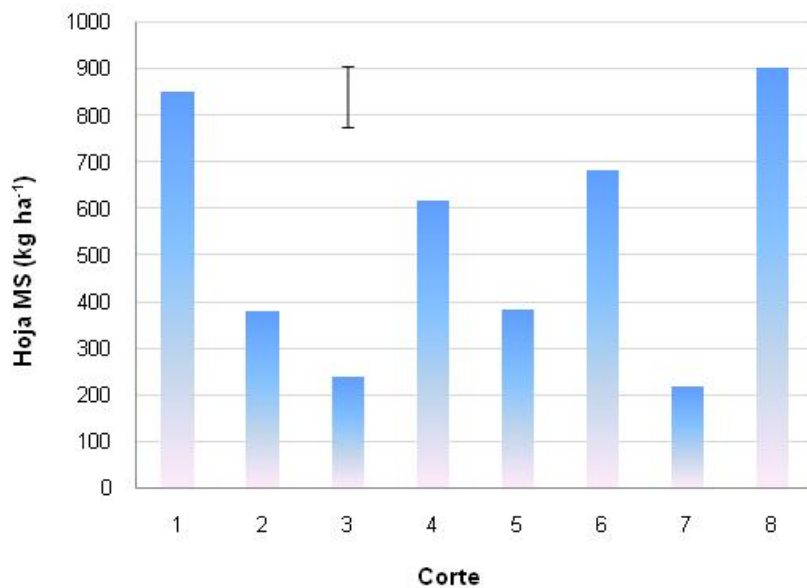


Figura 8. Producción de hoja por corte de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (131.64), con $\alpha=0.05$.

4.5 Producción de Tallo

La producción de tallo por corte se muestra en el Cuadro 8, al igual que la producción de forraje y producción de hoja, se detectaron diferencias entre colectas ($P < 0.001$) en los cortes 1, 2 y 7. Las colectas sobresalientes en los tres cortes fueron la 202700, 260012, Gran San Gabriel, Estanzuela ganador, Procedel 804 y San Gabriel. Adicionalmente, en el corte 1 la 188867 también sobresalió y en el corte 2 y 7 la 227318 se sumó al grupo superior.

En promedio, las colectas difirieron en producción de tallo ($P < 0.0001$) quedando como más productoras la 202700, 260012, Estanzuela ganador, Gran San Gabriel, Procedel 804 y San Gabriel (Figura 9). La que menos tallo produjo fue la 232098.

Entre cortes, se presentaron diferencias ($P < 0.0001$), siendo el corte 1 el que mayor producción de tallo tuvo (958 kg ha^{-1}) tal y como se muestra en la Figura 10.

4.6 Relación Hoja/Tallo

La variable relación hoja/tallo por colecta por corte se muestra en el Cuadro 9. Se encontraron diferencias entre colectas en los cortes 3, 4 y 6 ($P < 0.008$). En el corte 3 las colectas 188867, 226792, 227318, 232098, 255901, Estanzuela ganador y San Gabriel tuvieron las mayores relaciones hoja/tallo. En el corte 4 sólo la colecta Gran San Gabriel fue superior a todas las demás y en el corte 6 sólo las colectas 255901 y Procedel 804 fueron las sobresalientes.

En el análisis global de todos los cortes, las colectas en la relación hoja/tallo difirieron ($P < 0.001$), siendo las colectas 188867, 202700, 226792, 227318, 232098, 255305, 255901 y San Gabriel, las que sobresalieron (Figura 11).

Hubo diferencias entre cortes ($P < 0.0001$), como se muestra en la Figura 12, siendo el corte 2 y el corte 8 los que mayor relación hoja/tallo tuvieron.

Cuadro 8. Producción de materia seca de tallo por corte en 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. (kg ha⁻¹). Montecillo, Méx., 2007.

COLECTA	CORTE							
	1	2	3	4	5	6	7	8
188867	985.30	36.60	118.96	505.30	175.33	329.20	75.34	288.60
202700	862.00	375.70	223.32	738.50	181.24	531.50	141.37	757.90
226792	632.50	45.60	98.91	431.10	295.09	458.20	38.91	385.70
227318	820.00	194.00	80.69	511.90	234.84	283.60	54.66	451.90
232098	578.20	39.50	150.51	285.90	345.79	303.50	71.33	351.60
255305	449.30	100.00	226.12	512.40	295.29	341.50	72.48	284.10
255301	549.70	75.30	149.22	377.40	281.85	523.50	44.43	349.00
260012	1396.30	177.40	195.90	484.80	290.81	427.10	120.76	669.40
Gran San								
Gabriel	997.20	490.20	226.45	748.20	442.09	403.00	108.09	537.40
Estanzuela								
ganador	1635.70	267.20	159.80	791.70	396.70	575.80	199.94	749.20
Procedel								
804	1020.90	142.90	254.97	699.70	362.76	533.90	116.73	535.90
San Gabriel	1571.30	242.60	239.90	454.10	247.74	371.90	144.00	550.90
Promedio	958.20	182.25	177.06	545.08	295.79	423.56	99.00	492.63
Pr > F	0.0006	0.0013	0.3032	0.0683	0.1429	0.1734	0.0010	0.0531
DMS	953.67	365.11	262.15	574.76	318.00	410.34	119.77	583.20

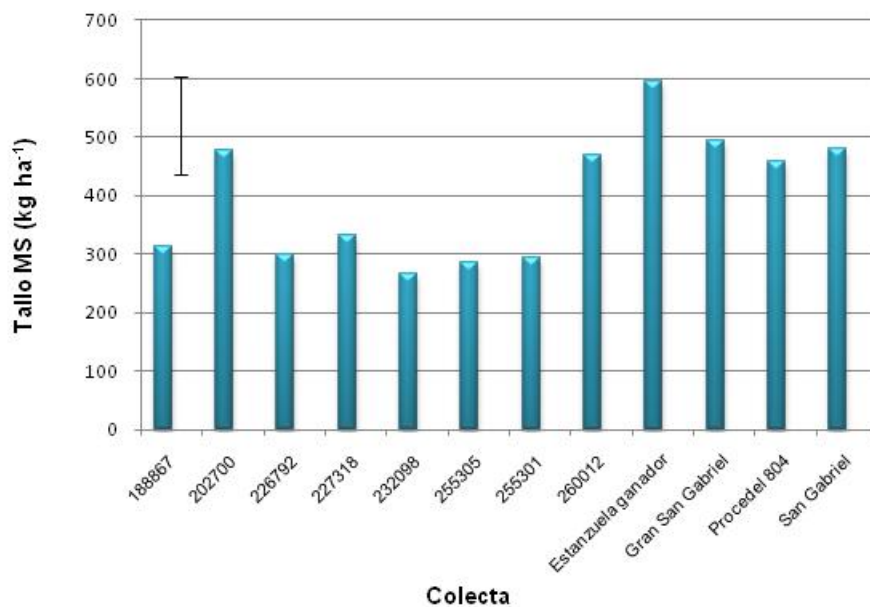


Figura 9. Producción de tallo promedio de ocho cortes por colecta de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (165.28), con $\alpha=0.05$.

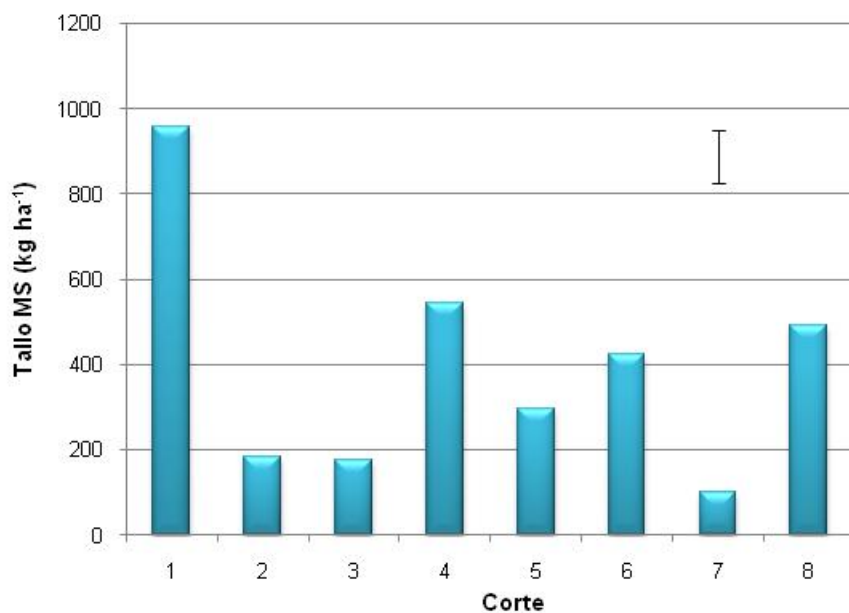


Figura 10. Producción media de tallo por corte de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (125.02), con $\alpha=0.05$.

Cuadro 9. Relación hoja/tallo por corte en 12 colectas de *Lotus corniculatus* L.

COLECTA	CORTE							
	1	2	3	4	5	6	7	8
188867	1.1	3.0	2.2	1.4	1.7	1.9	2.3	2.8
202700	0.9	2.2	1.3	1.3	1.1	1.7	2.4	1.7
226792	0.8	3.9	1.8	1.3	1.2	1.9	3.8	2.4
227318	1.2	3.1	1.9	1.1	1.6	2.1	1.6	3.9
232098	0.9	2.9	1.5	1.4	1.1	1.8	2.0	2.0
255305	1.2	3.5	1.4	1.3	1.5	2.1	3.2	3.6
255301	1.2	3.8	1.5	1.4	1.2	1.2	2.2	2.6
260012	0.8	2.0	1.2	1.1	1.3	1.5	2.1	1.5
Gran San								
Gabriel	1.0	2.3	1.2	0.9	1.1	1.5	1.9	1.5
Estanzuela								
ganador	0.7	1.7	1.4	1.1	1.3	1.5	2.1	1.5
Procedel								
804	0.9	2.5	1.1	1.0	1.1	1.3	2.0	1.8
San Gabriel	1.1	2.5	1.5	1.1	1.3	2.0	1.4	2.6
Promedio	1.0	2.8	1.5	1.2	1.3	1.7	2.3	2.3
Pr > F	0.0906	0.0609	0.0009	0.0087	0.0440	0.0015	0.0865	0.2481
DMS	0.6	2.6	0.8	0.5	0.7	0.8	2.4	3.5

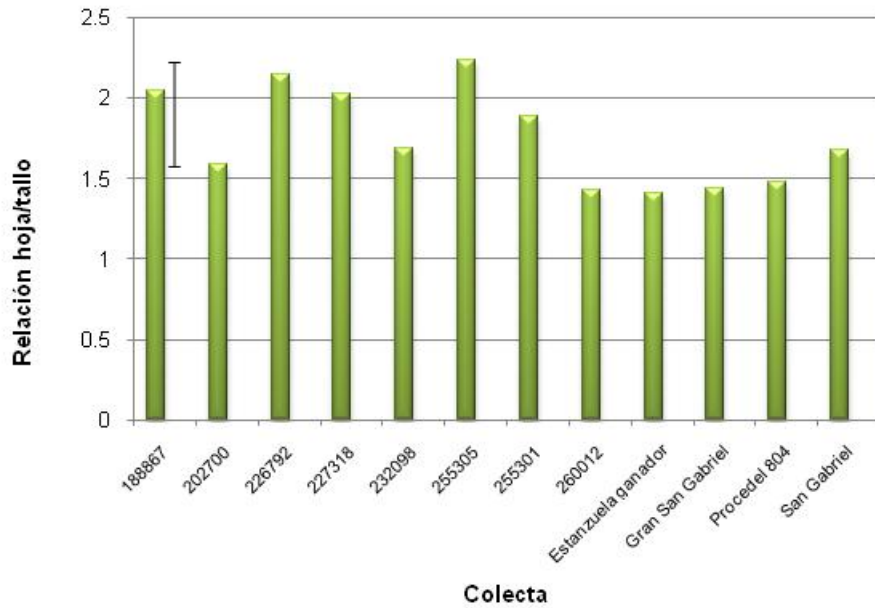


Figura 11. Relación hoja/tallo por colecta de *Lotus corniculatus* L. promedio de ocho cortes. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (0.6553), con $\alpha=0.05$.

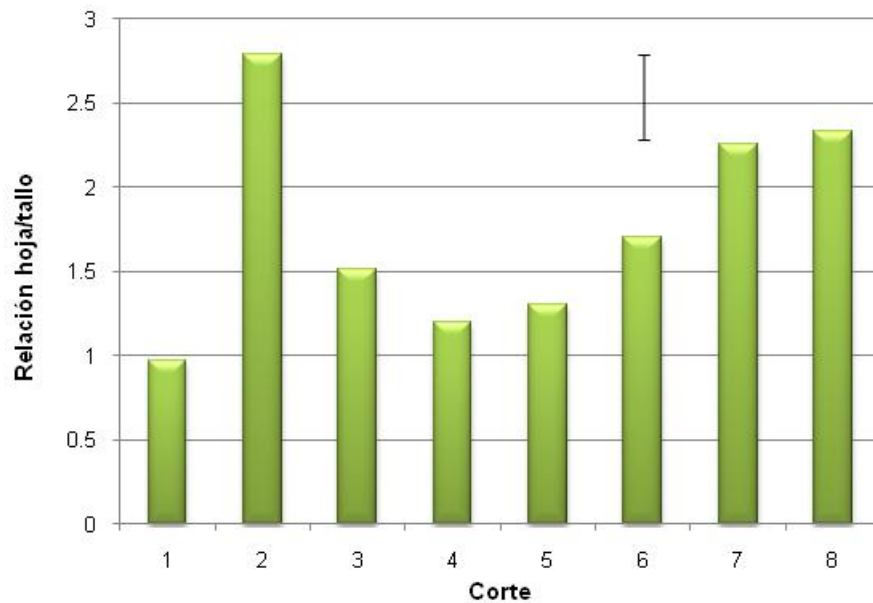


Figura 12. Relación hoja/tallo por corte de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (0.4957), con $\alpha=0.05$.

4.7 Fibra detergente neutro

El porcentaje de FDN por corte de las 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. se muestra en el Cuadro 10. Se observa que hubo diferencia en los cortes 2, 3 y 8 ($P < 0.0397$). La mayoría de las colectas tuvieron un comportamiento similar, con excepción de algunas que tuvieron diferencialmente menores concentraciones. Las colectas que tuvieron menor FDN fueron en el corte 2, la colecta 260012 (38.17%); en el corte 3, la colecta 202700 (44%), y en el corte 8 la colecta 227318 (41%).

En promedio de los ocho cortes, entre colectas se encontraron diferencias ($P < 0.0014$) en la concentración de FDN. La que presentó la menor cantidad de FDN fue la 227318 con 43% (Figura 13). Entre cortes existió diferencia ($P < 0.0001$), como se muestra en la Figura 14. Los cortes que obtuvieron los mayores porcentajes de FDN fueron el 5, 3 y 1 con 50.6, 49.0 y 48.0%, respectivamente.

4.8 Fibra detergente ácido

Las colectas de *L. corniculatus* L. mostraron diferencias ($P < 0.0339$) en la concentración de FDA solamente en los cortes 1, 2, 4 y 6 (Cuadro 11). En el corte 1 la colecta 227318 fue la que tuvo la menor cantidad de fibra (30%). En el corte 2 las de menores porcentajes de FDA fueron la 202700, 226792, 227318, y 260012 con 22 y 23%. En el corte 4 la colecta 232098 fue la que tuvo la menor cantidad (25%) y en el corte 6 sólo San Gabriel tuvo la menor cantidad de FDA (37%).

En promedio de todos los cortes, hubo diferencias entre las colectas ($P < 0.0001$) en la concentración de FDA. La colecta con el menor concentración de FDA fue la 227318 con 25.5% (Figura 15).

Entre cortes las diferencias fueron marcadas ($P < 0.0001$) encontrándose en el corte 1 y 3, los mayores valores con 32.72 y 31.82%, respectivamente y el de menor concentración de FDA fue en el 2 (Figura 16).

Cuadro 10. Porcentaje de FDN por corte de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L.

COLECTA	CORTE							
	1	2	3	4	5	6	7	8
188867	48.90	42.98	49.94	49.88	50.99	43.56	49.70	44.34
202700	52.83	43.52	44.18	44.82	43.08	42.59	42.75	46.37
226792	50.38	41.92	47.44	47.15	51.65	42.29	42.18	43.96
227318	44.88	45.04	45.94	46.43	47.24	41.94	32.47	40.81
232098	50.20	46.02	50.87	42.01	50.20	42.22	42.73	41.47
255305	45.87	46.52	50.63	46.46	53.15	43.86	45.92	41.86
255301	46.82	41.68	50.35	46.39	50.24	43.76	44.11	44.63
260012	47.86	38.17	49.29	48.81	51.41	44.46	44.04	44.35
Gran San Gabriel	51.25	47.00	49.75	47.03	54.94	40.94	43.41	45.74
Estanzuela ganador	44.70	42.80	50.53	48.36	51.18	46.01	43.02	43.32
Procedel 804	47.86	44.77	50.68	48.27	53.13	45.89	48.70	47.44
San Gabriel	44.92	43.97	49.50	45.36	50.81	36.79	32.33	46.19
Promedio	48.04	43.70	49.09	46.75	50.67	42.86	42.61	44.21
Pr > F	0.1041	0.0264	0.0397	0.0529	0.8736	0.0705	0.2853	0.0030
DMS	10.19	7.90	4.13	7.19	20.92	8.04	23.49	5.55

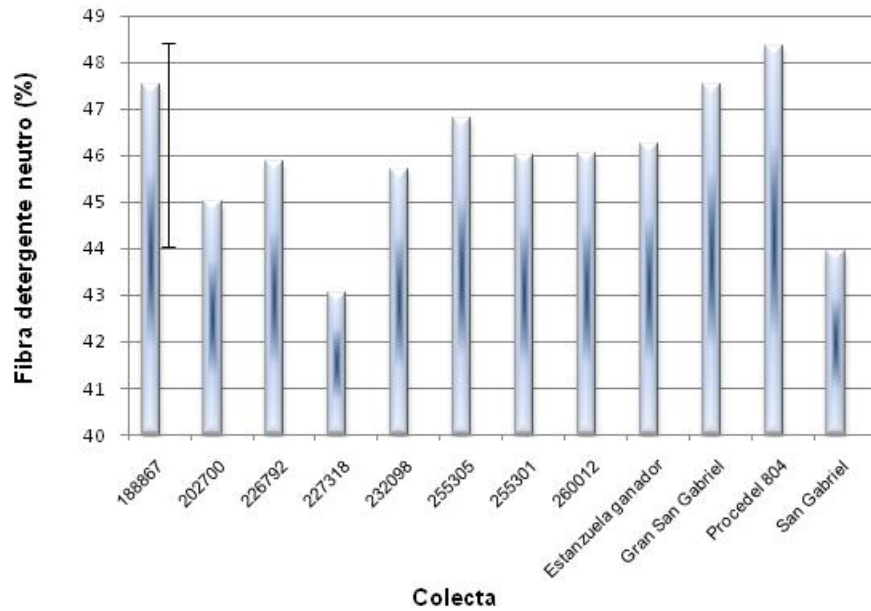


Figura 13. Porcentaje de FDN promedio de ocho cortes por colecta de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (4.36), con $\alpha=0.05$.

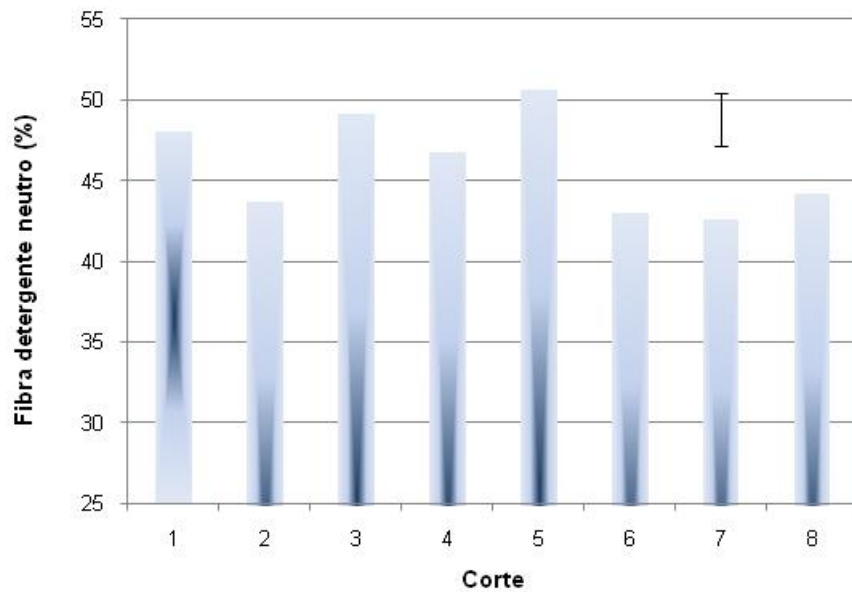


Figura 14. Porcentaje de FDN por corte de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia media significativa (3.29), con $\alpha=0.05$.

Cuadro 11. Porcentaje de FDA de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. por corte.

COLECTA	CORTE							
	1	2	3	4	5	6	7	8
188867	32.68	24.89	31.86	31.23	26.30	28.45	32.05	25.82
202700	35.42	22.58	31.17	26.30	21.30	25.67	23.09	25.99
226792	34.63	22.67	28.89	28.40	29.52	28.63	24.36	24.86
227318	29.63	22.22	29.66	27.78	26.73	25.18	16.64	25.72
232098	33.78	25.17	31.14	25.01	28.49	25.30	24.81	25.81
255305	31.32	27.54	32.27	27.00	29.64	26.52	28.59	24.09
255301	31.62	23.10	32.75	28.25	26.90	27.07	25.49	24.54
260012	32.17	22.22	32.28	29.91	29.49	26.40	26.20	26.12
Gran San								
Gabriel	34.46	26.14	32.21	28.02	31.46	23.81	22.89	25.07
Estanzuela								
ganador	33.17	23.47	32.32	28.84	30.04	28.93	26.88	24.04
Procedel								
804	32.98	22.85	34.18	31.17	31.70	29.65	27.59	26.67
San Gabriel	30.91	25.02	33.22	27.81	28.80	23.05	18.67	27.90
Promedio	32.73	23.99	31.83	28.31	28.36	26.55	24.77	25.55
Pr > F	0.0045	0.0339	0.2060	0.0315	0.2028	0.0189	0.0594	0.6111
DMS	4.69	3.39	6.05	5.98	11.65	6.26	14.63	6.05

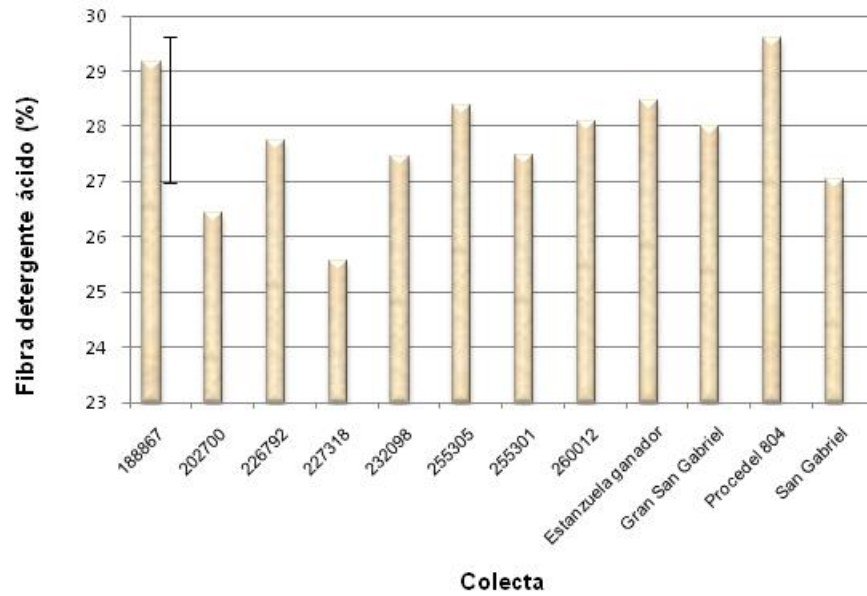


Figura 15. Porcentaje de FDA en colectas de *Lotus corniculatus* L. promedio de ocho cortes. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (2.66), con $\alpha=0.05$.

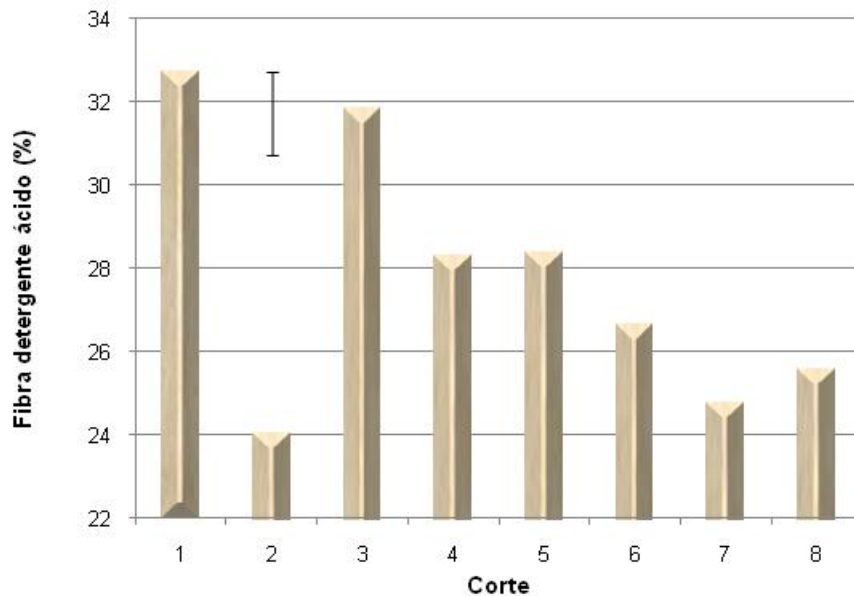


Figura 16. Porcentaje de FDA por corte de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (2.01), con $\alpha = 0.05$.

4.9 Digestibilidad *in vitro*

La variable DIV de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. por estación se muestra en la Figura 17, observándose que hubo diferencia ($P < 0.0131$) entre las colectas sólo en las estaciones de otoño e invierno. En otoño las de menor digestibilidad fueron la 202700, 260012, Estanzuela ganador y Procedel 804; mientras que en invierno sólo la 260012 y Procedel 804 tuvieron la menor digestibilidad. En cuanto a comportamiento promedio, las colectas fueron diferentes ($P < 0.0004$) en digestibilidad. La menos digestible fue la 260012 con 75.8% (Figura 18).

En relación a las estaciones, hubo diferencias entre ellas ($P < 0.0001$), presentándose la mayor digestibilidad *in vitro* en primavera e invierno con 80 y 79%, respectivamente (Figura 19).

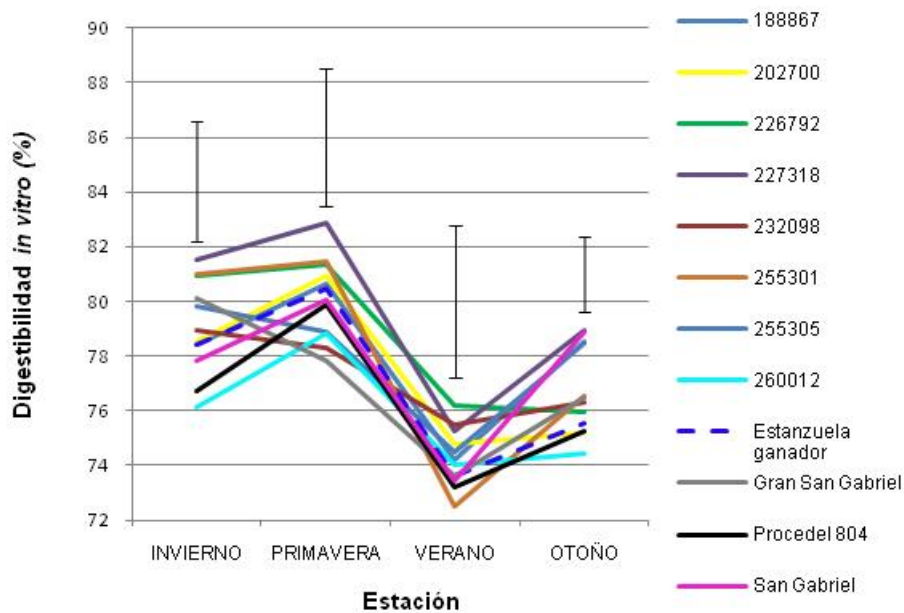


Figura 17. Digestibilidad *in vitro* de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. por estación. Las barras representan la diferencia mínima significativa de Tukey por corte, con $\alpha = 0.05$.

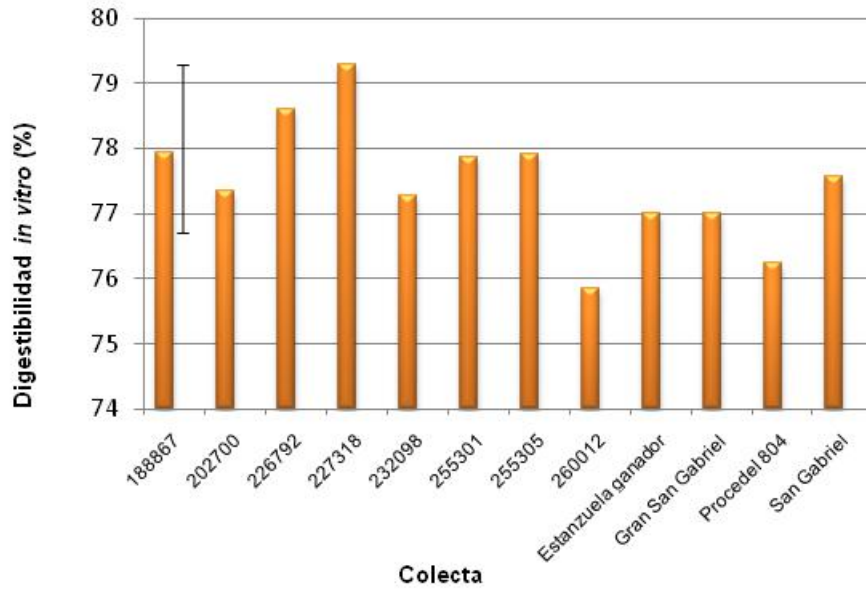


Figura 18. Porcentaje de digestibilidad *in vitro* promedio de cuatro estaciones de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (2.6), con $\alpha = 0.05$.

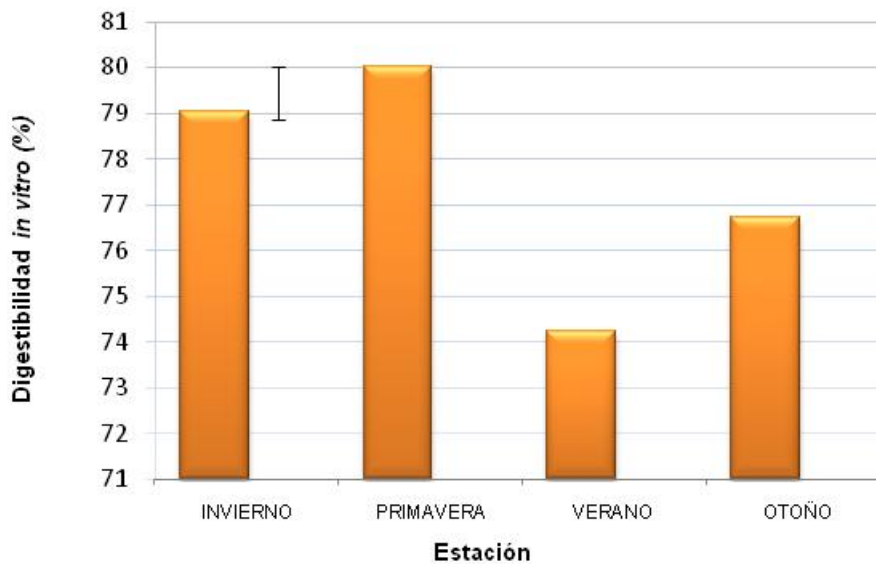


Figura 19. Digestibilidad *in vitro* por estación de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (1.16), con $\alpha=0.05$.

4.10 Proteína cruda

Las colectas fueron diferentes ($P < 0.001$) en concentración de proteína cruda en tres de las cuatro estaciones. La colecta Estanzuela ganador tuvo las menores concentraciones de PC en otoño, invierno y primavera. La colecta Procedel 804 en otoño también tuvo una concentración baja (17%) de PC (Figura 20).

En promedio, las colectas fueron diferentes ($P < 0.0001$), aunque las de mayor porcentaje de PC fueron la 188867, 227318, 255301, Gran San Gabriel, San Gabriel y la 202700; mientras la de menor concentración fue Estanzuela ganador (Figura 21).

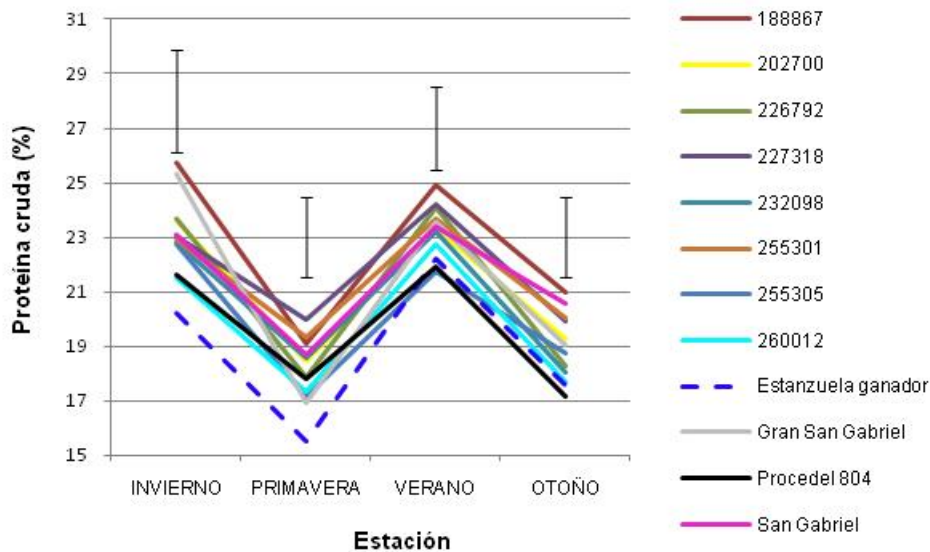


Figura 20. Porcentaje de proteína cruda por estación de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. Las barras representan el nivel de significancia de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Entre estaciones también hubo diferencias ($P < 0.0001$). En verano e invierno se presentó la mayor cantidad de proteína cruda (23%) y en la primavera se tuvo la menor cantidad de proteína cruda (18%), tal y como se indica en la Figura 22.

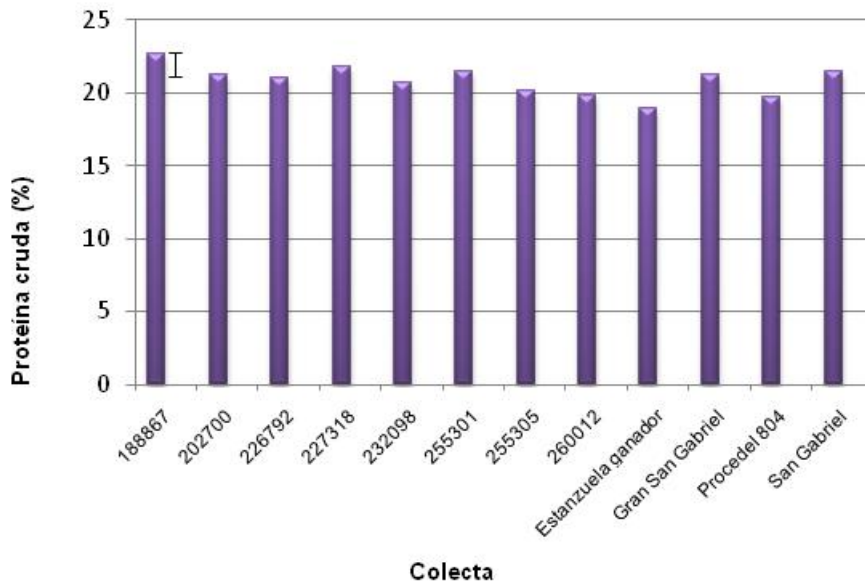


Figura 21. Porcentaje de proteína cruda de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. (promedio de cuatro estaciones). La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (1.65), con $\alpha = 0.05$.

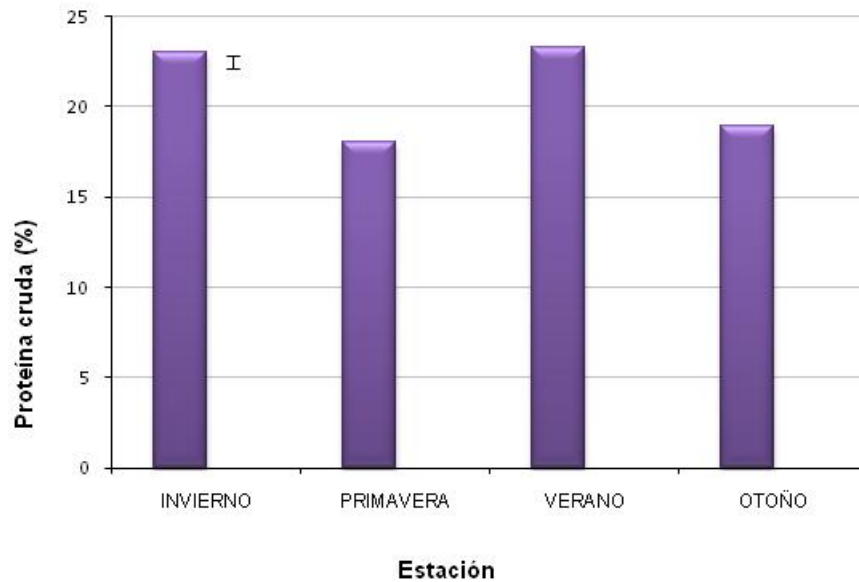


Figura 22. Porcentaje de proteína cruda por estación en *Lotus corniculatus* L. La barra representa la diferencia mínima significativa de Tukey (0.74), con $\alpha = 0.05$.

4.11 Percepción de los productores a la introducción de *Lotus corniculatus* L.

4.11.1 Generalidades

El 100% de los productores se dedican a la actividad agropecuaria y las edades de ellos fluctúan entre los 26 a 89 años. Alrededor de la mitad de ellos tienen una edad entre 40 a 54 años y muy pocos (3.7%) con edades entre 72 a 89 años (3.75%) (Figura 23A).

El tiempo desempeñado en la actividad agropecuaria es diverso, encontrándose alrededor de la mitad entre 15 a 30 años de experiencia (59%) y en menor medida con 70 años (1%) (Figura 23B). El 85% de los productores poseen de 1 a 5 hectáreas, el 15% restante posee más de 6 y menos de 12 hectáreas (Figura 23C). El número de personas que participan en las explotaciones va desde 1 hasta un máximo de 4 personas, siendo el 96% manejado por 1 y 2 personas (Figura 23D).

La finalidad de la explotación es la producción bovina de leche con animales de raza Holstein en un 100%. El hato se encuentra conformado principalmente de 12 a 18 hembras con 51.25% (Figura 24A).

En la Figura 24B se muestra que en las unidades de producción la presencia de machos va de 1 a 2 cabezas; sin embargo, esto sólo correspondió al 31% de la muestra, ya que el 69% de ellas no tienen machos. El número de crías en las unidades de producción va desde 1 a 20 crías, dominando el intervalo de 1 a 10 crías con 95% (Figura 24C). El ganado equino, que se utiliza como yunta para realizar actividades agrícolas, representa el 86% de las unidades de producción, donde el promedio es de 2 cabezas, el resto no tiene este tipo de ganado (Figura 24D).

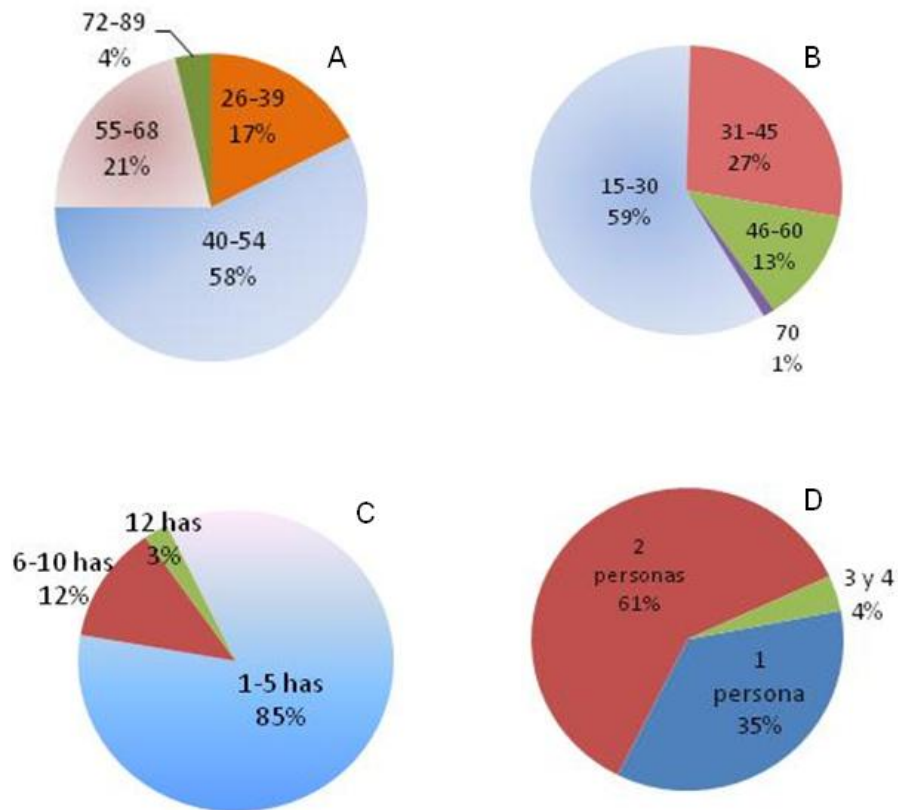


Figura 23. Edad de los productores (A), años en la actividad agropecuaria (B), superficie por productor (C) y número de personas que participan en las explotaciones pecuarias (D).

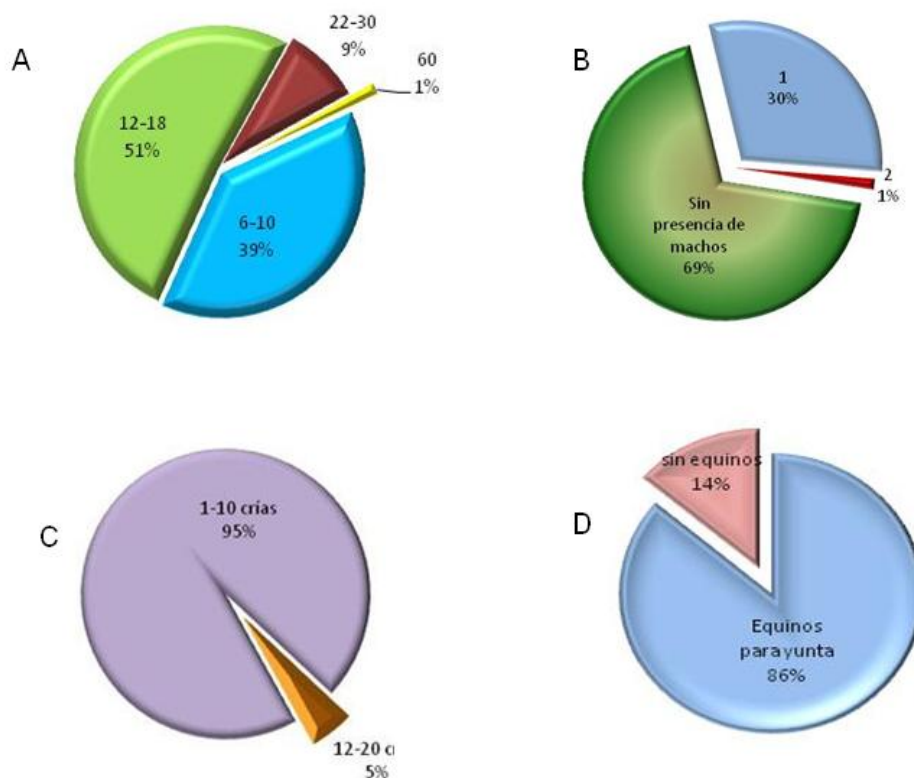


Figura 24. Distribución del ganado bovino y equino en las unidades de producción ganaderas. Número de vacas (A), número de toros (B), número de becerros (C) y ganado equino (D).

4.11.2 Utilización de leguminosas en las explotaciones

El 99% de los productores entrevistados conoce las leguminosas y mencionan dos o más especies. El 100% de los productores entrevistados conocen los beneficios de las leguminosas, indicando que son nutritivas, incrementan la producción de leche y contienen altas cantidades de proteína.

El 100% de productores de las explotaciones ganaderas afirman haber establecido alguna vez leguminosas en sus terrenos, utilizando información de asesorías técnicas (55%), días demostrativos (31.25%) y de cursos (13.75%) (Figura 25).

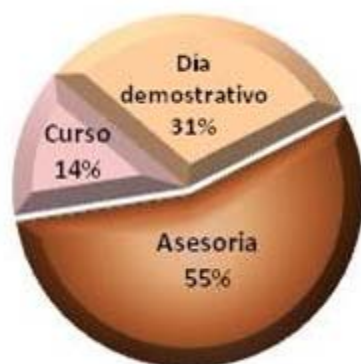


Figura 25. Información de apoyo para el establecimiento de leguminosas en años anteriores.

Los productores toman la decisión de establecer leguminosas en sus terrenos debido a que las consideran buen alimento (83%). Otras razones son porque incrementan la producción de leche, por recomendación de algún conocido, por ser altas en proteína y por constituir otras opciones en la alimentación, tal como se puede observar en la Figura 26.

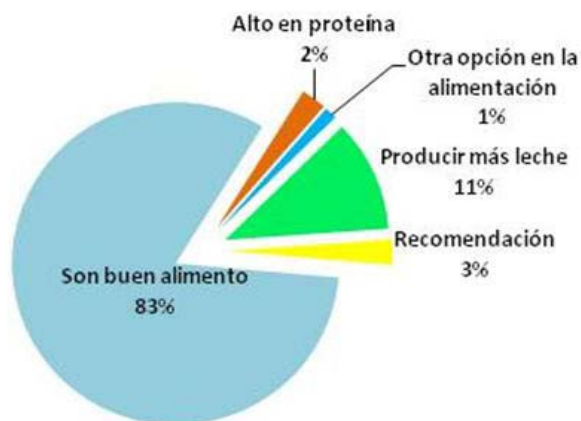


Figura 26. Percepción de los productores para establecer praderas de leguminosas en la alimentación de ganado lechero.

El 100% de los productores entrevistados coincidió que el principal problema que se tiene al pastorear la alfalfa es el timpanismo, si no se regula el consumo. Los productores adquieren las semillas para el establecimiento de sus praderas en los

municipios de Puebla y Libres (35 y 65%, respectivamente). Así mismo, el 100% de los productores mencionan que utilizaron recursos propios para su establecimiento.

4.11.3 Percepción de los productores a la introducción de *Lotus corniculatus* L.

El 100% de los productores no conocen la especie *L. corniculatus* L. y no saben que tiene calidad parecida a la alfalfa y están de acuerdo en establecerla en sus terrenos. La razón del por qué establecerían *L. corniculatus* L. se indica en la Figura 27, evidenciándose que les interesaría conocerla y probarla en animales (66%), utilizarla como otra opción para la alimentación, conocer los beneficios de la especie y conocer su viabilidad.

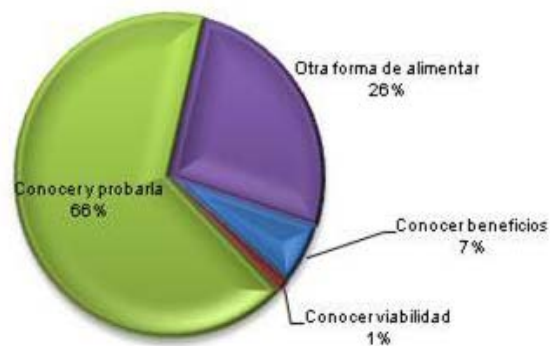


Figura 27. Percepción de los productores del porqué establecer *Lotus corniculatus* L.

En la Figura 28 se detallan las expectativas de los productores al establecer *L. corniculatus* L. en sus unidades de producción. En términos de rendimientos de materia seca (64%), que los costos de establecimiento fueran bajos y que tuviera buen rendimiento (31%). El 4% esperaba que se adapte a la región (sequía y heladas) y por último el 1% espera que esta especie sea especial para ganado lechero.

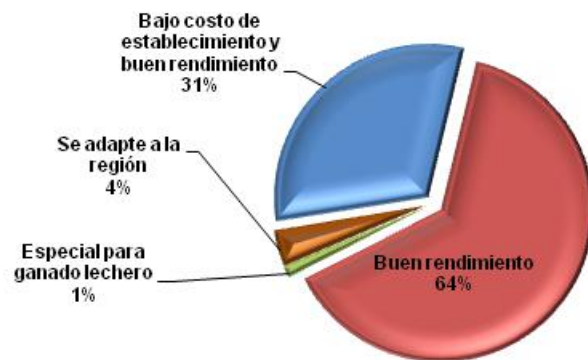


Figura 28. Expectativas de los productores al establecimiento del *Lotus corniculatus* L.

V. DISCUSIÓN

5.1 Producción del *Lotus corniculatus* L.

En promedio, se obtuvo una producción acumulada de todas las colectas de $7,691 \pm 1,872$ kg MS ha⁻¹ año⁻¹. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Acuña, 1998) quien obtuvo producciones de materia seca en promedio de $7,800$ kg ha⁻¹ año⁻¹ distribuidos en 4 cortes de 4 variedades de *L. corniculatus* L. Halling et al. (2004), Meneses et al. (2008) y Ramírez-Restrepo et al. (2006b), obtuvieron producciones ligeramente superiores de $8,269$, 8500 y $8,460$ kg de materia seca por ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. El primero corresponde al promedio acumulado de 2 cortes realizados, el segundo a la producción acumulada de 3 variedades de *Lotus corniculatus* L. y por último el tercero fue la cantidad de forraje disponible para pastoreo. Por otra parte, Scharenberg et al. (2007) y Zarza et al., (2007) tuvieron producciones en materia seca de $9,200$ y $10,380$ kg ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente, un experimento haciendo 2 cortes anuales y el otro con 96 accesiones de *L. corniculatus* L. en el primer año de establecimiento. Mayores producciones de materia seca son reportados por Zarza et al. (2008) quienes obtuvieron $11,200$ kg ha⁻¹ año en condiciones de riego. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Marley et al. (2006) los cuales reportan producciones de materia seca en promedio de $6,000$ kg ha⁻¹ distribuidos en 3 cortes al primer año del establecimiento. Otros autores (Lingorski, 2001; Pecetti et al., 2009) mencionan producciones aún menores de $4,130$ y $4,470$. Por su parte Ramírez-Restrepo et al. (2004) reportan una baja producción ($2,100$ kg ha⁻¹ año⁻¹) en *L. corniculatus* L. en estado vegetativo en etapa de crecimiento. Las producciones de materia seca durante el experimento se consideran medias, considerando en el intervalo reportado por otros autores. Hubo variación entre cortes, lo cual obedece a diferencias en las temperaturas y la precipitación, pero la planta no fue afectada en su persistencia por las bajas temperaturas registradas.

5.2 Fibra detergente neutro

Los porcentajes más altos de FDN (50 y 51%) se reportaron en los cortes 5, 3 y 1, (Verano y Otoño) los cuales presentaron la menor relación hoja/tallo y los menores porcentajes (43%) se mostraron en los cortes 8, 2, 6 y 7 (invierno, otoño y primavera). Las colectas 227318 y San Gabriel tuvieron los porcentajes más bajos de FDN con 44 y 43%, respectivamente, las cuales registraron producciones en materia seca de hoja de 635 y 518 kg ha⁻¹ año⁻¹; además de contar con buena relación hoja:tallo. Los datos de FDN obtenidos en la presente investigación coinciden con los reportados por Cherney *et al.* (1988) quienes reportaron porcentajes del 50% para esta especie. Porcentajes menores de FDN que oscilan en el intervalo de 27 a 35% han sido reportados por varios investigadores (Ramírez-Restrepo *et al.*, 2004; Fulkerson *et al.*, 2006; Marley *et al.*, 2006; Cárdenas *et al.*, 2007; Scharenberg *et al.*, 2007).

5.3 Fibra detergente ácido

En esta investigación, los mayores porcentajes de FDA fueron de 33%; mientras que los menores fueron de 23%. Los porcentajes más altos de FDA han sido reportados por Acuña (1998), quien indica en promedio valores de 30% en variedades como San Gabriel, Quimey, Ganador y el Boyero en la segunda temporada de producción. Arzani *et al.* (2006) obtuvieron resultados similares de 29% de FDA en una colecta de *Lotus corniculatus* L. cortadas después de la floración. Porcentajes de FDA menores a los obtenidos en esta investigación están en un intervalo de 18 a 24% (Fulkerson *et al.*, 2006; Cárdenas *et al.*, 2007; Scharenberg *et al.*, 2007)

5.4 Digestibilidad de *Lotus corniculatus* L.

Los porcentajes de digestibilidad que se obtuvieron en el presente trabajo (74-79%) fueron similares a los obtenidos por Cárdenas *et al.* (2007), quienes tuvieron digestibilidades *in vitro* de 70% a los 45 días de corte y de 74% a los 70. Por otra parte Ramírez-Restrepo *et al.* (2006a) reportan valores de digestibilidad *in vivo* de 72% en

etapa vegetativa, de 66 a 68 % en floración y de 62 a 65% en estado maduro tomando en cuenta vainas con y sin semillas. Se reportan valores más bajos de alrededor de 66% (Arzani *et al.*, 2006) quienes evaluaron la digestibilidad *in situ* del *Lotus corniculatus* L. En la presente investigación los datos de digestibilidad obtenidos se consideran altos muy similares a los de la alfalfa y tréboles.

5.5 Cantidad de proteína cruda

La variación en contenido de proteína en el presente estudio estuvo en el intervalo de 18 a 23%. Marley *et al.* (2006) reportan porcentajes similares a los obtenidos en este trabajo, los cuales van del 18 a 22% en 13 variedades de *Lotus corniculatus* L. De igual manera, Scharenberg *et al.* (2007) reportan 20% de proteína a través de 2 cortes realizados a los 49 días y Acuña (1998) de 15 a 20% en 4 variedades de *Lotus corniculatus* L. Porcentajes superiores de proteína han sido reportados por otros autores en los que se han obtenido concentraciones de 28-29% (Fulkerson *et al.*, 2006; Cárdenas *et al.*, 2007). Estos datos contrastan con los de Karabulut *et al.* (2006) y Arzani *et al.* (2006) quienes reportaron valores de 15 a 17% de proteína en *Lotus corniculatus* L. Estas diferencias de los trabajos citados se podrían explicar probablemente porque los cortes no fueron hechos a etapas fenológicas constantes, sino que se realizaron en la etapa de floración y las otras antes de alcanzar su total crecimiento y después de la floración. Se considera que en el presente trabajo, la cantidad de proteína fue buena ya que son similares a los reportados por autores antes mencionados y el contenido es similar a la alfalfa y tréboles.

5.6 Percepción de los productores hacia la introducción de una nueva especie de leguminosa forrajera al sistema de producción

Para la adopción de una nueva tecnología se debe de tomar en cuenta las características productivas de productores y los riesgos que una nueva tecnología significa (Cap y González, 2004). Los productores están dispuestos a introducir en sus sistemas de producción la leguminosa *Lotus corniculatus* L. motivados principalmente

por la curiosidad. Sin embargo, falta realizar más estudios al respecto al mismo tiempo que evaluar la productividad de esta especie en pequeñas parcelas con grupos de productores interesados. Esto es de suma importancia porque bajo el manejo y las condiciones que cada uno de los productores acostumbra hacer y tener, ayuda a mejorar la toma de decisiones (Aguilar, 2008). Rivera y Romero (2003) mencionan que la adopción de una tecnología no es inmediata; sino que muchas veces se espera a que otro productor lo haga o bien se toma su tiempo, esto derivado de actitudes de desconfianza.

En el proceso de adopción de una tecnología, se debe de tomar en cuenta que a veces, los productores no aplican toda la información que se les transfiere ya que piensan que en el caso de nuevas variedades e híbridos, tendrían problemas de adaptación a las condiciones del lugar o simplemente desconfían; y por lo tanto, es necesario presentarles evidencias convincentes. Otro factor determinante que interviene en el proceso de adopción de tecnología, es la falta de recursos con los que cuentan los productores (Rivera y Romero, 2003), tal y como se constató en la información obtenida en este trabajo, indicando que con frecuencia ellos tienen que desembolsar sus propios recursos para establecer nuevas leguminosas forrajeras; recursos con los que a veces no se cuenta.

VI. CONCLUSIONES

Las colectas de *L. corniculatus* L. evaluadas tuvieron un comportamiento diferente en la producción de materia seca y valor nutritivo. Las colectas con mayor producción de forraje fueron la 202700, 260012, Estanzuela ganador, Gran San Gabriel, Procedel 804 y San Gabriel con valores de entre 1,000 a 1,400 a kg corte⁻¹ ha⁻¹. La colecta 202700 tuvo una relación hoja/tallo alta, presentó valores bajos de FDN y FDA, los más altos porcentajes de digestibilidad y de proteína; por tanto tiene potencial para incorporarse a un programa de mejoramiento genético, en el que se incluyan otras características de productividad y calidad forrajera o de producción de semillas.

En cuanto a la percepción de los productores a la introducción del *Lotus corniculatus* L., existe la disposición en introducir esta especie a sus sistemas de producción, con la cual esperan tener buenos rendimientos, que sea de bajo costo de establecimiento y que sea consumida por el ganado lechero.

VII. CONSIDERACIONES FINALES

El *Lotus corniculatus* L. no se encuentra establecido en praderas de superficies considerables en México, por lo tanto una vez demostrado que esta especie tiene potencial para ser incluida en los sistemas de producción, es necesario realizar desarrollo y gestión en los sistemas ganaderos para poder introducir esta especie a las unidades pecuarias.

En el presente trabajo, la colecta 202700 demostró tener las mejores aptitudes forrajeras y ser una opción en la alimentación animal. Sin embargo es necesario trabajar en conjunto con instituciones de investigación y productores para crear bancos de multiplicación de semilla y a la vez explorar otras posibilidades de producción.

Se debe difundir las características agronómicas de *L. corniculatus* para que los productores la conozcan e introduzcan y establecerla en sitios representativos para evaluaciones agronómicas, así como medir su persistencia bajo condiciones de pastoreo y determinar la carga animal.

Se deben realizar más estudios sobre el establecimiento y persistencia que pudieran potencializar la calidad, determinar su potencial de producción animal en los sistemas predominantes de las zonas ganaderas de clima templado y conocer las principales enfermedades que pudieran afectarla.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C., 1975. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. Washington. D.C.
- Acuña P.H., 1998. Comparación de variedades de tres especies del género *Lotus* (*L. corniculatus* L., *L. uliginosus* Cav. y *L. tenuis* Wald et Kit). Agricultura Técnica 58, 7-14.
- Acuña P.H., 2008. Leguminosas forrajeras: establecimiento, manejo y utilización, In: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, I. (Ed., LESIS, INIA, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile, Universidad de la República, CAF, Universidad Austral de Chile, CSIC, Universidad de Sevilla, España, Centro Regional de Investigación Quimalapu, p. 87.
- Aguilar C.W.J., 2008. Toma de decisiones en la elección y adopción de opciones productivas en unidades domésticas de dos grupos de productores campesinos del municipio de Hocobá, Yucatán, México. Ecología y Desarrollo Sustentable. El Colegio de la Frontera Sur. Yucatán. México, p. 114.
- Améndola R., Castillo E., 2005. Perfiles por país del recurso pastura/forraje. México. FAO. http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico_so.htm (accesado el 20 de octubre de 2010).
- ANKOM, T. 2006. Operator's manual. ANKOM Technology. Macedon, New York.
- Artola A., 2004. *Lotus corniculatus* -morfología, desarrollo y producción de semillas. <http://www.ciencia.net/VerArticulo/Lotus-corniculatus-Morfología,-Desarrollo - y - Producción-de-Semillas?idArticulo=5130> (accesado el 18 de julio de 2010).
- Arzani H., Basiri M., Khatibi F., Ghorbani G., 2006. Nutritive value of some Zagros mountain rangeland species. Small Ruminant Research 65, 128-135.
- Beuselinck P.R., Grant W.F., 1995. Birdfoot trefoil. In: Barnes R.F., Brown A.H., Crowford D.J. (Eds.). Forages, an Introduction to grassland agriculture. Iowa State Univ., pp. 237-248.
- Blache D., Maloney S.K., Revell D.K., 2008. Use and limitation of alternative feed resources to sustain and improve reproductive performance in sheep and goats. Animal Feed Science and Technology 147, 140-157.

- Blanco M.S., Malaver M., Pezo S., 2003. Manual práctico de ganadería. In: ITDG (Ed.). Alimentación animal, sanidad animal, mejoramiento ganadero. Ali Arte Gráfico S.R.L., Perú.
- Buxadé C.C., 1996. Zootecnia. Bases de producción animal. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, p. 381.
- Canals R.M., Peralta J., Zubiri E., 2009. *Vicia sativa* L.: veza, In: Peralta, J. (Ed.), Departamento de Producción Agraria, Herbario UPNA- Departamento de Ciencias del Medio Natural. Universidad Pública de Navarra, España. www.unavarra.es/servicio/herbario/pratenses/htm/Vici_sati_p.htm (accesado el 15 de noviembre de 2010).
- Cap E.J., González P., 2004. La adopción de tecnología y la optimización de su gestión como fuente de crecimiento de la economía Argentina. INTA, p.15.
- Cárdenas R.E.A., Carulla J., Riveros A., Pimentel J.C., 2007. Evaluación agronómica y productiva de una colección núcleo de variedades comerciales de *Lotus* para clima frío en Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 20, 652-653.
- Castro B.M.R., 2006. Elaboración de material curricular para la práctica básica de estudiantes de medicina veterinaria de la Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia-Chile, p. 144.
- Céspedes L.L.F., 2005. Evaluación cualitativa de la adopción de tecnología básica de manejo silvícola por pequeños propietarios de la comuna de Coyhaique. XI región de Aysén Departamento de Manejo de Recursos Forestales. Universidad de Chile. Santiago de Chile, p. 116.
- CIMMyT, 1993. La adopción de tecnologías agrícolas: guía para el diseño de encuestas. CIMMyT. México, D.F., p. 88.
- Clarke T., Flinn P.C., McGOWAN A.A., 1982. Low-cost pepsin-cellulase assays for prediction of digestibility of herbage. Grass and Forage Science 37, 147-150.
- COTECOCA, 2008. Vegetación y uso del suelo. In: COTECOCA (Ed.). SAGARPA, México, D.F. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/pdf (accesado el 08 de diciembre de 2010).
- Crespo R.J., Castaño J.A., Capurro J.A., 2007. Secado de forraje con el horno de microondas: efecto sobre el análisis de calidad. Agricultura Técnica 67, 210-218.

- Cherney J.H., Johnson K.D., Volenec J.J., Anliker K.S., 1988. Chemical composition of herbaceous grass and legume species grown for maximum biomass production. *Biomass* 17, 215-238.
- Druzianich E., 2005. Información en pasturas. INTA. Argentina. Boletín informativo proyecto ganadero No 1, p. 4.
- Escuder A.M.Q., 1980. Algunas consideracoes sobre o papel das leguminosas nas pastagens, Servicio de Información y Documentación Agropecuaria de las Américas. CIAT. Brasil. pp. 52-57.
- Esqueda C.M.H., Carrillo R.R.L., 2001. Producción de forraje y carne en pastizales resemebrados con gramíneas introducidas. *Técnica Pecuaria en México* 39, 139-152.
- FAO, 2004. Perspectivas alimentarias. Departamento económico y social de la FAO. Sistema mundial de información y alerta sobre la agricultura y la alimentación. Roma, p. 5.
- Finck, A., 1988. Fertilizantes y fertilización. Reverte S. A, España, p. 441.
- Fulkerson W.J., Neal J.S., Clark C.F., Horadagoda A., Nandra K.S., Barchia I., 2006. Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Grasses and legumes. *Livestock Science* 107, 253-264.
- García M.E., 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F, p. 217.
- Góngora G.S., 2007. XLIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Validación de técnicas para la diversificación apícola en el estado de Yucatán, México. Fundación Produce, Sinaloa A. C. Sinaloa, México, p. 377.
- Gorosito R., 2006. Evitando el empaste. PANNAR. Argentina, http://www.pannar.com.ar/guías_detalle.php (accesado el 12 de junio de 2010).
- Grant F.W., 2009. *Lotus corniculatus*. SciTopics. Canada. http://www.scitopics.com/Lotus_corniculatus.html (accesado el 20 de septiembre de 2010).
- Graupera G.F., 1984. Agricultura y ganadería en los trópicos. Biblioteca agrícola AEDOS. Editia Mexicana, S. A., México-Barcelona, p. 299.

- Gunn C.R., Wiersema J.H., Ritchie C.A., Kirkbride J.H., 1992. Families and general of spermatophytes recognized by the agricultural research service. Technical Bulletin 1796, p. 43.
- Gutiérrez C.J.M., Martínez M.G., Ortiz T.C., 2000. Producción de carne de ovino en praderas de humedad residual en la zona templada de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, México, p. 147.
- Halling M.A., Topp C.F.E., Doyle C.J., 2004. Aspects of the productivity of forage legumes in northern Europe. *Grass and Forage Science* 59, 331-344.
- Hedqvist H., Mueller-Harvey I., Reed J.D., Krueger C.G., Murphy M., 2000. Characterisation of tannins and *in vitro* protein digestibility of several *Lotus corniculatus* varieties. *Animal Feed Science and Technology* 87, 41-56.
- Hernández-Fonseca J.C., Elizondo-Porras F.I., 2006. Estudio sobre la adopción de variedades mejoradas de frijol en las principales zonas productoras de frijol de la región Brunca de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 17, 357-367.
- INEGI, 1995-2005. Censos de población y vivienda. Censos de población y vivienda. INEGI. México, D.F. www.inegi.gob.mx (accesado el 22 de diciembre de 2010).
- INEGI, 2005. II Censo de población y vivienda 2005. INEGI. México, D.F. www.inegi.gob.mx (accesado el 20 de diciembre de 2010).
- INEGI, 2006. Anuario estadístico de Puebla. Instituto Nacional de Geografía e Informática. México, p. 59.
- INEGI, 2009. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. INEGI, Aguascalientes, Aguascalientes, p. 29.
- INEGI, 2010. Perspectiva estadística Puebla. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, D.F., p. 99.
- INIFAP, 2003. Grupos ganaderos para la validación y transferencia de tecnología pecuaria, casos exitosos 2002. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México, D.F, p. 118.
- Joaquín T.B.M., Gijón G.J., 1990. Caracterización agronómica de leguminosas forrajeras. Departamento de zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

- Jones D.I.H., Hayward V.M., 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.
- Karabulut A., Canbolat O., Kamalak A., 2006. The effect of PEG on *in vitro* organic matter digestibility and metabolizable energy of *Lotus corniculatus* L. *Lotus Newsletter* 36, 7-10.
- 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.
- Klein R.F., 1992. Utilización de la alfalfa en producción de leche. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile, p. 22.
- Lagler J.C., 2003. *Lotus*: Un género que no acaba en dos especies. *Revista Forrajes & Granos. Buenos Aires, Argentina*, pp. 72-76.
- Lingorski V., 2001. Morphological characteristic of yields of some legumes in Bulgaria. *Archivos de Zootecnia* 50, 391-394.
- Marley C.L., Cook R., Keatinge R., Barrett J., Lampking N.H., 2003. The effect of birdfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and chicory (*Cichorium intybus*) on parasite intensities and performance of lambs naturally infected with helminth parasites. *Veterinary Parasitology* 112, 147-155.
- Marley C.L., Fychan R., Jones R., 2006. Yield, persistency and chemical composition of *Lotus* species and varieties (birdsfoot trefoil and greater bidsfoot trefoil) when harvested for silage in the UK. *Grass and Forage Science* 61, 134-145.
- Mendoza P.S.I., Hernández G.A., Pérez P.J., Quero C.A.R., Escalante E.A.S., Zaragoza R.J.L., Ramírez R.O., 2010. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1, 287-296.
- Meneses A.R., Espinoza J., Campos G.H., Delgadillo J., 2008. Evaluación agronómica de la inoculación de *Lotus corniculatus* en Bolivia. In: INIA (Ed.). Bolivia, p. 92.
- Miller J.M., Mariola J.M., Hansen O.D., 2008. EARTH to farmers: Extension and the adoption of environmental technologies in the humid tropics of Costa Rica. *Ecological Engineering* 34, 349-357.

- Min B.R., Barry T.N., Attwood G.T., McNabb W.C., 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology* 106, 3-19.
- Miñon P.D., Sevilla H.G., Montes L., Fernández O., 1990. *Lotus tenuis*: leguminosa forrajera para la Pampa deprimida. Boletín Técnico Número 98. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación experimental Agropecuaria Balcarce, p. 16.
- Montemayor T.J.A., Aguirre A.H.W., Olague R.J., Román L.A., Rivera G.M., Preciado R.P., Montemayor T.I.R., Segura C.M.Á., Orozco V.J.A., Yescas C.P., 2010. Uso del agua en la alfalfa (*Medicago sativa*) con riego por goteo subsuperficial. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1, 145-156.
- Morales G.G., 1992. Fundamentos de alimentación, manejo y sanidad bovina. Turrialba, Costa Rica, p. 158.
- Muslera P.E., Ratera G.C., 1984. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. Mundi prensa. Madrid, España, p. 702.
- Niezen J.H., Robertson H.A., Waghorn G.C., Charleston W.A.G., 1998. Production, faecal egg counts and worm burdens of ewe lambs which grazed six contrasting forages. *Veterinary Parasitology* 80, 15-27.
- Ovalle M.C., Bustos B.P., Pozo L.A., Avendaño R.J., Arredondo S.S., 2003. Caracterización preliminar de una colección de leguminosas forrajeras anuales para la zona mediterránea de Chile. *Agricultura Técnica* 63, 15.
- Paladines O., Lascano C., 1983. Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas. Metodologías de evaluación. CIAT. Cali, Colombia, p. 183.
- Pecetti L., Annicchiarico P., Battini F., Cappelli S., 2009. Adaptation of forage legume species and cultivars under grazing in two extensive livestock systems in Italy. *European Journal of Agronomy* 30, 199-204.
- Pérez A., Suárez J., Matías C., González Y., Navarro M., Vieito E.L., 2007. Generación, difusión y adopción de tecnologías para la producción, beneficio y conservación de semillas de plantas forrajeras con un enfoque empresarial. *Pastos y Forrajes* 30, 399-429.

- Ramírez-Restrepo C.A., Barry T.N., 2005. Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in grazing ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 120, 179-201.
- Ramírez-Restrepo C.A., Barry T.N., López-Villalobos, N., 2006a. Organic matter digestibility of condensed tannin-containing *Lotus corniculatus* and its prediction *in vitro* using cellulase/hemicellulase enzymes. *Animal Feed Science and Technology* 125, 61-71.
- Ramírez-Restrepo C.A., Barry T.N., López-Villalobos N., Kemp, P.D., Harvey, T.G., 2005. Use of *Lotus corniculatus* containing condensed tannins to increase reproductive efficiency in ewes under commercial dryland farming conditions. *Animal Feed Science and Technology* 121, 23-43.
- Ramírez-Restrepo C.A., Barry T.N., López-Villalobos N., Kemp P.D., McNabb W.C., 2004. Use of *Lotus corniculatus* containing condensed tannins to increase lamb and wool production under commercial dryland farming conditions without the use of anthelmintics. *Animal Feed Science and Technology* 117, 85-105.
- Ramírez-Restrepo C.A., Kemp P.D., Barry T.N., López-Villalobos, N., 2006b. Production of *Lotus corniculatus* L. under grazing in a dryland farming environment. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 49, 89-100.
- Ríos V.M.Á., 2006. Panorama de la ganadería mexicana y sinaloense. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Culiacán, Sinaloa. www.uasnet.mx/centro/profesional/.../geograf.htm (accesado el 10 de noviembre de 2010).
- Rivera N.A., Romero H.O., 2003. Evaluación del nivel de transferencia y adopción de tecnología en el cultivo de caña de azúcar en Córdoba. Veracruz, México. *Caña de Azúcar* 21, 20-40.
- Rogers E.M., 1995. *Diffusion of Innovations*. The Free Press. A Division of Simon & Schuster Inc. New York, USA., p. 518.
- Rubio G.E., Yañez K.M.A., 2000. Transferencia de tecnología y enfoque de sistemas. Colegio de Postgraduados, México, D.F., p. 55.
- SAGARPA, 2009. Antecedentes y perspectiva de la producción pecuaria en México, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

- México. www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Otros/Attachments/2/conargen.pdf (accesado el 10 de octubre de 2010).
- SAGARPA, 2010. Programa sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2001-2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, México., p. 36.
- Sagastume N., Rodríguez R., Obando M., Sosa H., Fishler M., 2006. Guía para la elaboración de estudios de adopción de tecnologías de manejo sostenible de suelos y agua. Litografía López, S. de R.L. Tegucigalpa, Managua y San Salvador., p. 40.
- San Miguel A.A., 2007. Leguminosas de interés para la implantación de praderas. Ecología y pautas básicas de utilización. Universidad Politécnica de Madrid, España., p. 17.
- Sánchez D.A., 1969. Comparación de especies de pastos y sistemas de manejo de praderas en varios ambientes ecológicos de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. San José, Costa Rica., p. 481.
- Scharenberg A., Arrigo Y., Gutzwiller A., Soliva R.C., Wyss U., Kreuzer M., Dohme F., 2007. Palatability in sheep and *in vitro* nutritional value of dried and ensiled sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*), and chicory (*Cichorium intybus*). Archives of Animal Nutrition 6, 481-496.
- SDR, 2004. Plan rector del sistema producto ovino. Secretaría de Desarrollo Rural, Puebla, Pue., p. 100.
- SIAP, 2008. PUEBLA. Población ganadera, avícola y apícola 1999-2008. SAGARPA. México. D. F. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/EstadoRegion/puepob.pdf (accesado el 15 de julio de 2010).
- Sierra P.J.Ó., 2005. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros Universidad de Antioquia. Antioquia Colombia., p. 244.
- Sölter U., Hopkins A., Sltzia M., Goby J.P., Greef J.M., 2007. Seasonal changes in herbage mass and nutritive value of a range of grazed legume swards under Mediterranean and cool temperate conditions. Grass and Forage Science 62, 372-388.

- Sosa R.E.E., Cabrera T.E., Pérez R.D., Ortega R.L., 2008. Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo. *Técnica Pecuaria en México* 46, 413-426.
- Soto O.P., Janh B.E., Velasco H.R., Arredondo S.S., 2005. Especies leguminosas forrajeras para corte en suelos arcillosos de mal drenaje. *Agricultura Técnica* 65, 157-164.
- Striker G.G., Insausti P., Grimoldi A.A., Ploschuk L.E., Viviana V., 2005. Physiological and anatomical basis of differential tolerance to soil flooding of *Lotus corniculatus* L. and *Lotus glaber* Mill. *Plant and Soil* 276, 301-311.
- Suárez-Domínguez H., López-Tirado Q., 1996. La ganadería bovina productora de carne en México. Situación Actual. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia. Chapingo, México, p. 16.
- Villegas D.G., Bolaños M.A., Olguín P.L., 2001. La ganadería en México. Plaza y Valdés, S. A. de C. V. México, D. F., p. 143.
- Waghorn G., 2008. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production -Progress and challenges-. *Animal Feed Science and Technology* 147, 116-139.
- Woodward S.L., Laboyrie P.J., Jansen E.B.L., 2000. *Lotus corniculatus* and condensed tannins - effects on milk production by dairy cows. *Animal Science* 13, 521-525.
- Zarza R., Cuitiño M.J., Risso D., Bemhaja M., Bermúdez R., Ayala W., Zarza M., Rebuffo M., Condón F., 2008. Caracterización productiva de germoplasma de *Lotus corniculatus* en diferentes ambientes en Uruguay. INIA. Uruguay, pp. 15-16.
- Zarza R., Rebuffo M., Alzugaray R., Condón F., Risso D., Bermúdez R., Ayala W., Bemhaja M., Altier N., Zarza M., 2007. Colecta y caracterización de poblaciones criollas de *Lotus corniculatus* en Uruguay. *Lotus Newsletter* 37, 22-23.

IX.ANEXOS

Altura de planta (cm) por corte de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L.

COLECTA	CORTE							
	1	2	3	4	5	6	7	8
188867	76.15	28.95	36.85	34.58	23.45	12.15	2.70	13.68
202700	73.90	36.85	41.00	38.35	32.58	22.85	12.70	25.75
226792	54.55	26.55	30.78	33.93	28.78	19.75	8.25	17.33
227318	70.05	37.97	32.64	35.68	28.73	21.90	7.48	20.93
232098	62.55	21.59	32.00	31.80	32.63	21.28	10.30	15.08
255305	52.85	26.33	35.93	35.25	33.65	22.10	9.30	15.10
255301	59.88	26.29	35.76	34.05	30.80	21.05	8.85	20.93
260012	98.45	41.71	42.49	42.45	36.85	25.58	13.33	26.25
Gran San Gabriel	78.90	38.93	43.88	45.15	37.80	24.70	13.78	27.80
Estanzuela ganador	85.60	38.88	44.95	43.65	39.60	27.20	16.50	29.30
Procedel 804	83.33	31.00	43.53	39.70	36.65	23.18	10.65	24.10
San Gabriel	108.65	36.53	43.54	38.05	31.60	23.80	12.98	25.05
Promedio	75.40	32.63	38.61	37.72	32.76	22.13	10.57	21.77
Pr > F	<.0001	0.0015	0.0004	0.0047	0.0013	<.0001	0.0002	<.0001
DMS	19.29	16.67	12.11	11.84	11.56	5.92	8.30	10.34

Porcentaje de digestibilidad *in vitro* de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. por estación.

COLECTA	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
188867	78.39	80.62	74.20	78.56
202700	78.51	80.93	74.78	75.18
226792	80.91	81.36	76.22	75.97
227318	81.54	82.84	75.24	78.92
232098	78.95	78.29	75.51	76.33
255301	80.98	81.44	72.53	76.52
255305	79.83	78.88	74.47	78.49
260012	76.16	78.86	74.01	74.42
Estanzuela ganador	78.39	80.48	73.59	75.53
Gran San Gabriel	80.14	77.81	73.61	76.48
Procedel 804	76.70	79.85	73.23	75.25
San Gabriel	77.84	80.09	73.45	78.92
Promedio	79.03	80.12	74.24	76.71
Pr > F	0.0016	0.0722	0.5404	0.0131
DMS	4.3574	5.0832	5.5122	2.7981

Porcentaje de proteína cruda de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. por estación.

COLECTA	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
188867	25.75	19.09	24.89	20.99
202700	23.65	18.46	23.32	19.29
226792	23.70	17.84	24.08	18.30
227318	23.06	19.97	24.24	19.91
232098	22.79	18.59	23.22	18.04
255301	22.95	19.36	23.66	20.03
255305	22.75	17.17	21.77	18.76
260012	21.50	17.36	22.77	17.71
Estanzuela ganador	20.24	15.52	22.24	17.56
Gran San Gabriel	25.34	16.91	23.56	19.07
Procedel 804	21.64	17.79	21.93	17.19
San Gabriel	23.10	18.68	23.36	20.58
Promedio	23.04	18.06	23.25	18.95
Pr > F	<0.0001	0.0013	0.1601	0.0004
DMS	2.8984	3.0985	3.7672	2.8994



CUESTIONARIO
COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

PROYECTO: ANÁLISIS DE 12 COLECTAS DE LOTUS CORNICULATUS L. EN LA REGION DE TEXCOCO, MEXICO.

El presente cuestionario tiene como objetivo obtener información de productores pecuarios, con la finalidad de conocer qué tipo de forrajes proporcionan a su ganado y saber si se encuentran dispuestos a cultivar una nueva especie que complemente la dieta del animal.

La información proporcionada será utilizada única y exclusivamente con fines de estudio por lo que es **ABSOLUTAMENTE CONFIDENCIAL Y SU USO SERÁ ÚNICAMENTE CON FINES ACADÉMICOS.**

I. DATOS GENERALES

Nombre del Productor _____
Nombre de la Explotación _____
Localidad y Municipio _____ Fecha _____
Edad _____ Actividad principal _____ Años en la actividad _____
Superficie destinada a la producción de forrajes _____ No. Participantes explotación _____
Finalidad explotación _____

1. ¿Qué tipo de ganado tiene en su unidad de producción?

	Bovino carne	Bovino leche	Ovino	Caprinos carne	Caprinos Leche	Equinos
Raza						
Hembras						
Machos						
Crías						
Engorda						

2. ¿Conoce Usted las leguminosas forrajeras?

a) SI

b) NO

3. ¿En caso de que su respuesta sea **SI** cuales conoce?

4. ¿Sabe cuál es el beneficio de las leguminosas?

a) SI

b) NO

5. Si su respuesta anterior fue afirmativa describa cuales beneficios conoce.

6. ¿De dónde conoce Usted las leguminosas?

a) Asesoría Técnica

b) Curso capacitación

c) Día demostrativo

7. ¿Ha a Usted establecido leguminosas forrajeras en su explotación?

a) SI

b) NO

¿Por qué?

8. ¿Si su respuesta es **SI** cuales problemas ha tenido con esas leguminosas?

9. ¿Dónde consiguió la semilla o material vegetativo?

10. ¿Estableció sus parcelas de leguminosas con recursos propios o apoyo institucional?

11. ¿Si estableció sus parcelas con apoyo institucional de quien se trata?

12. Si eran especies desconocidas para Usted, ¿contó usted con un curso de capacitación para introducirlas.

a) SI

b) NO

13. ¿Conoce el trébol pata de pájaro?

a) SI

b) NO

14. ¿Sabe que el trébol pata de pájaro contiene la misma cantidad de proteína que la alfalfa sin causar timpanismo?

a) SI

b) NO

15. ¿Si su respuesta fue **NO**, estaría dispuesto a establecer en su unidad de producción esta nueva especie de trébol?

a) SI

b) NO

¿Por qué?

16. ¿Conoce que es un banco de proteína?

a) SI

b) NO

17. ¿Sabe que cuidados se deben de tomar para pastorear una leguminosa?

a) SI

b) NO

18. ¿Ha intentado establecer alguna leguminosa?

a) SI

b) NO

19. ¿Cómo le gustaría que fuera la leguminosa que estableciera?

20. ¿Conoce leguminosas nativas que consume su ganado?

a) SI

b) NO

En caso de **SI** ¿Cuáles?

21. ¿Procura que se reproduzcan las leguminosas nativas en sus potreros?

En caso de que **SI** ¿Qué hace?

22. ¿Por qué cree que la gente no utiliza leguminosas en la alimentación animal?
