



**BENEMÉRITA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

**EVALUACIÓN FORRAJERA DE DOCE COLECTAS DE Lotus corniculatus L. EN LA
REGIÓN DE TLATLAUQUITEPEC PUEBLA.**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERIA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

ENRIQUE SÁNCHEZ MIRANDA

DIRECTOR DE TESIS

DR. GABINO GARCÍA DE LOS SANTOS

CODIRECTOR DE TESIS

Mtro. NUMA P. CASTRO GONZÁLEZ

ASESORES

M. C. RAMIRO ESCOBAR HERNÁNDEZ

DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Mayo 2013

La presente tesis titulada: **Evaluación forrajera de doce colectas de Lotus corniculatus L. en la región de Tlatlauquitepec Puebla** y realizada por Enrique Sánchez Miranda ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

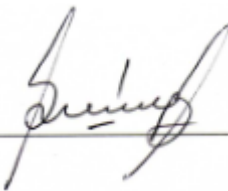
LICENCIADO EN INGENIERIA AGRONOMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ingeniería Agrohidráulica

Consejo Particular Integrado por:

Firma

Director: DR. Gabino García de los Santos



Codirector: Mtro. Numa P. Castro González

Asesor: M.C. Ramiro Escobar Hernández

Asesor: DR. Juan de Dios Guerrero Rodríguez



Tlatlauquitepec, Puebla, México, Mayo 2013

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado sustentabilidad del agua.

Dedicatoria:

Esta tesis está dedicada a todas las personas que de una u otra manera influyeron positivamente en mi formación, a todos y cada uno de los que en su momento me brindaron su ayuda, pero en especial quiero dedicarme este logro, ya que si bien muchas personas intervinieron favorablemente durante mi estancia en la universidad es decisión de cada individuo tomar las oportunidades que nos da la vida, efectuar en nosotros los consejos que nos dan los que nos estiman, pero sobre todo convertirnos en personas responsables de nuestro ser.

AGRADECIMIENTOS

Este agradecimiento en particular es a Dios por darme esta oportunidad en mi vida, al igual agradecerle por tener a unos padres que me apoyaron incondicionalmente; agradecerle el que me haya encaminado hasta llegar a esta universidad así como el brindarme la oportunidad de convivir con los maestros que en verdad han dejado huella en mí no solo por su enseñanza en aula sino también por su calidad como personas aun cuando algunos ya no estén aquí; agradezco a Dios el poner en mi camino a personas que me han demostrado su cariño y apoyo como a Rebeca mi novia, los amigos y compañeros que siempre me animaron e incluso a los ingenieros, maestros y doctores que tal vez sin conocerlos llegaron en el momento justo en que su ayuda fue necesaria por lo que agradezco también el apoyo recibido por parte de la Línea Prioritaria de Investigación número 6 del Colegio de Postgraduados "Conservación y mejoramiento de recursos genéticos" para la realización del presente trabajo; por estas y muchas más razones hoy al finalizar este lapso como estudiante universitario agradezco a Dios y a ti que si estás leyendo este apartado me sigues brindando tu tiempo.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. HIPÓTESIS	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1. Descripción de las leguminosas	4
4.1.1. Morfología descriptiva y diferencial de las leguminosas	4
4.2. Importancia de las leguminosas en la ganadería	6
4.3. Leguminosas de pastoreo	8
4.4. Leguminosas de corte	9
4.5. Factores anti nutricionales	12
4.6. Descripción y características agronómicas del <i>Lotus corniculatus L</i>	14

4.6.1. Clasificación taxonómica	15
4.6.2. Rendimiento nutritivo	16
V. MATERIALES Y MÉTODOS	19
5.1. Localización	19
5.2. Características climatológicas	20
5.3. Material vegetativo	20
5.4. Diseño experimental	21
5.5. Diseño de las parcelas	22
5.6. Labores culturales	22
5.6.1. Preparación del terreno	22
5.6.2. Trasplante	22
5.6.3. Mantenimiento	22
5.7. Adaptación y hábito de crecimiento	23
5.8. Cortes e intervalos	23
5.9 .Modelo estadístico	24
5.9.1. Análisis de datos	24
5.10. Variables a evaluar	25
5.10.1. Adaptación y hábitos de crecimiento	25
5.10.2. Producción de materia seca	25
5.10.3. Porcentaje de proteína cruda	25

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
6.1. Adaptación y hábitos de crecimiento	27
6.2. Producción de materia seca	28
6.3. Porcentaje de proteína cruda	32
VII. CONCLUSIÓN	36
VIII. LITERATURA CITADA	37

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 1. Rendimiento nutritivo del <i>Lotus corniculatus</i> L. (2005)	16
Cuadro 2. Composición orgánica del <i>Lotus corniculatus</i> L. (1982)	16
Cuadro 3. Rendimiento de MS (kg ha ⁻¹) de algunas colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L. (1998)	17
Cuadro 4. Calidad nutritiva de diversas colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L. (1998)	18
Cuadro 5. Constantes climatológicas de Tlatlauquitepec, Puebla.	20
Cuadro 6. Diseño experimental y distribución de parcelas	21

Cuadro 7. Hábito de crecimiento de las doce colectas de <i>Lotus corniculatus</i> L.	27
Cuadro 8. Producción de materia seca acumulada analizada por colecta	29
Cuadro 9. Rendimiento de materia seca por colecta por hectárea	30
Cuadro 10. Producción de materia seca analizada por intervalo de corte	31
Cuadro 11. Interacción variedad-corte	32
Cuadro 12. Porcentaje de proteína cruda analizada por colecta	34
Cuadro 13. Porcentaje de proteína cruda analizada por intervalo de corte	35

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PAGINA
Figura 1. Localización geográfica	19

**EVALUACIÓN FORRAJERA DE DOCE COLECTAS DE Lotus corniculatus L.
EN LA REGIÓN DE TLATLAUQUITEPEC PUEBLA.**

RESUMEN

Sabiendo que una manera económica de alimentar a los rumiantes es el pastoreo, el uso de leguminosas forrajeras en las praderas destinadas a esta actividad se vuelve la mejor opción. En este estudio se establecieron doce colectas de *Lotus corniculatus L* y se evaluó la aptitud forrajera, se observó si la especie se adaptaba y persistía durante el periodo de un año. Al registrar y analizar la producción de materia seca, la colecta identificada como "Estanzuela ganador" produjo 1.138 toneladas de MS ha⁻¹ con un intervalo de corte a 45 días presentando diferencias significativas ($P < 0.001$), para el porcentaje de proteína cruda determinada por método de micro Kjeldahl se identificó a la colecta "Procedel 804" como la de mayor nivel contando con un 20.525% de PC, mostrando diferencias significativas ($P < 0.001$). Se concluyó que el establecimiento del *Lotus corniculatus L.* en una zona serrana con presencia de suelos ácidos es una alternativa viable para ser fuente de forraje y proteína para la alimentación animal.

Palabras clave: *Lotus corniculatus L.*, leguminosas forrajeras, materia seca, proteína cruda.

**FORAGE EVALUATION OF TWELVE COLLECTIONS OF Lotus
corniculatus L. IN TLATLAUQUITEPEC PUEBLA REGION.**

ABSTRACT

Knowing that an economical way to feed ruminants is grazing, the use of legumes forages in pastures intended for this activity becomes the best option. In this study twelve landraces and varieties of *Lotus corniculatus L* were established in order to evaluate their performance, especially in adaption and persistence through a period of one year. The results showed that the variety "Estanzuela ganador" produced 1,138 tonnes MS ha⁻¹ with a cutting interval of 45 days showing a significant difference ($P < 0.001$), for the analysis of the percentage of crude protein determined by the method of micro Kjeldahl the variety "Procedel 804" was identified as the one with the highest level with a 20,525% of PC, showing significant differences ($P > 0.001$). It was concluded that the establishment of *Lotus corniculatus L.* in a mountainous area with acid soils is a viable alternative for forage and protein source for animal feeding.

Keywords: *Lotus corniculatus L.*, legumes, dry matter, crude protein.

I. INTRODUCCIÓN

La ganadería mexicana y en particular los sistemas productivos de rumiantes en condiciones de pastoreo tienen como limitante la obtención de forrajes de calidad por efecto de la estacionalidad, siendo esto aún más evidente en praderas sin tecnificación (Castro *et al.*, 2012).

En el estado de Puebla se producen leguminosas forrajeras para la alimentación animal, dentro de ellas encontramos; a la alfalfa (*Medicago sativa L.*) siendo la más utilizada, seguida de el trébol blanco (*Trifolium repens L.*) (Lagler, 2003). No obstante; éstas no son adaptables a todos los tipos de suelos (SDR, 2011).

Sin embargo; la alfalfa es muy demandante en cuanto al agua y minerales del suelo, además es poco resistente a cambios bruscos de temperatura, Por tanto es evidente que no es posible establecer la alfalfa en todas las regiones templadas (Camacho y García, 2002).

Además contiene factores antinutricionales (saponinas y taninos solubles) que producen patologías digestivas (García, 2003). De tal suerte que se hace necesario buscar alternativas para la alimentación de los rumiantes.

En esta sentido encontramos al trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus L.*) que en México se ha estudiado y divulgado muy poco (Quero *et al.*, 2007). Siendo una especie poco exigente en cuanto a la calidad del suelo, ya que su comportamiento de crecimiento es bueno en terrenos arenosos, arcillosos, pesados, ligeramente alcalinos, además es resistente al frío, heladas ligeras y a sequías estivales

(García, 2003). Produce forraje de alta calidad pudiendo utilizarse para ensilado, paja y consumo directo en verde.

Una de las cualidades que hace que sea considerado como una alternativa forrajera es su baja concentración de taninos condensados, y su calidad nutritiva llegando a presentar hasta un 27% de proteína cruda (Miñón *et al.*, 1990; Beuselink y Grant, 1995).

Por lo expuesto anteriormente y con base a las características geográficas y edáficas de la región, pero sobre todo, en respuesta a introducir una especie que sea una alternativa de primera elección para la alimentación de los rumiantes en la región de Tlatlauquitepec, Puebla, se realizó la evaluación de doce colectas y variedades de *Lotus corniculatus L.* y así determinar la de mejores cualidades forrajeras para la región.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar cuál de las doce colectas de *Lotus corniculatus* L. establecidas en Tlatlauquitepec, Puebla manifiesta cualidades forrajeras óptimas para su aprovechamiento en la nutrición de rumiantes.

2.2 Objetivos específicos

1. Identificar la o las colectas de *Lotus corniculatus* L. que posterior a un periodo de adaptación persistan y se desarrollen en el sitio experimental.
2. Identificar la colecta de *Lotus corniculatus* L. que tenga una mayor producción de biomasa.
3. Determinar cuál de las doce colectas de *Lotus corniculatus* L. tiene una mejor calidad nutritiva.

III. HIPÓTESIS

Dentro de las doce colectas de *Lotus corniculatus* L. habrá al menos una que mostrará las mejores cualidades forrajeras.

IV. Revisión de literatura

4.1. Descripción de las leguminosas

La familia de las leguminosas, una de las de mayor connotación dentro de las antofitas debido a su importancia desde el punto de vista ecológico, económico y social, presenta una enorme diversidad genérico-específica. Según Barreto (1990), esta taxa lo conforman 650 géneros y aproximadamente 18000 especies y es uno de los tres más grandes de las angiospermas (Quero *et al.*, 2007)

La diversidad morfológica de los constituyentes de leguminosas es diversa. Ya que entre sus componentes específicos podemos encontrar desde las formas arbóreas y arbustivas de constitución leñosa, hasta las formas herbáceas suculentas y, dentro de estas últimas, desde las que poseen la particularidad de conformar cubiertas más o menos densas sobre el suelo hasta las que tienen la posibilidad de trepar y asociarse fuertemente con la vegetación circundante (Machado, 2000).

4.1.1. Morfología descriptiva y diferencial de las leguminosas. Familia, en el orden sistemático, como se profundizará posteriormente, está dividida en tres subfamilias bien diferenciadas:

Mimosoideae: plantas leñosas y herbáceas con flores regulares; *Caesalpinioideae*: con flores irregulares y *Faboideae*: plantas herbáceas o leñosas con flores de forma

papilionadas o amariposadas. Entre las características principales de esta familia se encuentran las siguientes:

- Porte arbóreo, arbustivo o herbáceo, en ocasiones especies trepadoras.
- Hojas estipuladas, alternas y compuestas en su generalidad, unipinadas o bipinadas, paripinnadas o imparipinnadas de 1 a 3 o muchos folíolos.
- Folíolos enteros, lobulados o rara vez dentados.
- Inflorescencia pedunculada, axilar o terminal, de una a muchas flores, en racimos u hojas, espigas o umbelas.
- Flores mayormente irregulares y hermafroditas, o regulares y polígamas.
- Pedicelo comúnmente bracteado.
- Cáliz mayormente bracteado, sépalo irregular, comúnmente 5 (3 a 6) unidos o libres.
- Pétalos irregulares, mayormente 5, muy desiguales y de forma diferente: el superior (estandarte) comúnmente el más grande, los dos laterales (alas) más estrechos y los dos inferiores (que forman la quilla), generalmente los más pequeños y a menudo unidos, a los pétalos de las flores regulares, tanto como los sépalos.
- Estambres generalmente en número doble que los pétalos; hipóginos y comúnmente insertos en el margen de un disco adnato al cáliz, libre; anteras 2-locular a las celdas paralelas y generalmente de dehiscencia longitudinal.
- Pistilo 1-carpelar, 1-locular, estilo sencillo, estigma entero, terminal o lateral, con óvulos más o menos numerosos, rara vez uno, en 1 o 2 series.

- Fruto en legumbre, más a menudo 2-valvadas, a menudo indehiscente, de forma variada.
- Semillas 1 a muchas, endospermos nulo o escaso, cotiledones delgados o gruesos (Machado, 2000)

4.2. Importancia de las leguminosas en la ganadería

Los elevados costos de los concentrados y su difícil adquisición en la mayoría de los países, en especial los que aportan altos contenidos de proteína, hacen prácticamente prohibitiva su utilización en la alimentación de los rumiantes, por otra parte, dado el amplio y eficiente uso que hacen los rumiantes de los pastos y forrajes no se justifica biológica ni económicamente el uso de concentrados en su alimentación, por tanto se hace necesaria la búsqueda de alternativas para la alimentación proteica de los rumiantes (Cáceres *et al.*, 1996).

Entre las alternativas viables se encuentran el uso de leguminosas forrajeras, debido a que presentan un alto contenido proteico, lo que disminuye los costos de producción e incrementa la estabilidad del sistema disminuyendo la dependencia externa de nitrógeno mediante la fijación biológica, y juegan un papel importante en la conservación de los ecosistemas agrícolas (Combellas 1999; Bustamante *et al.*, 2002; Soto, 2004).

Además de las especies ya conocidas como alfalfa y el trébol blanco en México existen una gran variedad de árboles, arbustivas y especies de porte bajo que tienen potencial para ser incorporadas en los sistemas de producción con rumiantes tanto en el trópico como en las regiones de montaña (Ku *et al.*,

1998). Un ejemplo de lo anterior es la utilización de leguminosa como *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Erithrina spp*, y *Lotus corniculatus* como suplemento para los animales que consumen gramíneas de regular calidad nutritiva, y mejorar con ello el consumo y la digestibilidad de la materia seca. Al utilizar *Lotus corniculatus* y *Lotus pendiculatus*, Wilson y Lascano (1997) observaron que a medida que el nivel de éstas se incrementó en la dieta, el consumo de materia seca por kg de peso vivo del animal también lo hizo, lo que no sucedió cuando se utilizó concentrados. Por otro lado la digestibilidad de materia seca mostró una relación negativa con el aumento de la leguminosa en la dieta causado por el incremento del contenido de fibra indigestible.

El incorporar leguminosas a los sistemas de producción proporcionan una gran diversidad de beneficios, incrementando la productividad de la biomasa total de las praderas y aumentando la calidad nutritiva de la gramínea y de la pradera en general por su actividad fijadora de nitrógeno (Olivares *et al.*, 2005). Sánchez (1993) indica que en leguminosas tropicales el valor nutritivo fue mejor en la etapa de rebrote (hasta los 30 días), presentándose una caída importante con la floración, para incrementar los niveles de fibra en el crecimiento posterior. Así mismo, dicho autor indica que las leguminosas arbustivas y de lignificación lenta se caracterizan por presentar un alto valor nutritivo y mantenerlo con la edad de la planta, tal es el caso del *Lotus pendiculatus* y la *Leucaena spp* donde con períodos de rebrote de 45, 85 y 125 días, los niveles de proteína en el forraje producido solamente se redujeron de 26.1% a 23.4%

4.3. Leguminosas de pastoreo

En gran parte de los agostaderos mexicanos tenemos presencia de plantas herbáceas pertenecientes a las leguminosas que son empleadas para incrementar el porcentaje de proteína en la dieta de los rumiantes en pastoreo, de las más difundidas se tiene que:

El *Trifolium repens* es una especie perenne de ciclo otoño-invierno-primavera. Se siembra en otoño. Se adapta a suelos ricos, húmedos, arenosos a arcillosos. Es de lenta implantación pero luego es agresivo cubriendo bien el suelo. Tiene crecimiento rastrero. Tiene excelente calidad forrajera y aporta mucha cantidad de nitrógeno al suelo. Admite pastoreos frecuentes e intensos. Se asocia muy bien con el raigrás. Ideal para todas las actividades. Pero produce timpanismo y manifiesta una intolerancia a heladas así como producciones de MS que no superan los 800 kg por ha⁻¹ por año en una relación 70 a 30 con alguna gramínea (Pérez y Acosta, 1998).

De acuerdo al tamaño de hoja se lo clasifica en tres tipos:

- De hoja pequeña, de baja estatura con estolones altamente ramificados. Son los más tolerantes a los pastoreos severos e intensos, pero menos productivos que los de hoja mediana o grande.
- De hoja mediana, con pecíolos largos y estolones más cortos y menos ramificados.
- De hoja grande, con estolones gruesos, raíces robustas y crecimiento erecto. Son lo más productivos pero menos persistente a lo largo del tiempo (Rincón, 1994).

El maní forrajero (*Arachis pintoii* L.) aparte de producir forraje de calidad tiene como ventajas el ayudar a conservar el suelo, su capacidad de crecer en condiciones de sombra y la densa formación de estolones enraizados que protege el terreno de la precipitación de gran intensidad; investigaciones refieren que en condiciones favorables y luego de seis meses de la siembra en monocultivo, se han obtenido de 500 a 700 kg ha⁻¹ de materia seca. En suelos con altos contenidos de arena y sin fertilización, los rendimientos no llegan a los 200 kg ha⁻¹ de materia seca (Pizarro y Rincón, 1995).

En las siembras de ésta leguminosa en asociación con gramíneas, la disponibilidad está también relacionada con el tipo de gramínea (de crecimiento erecto o postrado) y con el manejo del pastoreo. En praderas de *B. decumbens* se ha observado que esta gramínea permite el libre desarrollo del maní forrajero llegando algunas veces a desplazar la gramínea, sin embargo con *B. humidicola*, por ser también de crecimiento postrado como el maní forrajero, se mezclan muy bien estas dos especies; pero para que la gramínea no domine y elimine la leguminosa, la pradera debe mantenerse bien pastoreada. La disponibilidad de maní forrajero en asociación con *B. decumbens* está entre 700 y 900 kg ha⁻¹ de materia seca y cuando está asociado con *B. humidicola* estos valores están entre 600 y 700 kg ha⁻¹ (Rincón et al., 1992)

4.4. Leguminosas de corte

En la alimentación de los rumiantes una de las leguminosas de corte que sirve como gran referente es la alfalfa (*Medicago*

sativa L.) es uno de los cultivos forrajeros más importantes en México, debido a su alto rendimiento de materia seca, alto contenido de proteína y buena digestibilidad, además de ser una especie sumamente versátil, ya que puede ser utilizada en verde, con pastoreo o corte, pero también en forma de heno y ensilado, incluso puede mejorar las condiciones del suelo y ayudar a evitar la pérdida de éste (Rojas, 1993). Sin embargo, los elevados costos de producción representan un problema para los productores que utilizan esta especie como la principal fuente de alimento para el ganado, el problema se acentúa en la época de invierno cuando la producción de forraje no es suficiente para satisfacer la demanda; las causas de que se eleven los costos son, principalmente, la baja producción invernal y la limitada persistencia de la pradera (Rivas, 2005).

La alfalfa se cultiva en una amplia variedad de suelos y climas. Se adapta a altitudes comprendidas entre 700 y 2800 msnm y se adapta a suelos profundos, bien drenados, alcalinos y tolera la salinidad moderada; sin embargo, su desarrollo es limitado en pH inferior a 5.0. La acidez provoca que no sobreviva y se multiplique el *Rhizobium meliloti* específico y no soporta el encharcamiento, por lo que se considera una especie muy sensible a la acidez del suelo. El pH crítico para su desarrollo varía de 5 a 4.6, debajo del cual es necesario corregir la acidez del suelo. La temperatura óptima de crecimiento fluctúa entre los 15 y 25 °C durante el día y de 10 a 20 °C en la noche (Cadena, 2009).

Por la longitud y profundidad de sus raíces, es resistente a la sequía, pues obtiene agua de las capas profundas del suelo (Hughes *et al.*, 1980; Muslera y Ratera, 1991).

Pertenece a la familia de las *Fabaceae* y tiene un notable consumo de Ca y Mg que, de contenerlos el suelo en proporciones suficientes para satisfacer sus requerimientos no presenta un costo más de producción, es necesario solamente el agregar fertilizantes fosfatados y potásicos cuando la leguminosa lo manifieste (Juncafresca, 1983).

Cadena (2009) reporta que el rendimiento anual acumulado de forraje y estacional, varía por efecto de la frecuencia de corte pero el mayor rendimiento acumulado de forraje ($P < 0.05$) se registra en la frecuencia de corte de cada 4 semanas en otoño-invierno y 6 semanas en primavera-verano, con 23,494 kg MS ha⁻¹ y el menor rendimiento anual acumulado de MS se registró en la frecuencia de 7 y 3 semanas, durante otoño-invierno y primavera-verano, respectivamente, con 4,406 kg MS ha⁻¹

Considerando la gran diversidad de climas en México también encontramos en algunas regiones de transición otras leguminosas que son opción para el mejoramiento proteico en la dieta de pastoreo siendo utilizadas como leguminosas de corte o bien para que sean aprovechadas mediante la actividad de ramoneo, tal es el caso del *Cajanus cajan L.*

Escobar *et al.* (2008) reporta que la producción de MS a los 120 días fluctuó entre 7.5 a 8.7 t ha⁻¹, siendo el ecotipo Tlapacoyan el que mayor peso presentó, estos valores superaron al reportado por Sandoval *et al.* (1991) de 5,787 kg ha⁻¹ de MS; siendo esto una opción para zonas más cálidas que en las regiones de montaña.

4.5. Factores antinutricionales

Los Taninos Condensados (TC) son sustancias de naturaleza compleja con capacidad de reaccionar con macromoléculas y proteínas del forraje según su concentración, estructura química y peso molecular. La concentración en las especiesforrajeras es muy variable: 0.01% a 10% de la materia seca (MS). Sin embargo, en un rango de concentración de 2% al 4% de la MS producen cambios a nivel nutricional productivo y sanitario en los animales que los consumen (Otero e Hidalgo, 2004).

En algunas leguminosas utilizadas ampliamente en la ganadería como fuente de proteína se tiene el caso particular de la alfalfa ya que contiene factores antinutritivos. Los principales son las saponinas. Las saponinas se definen químicamente como triterpenos unidos a uno o más grupos azúcar. Dan sabor amargo y tienden a formar jabones estables en solución acuosa. Su presencia en las plantas se relaciona con su efecto protector frente a hongos e insectos fitófagos. Las saponinas resultan especialmente tóxicas en animales de sangre fría (peces, caracoles, anfibios) y tienen efectos hemolíticos en animales superiores. Las enzimas del tracto digestivo tienen

poco efecto sobre ellas por lo que su absorción es baja. Sin embargo, son hidrolizadas por la flora ruminal y cecal, por lo que los rumiantes son poco sensibles a niveles altos de saponinas en la dieta (Otero e Hidalgo, 2004). Los taninos se encuentran a niveles del 4% al 4.5%, reducen ligeramente la palatabilidad del producto y la digestibilidad de la proteína en no rumiantes (Waghor and Shelton, 1994).

Para las especies de *Lotus* que son utilizadas como forrajeras, un contenido medio de TC (1 a 5 mg g⁻¹ MS) resulta benéfico, ya que previene el meteorismo y se ha sugerido que ejerce un control sobre los parásitos intestinales (Otero e Hidalgo, 2004). Por otro lado, se ha propuesto que los TC desempeñan funciones en las interacciones entre plantas y microorganismos, tanto patógenos como mutualistas; también se ha sugerido que estos metabolitos intervienen en las respuestas a estreses de tipo abiótico (Gebrehiwot *et al.*, 2002; Reinoso *et al.*, 2004; Paolocci *et al.*, 2005). Las especies del género *Lotus* presentan variaciones significativas en el contenido de TC, a nivel intra e inter-poblacional, tanto en hojas como en tallos y en raíces (Sivakumaran *et al.*, 2006). Dentro de este género, la especie forrajera *Lotus tenuis* (*L. glaber* Mill.) resulta particularmente interesante, debido a su buena adaptación a los suelos salino-alcálinos (Waghor and Shelton, 1994).

4.6. Descripción y características agronómicas del *Lotus corniculatus*

Se trata de una especie perenne generalmente con la base leñosa, de talla variable hasta los 40 cm de longitud, aunque se suele quedar en los 20 cm por su porte decumbente y rastrero. Tras su primer año de crecimiento desarrolla la corona de la que nacen axilarmente las ramificaciones. De ésta también surge una raíz pivotante.

Presenta hojas sésiles (sin peciolo) de cinco folíolos dispuestos como los dedos de una mano: uno terminal, dos opuestos y otros dos en la base del raquis, a modo de estípulas desarrolladas. Los folíolos nunca superan los 17 cm de longitud, con una forma ovoidea.

El pedúnculo en el que se inserta la inflorescencia en umbela es de origen axilar. Su corola es amarilla, con la forma típica que presentan las leguminosas: de simetría zigomorfa con cinco pétalos (estandarte, quilla y dos alas). El cáliz presenta sépalos de igual longitud y derechos. El androceo no cuenta con más de 11 estambres (Stubbendieck et al., 1994).

El fruto es una legumbre de dehiscencia longitudinal, de menos de 4 mm de grosor. Tiene la forma característica de una pata de pájaro (carácter del cual toma su nombre común en inglés: "birdsfoot trefoil"). La legumbre contiene de 10 a 30 semillas y tiene un alto grado de dehiscencia en la madurez, retorciéndose en forma de espiral, especialmente cuando su humedad es inferior al 40%.

Su semilla es redonda de 1 a 1.5 mm de diámetro, de color marrón a veces punteadas de violeta (Miñón *et al.*, 1990)

4.6.1. Clasificación taxonómica.

De acuerdo al departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2011) el *Lotus corniculatus L.* tiene la siguiente clasificación.

Reino	<i>Plantae</i> - Plantas
Subreino	<i>Tracheobionta</i> - Las plantas vasculares
Superdivisión	<i>Spermatophyta</i> - Plantas de semillas
División	<i>Magnoliophyta</i> - Plantas de flor
Clase	<i>Magnoliopsida</i> - Dicotiledóneas
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabaceae</i> - la familia del guisante
Género	<i>Lotus L.</i> - trébol
Especies	<i>Lotus corniculatus L.</i> ó trébol pata de pájaro.

4.6.2. Rendimiento nutritivo. Su ciclo es primavera - verano - otoño. Y el comportamiento que presenta frente a la sequía es mejor que el trébol blanco ladino. La calidad del forraje es muy buena y no produce timpanismo (Gaita y Fernández, 2005).

Cuadro 1. Rendimiento nutritivo de *Lotus corniculatus L.*

Estación	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIVMS (%)	EM (Mcal/kg MS)
Primavera		11,9	50,2		57,7	2,1
Verano		16,0	42,5		60,2	2,2

Fuente: Guaita y Fernández (2005)

Cuadro 2. Composición orgánica del *Lotus corniculatus L.*

Sección y estado vegetativo	FDN (%)	FDA (%)	DCC (%)	DNDF (%)	PROTEÍNA (%)
Hoja	26.65	23.60	58.98	7.28	17.32
Tallo	34.78	31.55	51.02	8.53	16.88
Fruto en formación	30.38	29.78	55.33	6.67	16.56
Fruto terminado	38.85	32.80	47.03	10.20	16.41

Fuente: Ramón y García (1982)

Simbología:

FDN	fibra detergente neutra.
FDA	fibra detergente ácida.
DCC	contenido celular utilizable.
DNDF	pared celular digestible.

Cuadro 3. Rendimiento de MS (kg ha^{-1}) de algunas colectas de *Lotus corniculatus* L. (Evaluación realizada en Chillán, Chile)

variedad	Fecha de corte							
	21.11.92		04.01.93		17.02.93		28.02.93	
	lotera	total	lotera	total	lotera	total	lotera	total
El boyero	1.583	3.11	974	2.436	2.586	3.400	2.552	-
Ganador	186	1.985	703	1.406	1.584	2.058	2.362	-
Sn. Gabriel	1.248	2.896	1.169	2.481	2.422	2.974	2.521	-
Quimey	1.003	2.573	1.010	2.074	2.229	2.585	2.524	-
Maku	309	2.427	281	1.271	809	1.437	1.074	-
Chilota	148	2.250	289	973	1.086	1.938	273	-
Toba	528	2.438	1.277	2.483	2.536	2.702	1.989	-

Fuente: Acuña (1998)

Cuadro 4. Calidad nutritiva de diversas colectas de *Lotus corniculatus L.* (Evaluación realizada en Chillán, Chile)

Contenido de proteína total (PT), fibra detergente ácida (FDA), total de nutrientes digestibles (TND) y energía metabolizable (EM)								
	PT (%)		FDA (%)		TND (%)		EM (Mcal/kg)	
Variedad/ corte	28.04	22.02	28.04	22.02	28.04	22.02	28.04	22.02
	.93	.94	.93	.94	.93	.94	.93	.94
El boyero	20.1	16.7	24.4	30.7	65.8	58.7	2.48	2.17
Ganador	18.1	15.6	24.8	38.2	65.5	55.9	2.47	2.04
Sn. Gabriel	20.2	16.4	26.2	37.5	64.6	56.4	2.43	2.06
Quimey	18.8	14.8	25.4	36.2	65.1	57.3	2.45	2.11
Maku	23.6	23.0	21.1	25.1	68.2	65.4	2.59	2.46
Chilota	19.4	26.3	28.3	21.9	63.0	67.6	2.36	2.56
Toba	21.9	18.7	21.4	35.8	68.0	57.6	2.58	2.12

Fuente: Acuña (1998)

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización.

La presente investigación se realizó en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla.

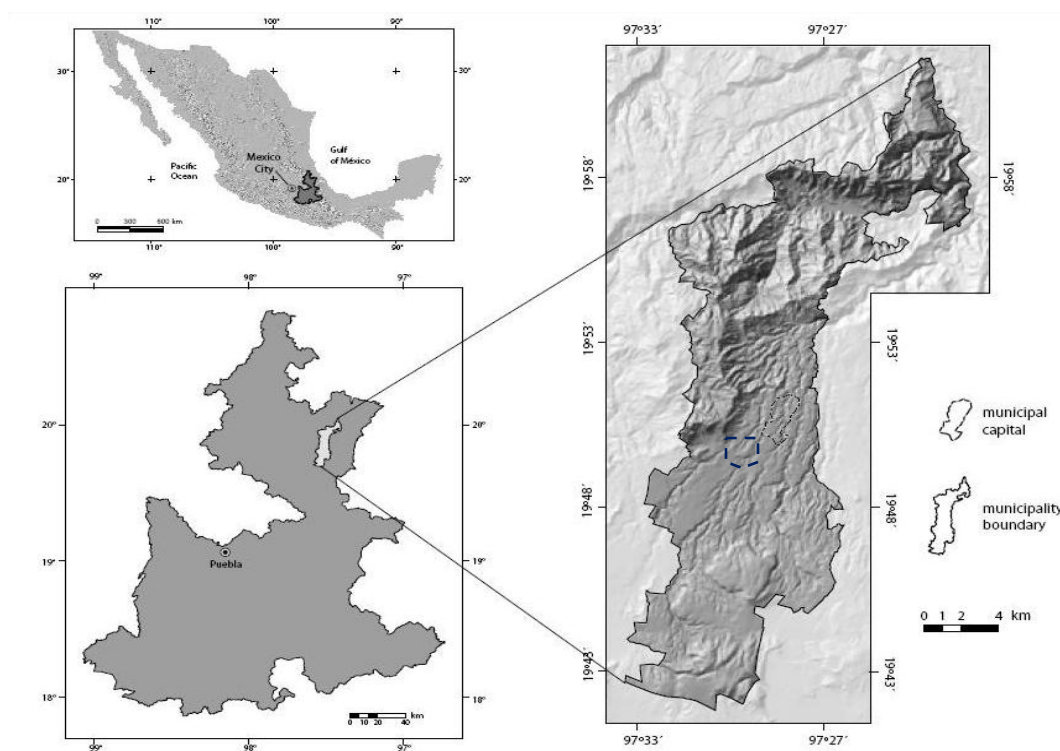


Figura 1. Localización geográfica del sitio experimental.
(Google maps, 2012)

El sitio experimental fue situado en una parcela productiva de la comunidad de Almoloni perteneciente al municipio de Tlatlauquitepec como se muestra en la Figura 1 que se encuentra ubicado entre los paralelos $19^{\circ} 36' 24''$ de latitud norte y $97^{\circ} 14' 42''$ de longitud oeste a 1985 msnm (Servicio meteorológico nacional, estación 00021098);

5.2. Características climatológicas

En el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla prevalecen las siguientes constantes climatológicas mostradas a continuación en el cuadro 5.

Cuadro 5. Constantes climatológicas de Tlatlauquitepec, Puebla.

Descripción de la constante climatológica	Unidad
Temperatura máxima normal de	19.8 °C
Temperatura media normal de	15.0 °C
Temperatura mínima normal de	10.2 °C
Precipitación normal (media anual)	1269 mm
Evaporación total normal (media anual)	1035.3 mm
Número de días con lluvia (media anual)	151.6 días

Fuente: Servicio meteorológico nacional, (estación 00021098)

5.3. Material vegetativo

Para este estudio se utilizaron plántulas de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus L.*) de 15 a 25 cm de altura con un promedio de 3 ramificaciones a partir del tallo principal, este material fue proporcionado por Colegio de Posgraduados Campus Montecillo.

5.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones y aleatorización de parcelas, quedando como se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Diseño experimental y distribución de parcelas.

NUMERO DE COLECTA	IDENTIFICACION DE COLECTA	BLOQUES				PAÍS DE ORIGEN
		I	II	III	IV	
		NÚMERO DE PARCELAS				
1	260012	1	23	32	46	BRASIL
2	255301	2	24	28	48	FRANCIA
3	227318	3	22	33	37	FRANCIA
4	188867	4	19	35	45	ITALIA
5	255305	5	18	25	39	ITALIA
6	202700	6	15	36	42	URUGUAY
7	226792	7	17	26	41	CANADA
8	232098	8	16	34	40	ALEMANIA
9	ESTANZUELA GANADOR	9	13	30	43	URUGUAY
10	SAN GABRIEL	10	20	29	38	URUGUAY
11	GRAN SAN GABRIEL	11	21	27	44	URUGUAY
12	PROCEDEL 804	12	24	31	47	URUGUAY

5.5. Diseño de las parcelas

Utilizando una extensión total de 1200 m² se destinó a cada parcela una superficie de 20 m² (5 m de largo por 4 m de ancho) y proporcionando a cada planta el espacio de 1 m², dejando un pasillo de aproximadamente 1.6 m entre cada línea de parcela.

5.6. Labores culturales

5.6.1. Preparación del terreno; se realizó un rastreo cruzado y arado convencional a 0.3 m de profundidad (como el utilizado en esta región para la siembra de maíz) recomendado por Kalemú *et al.* (1992).

5.6.2. Trasplante. El trasplante se realizó con fecha 12 del mes de noviembre de 2010, efectuando la deposición de la plántula de *Lotus corniculatus L.* en el suelo previamente preparado y utilizando la raíz cubierta por pilón de tierra; esto se realizó sin previa aplicación de lámina bruta de riego.

5.6.3. Mantenimiento. Se llevó a cabo vigilando el estado de la planta, eliminando la presencia de malezas dentro de las parcelas y replantando con material vegetativo de la misma parcela en los casos específicos en donde faltara alguna planta por incidencia de depredadores.

5.7. Adaptación y hábitos de crecimiento

Periodo comprendido del 12 de noviembre de 2010 al 09 de noviembre de 2011, en este lapso se llevó el registro de la persistencia y del tipo de crecimiento que manifiesta cada colecta (rastrera, semi-erecta y erecta).

5.8. Cortes e intervalos

Estos se llevaron a cabo a partir del 09 de noviembre de 2011 iniciando con un corte para uniformizar el desarrollo de las plantas, posterior a esto se realizaron los cortes con intervalos 25, 35 y 45 días; con el objetivo de determinar la producción de MS, así como el porcentaje de proteína cruda.

La metodología para los cortes fue siguiente:

Después del corte para uniformizar, transcurrieron 25 días y en cada parcela se identificó a una sola planta en igual nivel de competencia, la cual se cortó a 5 cm de altura del suelo. El tercer y cuarto corte fueron efectuaron cuidando las mismas condiciones que en el corte a 25 días. Teniendo de esta manera al final de cada corte una representación de cuatro plantas de la misma edad y de la misma colecta para los análisis posteriores correspondientes.

5.9. Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado para este trabajo fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{ijk}$$

En donde tenemos que:

Y_{ijk} = la variable estudiada asociada a la ijk -ésima unidad experimental.

μ = la media general del contenido de proteína y/o materia seca.

A_i = el efecto de la i -ésima variedad.

B_j = el efecto del j -ésimo corte.

AB_{ij} = interacción de la i -ésima variedad con el j -ésimo corte.

B_k = el efecto del k -ésimo bloque.

ε_{ijk} = el error asociado a la ijk -ésima unidad experimental.

5.9.1. Análisis de los datos. Para todas las variables evaluadas se hicieron análisis de varianza y prueba de comparación de medias por la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$ mediante el software estadístico SAS versión 9.0.

5.10 Variables a evaluar.

5.10.1. Adaptación y hábitos de crecimiento. Para determinar la adaptación de la especie, se midió la persistencia de cada colecta, realizando observaciones a los 90 y 180 días posteriores al establecimiento de las plantas. Al mismo tiempo se observó el tipo crecimiento para clasificarlas en erectas, semi-erectas y rastreras.

5.10.2. Producción de materia seca. Para obtener el resultado de esta variable; del corte realizado en cada parcela se dispuso el material vegetativo en base húmeda dentro de una bolsa de papel y se pesaron en una báscula granataria (identificando cada bolsa), seguido a esto se colocó dentro de una estufa de secado con aire forzado a una temperatura de 75 °C por un periodo de 72 horas, una vez obtenido el peso seco de la muestra se determinó el rendimiento de MS ha⁻¹ (A.O.A.C., 1980).

5.10.3. Porcentaje de proteína por el método de Micro Kjeldahl. El método de Kjeldahl para la determinación de proteína-nitrógeno consiste en la conversión de proteína-nitrógeno a sulfato, ácido sulfúrico y calor en la presencia de un catalizador.

Una vez que la materia orgánica se ha desintegrado completamente, la solución se neutraliza con hidróxido de sodio, liberándose amoníaco, el cual es destilado por arrastre

de vapor dentro de una solución de ácido bórico, para formar un complejo boro-amoniaco (tetraborato de amonio).

La cuantificación del nitrógeno se logra cuando una solución de ácido previamente valorado HCl 0.1 N (ácido clorhídrico al 0.1 N) se añade a la solución formando por cada equivalente del sulfato-amoniaco (sulfato de amonio).

Aquí, 1 mL del ácido estandarizado neutraliza 0.014 gramos de nitrógeno en forma de ion amonio.

La exactitud de la determinación de proteína-nitrógeno radica en el peso de la muestra original y el volumen y la concentración del ácido estándar usado.

Todas las otras concentraciones, adiciones o manipuleos pueden ser aproximados a los descritos en el procedimiento, pero no tiene que ser exactos.

Se calculó con la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(\text{mL de gasto de H}_2\text{SO}_4 - 0.1 \text{ mL del blanco}) (\text{normalidad de ácido}) (1.4)}{\text{Peso de la muestra en gramos}}$$

Posteriormente con el contenido del porcentaje de N se multiplicara por el factor 6.25 (Tejada, 1985)

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Adaptación y hábitos de crecimiento.

Durante el año de adaptación las doce colectas de *Lotus corniculatus* L. mostraron persistencia y desarrollo así como los hábitos de crecimiento descritos en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Hábito de crecimiento de las doce colectas de *Lotus corniculatus* L.

Numero de colecta	Hábito de crecimiento.	Identificación de la colecta	Origen de la colecta
1	Semi-erecto	260012	Brasil
2	Semi-erecto	255301	Francia
3	Semi-erecto	227318	Francia
4	Rastrero	188867	Italia
5	Semi-erecto	255305	Italia
6	Erecto	202700	Uruguay
7	Semi-erecto	226792	Canadá
8	Rastrero	232098	Alemania
9	Erecto	Estanzuela ganador	Uruguay
10	Erecto	San Gabriel	Uruguay
11	Erecto	Gran san Gabriel	Uruguay
12	Erecto	Procedel 804	Uruguay

Observando que todas las colectas de origen uruguayo manifiestan un hábito de crecimiento erecto, los datos en que se basa esta información fueron tomados a los 90 y 180 días posteriores al establecimiento de las plantas, con lo que se puede deducir que hay diferencias fenotípicas las cuales podrán encausar a un aprovechamiento específico para cada una de las colectas de *Lotus corniculatus* L.

6.2 Producción de materia seca.

El Cuadro 8 muestra los resultados del rendimiento acumulado de MS en su análisis por colecta.

Cuadro 8. Producción acumulada de materia seca analizada por colecta.

PRUEBA DE RANGO ESTANDARIZADO DE TUKEY PARA MS

Análisis por colecta

COLECTA	N	MEDIA	(gr planta ⁻¹)
9	12	113.917	a
10	12	92.500	ab
12	12	83.000	bc
11	12	78.500	bcd
3	12	77.083	bcd
6	12	72.833	bcde
2	11	68.273	cde
1	12	65.917	cde
5	12	65.250	cde
4	12	56.583	de
7	12	56.583	de
8	12	53.667	e

Medias con diferentes letras muestran diferencias estadísticamente significativas $p < 0.0001$; DMS 22.981

La producción de MS fue diferente entre variedades ($P < 0.0001$). Las de mayor producción fueron Estanzuela ganador y San Gabriel quienes alcanzaron una producción de 113.9 y 92.5 gr de MS planta⁻¹). La colecta menos rendidora, fue la número 8 (232098) que produjo 53.6 gr de MS planta⁻¹. Estos resultados extrapolados a una hectárea corresponden en las dos variedades sobresalientes a 1.139 t de MS ha⁻¹ y 0.925 t de MS ha⁻¹, respectivamente; mientras que en la menos rendidora correspondió a 0.566 t de MS ha⁻¹ (Cuadro 9).

Cuadro 9. Rendimiento de materia seca por colecta por hectárea.

Colecta	MS Kg m ⁻²	MS t ha ⁻¹
9	0.1139	1.139
10	0.0925	0.925
12	0.0829	0.829
11	0.0785	0.785
3	0.0768	0.768
6	0.0729	0.729
2	0.0682	0.682
1	0.0658	0.658
5	0.0652	0.652
4	0.0566	0.566
7	0.0566	0.566
8	0.0566	0.566

Como se puede observar existe una producción potencial superior a la 1.1 toneladas de MS ha⁻¹ en temporada invernal utilizando la colecta 9 (Estanzuela ganador).

El Cuadro 10 describe a continuación los resultados del análisis estadístico de la comparación de medias para la variable MS observando su producción en relación al intervalo de corte. De esta manera se observa que hay diferencias ($P < 0.0001$) entre cortes donde en el intervalo a 45 días de produjeron los mayores rendimientos comparado con los intervalos a 25 y 35 días, respectivamente.

Cuadro 10. Producción de materia seca analizada por intervalo de corte.

PRUEBA DE RANGO ESTANDARIZADO DE TUKEY PARA MS

Análisis por intervalo de corte

CORTE (intervalo en días)	N	MEDIA	(gr planta ⁻¹)
45	47		86.260 a
35	48		69.731 b
25	48		65.260 b

Medias con diferentes letras muestran diferencias estadísticamente significativas $p < 0.0001$; DMS 8.1689

Existió una interacción entre variedad y corte para la variable rendimiento de materia seca ($P = 0.02$), que se represente en el Cuadro 11.

Cuadro 11 Interacción variedad-corte.

Variedad	Frecuencia de corte (días)		
	(gr planta ⁻¹)		
	25	35	45
1 (260012)	59.50	64.25	74.00
2 (255301)	59.75	73.50	72.66
3 (227318)	74.25	75.00	82.00
4 (188867)	51.50	60.00	58.25
5 (255305)	58.25	69.00	68.50
6 (202700)	61.75	63.50	93.25
7 (226792)	51.50	55.00	63.25
8 (232098)	52.00	57.00	52.00
9 (Estanzuela ganador)	93.25	95.75	152.75
10 (San Gabriel)	86.25	71.75	119.50
11 (Gran San Gabriel)	66.00	77.75	91.75
12 (Procedel 804)	69.25	75.00	104.75

De esta manera se puede observar que no en todos los intervalos de corte la colecta "Estanzuela ganador" es la de mayor producción, sin embargo para los intervalos a 25 y 35

días es la colecta 7 (226792) la que menores producciones presenta, pero en el intervalo a 45 días es la colecta 8 (232098) la que menos producción de materia seca presenta.

Los resultados obtenidos durante el análisis para la variable materia seca muestran los rendimientos para cada una de las diferentes colectas, autores como Acuña (1998) obtuvieron una producción promedio de 1.840 t ha^{-1} en la colecta San Gabriel, datos que no coinciden con los obtenidos en esta investigación, donde la colecta "Estanzuela ganador" fue la de mayor producción de materia seca alcanzando un pico máximo de 1.139 t ha^{-1} , esto puede ser propiciado por las condiciones climáticas y edáficas o tal vez por el poco tiempo de establecimiento del cultivo, pudiendo tener un impacto significativo en la producción de la biomasa.

6.3 Porcentaje de proteína cruda

El Cuadro 12 muestra los resultados del análisis de la comparación de medias del contenido de proteína por colecta.

Cuadro 12. Porcentaje de proteína analizado por colecta.

PRUEBA DE RANGO ESTANDARIZADO DE TUKEY PARA PC			
Análisis por colecta			
COLECTA	N	MEDIA	(%)
12	12	20.416	a
9	12	20.333	ab
11	12	20.000	abc
10	12	20.000	abc
8	12	20.000	abc
5	12	18.916	abc
3	12	18.583	abc
7	12	18.500	abc
1	12	18.250	abc
4	12	18.083	bc
6	12	18.000	c
2	11	17.818	c

Medias con diferente letra muestran diferencias estadísticamente significativas $p < 0.0001$; DMS 2.2996

De esta manera podemos observar que hay diferencias $p < 0.0001$ en cuanto al contenido de proteína de cada una de

las colectas analizadas, notando que es la colecta 2 (255301) es la de menor contenido de proteína (17.818%).

Acuña (1998) reporta intervalos importantes en el contenido de proteína de la colecta San Gabriel obteniendo de un 16.4% a un 20.2% en febrero y abril respectivamente, considerando que tal vez la época de año así como los nutrientes disponibles del suelo tengan una interacción importante en el porcentaje de proteína ya que en este estudio la misma colecta reporta un contenido medio de 19.96% de PC durante los cortes realizados en temporada invernal.

Para identificar cual es intervalo de corte en donde podemos encontrar una concentración mayor de proteína se realizó la comparación de medias por la prueba de Tukey analizando el porcentaje de PC en relación a la edad de corte.

Cuadro 13. Porcentaje de proteína analizado por intervalo de corte.

PRUEBA DE RANGO ESTANDARIZADO DE TUKEY PARA PC		
Análisis por intervalo de corte		
CORTE (intervalo en días)	N	MEDIA (%)
25	48	19.5063 a
35	48	19.4104 a
45	47	18.5213 b

Medias con diferente letra muestran diferencias estadísticamente significativas $p < 0.0031$; DMS 0.8174

Observando los resultados anteriores podemos advertir que hay diferencias estadísticamente significativas entre los intervalos de corte a 25, 35 y 45 días de corte.

De esta manera se puede decir que el establecimiento del *Lotus corniculatus L.* en la región serrana nororiental del estado de Puebla en cualquiera de sus colectas reporta un porcentaje mayor de PC al que muestra en su tabla de resultados Guaita y Fernández (2005).

Los porcentajes de proteína cruda reportados en esta investigación son arrojados por el análisis del tallo y hojas de las plantas de *Lotus corniculatus L.*, Ramón y García (1982) reportan por separado los porcentajes de proteína presentes en hoja y tallo proyectando un 17.32% y un 16.88% respectivamente.

VII. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en esta investigación se puede considerar que se ha cumplido la hipótesis planteada en este estudio, considerando que:

Existieron diferencias en cuanto a la producción de materia seca y contenido de proteína entre las colectas estudiadas. La colecta 9 (Estanzuela ganador) y 10 (San Gabriel) fueron las de mayor rendimiento y presentaron 20% de proteína cruda. Estas características las hace recomendables para establecerse en un clima templado húmedo como el de Tlatlauquitepec, Puebla. Las demás colectas también presentan potencial ya que el encontrar hábitos de crecimiento diferentes se puede escoger alguna colecta en especial para un aprovechamiento específico (corte o pastoreo).

El considerar el establecimiento del *Lotus corniculatus* L para ser una alternativa en cuanto a la producción de forraje es una buena opción considerando que en la región de la sierra nororiental del estado de Puebla una época crítica para el abasto de forraje es la temporada invernal, ya que las producciones registradas en esta investigación reflejan que se puede alcanzar una producción de materia seca superior a 1.1 t ha⁻¹ sin contar con un sistema de riego y teniendo suelos ácidos.

En cuanto al análisis y comparaciones realizadas derivadas del estudio del contenido de proteína cruda se puede observar que el porcentaje medio que esta leguminosa manifiesta en la región donde se estableció es de 19.13%, y que este porcentaje se ve modificado al incrementar la edad de la planta; considerando que no todas las colectas manifiestan el mismo porcentaje.

Sin embargo se hace la recomendación de seguir investigando si estos resultados son constantes durante todo el año o se ven modificados por algunos otros factores.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acuña, P.H. 1998. Comparación de variedades de tres especies del género Lotus (L. corniculatus L., L. aliginosus Cav y L. tenuis Wald et Kit). Agricultura técnica.
- A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis. 13 th ed. Association of official analytical chemists. Washington D.C. U.S.A. 384 p.
- Barreto, A. 1990. Botánica de las leguminosas. Instituto de ecología y sistemática. La Habana Cuba. 39 pp.
- Barry, T.N. and Manley, T.R. 1986. The role condensed tannins in the nutritional value of Lotus pedunculatus for sheep. 2 quantitative digestion of carbohydrates and proteins. British Journal of Nutrition 51:493-504.
- Beuselink, P.R. and Grant, W.F. 1995. Birdsfoot trefoil In: Forages, An Introduction to Grassland Agriculture. Iowa State Univ. Press. 5th Ed. 1: 237-248.
- Binder, U. 1997. Manual de leguminosas de Nicaragua. PASOLAC E.A.G.E. Estelí. Nicaragua
- Bustamante, G. Villanueva, A. Bonilla, C. y Rubio, C. 2002. Utilización del heno de clitoria (Clitoria tematea L.) en la alimentación de vacas Suizo pardo en lactación. Técnica Pecuaria en México. 42:477-487.
- Cáceres, O. y González, E. 1996. Valor nutritivo del follaje de árboles y arbustos forrajeros II Leucaena leucocephala cv. CNIA-250. Pastos y Forrajes. 19:277-281.

- Cadena, V.S. 2009. Dinámica de crecimiento para alfalfa (*Medicago sativa* L.) en respuesta a diferentes frecuencias de cosecha. Texcoco México. 78 pp.
- Camacho, G.J.L. y García, M.J.G. 2002. Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, Ballico perene, Festuca alta y Pasto ovillo. *Veterinaria México*. 34 (2): 149-177.
- Combellas, J. 1999. Comportamiento productivo de ovejas West African pastoreando pasto estrella (*Cynodon leucomis*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*). *Revista Facultad de Agronomía Luz*. 16:204-210.
- Comisión nacional del agua. 2012. Servicio meteorológico nacional [en línea]. Disponible en <http://smn.cna.gob.mx/emas/>
- Castro, R.R. Hernández, G.A. Pérez, P.J. Hernández, G.J. Quero, C.A.R. Enríquez, Q.J.F. Martínez, H.P.A. 2012. Comportamiento productivo de cinco asociaciones gramíneas-leguminosas bajo condiciones de pastoreo. *Revista fitotecnia mexicana*. 35 (1): 87-95.
- Departamento de agricultura de los Estados Unidos. 2011. Taxonomía del birdsfoot trefoil [en línea]. Disponible en <http://www.USDA-NRCA/2011/lotuscorniculatus/>
- Dixon, R.A. and Paiva, N.L. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *The Plant Cell*. 7: 1085-1097
- Escobar, H.R. Cano, E.R. Flores, G.A.F. Becerril, H.M. Pérez, Z.M. Sony, G.E. Barrios, D.B. y Jarillo, R.J. 2008. Producción de forraje de cuatro ecotipos de *Cajanus cajan*

(L) Millps en zona costa-montaña. Benemérita universidad autónoma de Puebla. México.

García, S.G. 2003. "Clasificación de los diferentes grupos de *Lotus corniculatus*". revista fitotecnia mexicana. Chapingo. México.

Gebrehiwot, L. Beuselinck, P.R. and Roberts C.A. 2002. Seasonal variations in condensed tannin concentration of three *Lotus* species. *Agronomy Journal*. 94: 1059-1065.

Guaita, M.S. y Fernández, H.H. 2005. Tabla de Composición Química de Alimentos para Rumiantes. Área de Investigación en Producción Animal. INTA EEA Balcarce. CERBAS. Buenos Aires Argentina.

Hughes, H.D. Heath, M.E. and Metcalf, D.S. 1980. Forrajes, Editorial CECSA. México. 758 pp.

Juncafresca, B. 1983. Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. 2ª edición. Editorial Aedos. Barcelona España. 203 pp.

Kalemu, F. Tamesgen, M. y Tilahum, M. 1992. Small aquipment for maize production *In* B. Tolessa & J.K. Ransum, eds First National Maize Workshop. Addis Abada. Ethiopia. 5-7, May 1992. IAR/CIMMYT

Ku, V.J.C. Ramírez, L.A. Jiménez, G.F. Alayón, A.J. y Ramírez, L.C. 1998. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. *Producción y Sanidad Animal*. pp 231-258.

Lagler, J.C. 2000. Revista forrajes y granos núm. 50. Instituto nacional de tecnología agropecuaria. Buenos Aires Argentina.

- Lagler, J.C. 2003. Revista forrajes y granos núm. 62. Instituto nacional de tecnología agropecuaria. Buenos Aires Argentina. pp. 72-76.
- Li, Y-G. Tanner, G. And Larkin, P. 1996. The protocol and the threshold proanthocyanidin content for bloat safety in forage legumes. Journal of the Science of Food and Agriculture. 70: 89-101.
- Machado, C.R. 2000. Fisiología de las leguminosas. Instituto de Ecología y Sistemática. La Habana Cuba. 89 p.
- Macro localización de los municipios del estado de Puebla
<http://www.google/maps/2012>
- Miñón, D.P. Sevilla, G.H. Montes, L. Fernández, O. 1990. "Lotus tenuis y corniculatus: leguminosas forrajeras para la pampa deprimida". In: Boletín Técnico N° 98. INTA E.E.A Balcarce. Argentina.
- Muslera, P.E. y Ratera, C.G. 1991. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 674 p.
- Niezen, J.H. Waghorn, T.S. Charleston, W.A.G. and Waghorn, C.G. 1995. Growth and gastrointestinal nematode parasitism in lambs grazing either Lucerne (medicago sativa) or sulla (Hedysarum coronarium) which contains condensed tannins. Journal of agricultural science. 125: 2, pp 281-289.
- Olivares, P.J. Jiménez G.R. Rojas H.S. y Martínez H.P.A. 2005. Uso de leguminosas arbustivas en los sistemas de producción animal. Revista Electrónica de Veterinaria. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505.html>.

- Otero, M.J. e Hidalgo, L.G. 2004. Livestock Research for Rural Development. 16(2).Facultad de Ciencias Veterinarias. Tandil. UNICEN. Buenos Aires. Argentina.
- Panckurst, C.E. And Jones, W.T. 1979. Effectiveness of *Lotus* root nodules. *Journal of Experimental Botany*. 30.
- Paolocci, F. Bovone T. Tosti, N. Arcioni, S. And Damiani F. 2005. Light and an exogenous transcription factor qualitatively and quantitatively affect the biosynthetic pathway of condensed tannins in *Lotus corniculatus* leaves. *Journal of Experimental Botany*. 56: 1093-1103.
- Pérez, R. y Acosta, A. 1998. Potencial de producción animal con especies forrajeras en suelos ácidos de la Orinoquía. Información Técnica. Año 2 No.19. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria "Corpoica". Villavicencio.
- Pizarro, E.A. Rincón, A. 1995. Experiencia Regional con *Arachis* forrajero en América del Sur. *in*: Biología y Agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. Editor Peter C. Kerridge. CIAT. Cali Colombia. pp 155-169.
- Quero, C.A.R. Enríquez, Q.F.J. Miranda, J.L. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o status quo. *Interciencia*. 32: 566-571.
- Ramón, E.J. García C.A. 1982. Composición del forraje de dos cultivares de *Lotus corniculatus* L cosechado en diferentes momentos vegetativos. Sociedad Nestlé. A.E.P.A.S. Salamanca España.
- Reinoso, H. Sosa, L. Ramírez, L. And Luna, V. 2004. Salt-induced changes in the vegetative anatomy of *Prosopis*

strombulifera (Leguminosae). *Canadian Journal of Botany* 82 (5), pp. 618-628.

Rincón A. 1994. Propagación vegetativa y producción de semilla de *Arachis pintoi* en monocultivo y asociado con *Brachiaria sp* bajo pastoreo. Achagua. 1 (1). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria "Corpoica". Villavicencio, pp. 20-29.

Rincón, A. Cuesta, P. Pérez, B.R. Lascano, C.E. y Ferguson, J. 1992. Maní forrajero perenne (maní forrajero Krapovickas y Gregory) una alternativa para ganaderos y agricultores. Boletín Técnico ICA No.219. ICA-CIAT. Cali Colombia. 23 p.

Rivas, J.M.A. López, C.C. Hernández-Garay, A. y Pérez. P.J. 2005. Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Técnica Pecuaria en México. 43: 79-92.

Rojas, G.M. 1993. Fisiología Vegetal Aplicada. 4^a Edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México. 275 p.

Sánchez, G.A. 1993. Potencialidad agronómica de Leguminosas forrejas en la zona de Aroa y Bajo Tocuyo. FONAIAP Divulga. N° 42.

Sandoval, A.J. Arellano, M.R. Carranco, J.M. Pérez Gil, R.F. y Balvanera, P. 1991. *Cajanus cajan* L. Millsp. (Gandul) recurso forrajero explotable en México. Turrialba. 41: 211-216

Secretaría de desarrollo rural del estado de Puebla. 2011. boletín informativo sexenal "avances y logros en el campo poblano. Gobierno del estado de Puebla. Puebla, México.

- Sivakumaran, S. Rumball, W. Lane, G.A. Fraser, K. Foo, L.Y. And Meagher, P. 2006. Variation of Proanthocyanidins in *Lotus* Species. *Journal of Chemical Ecology*. 32: 1797-1816.
- Soto, O.P. Jahn, B.E. Velasco, H.R. y Arredondo, S.S. 2004. Especies leguminosas forrajeras para corte en suelos arcillosos de mal drenaje. *Agricultura Técnica*. 65 (2): 157-164
- Stubbendieck, J. Friisoe, G.Y. y Bolick, M.R. 1994. Malezas de Nebraska y las Grandes Llanuras. Nebraska Departamento de Agricultura. Oficina de Industria Vegetal Lincoln. Nebraska.
- Tejada, H.I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación. Patronato de apoyo a la investigación y extensión pecuaria de México. México. 387.
- Waghorn, C.G. and Shelton, I.D, 1997. Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* on the nutritive value of pasture for sheep. *Journal of Agricultural Science*. Cambridge. 128: 365-372.
- Waghorn, C.G. Shelton, I.D. McNabb, W.C. and McCutcheon, S.N. 1994. Effects of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on its nutritive value for sheep. 2. Nitrogenous aspects. *Journal of Agricultural Science*. Cambridge. 123:109-119.
- Wilson, Q.T. y Lascano, C.E. 1997. *Cratylia argentea* como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos. *Pasturas Tropicales*. 19: 2-8.