



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA
INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRITIVA DE LA PAJA DE TRES
VARIEDADES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) A TRES
DENSIDADES DE SIEMBRA

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA
FLORA ZARAGOZA DOMÍNGUEZ

DIRECTOR DE TESIS
MTRO. NUMA P. CASTRO GONZÁLEZ

Tlatlauquitepec, Puebla, México. 2015



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA
INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRITIVA DE LA PAJA DE TRES
VARIEDADES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) A TRES
DENSIDADES DE SIEMBRA

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA
FLORA ZARAGOZA DOMÍNGUEZ

DIRECTOR DE TESIS
MTRO. NUMA P. CASTRO GONZÁLEZ

ASESORES
MC. RAMIRO ESCOBAR HERNÁNDEZ
MC. CARLOS ALBERTO GARCÍA MUNGUÍA
DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ

Tlatlauquitepec, Puebla, México. 2015

La presente tesis titulada "Rendimiento y calidad nutritiva de la paja de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a tres densidades de siembra" realizada por Flora Zaragoza Domínguez, ha sido revisada y aprobada por el siguiente comité revisor, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ingeniería Agrohidráulica

Consejo particular integrado por:

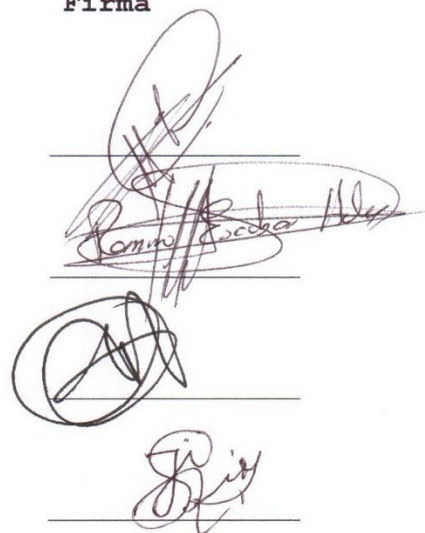
Firma

Director: Mtro. Numa P. Castro González

Asesor: MC. Ramiro Escobar Hernández

Asesor: MC. Carlos Alberto García Munguía

Asesor: Dr. Juan De Dios Guerrero Rodríguez

The image shows three handwritten signatures, each written over a horizontal line. The top signature is the most complex and stylized. The middle signature is more legible and appears to read 'Ramiro Escobar Hernández'. The bottom signature is also stylized but more compact.

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre del 2014

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la oportunidad de culminar una etapa más en mi vida, en compañía de mis seres queridos.

A mis papás

Silvestre Zaragoza Calderón e Inés Domínguez Velázquez, por su cariño y apoyo incondicional en todo momento.

Mis hermanos

José Luis, Guille y Hugo que de una u otra manera me han ayudado a salir adelante. Al igual que a mi cuñada Reyna.

Mis sobrinas

Adriana y Naomy, por llenar los días de felicidad, con sus pequeños detalles, son una bendición en nuestras vidas, las quiero mucho niñas!!

A mi abuelito

Fortunato Zaragoza Español, aunque ya no está con nosotros siempre voy a recordar esos momentos que compartimos y que son parte importante en mi vida.

Mis abuelitas

Guillermina Velázquez Vázquez y Flora Calderón Díaz. Gracias por su cariño y ayuda siempre, pero sobre todo por su apoyo en esos momentos difíciles, sin esperar nada a cambio.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A mis papás, por buscar lo mejor para nosotros y por estar conmigo siempre, gracias por apoyarme a lo largo de mi vida, los quiero mucho.

Al MC. Numa P. Castro González, por la ayuda y disposición que me brindo durante la realización de este trabajo.

MC. Ramiro Escobar Hernández por su apoyo durante el periodo experimental y en la redacción de tesis. Muchas gracias!

Dr. Juan De Dios Guerrero Rodríguez por ayudarme en el trabajo de tesis y sobre todo por la paciencia que me brindo, de verdad se lo agradezco mucho.

Dr. Carlos Alberto García Munguía, por su apoyo en la elaboración del trabajo.

Al Dr. Raúl Berdeja Arbeu por los consejos durante la estancia en la carrera. Y por su apoyo, para poder concluir con mi tesis.

A los maestros de la carrera de Ingeniería Agronómica y Zootecnia que formaron parte de mi estancia en la universidad Dr. Marcos Pérez Sato y MC. Eutiquio Soni Guillermo.

A mis compañeros de la generación 2009 Sarahi, Erendida, Giovana, Karen, Edith, Norma, Jahir, German, Salatiel, Juan Carlos Casiano, Uriel, Rene, Juan Carlos Reyes, Omar, José y Víctor.

A la Lic. Martha Laura Sánchez Marín, Lic. Silvia Rivera, doña Gina y a don Roberto por su apoyo durante mi estancia en la universidad y durante el trabajo de tesis.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 General	3
2.2 Específicos	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 Cultivo de frijol	5
4.2 Producción de frijol	6
4.2.1 Importancia nacional	6
4.2.2 Importancia en Puebla	6
4.2.3 Importancia municipal	7
4.3 Sistemas de producción ganadera	7
4.4 Producción de esquilmos agrícolas	8
4.5 Ventajas de la utilización de esquilmos agrícolas	9
4.6 Implementación de rastrojos en la alimentación animal ..	10
4.7 Densidades de siembra en el cultivo de frijol	11
4.8 Calidad nutritiva de la paja de frijol	12
V. MATERIALES Y MÉTODOS	14
5.1 Localización	14
5.2 Material biológico	14
5.3 Densidades de población	15
5.4 Diseño experimental	15
5.5 Variables a evaluar	16
5.5.1. Rendimiento de materia seca de Paja (hoja, tallo y vaina)	16
5.5.2 Proteína cruda de paja y vaina	16

5.5.3 Fibra detergente neutra de paja y vaina	17
5.5.4 Fibra detergente acido de paja y vaina	18
5.6 Análisis estadístico	19
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
6.1 Rendimiento de materia seca de paja (MSP) y vaina (MSV)	20
6.2 Proteína cruda de paja (PCP) y (PCV)	21
6.3 Fibra Detergente Neutro en paja (FDNP) y vaina (FDNV) ..	21
6.4 Fibra Detergente Acido de paja (FDAP) y vaina (FDAV) ...	22
VII. CONCLUSIONES.....	25
VIII. LITERATURA CITADA.....	26

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Composición nutritiva de diversos esquilmos agrícolas	13
Cuadro 2. Composición química y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca del rastrojo de frijol.....	13
Cuadro 3. Producción y calidad nutritiva de tres variedades de paja de frijol, Tlatlauquitepec, Pue. (2014)	23
Cuadro 4. Producción y calidad nutritiva de paja de frijol, en relación a la densidad de siembra, Tlatlauquitepec, Pue. (2014)	23
Cuadro 5. Producción y calidad nutritiva de paja de frijol a tres densidades de siembra, Tlatlauquitepec, Pue. (2014)	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Localización del sitio experimental.....	14
Figura 2. Diseño del experimento.....	15

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el rendimiento de materia seca y la calidad nutritiva de la paja de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Ilita (ILITA), Cuautlamingo (CUAT) y Ochenteño (8CHTE). Estas variedades fueron establecidas a tres densidades de siembra 8, 10 y 13 cm utilizando un diseño completamente al azar con nueve tratamientos y cinco repeticiones. Las variables evaluadas fueron Rendimiento de materia seca de paja (MSP) y vaina (MSV) expresados en kg ha⁻¹; contenido de PC en paja (PCP) y vaina (PCV); FDN en paja (FDNP) y vaina (FDNV); FDA de paja (FDAP) y vaina (FDAV). Las densidades de siembra no ejercieron ningún efecto sobre las variables evaluadas. Las variedades fueron diferentes ($P \leq 0.05$) en rendimiento de materia seca, donde 8CHTE MSP (165.62 kg ha⁻¹), MSV (250.04 kg ha⁻¹) y la variedad ILITA MSP (139.16 kg ha⁻¹), MSV (248.05 kg ha⁻¹) obtuvieron la mayor producción de rastrojo. De estas variedades, ILITA mostró mejor calidad nutritiva con valores de PCP (12.44 %), PCV (12.12 %) y el menor contenido de fibra DFNP (51.13 %), FDAP (38.39 %), FDNV (41.90 %), FDAV (31.11 %). Por lo tanto esta variedad representa una alternativa en la región de estudio, para utilizarse como suplemento en la alimentación animal.

Palabras clave: Composición química, Paja, Producción.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the dry matter yield and nutritional quality of the stover of three varieties of beans (*Phaseolus vulgaris* L.), Ilita (ILITA), Cuautlamingo (CUAT) and Ochenteño (8CHTE). These varieties were established at three densities of planting 8, 10 and 13 cm using a completely random with nine treatments and five replications design. The evaluated variables were dry matter yield of stover (MSP) and pod (MSV) expressed in kg ha⁻¹; PC content in straw (PCP) and sheath (PCV); NDF in stover (FDNP) and sheath (FDNV); FDA of stover (FDAP) and sheath (FDAV). Densities not exerted no effect on the evaluated variables. The varieties were different ($P \leq 0.05$) on dry matter yield, where 8CHTE MSP (165.62 kg ha⁻¹), MSV (250.04 kg ha⁻¹) and the variety ILITA MSP (139.16 kg ha⁻¹), MSV (248.05 kg ha⁻¹) obtained the highest production of stover. Of these varieties, Ilita showed better nutritional quality with values of PCP (12.44 %), PCV (12.12 %) and the lowest content of fiber FDNP (51.13 %), FDAP (38.39 %), FDNV (41.90 %), FDAV (31.11 %). Therefore this range represents one alternative in the study region, for use as a supplement in animal feed.

Key Words: Chemical composition, straw, production

I. INTRODUCCIÓN

En México, la utilización de esquilmos agrícolas, dentro de la alimentación animal ha tomado gran importancia durante los últimos años, ocasionada principalmente por la escases de forrajes y los altos costos de alimentación, los cuales ocupan aproximadamente de un 50 a un 75 % de los costos totales de producción (Jiménez, 1993; Velázquez, 2009). Entre los cultivos que mayor se siembran y se obtiene una gran cantidad de esquilmos se encuentra el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) el cual es el segundo cultivo en importancia desde el punto de vista social, biológico y cultural (Reyes *et al.*, 2014) después del maíz (SE, 2012). Este se cultiva en todas las regiones agrícolas y todos los climas del país, destacando las regiones templadas semiáridas, tanto por la superficie sembrada como por el volumen de producción (INEGI, 2007).

De acuerdo a las estadísticas reportadas por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2013) en el estado de Puebla se sembraron 58,578 ha de frijol en el ciclo Primavera-Verano y bajo un régimen de temporal, de las cuales se obtuvo un rendimiento de 0.68 t ha⁻¹. Durante el mismo año en el municipio de Tlatlauquitepec, se tuvo una superficie sembrada de 75 ha, las cuales generaron un rendimiento de 0.52 t ha⁻¹.

Este cultivo genera una gran cantidad de paja, la cual puede ser utilizada como una alternativa en la alimentación de los rumiantes (Correa, 2008) considerando que en el municipio de Tlatlauquitepec existen 1,638 cabezas de bovinos (SINIIGA, 2014) y 10,231 ovinos (INEGI, 2007), los cuales podrían aprovechar el rastrojo. Sin embargo su uso se ve limitado debido a que es un material fibroso y su calidad nutritiva depende de la variedad,

madurez fisiológica, manejo, época de siembra, condiciones climáticas, entre otros factores.

Cabe mencionar que existen pocos estudios enfocados a la determinación de la calidad nutritiva y a la utilización de paja de este cultivo. En ese sentido, la presente investigación tuvo como objetivo determinar el rendimiento de materia seca de paja así como la calidad nutritiva de tres variedades de frijol, establecidas a tres densidades de siembra.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar el rendimiento de materia seca de paja y calidad nutritiva de tres variedades de paja de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a tres densidades de siembra, en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla.

2.2 Específicos

Determinar el rendimiento de materia seca de tres variedades de paja de frijol a tres densidades de siembra.

Evaluar la concentración de Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Acido (FDA) de la paja de tres variedades de frijol a tres densidades de siembra.

II. HIPÓTESIS

La densidad de siembra y el tipo de variedad tienen un efecto sobre la producción de rastrojo del frijol y su calidad.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Cultivo de frijol

En el país el cultivo de frijol representa toda una tradición cultural, productiva y de consumo. Forma parte de los alimentos que contribuyen con proteínas a la dieta de la población de medianos y bajos recursos (Reyes *et al.*, 2014; Portilla, 2004). Se ha cultivado desde hace aproximadamente ocho mil años (FR, 2011) siendo México uno de los centros de origen y diversidad del género *Phaseolus*; actualmente las especies de mayor importancia y que se cultivan en mayor cantidad son: *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común), *P. coccineus* (frijol ayocote), *P. lunatus* (frijol lima) y *P. acutifolius* (frijol tépari) (Castillo *et al.*, 2006).

El frijol fue uno de los principales cultivos que se estableció en asociación con maíz (Muñoz, 2010); debido a la relación simbiótica que tiene con bacterias del género *Rhizobium* y que le permite fijar nitrógeno al suelo (Estrada *et al.*, 2007).

El cultivo crece en todos los estados de la república mexicana, obteniéndose del 60 % al 70 % (Fanghanel, 1997) del total, en los estados noreste, donde predominan los frijoles amarillos claros (peruano, azufrado); en la región nortecentro, (pintos, bayos, flor de mayo, garbancillo y negro) en el centro, varios frijoles locales (flor de mayo, flor de junio, negros y variedades criollas) (Muñoz, 2010).

Una característica importante que presenta el frijol es su capacidad para adaptarse a diversos climas, lo que le permite ser cultivado desde altitudes de casi cero, hasta 2,700 msnm (Ayala *et al.*, 2008). El grano de frijol que se produce y consume

en México proviene principalmente de genotipos criollos (Muñoz *et al.*, 2009; Sangerman *et al.*, 2010) los cuales presentan ventajas tanto agronómicas como de calidad.

4.2 Producción de frijol

4.2.1 Importancia nacional

Aproximadamente el 85 % de la superficie de frijol sembrada en México, se ubica en zonas semi áridas, bajo un régimen de temporal (Padilla *et al.*, 2011) y de la producción que se obtiene únicamente el 20 % es destinado para autoconsumo, el resto es utilizado para la venta (Torres y García, 2008).

En el año 2013 a nivel nacional se sembraron bajo temporal 1.6 millones de hectáreas de frijol, de las cuales se cosecharon 1.5 millones, generando una producción de 961,764 toneladas, con un rendimiento de 0.62 t ha⁻¹. Los estados con mayor participación en la producción fueron: Zacatecas con el 41.9 % de la producción, Durango con 16.6 %, seguido por los estados de Chihuahua 8.1 %, Chiapas con 6.7 % y Guanajuato con una contribución del 4.4 % de la producción (SIAP, 2013).

4.2.2 Importancia en Puebla

El frijol se siembra en diferentes épocas y bajo distintos sistemas de producción, obteniendo de este cultivo semilla seca y vainas en fresco, cuyo destino es principalmente para autoconsumo.

De acuerdo con cifras reportadas por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2013) en Puebla se sembraron bajo temporal 58,942.82 ha. de frijol, de las cuales se tuvo una

superficie cosechada de 57,866.45 ha. obteniéndose una producción de 39,456 toneladas, con un rendimiento de 0.68 t ha⁻¹. El estado aportó el 4.1 % de la producción nacional.

4.2.3 Importancia municipal

El municipio de Tlatlauquitepec fue el que tuvo la mayor superficie sembrada de frijol con 75 ha, de las cuales se obtuvo un rendimiento de 0.52 t ha¹. (SIAP, 2013), seguido por el municipio de Zacapoaxtla, con 20 ha. sembradas y con un rendimiento de 0.25 ton ha⁻¹. El tercer lugar lo ocupó el municipio de Zaragoza con 8 ha. sembradas.

Sin embargo no solo el grano tiene un valor importante, también el esquilmo (paja) compuesto por tallos, hojas y valvas de las vainas, es de gran importancia debido al valor forrajero que representa (Acosta *et al.*, 2002).

4.3 Sistemas de producción ganadera

Los sistemas de producción ganadera se clasifican en extensivos, semi intensivos, tradicionales y de traspatio, en los cuales durante los últimos años se ha incrementado la utilización de esquilmos agrícolas como parte de la alimentación de rumiantes. Debido a que estos animales tienen la habilidad de convertir forrajes y residuos de cosecha en alimentos (FAO, 2014) que necesita la población, como lo son carne y leche.

La ganadería se lleva a cabo en una superficie de aproximadamente 110 millones de hectáreas (56 %), lo cual genera el 45 % del valor monetario del sector agropecuario en el país (Gómez *et al.*, 2008).

4.4 Producción de esquilmos agrícolas

Las actividades agrícolas generan una gran cantidad de esquilmos (SAGARPA, 2009;), conocidos también como rastrojos, pajas, zacate, pastura, clazol (Camacho *et al.*, 2013), los cuales han sido estudiados con respecto a la calidad del suelo, al ser incorporados luego de obtener el grano. Del mismo modo se ha estudiado su aprovechamiento como parte de la alimentación de rumiantes (Fuentes *et al.*, 2001).

De acuerdo con la SAGARPA, (2008) la producción total estimada de biomasa forrajera en materia seca corresponde a 189.6 millones de toneladas, de las cuales las praderas representan un 41.9 %, agostaderos el 29.8 %, esquilmos agrícolas el 24 % y los cultivos forrajeros 4.3 %. Sin embargo, del total de biomasa que se produce, se utiliza únicamente entre un 30 y un 50 % (Manterola *et al.*, 1999).

La mayor cantidad de rastrojos que se producen en México, corresponde a los cereales y tienen una asociación directa con la producción de grano, por tanto, conforme aumenta la cantidad de grano producida para cubrir la demanda de la población, se incrementa la disponibilidad de estos rastrojos agrícolas (Macedo, 2000).

Los residuos de cosecha abundan en diversas zonas del país (Guevara *et al.*, 2013) principalmente en zonas de temporal, siendo los diez principales cultivos (Maíz, sorgo, trigo, arroz, frijol, cebada, soya, algodón, cártamo y ajonjolí) los que generan anualmente alrededor de 45 millones de toneladas de materia seca (SAGARPA, 2009).

Borja *et al.* (2013), determinaron la producción nacional de residuos de cosecha de cuatro cultivos (maíz, sorgo, trigo y cebada) durante el periodo 2008-2011, estimando a una proporción ponderada. Para determinar la producción de rastrojo se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Producción de rastrojo} = \left(\frac{\text{Producción de grano}}{\text{Porcentaje de grano}} \times 100 \right) - \text{Producción de grano}$$

Tomando en cuenta que del total de la producción que se obtiene por hectárea el 53.4 % lo representa el rastrojo y el 46.6 % el grano, para el cultivo de maíz (Muñoz, 2011). En el caso de las pajas de sorgo, trigo y cebada el porcentaje de rastrojo que se utilizó fue de 53 % y 47 % para grano (SAGARPA, 2010).

La producción total de rastrojo que obtuvieron fue de 37.5 millones de toneladas, cantidad con la cual se podría cubrir el 21 % de la ms que requiere la ganadería, sin embargo solo se hace uso del 45 % del total que se tiene disponible.

En lo referente a cultivos de leguminosas, durante el año 2013 se cosechó una superficie de 56,381 ha, de cacahuate y 157,418 ha de soya (SIAP, 2014), que en conjunto generaron 213,800.44 toneladas de materia seca.

4.5 Ventajas de la utilización de esquilmos agrícolas

De acuerdo con la CONAF (2009), los rastrojos agrícolas presentan características favorables para los sistemas de producción mixtos agrícolas y pecuarios. Algunas ventajas en la utilización de esquilmos, son las siguientes:

- o La relación entre la ganadería y las actividades agrícolas promueve al mejor aprovechamiento de los esquilmos agrícolas, ya que no solo se utiliza el grano, sino también el forraje.
- o Permite al productor utilizar el rastrojo como subproducto para la alimentación del ganado, contribuyendo como fuente alimenticia en períodos de sequía.
- o La implementación de residuos agrícolas en la alimentación de rumiantes, permite disminuir los costos de producción.
- o El uso de pajas constituye un forraje que permite cubrir parte de los requerimientos de mantenimiento en los animales.

Otras ventajas a considerar es el uso de esquilmos agrícolas en la conservación del suelo (FAO, 2014).

- o Presentan un efecto positivo, ya que influyen en la conservación de los recursos naturales, reduciendo la necesidad de emplear la quema como una herramienta de manejo, evitando dañar al suelo.
- o El suministro de rastrojos agrícolas al suelo genera una mayor cantidad de materia orgánica
- o Reducción de la erosión del suelo.

4.6 Implementación de rastrojos en la alimentación animal

Existen diversos trabajos que se han llevado a cabo implementando esquilmos agrícolas en la alimentación de rumiantes. Hellin *et al.* (2013), realizaron un estudio en tres regiones agroecológicas de México y encontraron que más del 70 % del rastrojo agrícola que se obtiene, es utilizado con fines de alimentación para el ganado.

Por otro lado Guevara *et al.* (2013), llevaron a cabo un estudio en la región de la fraileza, perteneciente al estado de Chiapas, obteniendo información en base a encuestas aplicadas a 300 productores de maíz, 45 productores y ganaderos y a 4 comercializadoras, determinando que el rastrojo se utiliza principalmente para pastoreo. El 27 % de los productores implementa el esquilmo de maíz para la alimentación del ganado, el 53 % lo destina para la agricultura de conservación y el 20 % restante quema el rastrojo.

Ponce *et al.* (2003), implementaron paja de avena y paja de frijol tratado y sin tratar en la alimentación de corderos, encontrando que los animales que fueron alimentados con paja de avena tratada mostraron una ganancia diaria superior a los animales de los otros tratamientos, sin embargo la eficiencia alimenticia fue mayor en los corderos alimentados con paja de frijol.

4.7 Densidades de siembra en el cultivo de frijol

Para obtener mayores rendimientos de grano de frijol y al mismo tiempo una mayor cantidad de rastrojo es necesario buscar mejoras en el manejo agronómico del cultivo (Osuna *et al.*, 2013).

Tomando como una alternativa el implementar surcos más angostos a los utilizados convencionalmente (0.76 m, 0.80 m) y empleando una distribución homogénea entre planta y planta, aumentando con ello la densidad de población por hectárea (Soltero *et al.*, 2010) permite incrementar el rendimiento de materia seca, debido a que se presenta un mayor desarrollo del

área foliar e intercepción de radiación solar durante el ciclo de crecimiento (Alves *et al.*, 2008; Portilla, 2004).

Rodríguez *et al.* (2003), determinaron que el incremento en el rendimiento de grano se encuentra en función del número de vainas que se obtienen por ha, por lo cual, al tener una mayor cantidad de vainas, se genera también un incremento de la cantidad de paja, tomando en cuenta que por cada kilogramo de grano obtenido, se genera aproximadamente un kilogramo de esquilmo agrícola (Macedo, 2000).

Acosta *et al.* (1996), encontraron que la densidad de plantas que se necesitan para incrementar la producción de grano, está en función del genotipo establecido, generalmente es más alta en variedades de frijol de maduración tardía, debido a que presentan mayor área foliar. Así mismo la distribución de plantas depende de las características de desarrollo de la variedad, como lo es la ramificación y altura de la planta.

4.8 Calidad nutritiva de la paja de frijol

El valor nutritivo varía entre los diferentes residuos de cosecha, presentando menor calidad los rastrojos de cereales en comparación con los esquilmos obtenidos de las leguminosas (Cuadro 1). La paja de frijol se caracteriza por tener valores de proteína de entre 7 y 14 %, su digestibilidad va de un 60 a un 70 % y tiene un contenido de lignina de 7 a 9 % (Cerdeña *et al.*, 1987). Aunado a lo anterior Galaviz *et al.* (2011) indican que el valor nutritivo de un esquilmo agrícola cambia si se analiza la planta completa o se evalúa por separado (hoja y tallo).

Cuadro 1. Composición nutritiva de diversos esquilmos agrícolas

Esquilmo	MS (%)	PC (%)	Fibra (%)	FDN (%)	FDA (%)
Paja de trigo	92.7	3.0	40.6	85.0	50.0
Paja de sorgo	93.2	4.9	35.0	76.0	50.8
Paja de cebada	91.5	5.8	42.3	71.0	-
Paja de frijol	91.7	6.0	40.1	66.6	55.6
Paja de avena	92.1	5.1	41.1	72.3	-
Paja de haba	89.0	7.1	39.0	62.6	-

Fuente: Castañeda y Monroy, 1984; SAGARPA, 2009.

En el cuadro 2 se muestran los resultados de composición química y digestibilidad del rastrojo de frijol, de un estudio realizado en Costa Rica.

Cuadro 2. Composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia seca del rastrojo de frijol.

Material	MS (%)	PC (%)	DIMS (%)	Hemicelulosa (%)	Celulosa (%)	Lignina (%)
Rastrojo entero	90.03	4.13	46.01	14.47	37.05	17.02
Tallos	91.75	4.00	37.05	16.12	42.03	19.78
Vainas	91.50	3.50	56.48	13.50	34.12	12.83

Fuente: Ruiz *et al.* (1980).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el campo experimental Pezmatlán, de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, ubicada en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla (Figura 1). Se localiza en la parte Noreste del estado, sus coordenadas son: paralelo $19^{\circ}50'17.082''$ de latitud Norte y en meridiano $97^{\circ}27'8.772''$ de longitud Oeste, con una altura de 1950 msnm, las coordenadas fueron tomadas con un GPS de la marca MAGELLAN EXPLORIS® modelo 510.

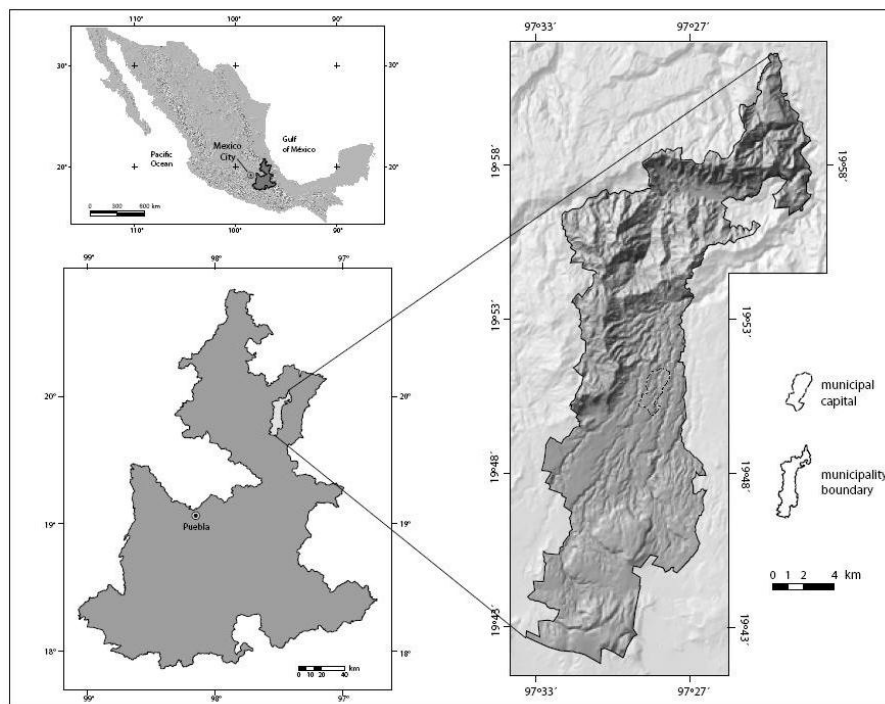


Figura 1. Localización del sitio experimental

5.2 Material biológico

Para el establecimiento del cultivo se utilizaron tres variedades de frijol criollo (Ilita, Cuautlamingo y Ochenteño)

debido a que están adaptadas a la región y son las más utilizadas por los productores.

5.3 Densidades de población

Se establecieron 3 densidades de siembra que incluyeron tres distancias entre plantas (8, 10 y 13 cm), obteniendo densidades de población de 250,000, 200,000 y 150,000 plantas ha⁻¹.

5.4 Diseño experimental

Para el establecimiento del experimento se utilizó un diseño completamente al azar, con nueve tratamientos y cinco repeticiones (Figura 2).

						*	T14 O 8cm	T6 I 13cm	T17 O 13cm	T16 O 10cm	*
T15 O 10cm	*	T3 I 10cm	T18 O 13cm	T8 C 8cm	T13 O 13cm	T7 C 8cm	T1 I 8cm	T9 C 10cm	T2 I 8cm	T11 C 13cm	*
*	T17 O 13cm	T15 O 10cm	T2 I 8cm	*	T16 O 10cm	T7 C 8cm	T11 C 13cm	T12 C 13cm	T6 I 13cm	T9 C 10cm	T3 I 10cm
T3 I 10cm	T17 O 13cm	T16 O 10cm	T14 O 8cm	T11 C 13cm	T12 C 13cm	T4 I 10cm	T5 I 13cm	*	T1 I 8cm	T16 O 10cm	T14 O 8cm
T18 O 13cm	T2 I 8cm	T15 O 10cm	T5 I 13cm	T1 I 8cm	T4 I 10cm	T6 I 13cm	T10 C 10cm	T7 C 8cm	T8 C 8cm	T13 O 8cm	T9 C 10cm

Figura 2. Diseño del experimento

5.5 Variables a evaluar

5.5.1. Rendimiento de materia seca de Paja (hoja, tallo y vaina)

Para determinar el rendimiento de materia seca, se registró el peso en fresco de las muestras, las cuales previamente se separaron en paja (hoja y tallo) y vaina (valvas). Posteriormente se colocaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C durante 72 horas hasta que alcanzaron peso constante, con lo cual se obtuvo el valor necesario para ser aplicado en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ MS} = \frac{\text{Peso seco de la muestra}}{\text{Peso humedo de la muestra}} \times 100$$

5.5.2 Proteína cruda de paja y vaina

Después de secar las muestras se molieron en un molino pulvex 100®. Para realizar el análisis de proteína se pesó 0.1 g de muestra y 1.0 g de selenio (catalizador), se depositaron en un matraz tipo Kjeldahl, después se le agregaron 3 ml de H₂SO₄, y se procedió a la digestión hasta que la muestra presentó una apariencia definida, posteriormente se pasó la muestra al tubo de destilación, agregando pequeñas cantidades de agua desionizada y se le agregaron 12 ml de Hidróxido de Sodio (NaOH). En el extremo del destilador se colocó un matraz Erlenmeyer de 250 ml, al cual se le adicionaron 10 ml de solución de ácido Bórico al 4 % con mezcla de indicadores. La destilación se llevó a cabo durante 7 minutos, una vez transcurrido este tiempo se retiró el matraz Erlenmeyer que se colocó en el extremo y se tituló con una solución de ácido sulfúrico al 0.05 N, finalmente se tomó la lectura del gasto. El porcentaje de proteína cruda se determinó con la siguiente formula (AOAC, 1975):

$$\% N = \frac{(Q * \text{Normalidad del ácido} * 1.4)}{\text{Peso de la muestra}}$$

El porcentaje de nitrógeno resultante de la formula anterior se multiplico por un factor de corrección 6.25 y el resultado obtenido fue el porcentaje de proteína.

5.5.3 Fibra detergente neutra de paja y vaina

Fibra detergente neutra (FDN). Se realizó con un equipo Soxhlet®. Se pesó 0.35 g de la muestra y se colocaron en un matraz balón de fondo plano, añadiendo 35 ml de la solución FDN, se dejó calentar hasta que alcanzó el punto de ebullición, a partir de este momento se dejó durante 1 hora. Después se utilizó un papel filtro del cual previamente se obtuvo el peso. El filtro se colocó en un embudo de filtrado, se conectó la bomba de vacío para extraer el agua y agitando el matraz para remover sólidos se agregó agua caliente. Se repitió el lavado del matraz, pero en esta ocasión utilizando acetona, con la finalidad de que el disolvente entrara en contacto con todas las partículas de fibra. Posteriormente se secaron los residuos a 55 °C durante 1 hora y finalmente se pesó el filtro que contuvo la muestra. El porcentaje de FDN se determinó con la siguiente formula (Van Soest, 1963):

$$\% FDN = \frac{(\text{Peso filtro} + \text{muestra}) - (\text{Peso filtro})}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

5.5.4 Fibra detergente acido de paja y vaina

Fibra detergente acida (FDA). Se llevó a cabo utilizando el mismo procedimiento que para FDN. La fórmula que se utilizó para determinar el porcentaje de FDA es la siguiente:

$$\% \text{ FDA} = \frac{(\text{Peso filtro+muestra})-(\text{Peso filtro})}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

5.6 Análisis estadístico

Para el análisis de las variables, se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3 X 3 Siendo el factor A la variedad de frijol (Irita, Cuahutlamingo y Ochenteño) y el factor B la densidad de siembra (8 cm, 10 cm y 13 cm). Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el paquete estadístico SAS versión 2009.

El modelo estadístico que se utilizó es el siguiente:

$$Y_{IJK} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{IJ} + (AC)_{ik} + (ABC)_{IJK} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{IJK} = Variable de respuesta

μ = Media general

A_i = Efecto de la variedad al nivel i (1 a 3)

B_j = Efecto de la densidad de siembra al nivel j (1 al 3)

$(AB)_{IJ}$ = Efecto de la interacción AB al nivel i, j.

E_{ijk} = Error aleatorio.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Rendimiento de materia seca de paja (MSP) y vaina (MSV)

La producción de materia seca de paja (MSP) mostró diferencia ($P < 0.01$) entre variedades, siendo las variedades Ochenteño e Ilita, las que presentaron valores más altos ($165.62 \text{ kg ha}^{-1}$) y ($139.16 \text{ kg ha}^{-1}$) respectivamente, en comparación con Cuautlamingo ($101.53 \text{ kg ha}^{-1}$) (Cuadro 3).

En la producción de materia seca de vaina (MSV) existió diferencia ($P < 0.04$) entre variedades, siendo las de mayor producción Ochenteño ($250.04 \text{ kg ha}^{-1}$) e Ilita ($248.05 \text{ kg ha}^{-1}$) y la de valor más bajo Cuautlamingo ($187.64 \text{ kg ha}^{-1}$) (Cuadro 3).

Ruiz *et al.* (1980) realizaron un estudio en Costa Rica con frijol, utilizando diferentes niveles de fertilización en base a nitrato de amonio y cloruro de potasio, encontrando rendimientos de paja de 906 y $708 \text{ Kg ms ha}^{-1}$, en monocultivo y en asociación respectivamente. Estos valores difieren a los encontrados en el presente trabajo, donde se aplicó un fertilizante que contenía 19% de fósforo y elementos secundarios como calcio (20%), azufre (12%) y Fe (0.5%) a una dosis de 232 g por surco.

La diferencia entre ambos experimentos podría explicarse en base a lo mencionado por Luna (2010), quien indica que la producción de esquilmos agrícolas está en función del tipo de suelo, variedad, clima, manejo del cultivo, nivel de fertilización, así como del grado de madurez de la planta.

6.2 Proteína cruda de paja (PCP) y (PCV)

La concentración de proteína cruda en paja (PCP) fue diferente ($P < 0.006$) entre variedades: Ilita con 12.44 % y Cuautlamingo con 11.54 % en comparación con la variedad Ochenteño 10.25 % (Cuadro 3). Para el contenido de proteína cruda en vaina (PCV) también hubo diferencias ($P < 0.01$) entre variedades: Cuautlamingo con 12.40 % e ILITA con 12.12 % a diferencia de Ochenteño con 9.55 % (Cuadro 3).

Los datos encontrados en este estudio concuerdan con Manterola *et al.* (1999), quienes, en Chile, evaluando paja de frijol encontraron porcentajes de proteína que oscilaron entre 6.80 % y 14.00 %, bajo diferentes condiciones climáticas y edáficas. Por su parte Ponce *et al.* (2003) realizaron un trabajo con rastreo de frijol, en el estado de Durango, México, a una altitud de 1890 msnm y bajo un clima templado seco, donde encontraron datos de 4.4 % de PC.

Por otra parte, López *et al.* (2001) y SAGARPA (2009), reportan porcentajes de PC de 6.4 y 6.6 % respectivamente. Los resultados reportados anteriormente por los autores se realizaron en base al análisis en planta completa, a diferencia de los porcentajes obtenidos en el presente trabajo donde se evaluaron por separado paja (hoja y tallo) y vaina.

6.3 Fibra Detergente Neutro en paja (FDNP) y vaina (FDNV)

En el contenido de fibra detergente neutro en paja (FDNP) hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre variedades, donde Ilita presentó los valores más bajos 51.13 %, en comparación con Cuautlamingo 57.72 % y Ochenteño 52.52 %, quienes mostraron

porcentajes superiores (Cuadro 3). Por otra parte, los porcentajes de FDN en vaina (FDNV) fueron diferentes ($P < 0.002$) entre variedades, siendo Ilita la que obtuvo los menores valores (41.9 %), Cuautlamingo y Ochenteño son similares entre si (50.47 % y 49.77 %) (Cuadro 3).

Al respecto Manterola *et al.* (1999) reportaron valores que oscilan de 42.90 % a 63.0 %, en un estudio realizado en la época de otoño, resultados similares a los encontrados en el presente estudio. En cambio Castañeda y Monroy (1984) encontraron porcentajes de FDN superiores (66.6 %) en el análisis de planta completa, lo cual concuerda con datos reportados por SAGARPA (2009). Por otra parte, López *et al.* (2001), realizaron un estudio en Chile, reportando valores de 70.4 % superiores a los mencionados anteriormente, de igual manera en planta completa.

6.4 Fibra Detergente Acido de paja (FDAP) y vaina (FDAV)

La fibra detergente acido en paja (FDAP) no mostró diferencias ($P > 0.05$) por efecto de la variedad. Con respecto a la fibra detergente acida en vaina (FDAV) las variedades fueron diferentes ($P < 0.01$), Ilita presentó los valores más bajos 31.11 % a diferencia de Cuautlamingo 41.17 % y Ochenteño 35.53 % que mostraron los valores más altos (Cuadro 3).

López *et al.* (2001) obtuvieron porcentajes de 54.6 %, valores similares a los reportados por Castañeda y Monroy (1984) quienes encontraron porcentajes de 55.6 %, ambos trabajos realizados en planta completa. Por otra parte Ponce *et al.* (2003), mencionan resultados de 59.9 % de FDA en planta completa. Los resultados de FDA encontrados en los distintos trabajos fueron superiores a los encontrados en el presente estudio, cabe mencionar que dichos

valores son de hoja, tallo y vaina, lo cual hace suponer que podría ser la diferencia con los estudios antes discutidos.

Cuadro 3. Producción y calidad nutritiva de tres variedades de paja de frijol, Tlatlauquitepec, Pue. (2014)

VARIEDAD	MSP	PCP	FDNP	FDAP	MSV	PCV	FDNV	FDAV
	(kg ha ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	(kg ha ⁻¹)	(%)	(%)	(%)
ILITA	139.16 ^{ab}	12.44 ^a	51.13 ^b	38.39 ^a	248.05 ^{ab}	12.12 ^{ab}	41.90 ^b	31.11 ^b
CUAUT	101.53 ^b	11.54 ^{ab}	57.72 ^a	45.89 ^a	187.64 ^b	12.40 ^a	50.47 ^a	41.17 ^a
8CHTE	165.62 ^a	10.25 ^b	52.52 ^{ab}	41.40 ^a	250.04 ^a	9.55 ^b	49.77 ^a	35.53 ^{ab}

^{ab} Medias con diferentes laterales entre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$)

Como se puede apreciar en el Cuadro 4 las variables estudiadas no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en relación a la densidad de siembra, en que fueron establecidas.

Cuadro 4. Producción y calidad nutritiva de paja de frijol, en relación a la densidad de siembra, Tlatlauquitepec, Pue. (2014)

DENSIDAD	MSP	PCP	FDNP	FDAP	MSV	PCV	FDNV	FDAV
	(kg ha ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	(Kg ha ⁻¹)	(%)	(%)	(%)
8 cm	122.47 ^a	11.55 ^a	53.60 ^a	41.17 ^a	215.94 ^a	11.16 ^a	48.24 ^a	36.64 ^a
10 cm	145.10 ^a	11.33 ^a	53.60 ^a	43.02 ^a	217.51 ^a	10.66 ^a	49.25 ^a	37.61 ^a
13 cm	144.50 ^a	11.33 ^a	53.62 ^a	40.97 ^a	259.02 ^a	12.13 ^a	44.15 ^a	32.76 ^a

* Letras iguales en una misma columna, indican que no hay diferencias estadísticamente significativas

En el Cuadro 5 se observa que las variables no presentaron diferencias ($P>0.05$) por efecto de la interacción entre la variedad y la densidad de siembra

Cuadro 5. Producción y calidad nutritiva de paja de frijol a tres densidades de siembra, Tlatlauquitepec, Pue. (2014)

Variedad	MSP (Kg ha⁻¹)	PCP (%)	FDNP (%)	FDAP (%)	MSV (Kg ha⁻¹)	PCV (%)	FDNV (%)	FDAV (%)
8CHTE8	148.83 ^a	11.38 ^a	50.52 ^a	39.34 ^a	222.05 ^a	10.68 ^a	49.56 ^a	36.60 ^a
8CHTE10	166.89 ^a	10.67 ^a	50.47 ^a	40.74 ^a	242.47 ^a	8.79 ^a	52.44 ^a	36.12 ^a
8CHTE13	181.12 ^a	8.71 ^a	56.58 ^a	44.11 ^a	285.61 ^a	9.19 ^a	47.31 ^a	33.87 ^a
ILITA8	127.98 ^a	12.43 ^a	50.96 ^a	37.41 ^a	276.37 ^a	11.20 ^a	41.53 ^a	31.33 ^a
ILITA10	144.13 ^a	12.12 ^a	53.22 ^a	41.23 ^a	242.14 ^a	12.07 ^a	43.96 ^a	34.54 ^a
ILITA13	145.35 ^a	12.78 ^a	49.21 ^a	36.54 ^a	225.63 ^a	13.09 ^a	40.20 ^a	27.48 ^a
CUAT8	90.60 ^a	10.85 ^a	59.32 ^a	46.77 ^a	149.41 ^a	11.59 ^a	53.62 ^a	42.01 ^a
CUAT10	119.06 ^a	11.16 ^a	58.00 ^a	48.11 ^a	155.53 ^a	11.21 ^a	51.89 ^a	43.32 ^a
CUAT13	97.66 ^a	12.80 ^a	55.45 ^a	42.57 ^a	267.54 ^a	14.60 ^a	45.13 ^a	37.97 ^a

* Letras iguales en una misma columna, indican que no hay diferencias estadísticamente significativas

VII. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

Con respecto al rendimiento de materia seca las variedades que obtuvieron los mejores resultados fueron Ochenteño e Ilita, sin embargo Ochenteño es una de las variedades que mostró niveles bajos en calidad.

La variedad Ilita presentó contenidos altos en PC y los menores valores en fibras, por lo cual es un rastrojo de mejor calidad, mismo que representa una alternativa para utilizarse como suplemento en la alimentación de rumiantes.

Cabe mencionar que hace falta llevar a cabo estudios de las variedades analizadas en términos de digestibilidad.

VIII. LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. (1975). Official Methods of Analysis of the Association of official Agricultural Chemists. 12th Edición. Washington, D.C.
- Acosta, G. J. A.; Padilla, R. J. S.; Castellanos, R. J. Z. y Argaéz, P. J. (1996). Época de siembra del frijol de riego en el Altiplano de México. Rev. Fitotec. Mex. 19:131-140.
- Acosta, J.A., S.H. Guzmán, G. Esquivel y R. Rosales. (2002). El mejoramiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en México: avances y perspectivas, en J.M. Martínez, F. Rincón y G. Martínez (eds.), El fitomejoramiento ante los avances científicos y tecnológicos. Memoria del Simposio. XIX Congreso Nacional de Fitogenética, Somefi, México, pp. 20-27.
- Alves, A. F.; Andrade, M. J .B.; Vieira, N. M. B. and Rezende, P. M. 2008. Grain yield of four new cultivars based on plant density. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative. 51:242-243.
- Ayala, G. A.V., Schwentesius, R. R., Gómez, C. M.A., Almaguer, V. G. (2008). Competitividad del frijol mexicano frente al de Estados Unidos en un contexto de liberación comercial. Revista de el Colegio de Sonora, 20 (42).
- Barajas, C.R., J.F. Obregón y C.E. Domínguez. (1997). Efecto de la sustitución de heno de sudan por paja de frijol sobre la digestibilidad aparente de dietas para borregos de engorda. Memorias VI reunión anual nutrición animal. Pp. 141-143.
- Borja, B. M., Reyes, M. L., Espinosa, G. J.A., Vélez, I. A. (2013). Producción y consumo de rastrojos en México.

- Camacho, V. T.C., Espinosa, G. J.A., Borja, B. M., Reyes, M. L., Guevara H.F. (2013). Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Centro de Investigación Regional Norte Centro.
- Castañeda, F.E.A. y Monroy, A.V.J. (1984). Métodos de procesamiento de subproductos agrícolas para elevar su valor nutricional. Centro de ganadería, Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.
- Castillo M.M., Ramírez, V.P., Castillo, G.F., Miranda, C.S. (2006). Diversidad morfológica de poblaciones nativas de frijol común y frijol ayocote del oriente del estado de México. Revista Fitotecnia Mexicana, 29 (2):111-119.
- CONAF. Corporación Nacional Forestal. (2009). Obtención de alimento para rumiantes. [Consulta: 30 de octubre de 2014]. Disponible en: http://alternativasquemas.conaf.cl/fileadmin/ArchivosPortal/Alternativas/PRODUCCION_DE_ALIMENTO_PARA_RUMIANTES/ficha15.pdf
- Correa, L. M. (2008). Pastoreo de rastrojos de maíz y soja en cría bovina intensiva. Publicación Miscelánea N° 41. EEA Oliveros, Centro Regional Santa Fe, Argentina: IMTA.
- Estrada, G., Guillen, G., Olivares, J.E., Díaz C., Alvarado X., Sánchez F. (2007). La transformación genética y genómica del frijol. Biotecnología. Vol. 14:281-290.
- Fanghanel, H. (1997). La producción del frijol en México: Diversidad y libre mercado. Abriendo Surcos. Culiacán, Sinaloa.

- FAO. (2014). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Agricultura de conservación. (Consulta: 02 de noviembre de 2014). Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ca/es/1c.html>
- FAO. (2014). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ca/es/4.html#1>
- Financiera Rural. (2011). Monografía del frijol. Dirección General Adjunta de Planeación y Análisis Sectorial. México.
- Fuentes, J., Magaña C., Suarez L., Peña R., Rodríguez S., Ortiz de la Rosa B. (2001) Análisis químico y digestibilidad "In vitro" de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana* 12(2):189-192.
- Gómez, J. D., Monterroso, A. I., Toledo, M. L. y Tinoco, J. A. (2008). Sector Ganadero [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México [Consulta: 18 de octubre de 2014]. Disponible en: http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/documentos/reportes_cuarta_comunicacion/Ganadero/Ganadero%201/Informe_final_del_sector_ganadero.pdf.
- Guevara, H. F., Rodríguez L. L.A., Ovando C. J., Gómez C. H., Ocaña G. MDJ., Camacho V. T.C. (2013) Implicaciones socioeconómicas y energéticas del uso y manejo de rastrojo en la región Frailesa, Chiapas.
- Hellin, J., Erenstein, O., Beuchelt T., Camacho C. Flores D. (2013). Maize stover use sustainable crop production in mixed crop-livestock systems in Mexico. *Field Crops Research*, 153, 12-21.

- INEGI. (2007). Existencias totales de ganado ovino. [Consulta: 6 de septiembre de 2014]. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est>
- Jiménez, M. A. (1993). La producción de forrajes en México. Publicaciones FIRA y Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. Pp 34-40.
- Lépiz, I. R. (1984). Avances de investigación en sistemas de producción que involucran frijol en México. *Germen* 2 (2):1-46.
- Luna, M. (2010). Rendimiento de maíz en un año lluvioso y uno seco. *Investigación Científica*, 6, 1-13.
- Macedo, R. J. (2000). Análisis del sistema de alimentación pecuario rastrojo de maíz alimenticio pecuario (*Zea mays* L.) - pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* P.) en la zona norte del estado de Colima. Tesis doctoral. Universidad de Colima.
- Manterola, B.H., Cerda A. D. Mira J. J. (1999). Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes. Ministerio de Agricultura. Santiago de Chile.
- Muñoz, S. R. (2010). Frijol, rica fuente de proteínas. CONABIO. *Biodiversitas*, 89:7-11.
- Muñoz, V., E. E., Rubio H. D., Bernal L. I., Garza G. R. y Jacinto H. C. (2009). Caracterización de genotipos nativos de frijol del estado de Hidalgo, con base a calidad del grano. *Agric. Téc. Méx.* 35:223:234.
- Osuna, C. E. S., Reyes M. L., Padilla R. J. S., Rosales S. R., Martínez G. M. A., Acosta G. J. A., Figueroa S. B. (2013).

- Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4 (8) P. 1209-1221.
- Ponce, B.C., Cerrillo S.M.A., Ríos R.F.G., Murillo O.M., Douglas L.W., Juárez R.A.S. (2003). Eficiencia alimenticia y características de la canal en corderos alimentados con pajas de avena y frijol tratadas con urea.
- Portilla, C. D.M. (2004). Respuesta de tres variedades de frijol a tres densidades de población y dos niveles de nitrógeno. Tesis de licenciatura. Zamorano, Honduras.
- Reyes M. J., Martínez M. D., Rueda L. R., Rodríguez R. T. (2014) Efecto del estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de invernadero. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1 (2).
- Rodríguez, G. R., Jasso C. D., Rojas P. C., Salas H. C.A. (2003). Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en sistemas agrícolas que aprovechan escurrimientos. [Consulta: 30 de noviembre de 2014]. Disponible en: <http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/ingenieria/rendfrijol.pdf>
- Ruiz, M.E., Olivo, R., Ruiz, A., Fargas, J. (1980). Desarrollo de subsistemas de alimentación de bovinos con rastrojo de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.): 1. Disponibilidad, composición y consumo de rastrojo de frijol. *Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas* 30(1):49-55.
- SAGARPA. (2008). Situación del sector pecuario en México. Taller sobre captura y aprovechamiento de residuos agropecuarios. Morelia, Michoacán.

SAGARPA. (2009). Aprovechamiento de esquilmos y subproductos en la alimentación de ganado [en línea]. Distrito Federal, México. [Consulta: 22 de octubre de 2014]. Sistemas de Agronegocios Pecuarios. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichas_aapt/Aprovechamiento%20de%20esquilmos.pdf

Sangerman, J. D.M., Acosta G. J.A., Shwenstesius De Rinderman R., Damián H. M.A., Larqué S. B.S. (2010). Consideraciones e importancia social en torno al cultivo de frijol en el centro de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 1(3):363-380.

SEDECO. Secretaria de Economía. (2012). Análisis de la Cadena de Valor del Frijol. Dirección General de Industrias Básicas. México.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2013). Cierre de la producción agrícola por estado. (Consultado: 6 de septiembre de 2014) Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>

SINIIGA. (2014). [Consulta: 6 de septiembre de 2014]. Disponible en: http://www.pgn.org.mx/_programs/estadistica-bis.php

Soltero, D. L. Garay L., C. y Ruíz C., J. A. (2010). Respuesta en rendimiento de híbridos de maíz a diferentes distancias entre surcos y densidades de plantas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 1(2):149-158.

Tilley J. M. and Terry, R.A. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. British Grassl. Soc. 28 Pp. 104-11

- Torres, S. C. García S. J.A. (2008). Aplicación de un modelo de equilibrio espacial para determinar la estructura del mercado del frijol en México. *Agrociencia* 42:731-740.
- Van Soest, P.J. (1963). Use of Detergents in the Analysis of Fibrous feeds. II A rapid Method for the Determination of Fiber and lignin. *Assoc. Off. Agr. Chem. Jour.* 46:829-835.
- Velázquez, A. M.C. (2009). Respuesta productiva con diferentes niveles de fibra en dietas para conejos nueva Zelanda en crecimiento. Tesis de licenciatura. Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica, Tlatlauquitepec, Puebla.