



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DEL HENILADO DE
SOYA COMPLETA *Glycine max (L) merrill* USADO EN
CANADÁ EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS
PRODUCTORAS DE LECHE**

**TRABAJO FINAL ESCRITO DE LA PRÁCTICA
PROFESIONAL SUPERVISADA EN EL
EXTRANJERO EN LA MODALIDAD DE NUTRICIÓN**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

JULIO CÉSAR FLORES GARCÍA

**Asesor principal: Dra. Cristina Escalante Ochoa
Co-Asesor: MC. Francisco A. Castrejón Pineda**

CIUDAD UNIVERSITARIA

2005

m. 345964



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

Respetuosamente, este trabajo está dedicado a todos aquellos hombres y mujeres que continúan trabajando en el campo, con admiración a ellos, quienes solo poseen los animales que crían, la tierra que trabajan y la ropa que les viste.

A mis Padres.

A Eva: por ti misma, el ser con más amor y fortaleza que conozco. Tu voluntad es mi inspiración. Te amo.

A Rolando por darme "la tinta negra y roja", por tu guía, tu amistad y las lecciones de cada día. Mi autentico héroe.

Sin duda los más indispensables para la realización de este trabajo.

A Paty por que hemos sido, somos y seremos. Por todo y por ti. No hubiera sido lo mismo sin ti.

A mis hermanas, mis cómplices y maestras. A Balám, Manolo y Emiliano quienes llenan la vida de alegría, va por ustedes.

A Tony Gutiérrez López mi hermano de otra sangre y a Marco León Colin, por su compañía y amistad incondicional, por los ratos buenos y los mejores.

A Samantha Bautista y Brenda Carapia, por su amistad y complicidad.

A Gaby Benavides, excelente compañera durante la PPS.

A Octavio Tiburón, Huitzy y Florencio, por las alegres coincidencias, donde sea que nuestros caminos se crucen de nuevo.

Todos lo demás y los que compartimos un momento, este trabajo lleva parte de todos nosotros.

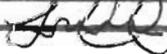
Dedicado a todo aquel que ha llegado hasta aquí sabiéndose una promesa para un futuro incierto.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: JULIA CESAR FLORES

GARCIA

FECHA: 27 - JUN - 2005

FIRMA: 

AGRADECIMIENTOS

A cada momento, acto y actitud, al ser espiritual implícito en cada uno de nosotros...

Agradezco a la U.N.A.M. y su Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; No son suficientes unas líneas para expresar mi gratitud, en particular a mis asesores, su paciencia y su interés en mi proyecto.

La participación valiosa de la Dra. Cristina Escalante Ochoa para la realización y conclusión de la PPS en Canadá. La guía y las palabras del Dr. Francisco Castrejón, reflejados en este trabajo.

Al apoyo insuperable del Dr. Teodomiro Romero Andrade. La colaboración del Dr. Agustín Bobadilla, Dr. Arturo Olguín, Dr. Sergio Ángeles y Dr. Miguel A. Blanco por enriquecer este trabajo.

A la voluntad generosa de los profesores que han despertado la conciencia y el compromiso social en cada uno de nosotros.

Al C.C.H. en donde encontré, compartí y entendí.

A mis papás por los días y sus noches viendo por mí. La formación y el cariño, que es mi herencia.

A Paty y a la vida misma, por que es así y no podría haber sido de otra forma.

Gracias.

"vuela pensamiento mío, sobre todas las cosas. Del pasado y del futuro, solo existe hoy"

CONTENIDO

Resumen	1
1. Introducción	2
1.1 La actividad lechera en México	2
1.2 Generalidades sobre la alimentación de bovinos productores de leche.	3
1.3 Generalidades de la soya <i>Glycine max</i> (L) Merrill.	7
1.4 Utilización histórica de la soya en el mundo.	9
1.5 Perspectiva nacional.	10
1.6 La soya como forraje ensilado.	12
1.7 Evaluación del valor nutritivo del henilado de soya.	19
Actividades desarrolladas	21
2. Determinación de la composición química y digestión ruminal del henilaje de soya.	21
2.1 Reseña	21
2.2 Material biológico.	21
2.3 Determinación de pH en el Henilaje de Soya a los 0, 2, 4, 8, 16 y 45 días de fermentación.	22
2.4 Determinación de la cantidad de Materia Seca (MS).	24
2.5 Determinación del contenido de Humedad.	25

2.6 Análisis de las fracciones de la Fibra.	27
2.6.1 Fibra Detergente Ácido. (FDA)	27
2.6.2 Fibra Detergente Neutro. (FDN)	28
2.6.3 Lignina Detergente Ácido. (LDA)	29
2.7 Determinación de Cenizas.	31
2.8 Determinación del Extracto etéreo. (EE)	33
2.9 Determinación de la Digestibilidad <i>in situ</i> del Henilaje de Soya al día 45 de fermentación.	34
3. Discusión.	38
4. Referencias.	43

CUADROS

Cuadro 1. Principales especies forrajeras empleadas en México.	6
Cuadro 2. Principales variedades de soya empleadas mundialmente.	8
Cuadro 3. Tipos de Ensilado de acuerdo al (%) de humedad.	16

FIGURAS

Figura 1. Cultivo de Soya en estadio vegetativo.	13
Figura 2. Mini-silos de tubería de PVC y henilado de soya.	22
Figura 3. Valores promedio de pH.	23
Figura 4. Cambios en la materia seca.	25
Figura 5. Cambios en la Humedad.	26
Figura 6. Valores de Fibra Detergente Ácido.	28
Figura 7. Valores de Fibra Detergente Neutro.	29
Figura 8. Valores de Lignina Detergente Ácido.	31
Figura 9. Cambios en el contenido de Cenizas.	32
Figura 10. Valores promedio del Extracto Etéreo.	34
Figura 11. Vaca con fístula ruminal al momento de la colocación de las bolsas para digestión <i>in situ</i>	35
Figura 12. Porcentaje de desaparición de la MS <i>in situ</i> para la variedad Kodiak.	36
Figura 13. Porcentaje de desaparición de la MS <i>in situ</i> para la variedad Mammoth.	37

(1)

Resumen.

FLORES GARCÍA JULIO CÉSAR. Caracterización nutricional del henilado de soya completa *Glycine max (L) merrill* usado en Canadá en la alimentación de vacas productoras de leche. (Bajo la dirección de Cristina Escalante Ochoa y Francisco A. Castrejón Pineda).

El presente trabajo describe la realización de la Práctica Profesional Supervisada (PPS) desarrollada entre los meses de agosto y diciembre de 2004 en el “Laboratorio de Nutrición, Departamento de Ciencia Animal de la Facultad de Agricultura y Ciencias Ambientales, Universidad McGill Campus Macdonald”, bajo la supervisión de Arif F. Mustafa; M Sc; Ph D.

Este estudio se dividió en dos partes; la primera consta de una reseña general de la alimentación del ganado productor de leche desde la perspectiva de la situación vigente de la producción lechera en México, incluyéndose la descripción general de la soya y de su empleo como forraje ensilado. La segunda parte corresponde a la determinación de la composición química y digestibilidad ruminal del henilado de dos variedades distintas de soya. El presente estudio se realizó durante el desarrollo de la PPS, con el objetivo de determinar algunas de las características del henilado de soya como: determinación de Materia Seca, determinación del pH, análisis de las fracciones de la Fibra, porcentaje de Cenizas y Extracto Etéreo; así como la determinación de la digestibilidad *in situ* del henilaje.

1. Introducción

1.1 La actividad lechera en México.

Representa la segunda industria de importancia dentro del subsector ganadero, convirtiéndose en una de las principales fuentes de suministro de proteína animal para la población del país, aunque el consumo aparente *per capita* es de 324 ml/día de leche; inferior a los 500 ml recomendados por la OMS desde 1995. Así mismo es partícipe de la actividad económica del país como generadora de empleos. ¹

La producción de leche en México se desarrolla en condiciones por demás heterogéneas tanto desde el punto de vista técnico como socioeconómico, esto, debido a la situación y localización de las diversas explotaciones y las condiciones medioambientales. En particular cada explotación adquiere una identidad propia marcada por las características regionales que se modifican adicionalmente debido a la idiosincrasia, tradición y costumbres de las distintas poblaciones. ¹

La forma de producción del sistema lechero mexicano se caracteriza, a diferencia de los sistemas de producción en el resto de Norte América, Estados Unidos y Canadá, principalmente en función de su nivel tecnológico y su interacción con la agroindustria. Así se identifican tres grandes niveles de producción, de acuerdo al grado de tecnificación: a) estabulado y alta o medianamente tecnificado, localizado en las cuencas y zonas especializadas del norte y centro del país; b) semiestabulado o familiar principalmente en las zonas templadas del norte y centro-occidente, y c) ordeña

estacional y pastoreo, primordialmente en las regiones húmedas y secas del trópico mexicano.¹

Para que esta industria funcione de forma óptima es necesario el manejo adecuado de los recursos, insumos y tecnologías disponibles, siendo la alimentación uno de los aspectos más estudiados en el ámbito de la explotación de la leche de bovino.

En el presente, con la aparición de los modernos sistemas de producción intensiva de leche, se hace necesaria la búsqueda de nuevas y mejores estrategias de alimentación del ganado.

Las raciones para las vacas productoras de leche son objeto de constante estudio, se busca encontrar métodos y prácticas que permitan aumentar el desempeño productivo de los animales, de ser posible a bajos costos de producción. El aprovechamiento de todos los recursos para la alimentación, es esencial en términos de producción comercial.

1.2 Generalidades sobre la alimentación de bovinos productores de leche.

El bovino como rumiante basa su alimentación en los forrajes, por consiguiente es un eficiente transformador de la proteína y energía contenida en éstos.

Para entender mejor las necesidades nutrimentales de los bovinos productores de leche es necesario conocer su ciclo biológico, dividido en etapas que corresponden al manejo establecido por el hombre. En un principio los bovinos productores de leche son animales que se comportan como monogástricos, con requerimientos nutricionales específicos en la etapa de lactancia, que va desde el nacimiento hasta el destete. A partir del destete y hasta los 6 meses generalmente, los animales continúan su desarrollo y se

les considera rumiantes verdaderos y es entonces cuando el rumen alcanza mayor importancia para contribuir a las necesidades nutricionales de los animales que van cambiando y en consecuencia su dieta. La siguiente etapa no tiene un inicio bien diferenciado, el animal ya ha alcanzado una estabilidad como rumiante y su dieta prácticamente se basa en forraje; hacia el noveno o décimo mes (en razas especializadas) se da inicio a la madurez sexual de las becerras y al momento de alcanzar un peso adecuado (330 – 350 kg) deben ser inseminadas o cubiertas. La siguiente etapa comienza cuando la becerro queda gestante, transformándose en vaquilla y concluye al parto; pasado este evento comienza la etapa productiva de la vaca, denominada etapa de lactación.^{2,3}

Desde el punto de vista productivo todas las etapas de este ciclo son fundamentales: no obstante cuando los animales son explotados intensivamente deben consumir complementariamente alimentos denominados concentrados, para asegurar que la ingesta de nutrientes sea correspondiente con la demanda de los mismos. Los nutrientes que requiere el ganado lechero en términos generales son los siguientes: a) carbohidratos no estructurales (CNE) y carbohidratos estructurales (FDN, FDA), b) proteína, c) vitaminas, d) minerales y agua que es indispensable por ser componente fundamental de los tejidos vivos.^{2,3}

Típicamente los alimentos para los bovinos se dividen en dos grandes grupos: a) concentrados y b) forrajes. Los concentrados pueden ser energéticos o proteicos según sea su naturaleza, cuyo papel primordial es cubrir la demanda de nutrientes que los forrajes por sí mismos no pueden cubrir, particularmente en las etapas del ciclo biológico del bovino que son más demandantes.^{2,3}

Los forrajes han sido definidos como el componente voluminoso de la dieta, como los alimentos de origen vegetal que tienen poco peso por unidad de volumen. Aunque este concepto no define en su totalidad a este grupo de alimentos, sin embargo los alimentos que se ajustan a esta descripción, poseen una gran cantidad de fibra y menor digestibilidad de energía que la mayoría de los concentrados. Los forrajes constituyen la mayor parte de la alimentación de los rumiantes, proporcionan energía y nutrientes valiosos para los animales a partir de fuentes vegetales, por lo cual son el fundamento de las raciones para ganado lechero, y se clasifican principalmente en: a) leguminosas y b) gramíneas y de acuerdo al clima en que se producen pueden ser de clima templado o de clima tropical.^{2,3,4,5}

Fisiológicamente los bovinos aprovechan el contenido de carbohidratos fibrosos o complejos de los forrajes. Aunque estos animales no poseen enzimas específicas para digerir estos componentes, son los microorganismos presentes en el rumen, los que al fermentar el alimento le permiten la digestión de polisacáridos complejos.

Los carbohidratos fibrosos como la celulosa y la hemicelulosa pueden ser la fuente primaria de energía para el bovino. Al ser hidrolizados en el rumen por enzimas de origen microbiano, dan como resultado de esta actividad la liberación de oligosacáridos que no son aprovechables por el bovino sino que la microbiota ruminal los metaboliza y producto de la fermentación ruminal son liberados los ácidos grasos volátiles (AGV), que el rumiante utiliza parcialmente como fuente de la energía necesaria. Estos AGV's producidos durante la fermentación ruminal son la mayor fuente de energía utilizada por la vaca, y la fibra es al mismo tiempo esencial para estimular el proceso de la masticación y de la rumia.⁴

La importancia de estos componentes fibrosos radica en el amplio rango de degradación que permite a los microorganismos ruminales tener una fuente continua de energía y a la vaca el aporte de ácidos grasos volátiles.⁶

Partiendo de esta acepción, es entendible que las gramíneas sean frecuentemente abordadas por los investigadores, dada la proporción de fibra que aportan a la dieta. De igual manera es evidente la importancia de las leguminosas en la alimentación de las especies productivas. Como se mencionó, la fibra es hasta cierto punto un componente deseable en los forrajes, pero cuando además de aportar fibra a la dieta se adiciona el elemento proteínico, el resultado obtenido en los animales se refleja en mejoras a su desempeño productivo.

En el sistema de producción de ganado lechero a nivel nacional se emplean leguminosas y gramíneas forrajeras en la alimentación del ganado, las principales especies se enlistan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Principales especies forrajeras empleadas en México.

	Clima Templado	Clima Trópical
Leguminosas	alfalfa y diversas variedades de tréboles	cacahuatillo (privilegio) y leucaena principalmente
Gramíneas	maíz forrajero, avena forrajera, cebada, sorgo, y pastos como el rye grass	diversas especies de pastos o zacates, estrella de áfrica, pangola, taiwán, elefante y bermuda entre otros

Los forrajes pueden ser tratados para su conservación con el fin de asegurar el abastecimiento de los mismos; ya que su producción, en menor o mayor grado es estacional.

Tradicionalmente los forrajes se conservan mediante el henificado y el ensilado que son procedimientos comúnmente empleados, los cuales permiten almacenar a los forrajes, y resguardar al máximo su calidad nutricional. ⁷

En México se emplean ambos métodos, la leguminosa más empleada es la alfalfa henificada. la especie de gramínea que comúnmente se ensila es el maíz, aunque su uso no es tan frecuente en las regiones tropicales donde se prefiere dar como paja o rastrojo en las épocas de sequía. ³

Desde la década de los 80's en términos generales, la ganadería en México enfrenta crisis recurrentes como resultado de los altibajos que frenan el desarrollo del país. No sólo el aspecto de la producción animal sino de manera general el sector agropecuario tolera el rezago tecnológico, bajos índices productivos y una productividad ineficaz. Transferir innovaciones al medio rural es una de las condicionantes actuales para el desarrollo de una ganadería sustentable o redituable.

La conservación de especies forrajeras alternativas es una innovación viable dadas las condiciones del sistema lechero mexicano.

1.3 Generalidades de la soya *Glycine max (L) Merrill.*

La soya es una leguminosa anual, herbácea, erecta y ramificada que difiere en su altura y precocidad según la variedad de la que se trate. Sus raíces son bien desarrolladas y con gran nodulación. La raíz principal puede alcanzar una profundidad de hasta 2 metros. El tallo es erecto, con un número diversificado de nudos y entrenudos que son determinados por su hábito de crecimiento y por el proceso de foto período. Sus hojas

están situadas encima del segundo nudo y son trifoliadas, pero ocasionalmente algunos tienen 4 ó 5 folíolos.^{8,9}

Se puede adaptar en diversos tipos de climas: sin embargo, se considera que se desarrolla de manera óptima en regiones cálidas y tropicales. La temperatura ideal para la germinación de la semilla de soya está ubicada en el rango de los 25° y 30° C, temperaturas inferiores retrasan la germinación. La soya se siembra principalmente entre los meses de abril y junio; y la cosecha se puede realizar de septiembre a enero.⁸

Para el inicio de la década de los 90's la Asociación Americana de la Soya, había calculado la existencia de más de 3,000 variedades de esta semilla en todo el mundo, que se diferencian de acuerdo al uso que se les dé.⁸

El Cuadro 2; señala las variedades de soya más empleadas a nivel mundial así como sus principales usos.

Cuadro 2. Principales variedades de soya empleadas mundialmente.⁸

Para Henificación	Para forraje verde	Para Ensilaje	Para Semilla
Barchet	Dixie	Biloxi	Biloxi
Goshen Profilic	Hahto	Mammoth Morena	Mammoth amarillo
Old Dominion	Mammoth Morena	Mammoth Amarillo	Southern Profilic
Virginia	Mammoth Amarillo	Tarheel Black	Tokyo
Chiquita	Southern Profilic	Tokyo	Hollybrook
Laredo	Easycook		Chiquita
Otootan	Hollybrook		Dixie
	Tokyo		
	Tarheel black		

1.4 Utilización histórica de la soya en el mundo.

Domesticada por los chinos al noreste de la provincia de Manchuria; se tiene conocimiento de la planta desde hace 5 siglos. Ingresó primeramente a Europa y de ahí se importó a la Unión Americana, existen datos aproximados que indican su presencia en este país alrededor de 1800, sin embargo, no es hasta 1904 aproximadamente que se mencionan datos precisos de su presencia.^{9, 10, 11}

La soya tiene un largo historial nutricional tanto como forraje de corte para la producción de heno, como para la elaboración de ensilado. Durante los años 20's y 30's la producción de soya como forraje y su subsiguiente valor nutricional como heno y ensilado fueron extensivamente estudiados. Estos primeros acercamientos concluyeron que la semilla debe ser sembrada con altas densidades de biomasa (población) para obtener un menor diámetro en los tallos, esto significa que a una alta densidad de plantas se promueve el crecimiento de tallos más delgados lo que condiciona y asegura un adecuado procesamiento para su conservación. La planta de soya puede ser pastoreada o cultivada en los estadios de florecimiento cercanos a la madurez para obtener un heno de alta calidad, también puede ser cosechada para ensilaje en cultivo puro (monocultivo) o en intercultivo aprovechando sus cualidades de fijadora de nitrógeno orgánico, combinado con sorgo o maíz.

Previo a la Primera Guerra Mundial el papel primordial de la soya era servir como especie productora forrajera. Para inicio de los años 40's el frijol de soya era cosechado a diversos estadios de crecimiento, curado y proporcionado como alimento a los animales como heno con alto porcentaje de proteína, considerado con un valor nutricional similar al de la alfalfa.^{9, 10, 11}

Introducida en los Estados Unidos para ser utilizada como forraje, hasta el año de 1941, cuando fue visualizado el potencial de la soya como grano, cuando el área de soya que se sembró para la producción de grano excedió la destinada a la producción de forraje.

11

Cuando el precio de la soya como semilla oleosa se situó en la cima del mercado durante la década de 1960 y 1970, la producción de esta leguminosa se dirigió casi exclusivamente a los tipos productores de semilla situándose muy lejos de los tipos forrajeros.^{10, 11}

En la actualidad, con los bajos precios de la semilla cultivada para producción de aceite, las variedades forrajeras están haciendo un regreso. Al presente la preferencia de los productores sitúa a la soya solo por detrás de la alfalfa en el campo de las leguminosas forrajeras.^{10, 11}

1.5 Perspectiva nacional.

La soya en América tiene una historia relativamente contemporánea y en México mucho más: A pesar de que desde 1911, se realizaron los primeros estudios para la introducción de este producto en el país, no fue sino hasta la década de los 60's en que comienza a tener una expansión en lo que se refiere a las áreas cosechadas.⁸

Tan sólo para México se estiman más de 100 variedades: sin embargo, las principales variedades de semilla certificada que se producen son: Cajeme, Bragg, Davis, Rosales, Tamazula, Tatabiate, Júpiter, Tapachula, Santa Rosa, UFV-1, AcadianBM-2, Hill, Hood, Laguna 65, Lee, Semnas y Tropicana.⁸

El cultivo de soya ha progresado bien en varias regiones del país como en el noreste, donde los suelos poseen un pH que varía de 8.0 a 8.5 y también en suelos de baja fertilidad con la aplicación de los fertilizantes adecuados, donde se cultiva como semilla para la producción de aceite.

A nivel nacional, se distinguen esencialmente dos zonas productoras. La norte que incluye a los principales estados productores: Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Chihuahua; y la zona sur en la que se distingue al 4º estado productor, Chiapas, que pese a tener cultivos de temporal, su contribución es significativa en esta zona.⁸

El frijol de soya en nuestro país se utiliza directamente como materia prima, para elaborar una gran variedad de productos como son la leche de soya, okara (subproducto de la leche), tofu (queso de soya), helado de soya, yogurt de soya, cacahuates de soya, café de soya, la producción de aceite de soya es muy relevante, así como una gran diversidad de productos. Si no se utiliza el frijol directamente, éste se puede procesar para la obtención de harina integral de soya, harina desengrasada y sémola de soya; que contienen diversos grados proteínicos. Sin embargo, el empleo de la soya como frijol o procesada en harina para humano, en realidad tiene una participación muy precaria en el consumo nacional; debido a la falta de una cultura alimentaria adecuada que permitiera hacer uso de un producto tan equilibrado.⁸

En contraste, el papel de la soya como forraje es aún un recurso poco evaluado en la realidad cotidiana de la producción animal en México, donde básicamente juega un rol importante en la alimentación de especies productivas, como materia prima en la elaboración de dietas balanceadas; particularmente en la avicultura y la porcicultura.

1.6 La soya como forraje ensilado.

Los forrajes destinados para ser conservados y almacenados deben reunir ciertas características para que su empleo sea exitoso. Por principio, procesos como el henificado requieren que el cultivo cosechado sea “curado”, es decir, que inmediatamente después de cortar la planta se deje secar al sol antes de ser empacada o almacenada. En el caso del ensilaje, el forraje debe ser curado o marchitado alrededor de tres horas después de ser cortado y antes de ser almacenado para ser sometido a un proceso de fermentación. Finalmente, cuando lo que se pretende procesar es un henilaje el tiempo mínimo que el forraje marchite o deshidrate es al menos 2 días. El tiempo de maduración que deben observar los forrajes para ser conservados también es limitante. Para el henificado, se prefiere que el cultivo ya haya alcanzado un nivel de maduración bien marcado, mientras que el ensilado y henilado pueden realizarse si la planta no está en un estadio de madurez. Investigaciones llevadas a cabo en La Universidad de Florida sugieren que la soya puede ser cosechada para la producción de heno en cualquier estadio de desarrollo.¹⁰

En la actualidad los principales países que cultivan soya como una alternativa forrajera son Canadá y Estados Unidos. En Canadá la provincia de Québec es el mejor ejemplo del empleo de la soya como ensilado y henilado en la alimentación de las vacas productoras de leche. En la unión americana, en la región norte occidente el cultivo de soya compite fuertemente con la producción de granos como el maíz en la alimentación de los bovinos, siendo utilizada cuando se han dañado los cultivos de alfalfa o maíz debido al congelamiento, o cuando los cultivos de soya destinados a la producción de

grano son deficientes. Actualmente el empleo del ensilado de soya en esta región tiene una nueva oportunidad debido al descenso en la importancia que tenía la utilización del ensilado de alfalfa por parte de los productores.^{12, 13}

Por otra parte, productores de países con producción lechera no intensiva se han afanado por el desarrollo de variedades forrajeras que permitan incrementar el desempeño productivo de los animales. En el Sur de África se han venido desarrollando y evaluando variedades de soya que son más apropiadas para los pequeños productores de granjas de subsistencia. Dichas variedades presentan una nodulación precoz y eficaz, que fijan muy buena cantidad de nitrógeno en suelos con historiales de cero inoculación.¹⁴

Lo anterior es sólo una muestra del potencial que tienen los forrajes, particularmente la soya en la producción de leche, incluso cuando las condiciones edafológicas y geoeconómicas no son las más propicias.



Figura. 1 Cultivo de soya en estadio vegetativo.

La soya como planta forrajera al igual que las otras leguminosas tiende a ser un forraje con alto nivel de proteína y un contenido inferior de fibra en comparación con las gramíneas. La soya es un excelente forraje cuando es cosechado adecuadamente, tal vez su único limitante es su potencial de rendimiento que se considera no tan eficiente al compararse con cultivos como la alfalfa y a que actualmente la mayoría de los productos empleados como herbicidas no están claramente especificados para este cultivo cuando se pretende producir forraje. Si el uso de herbicidas es necesario se debe elegir el adecuado y se debe recordar que el control de maleza no debe ser tan severo comparado con el que se lleva a cabo cuando el cultivo es destinado a la producción de soya como grano. En efecto algunas malezas pueden ser toleradas especialmente en el período tardío del cultivo sin que haya afectación al rendimiento y con escasos efectos en la calidad del forraje.^{15, 16, 17}

El rendimiento forrajero de la soya puede ser del orden de 10 a 12.5 ton MV/hectárea, sin embargo, rendimientos de este tipo son raramente observados en las experiencias de campo y particularmente cuando se ha destinado el cultivo como forraje de manera emergente. Este problema se contrarresta haciendo una siembra temprana, ya que si esta se realiza a mediados o finales de Junio el rendimiento decrece de 2.5 a 5 ton MS/hectárea. Existen trabajos que indican que existe un pequeño efecto de la población de plantas sobre el rendimiento, es decir el cultivar en espacios estrechos entre surcos produce más forraje que con espacios más amplios.

Al plantearse la pregunta de cual variedad podemos emplear para obtener un mejor forraje; se debe tomar en cuenta que las variedades de soya deben ser aquéllas de maduración tardía lo que nos da la posibilidad de obtener tallos más largos y mayor número de hojas que a su vez se traduce en mayor producción de forraje.^{15, 16, 17}

La elaboración de heno de buena calidad es difícil en áreas húmedas y lluviosas. Debido a esto el ensilado provee una alternativa que permite cosechar y preservar el forraje cuando alcanza una calidad óptima sin depender de un clima adecuado para henificar.

El almacenamiento de forrajes en silos y su fermentación es un proceso antiguo. En dicho proceso se lleva a cabo la fermentación anaeróbica y el producto resultante generalmente es llamado ensilado.

La finalidad primordial del ensilado es preservar los forrajes con un mínimo de pérdida de materia seca y de nutrientes, manteniendo un buen nivel de apetecibilidad, y sin que durante este proceso se produzcan sustancias que pueden ser tóxicas para el animal que va a consumir el producto.^{7, 15}

El empleo del ensilado de gramíneas es una herramienta generalizada en la alimentación del ganado lechero; el aporte de nutrientes preservados mediante este proceso ha probado su eficacia históricamente. En contraste la elaboración de ensilado de leguminosas presenta algunas dificultades, las cuales son minimizadas con buenas técnicas durante la elaboración del ensilado.

Cualquier leguminosa puede ser ensilada exitosamente, cortada en verde en un estado de crecimiento y madurez adecuado y ofrecida directamente en la alimentación del ganado durante todo el año, siendo una fuente alimenticia con la más alta calidad y palatabilidad para los animales. Cuando la soya forrajera es ensilada, ha mostrado valores nutricionales similares a los observados en el ensilado de alfalfa.

Además las pérdidas a nivel de campo y durante el almacenamiento serían las mínimas comparadas con las que se presentan durante el proceso de henificado.¹⁶

Los forrajes ensilados pueden ser clasificados en tres grupos basados según el nivel de humedad al momento de ser cosechados. (Cuadro 3)

Cuadro 3. Tipos de Ensilado de acuerdo al porcentaje de humedad.¹⁷

Ensilado	Contenido de Humedad
Directo del corte o de alto contenido de humedad	por encima de 70%
“Wilted”o Marchito	entre 60-70%
Henilaje o ensilado de bajo contenido de humedad	entre 40-60%

La desecación previa del forraje, resulta de interés cuando se ensilan forrajes con elevada proporción de hojas como la soya, aspecto que repercute directamente en la concentración de carbohidratos al aumentar la materia seca del alimento, siendo benéfica para la generación de un pH ácido. El peso del forraje al momento de ser almacenado es sensiblemente menor por la pérdida de humedad durante el curado, se reducen las pérdidas de jugos durante el proceso de fermentación, y lo más importante, es que se obtiene un forraje mucho más apetecible al estar fermentado en menor grado.¹⁷

Actualmente, el henilado se produce en silos de tipo vertical o de torre. Recientemente se le ha dado mayor importancia al hecho de realizar un picado fino, llenado rápido, y sellado correcto que evite la entrada de aire al silo. Esto último es trascendente ya que de lo contrario se genera un incremento en la temperatura lo cual permite el crecimiento de levaduras, bacterias y hongos; aunado a esto el henilado puede calentarse espontáneamente si el oxígeno se vuelve disponible dentro del silo generando un alimento indigerible y con valores más bajos de energía y proteína de lo usual. Una

reducción en la humedad y un manejo adecuado del forraje destinado a ser ensilado se obtiene empleando equipo de corte y acondicionamiento adecuado.¹⁷

El henilaje es un método ampliamente utilizado y ha mostrado varias ventajas cuando se le ha comparado con el henificado, las cuales incluyen: menores pérdidas en campo al momento de la cosecha, mayor número de nutrientes preservados para alimentar al ganado, la calidad del forraje es consistente cuando se reparte diariamente y cuando es almacenado apropiadamente, y un rango mayor de posibilidades para cosechar el forraje a un estado óptimo de madurez.¹⁷

Durante la producción de ensilado de soya, la retención de agua en la semilla parece no ser un problema y la baja palatabilidad de los tallos se resuelve mediante el proceso de picado y la fermentación posterior, el mejor estadio para cosechar la soya destinada a ensilar esta cerca a la madurez.^{10, 16}

A diferencia de algunas leguminosas forrajeras que también se emplean después del proceso de conservación, tanto el follaje como las vainas de la soya poseen proteína digestible. Cuando la planta de soya es cosechada justo antes al amarillamiento de las hojas, cercano al estadio de madurez, posee vainas que son ricas en proteína y aceite. La calidad forrajera de la soya depende de la variedad, estadio de crecimiento, edad, y pérdidas durante la cosecha. Contrario a otras leguminosas forrajeras el porcentaje y cantidad de proteína, materia energética digestible por hectárea incrementa después de la floración y hasta cerca de la madurez.¹⁰

Cuando se cultiva soya para ensilaje, el tiempo óptimo de cosechar es cuando las semillas han llenado completamente las vainas y las hojas más bajas de la planta han comenzado el "amarillamiento", esto es antes de un estadio R7 (R hace referencia al

estadio reproductivo de la planta) y puede ser entre R5 y R6. En este punto el cultivo ha alcanzado su máximo de materia seca (MS) y el contenido de humedad comienza a descender. La soya que ha sido cosechada más tarde tiende a ser más rica en su contenido de aceite lo que reducirá sus cualidades al momento de ser ensilada, aunque esto se puede mejorar mezclando gramíneas (pastos) durante el ensilaje.¹⁰

Desde la perspectiva de producción de un forraje de alta calidad y abundante rendimiento el mejor tiempo de corte es al momento de alcanzar el 90% de llenado de vainas. Una de las principales ventajas de la soya forrajera es la flexibilidad de las fechas de cosecha a partir de que su calidad es buena por un largo período de tiempo, a pesar de que el cosecharla precipitadamente significa sacrificar un poco el rendimiento.
10

El ensilado puro de soya no es de los alimentos más palatables para el ganado, lo cual se mejora mezclándolo con pastos desde la cosecha. A este respecto se recomiendan gramíneas como el maíz, sorgo y pasto sudán desde el momento del corte. Algunas experiencias en Ohio sugieren que una proporción de 2:1 pasto:soya en base a materia seca es óptima. Otras ventajas de mezclar la soya con gramíneas desde que son cultivadas es que la gramínea provee de energía adicional, necesaria para la fermentación al tiempo que la proteína aportada por la soya cubre mejor la cantidad necesitada por los animales que son alimentados, igualmente se mejoran las características del ensilado en aquellas ocasiones cuando la planta de soya ya ha empezado a formar las semillas y la planta aumenta su contenido de aceite.^{15, 17}

Tanto al producir ensilado de soya como heno, el tiempo de secado en campo es necesario: por lo que es recomendable que la soya sea cosechada con una cortadora con

acondicionadora. El acondicionamiento acelera el proceso de secado de forma tal que las hojas y tallos son secados en proporciones similares y la pérdida de hojas se reduce. Cosechar soya para la producción de heno no es del todo recomendado, ya que el tiempo de curado es mayor comparado con el que se observa cuando se destina a ensilar, incrementando el riesgo de daño por lluvia. de igual forma la pérdida de hojas aumenta , ocasionando la reducción del contenido de proteína cruda. Adicionado a esto el heno de soya resulta ser polvoso y los tallos se tornan muy frágiles aumentando el desperdicio en los comederos por que los animales rehúsan a comerlo. lo anterior se puede minimizar moviendo el forraje durante el curado, lo que no se observa con el producto cuando es ensilado.¹⁷

1.7 Evaluación del valor nutritivo del henilado de soya

El valor energético, proteínico y la digestibilidad del forraje conservado están determinados en función de los valores presentes en el forraje verde, al momento de ser recolectado y de las alteraciones producidas en estos valores, ligadas a las técnicas de siega y de conservación. Estas alteraciones aunadas a los factores medioambientales presentes al momento de la recolección y durante la conservación, dan lugar a una disminución de la digestibilidad, el contenido proteico y comúnmente a una baja en la ingestión del alimento.⁷

El contenido de fibra de los forrajes ha sido tradicionalmente analizado tanto como la Fibra Detergente Ácido (FDA) y la Fibra Detergente Neutro (FDN). La FDA esta relacionada a la digestibilidad y ha sido utilizada como un estimador del contenido energético de los forrajes, en tanto que FDN ha sido un mejor revelador de la producción láctea y del consumo de Materia Seca (MS). La relación de consumo de FDN ha sido usualmente planeada para vacas lactantes en más o menos un 2.1% de su

peso corporal. Típicamente un mínimo de 70-80% del total de esta ingesta de FDN es proveniente de los forrajes. ⁴

Existe un buen número de métodos que pueden ser usados para medir la digestibilidad de la fibra. Así existe, el análisis *in vivo* el cual es conducido en animales, esto por supuesto supone un valor muy franco desde el punto de vista de la investigación, pero no es práctico para los métodos de análisis rutinario de los forrajes. ⁴

El sistema de digestibilidad *in vitro* se lleva a cabo empleando una pequeña cantidad de muestra del forraje previamente seca y molida, que será incubada en líquido ruminal en compañía de un *buffer* (o saliva artificial), en un sistema de temperatura controlada. ⁴

La determinación *in situ*; es una técnica que consiste en colocar en bolsas de nylon una cantidad conocida del alimento a analizar y colocarlas en el rumen del animal, después de un tiempo especificado las bolsas serán retiradas del rumen, lavadas y se determinará la cantidad de material no digerido, a partir de esta información la digestibilidad puede ser calculada. ⁴

Actividades desarrolladas.

2. Determinación de la composición química y digestión ruminal del henilaje de soya completa.

2.1 Reseña

El principal objetivo de la PPS en el extranjero fue la adquisición de conocimientos básicos y experiencia en el campo de la investigación mediante el trabajo de laboratorio. Para el desarrollo de está, se llevo a cabo una estancia durante los meses de agosto a diciembre de 2004, en el Laboratorio de Nutrición del Departamento de Ciencia Animal de la Facultad de Agricultura y Ciencias Ambientales, Universidad McGill Campus Macdonald ubicado en 21 111 Lakeshore road; Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec, Canadá H9X 3V9.

El trabajo constió en la capacitación para la realización de las pruebas para la caracterización nutricional del henilaje de soya, que se describen posteriormente.

2.2 Material biológico

Se emplearon dos cultivos de soya de las variedades Mammoth y Kodiak, sembradas en Ste-de-Bellevue, Québec, Ca. (Latitud, 45°25'45" N; longitud, 73°56'00" O.)

El forraje fue cosechado a finales de agosto de 2004, en un estadio intermedio entre el inicio y llenado de las vainas, y cortado a una longitud teórica de 25mm; el forraje cortado se dejo marchitar en el campo durante tres días para reducir su contenido de humedad. Posterior a esto se tomaron muestras de ambas variedades de forraje (1000 g) por triplicado, para cada período de fermentación, para ser empacadas manualmente en

La composición del henilaje de soya se evaluó mediante la determinación de sus componentes y la digestibilidad del alimento se determinó por la técnica de digestibilidad *in situ* como se describe posteriormente.

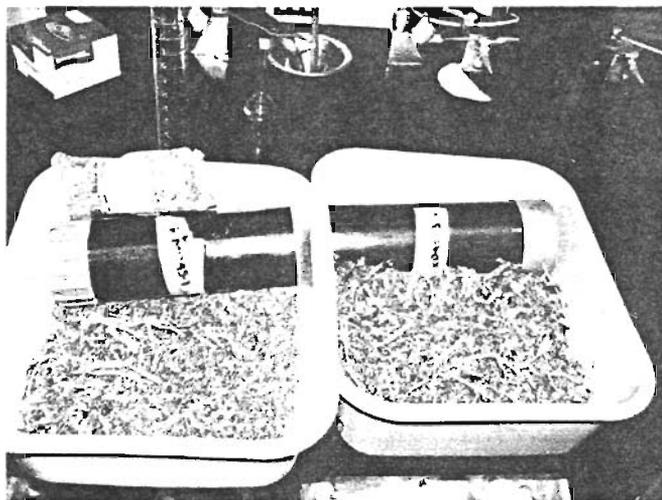


Figura. 2 Mini silos de tubería de PVC y henilado de soya

2.3 Determinación de pH en el henilado de soya a los 0, 2, 4, 8, 16 y 45 días de fermentación.

Después de concluir los tiempos de fermentación designados, los mini-silos fueron abiertos y el forraje contenido se mezcló perfectamente. Se tomaron 20 g de cada espécimen que fueron homogenizados por espacio de 1min en 200 ml de agua destilada, inmediatamente se determinó el pH de cada extracto empleando un aparato de medición (Acummet pHmeter Denver Instrument Company) el extracto restante se guardó en congelación para posteriores análisis.

(Acummet pHmeter Denver Instrument Company) el extracto restante se guardó en congelación para posteriores análisis.

En ambas variedades de la planta de soya ensilada se observó una acidificación similar en el transcurso de los 45 días de fermentación como se muestra en la Figura 3. Durante el período de estudio, para la variedad Kodiak el descenso del pH fue de 1.54, partiendo de 6.65 al día 0 y 5.11 al día 45 del período de fermentación; para la variedad Mammoth la variación fue de 1.66, iniciando en 6.64 y 4.98 al concluir el periodo de estudio.

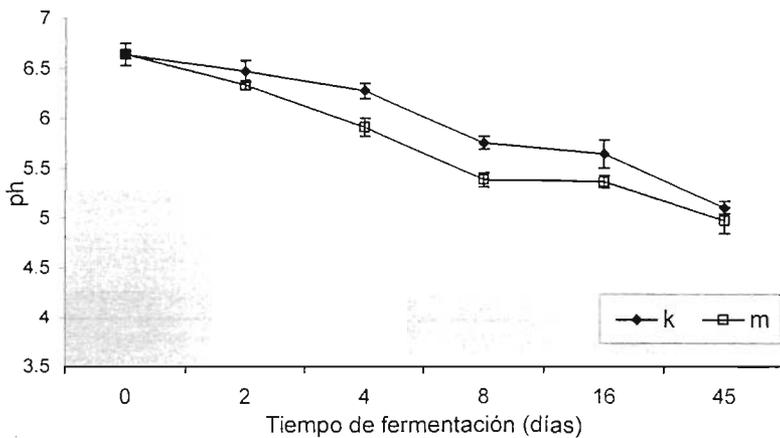


Figura 3. Cambios en el nivel de pH; del henilado de soya completa *Glycine max. (L) Merril* para ambas variedades Kodiak (k) y Mammoth (m) del día 0 al 45 de fermentación. Los valores mostrados se expresan como promedio para cada tiempo estudiado ($n=3, \pm ds$).

2.4 Determinación de la cantidad de materia seca (MS) en el henilado de soya.

El análisis de los alimentos comúnmente se expresa en base seca o libre de humedad. Esto involucra el secado de una cantidad de alimento previamente pesado en condiciones determinadas calculando la humedad, como la pérdida de peso.¹⁹

Las muestras obtenidas del forraje henilado se pesaron en bolsas de papel y posteriormente se secaron en estufa de aire forzado a 55°C de temperatura durante 24 horas. Al término de este tiempo las muestras se volvieron a pesar y se determinó la cantidad de materia seca de cada una de ellas sustrayendo al peso inicial, el peso final de las muestras.

El material seco fue molido (Wiley mill, A. Thomas, Philadelphia PA) hasta hacerlo pasar por una criba de 2 mm, reservando una cantidad no determinada y el resto se hizo pasar por la criba de 1 mm para análisis posteriores.

El contenido de materia seca se muestra en la Figura. 4 obteniéndose, 54.62% MS para la variedad Kodiak al día 0 y 52.61% MS al día 45, en tanto que para la variedad Mammoth, el valor de MS al día 0 fue de 57.38% y de 55.87% MS al día 45.

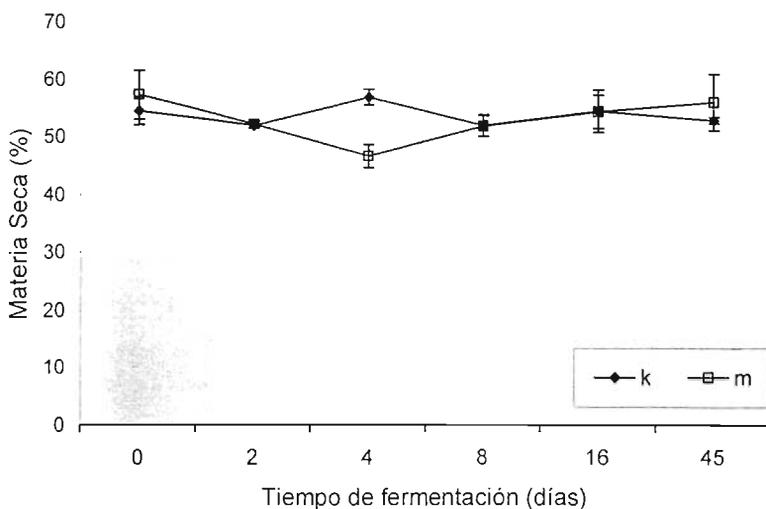


Figura. 4. Cambios en la materia seca del henilado de soja; para las variedades Kodiak (k) y Mammoth (m) durante el tiempo de fermentación. Los valores se expresan como promedio para cada periodo de estudio (n=3, \pm ds).

2.5 Determinación del contenido de Humedad.

Esta determinación es complementaria de la anterior y se basa en el mismo principio de calcular la base seca del alimento a analizar como la pérdida de humedad de la muestra.¹⁹

De las muestras obtenidas de cada mini-silo, secadas y molidas (1mm) se pesaron 1 g en contenedores de metal para determinación de humedad relativa, las muestras así preparadas se someten a la acción del calor en un horno a 100°C a 25 lb de presión por 3 horas al finalizar las muestras se dejaron enfriar en el desecador. La cantidad de humedad contenida en la muestra se obtuvo al restar el peso final después de la acción del horno al peso inicial de la muestra (1 g) de la siguiente manera:

$$\text{humedad (\%)} = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \times 100$$

Donde:

P1= peso del contenedor de metal para determinación de humedad.

P2= peso del contenedor mas la muestra.

P3= peso final del contenedor y la muestra después de 3 horas en el horno.

El porcentaje de humedad observado en la variedad Kodiak disminuyó en 4.28 % durante el tiempo de estudio ya que al día 0 el porcentaje de humedad obtenido fue de 7.78% en tanto que al día 45 de fermentación fue de 3.49% y para la variedad Mammoth en el día 0 se obtuvo 8.02%, al día 45 4.72% con una variación de 3.3 % a lo largo del período de estudio, como se observa en la Figura.5.

El promedio de estos valores se empleo para ajustar a base seca, los valores de FDA, FDN, LDA, extracto etéreo y cenizas.

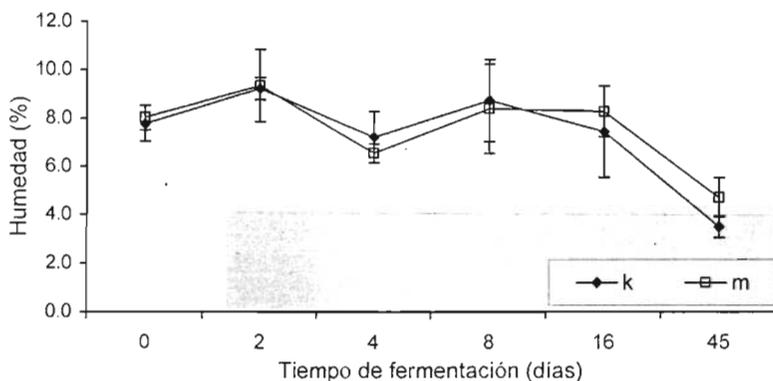


Figura. 5. Variación en el contenido de humedad en el henilado de soya completa para las variedades Kodiak (k) y Mammoth (m) durante el período de fermentación. Los valores se expresan como promedio para cada período de estudio (n=3, ± ds).

2.6 Análisis de las fracciones de la Fibra.

2.6.1 Determinación de Fibra Detergente Ácido. (Ankom Technology 5-03)

La fibra detergente ácido se refiere al residuo no soluble resultante al someter la muestra del alimento a ebullición en una solución detergente ácido, este procedimiento provee un método rápido para la determinación de lignocelulosa contenida en el alimento. la diferencia entre la fibra detergente neutro y la detergente ácido es un estimado de la hemicelulosa. Este método también es un paso preparativo para la determinación de lignina.¹⁹

Se pesaron bolsas filtro (F57 filter bags Ankom Technology) para cada muestra, en cada bolsa se colocó 0.5 g de muestra secada y molida a 1 mm, se sellaron utilizando un sellador de calor (Impulse bagsealer Ankom Technology 1915) toda la muestra se esparció adecuadamente dentro de la bolsa con el fin de eliminar la formación de grumos, la determinación de FDA se llevo a cabo utilizando el Analizador de Fibra (A2000Ankom 2000 Automated Fiber Analyzer. Ankom Technology). Empleando solución detergente ácido (Concentrated Acid Detergent Solution. Ankom Technology); a razón de 1900-2000 ml por cada 24 bolsas, las bolsas permanecieron en el aparato de análisis por un tiempo de 70 min hasta alcanzar una temperatura de 100°C con agitación mecánica, al cabo de este tiempo se drenó la solución contenida, para posteriormente enjuagar las muestras durante 4 min en promedio, con agua destilada a 90- 100°C repitiendo el enjuague dos veces más. Al término de este procedimiento las muestras fueron secadas sumergiéndolas en 250 ml de acetona dentro de un vaso de precipitados por espacio de 4 min y se dejaron secar totalmente en una campana de extracción. Las muestras secas se expusieron a la acción del horno a una temperatura de 100°C a 25 lb

de presión por 3 horas. Se colocaron en el desecador para aislarlas de la humedad ambiental y finalmente se determinó la cantidad de FDA sustrayendo del peso inicial de la muestra, el peso final de la misma descontando el peso de la bolsa filtro.

En el día 0 del período de estudio el contenido de FDA para la variedad Kodiak fue de 36.78% FDA, contenido que disminuyó en 1.5% en el transcurso del tiempo de fermentación al obtenerse un valor de 35.28% FDA al día 45. La variedad Mammoth observó un descenso de 6.16% durante el tiempo de fermentación, iniciando con un contenido de 43.23% FDA al día 0 y finalizando con 37.07% FDA para el día 45. Los resultados de FDA obtenidos se muestran en la Figura. 6.

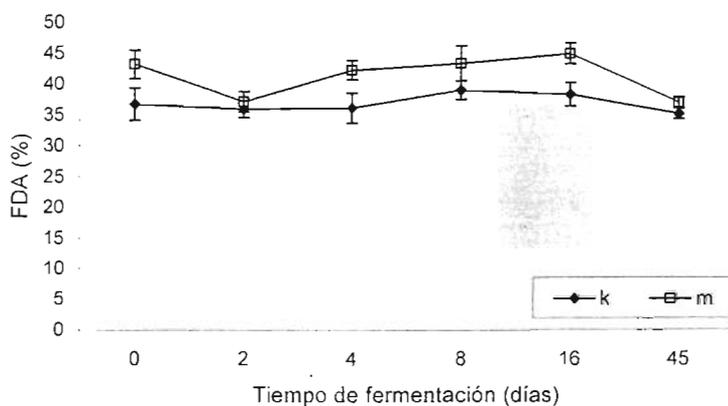


Figura. 6. Variación en el contenido de fibra detergente ácido del henilado de soya completa durante el tiempo de fermentación. Los valores están expresados como el promedio por cada período de estudio (n=3, \pm ds).

2.6.2 Determinación de Fibra Detergente Neutro (FDN). (Ankom Technology 5- 03)

La preparación de las muestras se llevo a cabo siguiendo un procedimiento idéntico para la determinación de FDA, con la variante de analizar las muestras con solución neutro

detergente (Neutral Detergent Solution, premixed with triethylene glycol. Ankom Technology).

En la determinación de FDN se observó que al día 0 del tiempo de fermentación, la variedad Kodiak contenía 43.93% FDN, valor que disminuyó 1.11% durante los 45 días del estudio, alcanzando al final el valor de 42.82% FDN, en tanto que para la variedad Mammoth el descenso en el valor de FDN al fue de 2.15%, iniciando con 48.88% FDN al día 0 y 46.73% FDN para el día 45. La Figura. 7 muestra los cambios en el valor de FDN para ambas variedades.

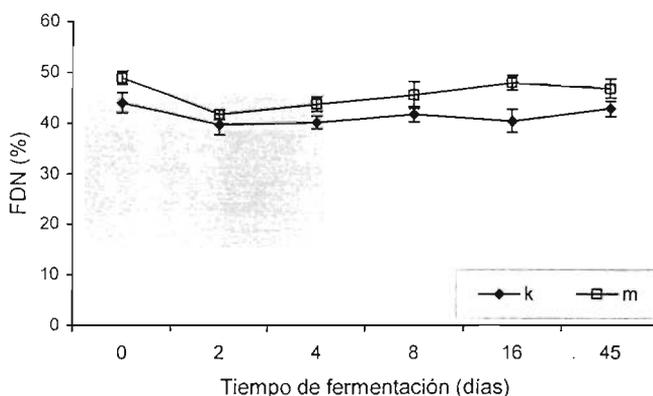


Figura. 7. Cambios en el contenido de fibra detergente neutro en henilado de soya completa durante el tiempo de fermentación, para las variedades Kodiak (k) y Mammoth (m). Los valores están expresados como el promedio por cada período de estudio ($n=3$, \pm ds).

2.6.3 Determinación de Lignina Detergente Ácido (LDA) en Vaso de Precipitados. (Ankom Technology 9- 99)

Las muestras correspondientes al día 0 y 45 de fermentación, analizadas para FDA con el procedimiento anteriormente descrito se someten a la acción de una solución de

Ácido Sulfúrico (H_2SO_4 72% por peso), en un vaso de precipitados con capacidad para 3 L se colocaron las bolsas completamente secas y se agregaron 250 ml del ácido sulfúrico, encima de las muestras se colocó otro vaso de precipitados para mantener las bolsas sumergidas por espacio de 3 horas período en el cual las muestras se agitaron cada 30 min subiendo y bajando el segundo vaso. al finalizar el tiempo las bolsas fueron enjuagadas con agua destilada a una temperatura de 90-100°C hasta que el agua de enjuague se torno clara. las bolsas ya enjuagadas se secaron sumergiéndolas en acetona como se describió anteriormente. De la misma forma que con las muestras para FDA y FDN las bolsas se dejan secar completamente en el horno a 100° a 25 lb de presión por 3 horas, se colocaron las muestras en el desecador y se pesaron, el ultimo paso consistió de colocar las muestras en el horno o mufla a 600°C por espacio de 3 horas hasta que se incineraron completamente las muestras, el material restante se coloco en el desecador y se peso para determinar el contenido de LDA.

La Lignina Detergente Ácido se calculó tanto para el día 0 como para el día 45, donde se observó que la variedad Kodiak contenía 7.78% LDA y durante el período de estudio su contenido disminuyó en 4.28% hasta el día 45 cuando el contenido obtenido fue de 3.5% LDA, la variedad Mammoth contenía 8.02% LDA al día 0 y para el día 45 de fermentación el contenido desciende a 4.72% LDA. La Figura. 8 muestra los resultados obtenidos.

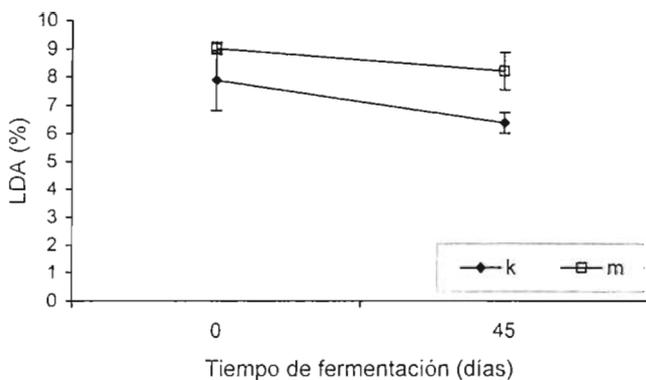


Figura. 8. Valores de lignina detergente ácido en el henilado de soya completa al día 0 y 45 de fermentación para las variedades Kodiak (k) y Mammoth (m). Los valores están expresados como el promedio de cada período de estudio ($n=3, \pm ds$).

2.7 Determinación de Cenizas.

Las cenizas son una medida gruesa del contenido completo de minerales en los alimentos; la muestra del alimento se coloca en recipientes especiales dentro de un horno precalentado a 600°C por espacio de 2-3 horas hasta que toda la materia orgánica contenida es destruida y el residuo remanente es la ceniza.¹⁹

Se empleó para este propósito el horno o mufla a una temperatura de 600°C . a partir de las muestras del día 0 y 45 de fermentación, secadas y molidas se pesó una cantidad de 1 g en un crisol de porcelana para determinación de cenizas previamente pesado y se colocaron en el horno por espacio de 3 horas, hasta que la muestra fue incinerada completamente. El material resultante se retiró del horno y se colocó en el desecador para mantenerlo libre de humedad hasta el momento de volver a pesarlo. La determinación de las cenizas se obtuvo con el siguiente cálculo.

$$\text{cenizas (\%)} = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \times 100$$

Donde:

P1= peso del crisol de porcelana.

P2= peso de la muestra.

P3= peso del crisol y del contenido después de haber sido incinerado.

La Figura. 9 muestra los valores promedio del contenido de cenizas para ambas variedades, evaluadas al día 0 y 45 de fermentación. La determinación de cenizas al día 0 para la variedad Kodiak demostró que el contenido de cenizas fue de 10.25%, con un descenso en este contenido de 0.53% dado que en el análisis final el contenido fue de 9.72% de cenizas, en tanto que para la variedad Mammoth se observó que el contenido de cenizas disminuyó en 0.38%, iniciando con 9.83% de cenizas al día 0, y hacia el día 45 el contenido decayó a 9.45%.

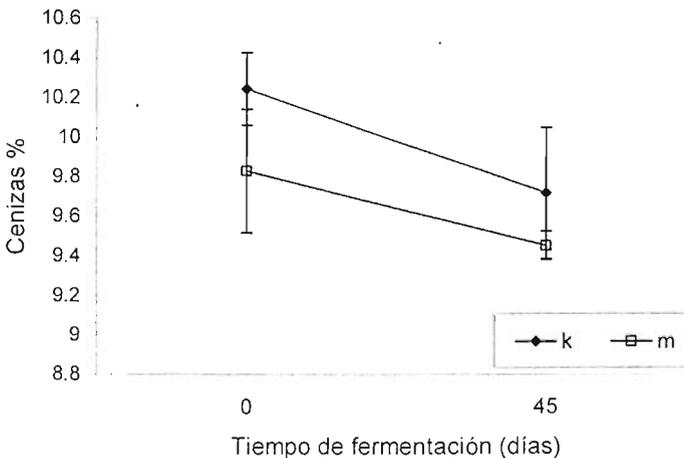


Figura. 9. Cambios en el contenido de cenizas en el henilado de soya completa para las variedades Kodiak (k) y Mammoth (m) a los días 0 y 45 de fermentación. Los valores están expresados como el promedio de cada período de estudio (n=3. ± ds).

2.8 Determinación del Extracto etéreo (EE).

El análisis de la grasa contenida en el alimento esta basado en el principio de solubilidad de las grasas en un solvente orgánico. La grasa cruda es extraída de la muestra con el empleo de éter u otro solvente, este proceso involucra la continua evaporación y condensación del solvente (éter), el solvente condensado drena a través de la muestra, extrayendo la grasa y acarreándola hacia un recipiente, al finalizar el proceso de extracción el solvente es recuperado por destilación, mientras que la grasa colectada puede ser determinada pesándola en su recipiente.¹⁹

Se pesaron 3 g de muestra del día 0 y 45 de fermentación, colocándolos en el recipiente de celulosa (dedal) y tapándolos con algodón, se pre-pesaron las copas de extracción y se les añadieron 50 ml de éter a cada una, ambas partes se colocaron en el aparato de extracción (Soxtec Avanti. Unidad de extracción con conjunto de accesorios.)

El proceso de extracción por ebullición se llevo a cabo durante 40 min a 90°C (temperatura pre-ajustada) seguido del enjuague por 45 min, al término de este paso se dejó evaporar el solvente durante 40 min y se apagó la temperatura de la unidad, al descender la temperatura de retiraron las copas de extracción conteniendo el extracto, se colocaron en el desecador y se volvieron pesar, al concluir se volvieron a colocar para recuperar el solvente finalmente, el extracto etéreo se calculó pesando el material obtenido de la extracción con la siguiente operación:

$$\text{grasa (\%)} = \frac{(P_3 - P_2)}{P_1} \times 100$$

Donde:

P1= peso de la muestra en el contenedor de celulosa.

P2= peso de la copa de extracción anterior a la extracción

P3= peso de la copa posterior a la extracción.

Se determinó el contenido de extracto etéreo en los días 0 y 45 de fermentación para ambas variedades; en el día 0 la variedad Kodiak contenía 0.93% EE, y aumentó en 0.21% para el día 45 cuando se obtuvo 1.14% EE. La variedad Mammoth contenía 0.71% EE al inicio del período de estudio aumentando 0.45% hacia el día 45 cuando el contenido de grasa fue de 1.16% EE. La Figura. 10 muestra los valores obtenidos.

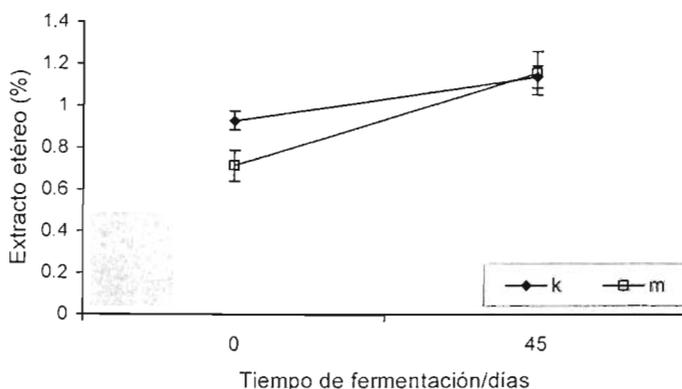


Figura. 10. Valores promedio del extracto etéreo en el henilado de soya completa para las variedades Kodiak (k) y Mammoth (m) durante el tiempo de fermentación. Los valores están expresados como el promedio de cada período de estudio ($n=3, \pm ds$).

2.9 Determinación de la Digestibilidad *in situ* del Henilaje de Soya al día 45 de fermentación.

Para este propósito se emplearon 2 vacas Holstein en lactación, preparadas con fístula ruminal flexible, las muestras de los mini-silos correspondientes al día 45 fueron secadas y molidas a 2 mm; las 3 replicas de cada tratamiento fueron mezcladas entre si y 5 g de muestra se empacaron en bolsas de nylon (Ankom Technology) para ser

introducidas en un contenedor de red para su incubación en el rumen de las vacas, para esto se designaron distintos tiempos de incubación y las muestras fueron colocadas por duplicado en ambas vacas por ambos tratamientos.

Los tiempos de incubación se realizaron como sigue: 0 horas, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96. Al concluir cada período las bolsas fueron sacadas del rumen, lavadas con agua corriente hasta que el agua se observó clara y se secaron en estufa de aire forzado a 55°C por 24 horas cambiando de posición las muestras cada 12 horas, el resultado de digestibilidad se obtuvo del peso inicial de la muestra (5 g) menos el peso final de cada muestra, expresando el resultado en porcentaje de desaparición.



Figura. 11 Vaca con fistula ruminal al momento de la colocación de las bolsas para digestión *in situ*

Para la determinación de la digestibilidad *in situ* se tomó el porcentaje de desaparición de materia seca como resultado de la porción degradada de las muestras contenidas en

las bolsas de nylon, que permanecieron dentro del rumen de las vacas por los periodos de tiempo descritos anteriormente.

Para la variedad Kodiak se obtuvieron los siguientes valores en el período inicial 0 horas: 30.06%; y al final del tiempo de estudio, 96 horas: 70.48% de desaparición de MS.

Para la variedad Mammoth se obtuvo; a las 0 horas: 30.25%; y a las 96 horas: 64.35% de desaparición de MS. Las Figura. 12 y 13 muestran los porcentajes de desaparición de materia seca del día 45 de fermentación para ambas variedades.

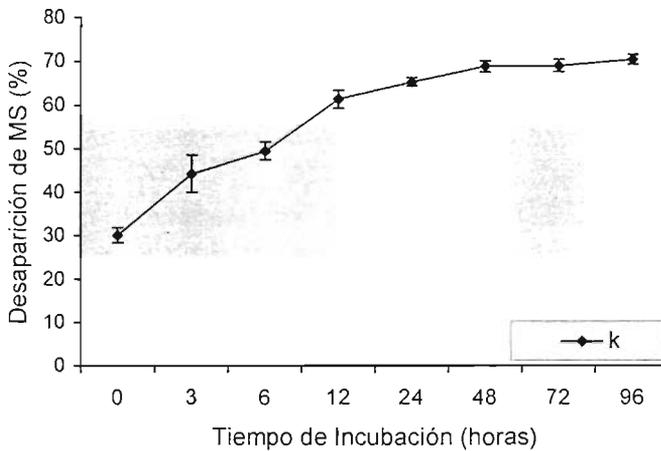


Figura. 12. Materia seca digerida in situ correspondiente al día 45 de fermentación del henilado de soya completa variedad Kodiak (k). Los valores se expresan como promedio de cada periodo de incubación (n=2, \pm ds).

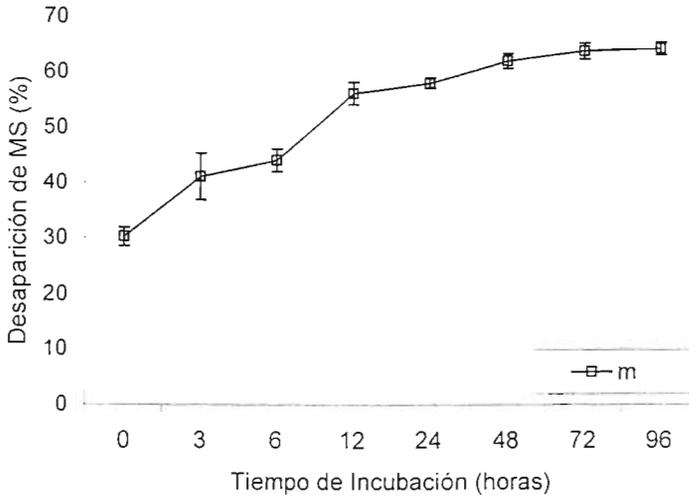


Figura. 13. Materia seca digerida in situ correspondiente al día 45 de fermentación del henilado de soya completa variedad Mammoth (m). Los valores se expresan como promedio de cada periodo de incubación (n=2, \pm ds).

3. Discusión.

Una de las causas de una nutrición inadecuada de las especies domésticas productoras de leche y carne, en la mayoría de los países en desarrollo se debe a la fluctuación en el valor nutritivo de los recursos alimenticios. Esta condición se refleja en bajos rangos productivos y reproductivos, así como en una mayor susceptibilidad a las enfermedades, altos índices de mortalidad y de desecho.²⁴

Al ensilar un forraje obtenemos un producto conservado y estable, que al realizarse adecuadamente puede conservarse indefinidamente y con un contenido homogéneo de nutrientes, que puede ser utilizado en las épocas de estiaje o bien repartido diariamente a lo largo del año, de manera que se pueden aprovechar tanto especies forrajeras tradicionales o alternativas en favor de la optimización de la producción animal.⁶

Los forrajes alternativos deben ser evaluados en su valor nutricional y determinar si son o no alternativas viables a los forrajes convencionales.²⁰

El contenido de MS es esencial en términos de una adecuada conservación y calidad del ensilado. Para que el producto resultante de la fermentación anaeróbica posea los requerimientos básicos desde el punto de vista nutricional se debe observar una adecuada preparación y supervisión de las condiciones del ensilado; la relación entre el contenido de MS y el grado de acidificación alcanzado durante el proceso de almacenamiento es importante para garantizar la estabilidad del producto final, dicho grado de acidificación es un importante indicador de la calidad del ensilado, ya esté al presentar un bajo contenido de MS y un grado de acidificación pobre se convierte en un producto inestable y en consecuencia el crecimiento de bacterias ácido-lácticas se compromete y por otro lado el crecimiento de bacterias coliformes se mantiene y lo que es aun indeseable es la aparición de bacterias butíricas (microorganismos anaerobios del

género *clostridium*) las especies sacarolíticas de este género atacan los azúcares residuales del ácido láctico formado transformándolo en ácido butírico.⁷

En esta experiencia el contenido de MS del henilado de soya completa al día 45 de fermentación fue de 52.71% MS para la variedad Kodiak y 55.87% MS para la variedad Mammoth, a primera vista el contenido de MS no revela por sí mismo la calidad nutricional del henilado de soya, pero cuando se le relaciona con el grado de acidificación obtenido durante el ensayo podemos concluir que aunque el pH que se obtuvo a lo largo del período de fermentación (5.11 para la variedad Kodiak y 4.98 para la variedad Mammoth) no desciende abruptamente. el producto final es estable dado su contenido alto de MS.

Con respecto al grado de acidificación observado en este ensayo, cabe señalar que debido a que el forraje ensilado es una leguminosa, presenta mayor resistencia a la acidificación, gracias al fenómeno tampón propio de estas plantas, que es la resistencia a las variaciones de pH, atribuida a la cantidad de compuestos nitrogenados presentes en las leguminosas, ya que a mayor contenido de estos compuestos más elevado será el pH obtenido en el ensilado.⁶

Diversos trabajos revelan los siguientes datos a partir del análisis de composición química de distintos cultivos forrajeros. Así el heno de alfalfa puede contener 87.0 % MS; el ensilado de maíz un 38.3 % MS. el ensilado de alfalfa: 49.6 % MS, el ensilado de rye grass: 34.4 % MS.^{22, 23}

La FDA evaluada para el henilado de soya en este estudio. para la variedad Kodiak fue de 35.28% FDA y para la variedad Mammoth de 37.07% FDA al día 45 de fermentación. Otros trabajos reportan que el heno de alfalfa contiene 31.8% de FDA, en

tanto que el ensilado de maíz 28.0%; el ensilado de alfalfa 35.8%, el ensilado de rye grass 34.2% FDA; ^{22, 23}

El contenido de FDA en un forraje se relaciona directamente con la digestibilidad del mismo dada la asociación que guarda la FDA con la lignina, ya que este componente fibroso revela el contenido de celulosa y hemicelulosa más lignina. el resultado en este ensayo indica que el producto obtenido es comparable en su contenido de FDA con el ensilado de alfalfa aunque es superado por el heno de alfalfa o el heno y el ensilado de gramíneas cuyo contenido de FDA es relativamente menor.

El henilado de soya al día 45 de fermentación presentó 42.82% FDN para la variedad Kodiak y 46.73% FND para la variedad Mammoth. Otro trabajo señala que la semilla de algodón entera puede contener 54.8 % FDN, 66.6 % FDA, 3.5 % cenizas y 14.3 % extracto etéreo. La alfalfa y el pasto orchard, en combinación tienen 36.9 % FND, 65.5 % FDA, 9.8% cenizas y 2.9 % extracto etéreo. del mismo trabajo se obtuvo que el ensilado de maíz contiene 21.9 % de FND, 41 % FDA, 3.7% cenizas y 3.8 % extracto etéreo. ^{22, 23}

La cantidad de FDN en un forraje repercute en el consumo de MS de los animales, es preferible que los forrajes seleccionados para la alimentación de vacas productoras de leche posean FDN en cantidad optima, actualmente el valor de la FDN es importante para calcular las raciones del ganado productor de leche. En este estudio se observa que ambas variedades contienen una cantidad aceptable de FDN al día 45 de fermentación ubicándose por debajo de la semilla de algodón en su contenido de FND pero con un valor relativamente alto.

El henilado de soya parece ser una alternativa con potencial para ser empleada en la alimentación del ganado productor de leche, sin embargo es necesario probar sus

cualidades de forma integral, es primordial explorar todas las posibilidades concebidas en favor del desarrollo de una producción óptima y redituable.

Ante la interrogante de la factibilidad de implementar el henilado de soya en la alimentación de bovinos productores de leche en México, se plantean más dudas, por ello es necesario una evaluación importante en todos los aspectos posibles, uno de estos cuestionamientos más trascendentales se refiere al aspecto económico de la producción de este alimento, es oportuno señalar que si bien, el henilado de soya es una realidad en otros países, las condiciones particulares de nuestro país no facilitan el proceso de implementación de esta tecnología, sin embargo se debe contemplar como una posibilidad a futuro.

Históricamente nuestro país ha estado bajo la influencia de Estados Unidos y Canadá en cuanto a tecnología agropecuaria, así mismo en la genética del hato nacional.

Estos sistemas productivos han demostrado ser una agroindustria por demás competitiva, de vanguardia en aspectos productivos, reproductivos y sanitarios. Particularmente Estados Unidos es líder y modelo tecnológico en producción lechera, además de ser uno de los más importantes proveedores de México en lo que respecta a leche en polvo, derivados e insumos.^{1,25}

En esta condición, existen muchas similitudes en cuanto a procesos productivos en la industria lechera, al tiempo que hay diferencias inmensas que mantienen el desempeño productivo nacional en niveles no óptimos. Una de las limitantes más notables es el empleo del maíz como fuente primaria de alimentación animal en los países ya mencionados, lo que significa un gran desventaja para México, donde culturalmente no es posible visualizar la producción lechera, basada en la utilización del maíz.

Queda entonces una necesidad imperante de desarrollar estrategias de alimentación encaminadas al mejoramiento de la productividad ruminal. Los recursos alimentarios con que cuentan los países en desarrollo son varios entre ellos se señalan subproductos de la agricultura y de las industrias, y por supuesto los forrajes, ya sea en pastoreo o como especies cultivadas que permiten su utilización a bajos costos y con resultados aceptables desde el punto de vista económico.

Existen otro tipo de tecnologías que pueden ser consideradas, como es el caso del empleo del ensilado de soya como forraje alternativo.

Los forrajes alternativos deben proveer forraje con cualidades similares a las obtenidas con las especies tradicionalmente empeladas, para demostrar su viabilidad desde el punto de vista productivo.¹⁰

La introducción de especies forrajeras alternativas representa una alternativa importante para mejorar la nutrición animal. Por tanto, la selección de las mismas debe enfocarse hacia géneros con buen rendimiento, resistentes a plagas y enfermedades y que mantengan una calidad nutritiva adecuada en la época seca.

4. Referencias.

1. Del Valle M, Álvarez AG. La producción de leche en México en la encrucijada de la crisis y los acuerdos del TLCAN". Reunión de LASA 1997. Guadalajara, Jal. México, abril 17-19 de 1997. 7-9. (Marzo de 2005) Disponible en: <http://168.96.200.17/ar/libros/lasa97/delvrivalvarez.pdf>
2. Gasque GR, Zootecnia Lechera Concreta Compañía Editorial Continental, México, 1987; 17-23.
3. Gasque GR, Blanco MO; Alimentación práctica del Ganado Lechero Departamento de Producción Animal: Rumiantes, F.M.V.Z; U.N.A.M; México, 1988; 1-9.
4. Chase LE; Overton TR. Forage Digestibility – A Tool to Refine Ration Formulation. Department of Animal Science Cornell University; available from: "Total Dairy Nutrition; Advanced dairy nutrition, July 31st – August 1st, 2000. Cornell University. Course CD.
5. Church D.C, Pond WG, Pond KR. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2ª edición, Limusa – Wiley, México D.F. 2003. 324-330
6. Mustafa AF. Instructor: Course: Dairy Cattle Production. ANSC 450, Department of Animal Science McGill University-Macdonald Campus.
7. Martínez VC, Saldaña JL. Ensilado de Forrajes y su empleo en la Alimentación de Rumiantes Ediciones Mundi-Prensa; España, 1998: 7, 13, 59-65, 125-131.
8. Frijol Soya. Claridades Agropecuarias, Marzo, 1994. N° 7, (Febrero de 2005) Disponible en URL: www.infoaserca.gob.mx/claridades/marcos.asp?numero=7
9. Ventura G, Amaducci MT. La Soja. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 1988; 31-59.
10. Blount AR, Wright DL, Sprenkel RK, Hewitt TD, Hiebsch CK, Myer RO. Forage Soybeans for Grazing, Hay and Silage University of Florida; Extension –Institute of Food and Agricultural Sciences; SS-AGR-180. one of a series of the Agronomy Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. January 2003. (March 2005) Available from: <http://edis.ifas.ufl.edu>.
11. Darnosarkoro W, Harbur MM, Buxton DR. Moore KJ, Devine TE, Anderson IC. Growth, Development, and Yield of Soybean Lines Developed for Forage: Agronomy Journal, 2001, 93, 1028-1034.
12. Sheaffer CC, Orf JH, Devine TE, Grimsbo JJ. Forages Yield and Quality of Forage Soybean. Agronomy Journal, 2001, 93, 99-106.

13. Mustafa AF, Seguin P. Characteristics and in situ degradability of whole crop faba bean, pea and soybean silages. *Canadian Journal of Animal Science*. 2003. 83:793–799.
14. Mpeperekia S, Javaherib F, Davisc P, Gillera KE. Soybeans and sustainable agriculture Promiscuous soybeans in southern Africa. *Field Crops Research* 2000 (65) 137-149.
15. Feedstuffs, Forage evaluation. (May 2005) Available from URL: <http://www.extension.umn.edu/distribution/livestocksystems/components/DI0469-04.html>
16. Schroeder JW, Extension Dairy Specialist. Haylage and Other Fermented Forages. AS-1252", June 2004, (May 2005) Available from URL: www.ext.nodak.edu/extpubs/ansci/dairy/as1252.pdf
17. Undersander D. Soybeans for Hay or Silage. August, 1999. (February 2005) Available from: URL: <http://www.css.cornell.edu/forage/comment/soy.html>
18. Forraje conservado en silo. Forraje-Artículos Libres. Publicación Profesional; (Febrero de 2005) Disponible en: URL: <http://www.pcca.com.ve/vb/articulos/e4p21.htm>
19. Official Methods of Analysis; Association of Official Analytical Chemist 15th Edition 1990. Arlington VA.
20. Mustafa AF, Seguin P, Ouellet DR, Adelye I. Effects of Cultivars on Ensiling Characteristics, Chemical Composition, and Ruminant Degradability of Pea Silage. *Journal of Dairy Science*. 2002. 85:3411–3419.
21. Tobía C, Villalobos E. Producción y valor nutricional del forraje de soya en condiciones tropicales adversas. *Agronomía Costarricense*. 2004, 28 (1): 17-25.
22. Stallings CC. Tests Available for Measuring Forage Quality. Virginia cooperative extension. (May 2005) Available from: URL: <http://www.ext.vt.edu/pubs/dairy/404-124/404-124.html>
23. Bernard JK. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed coated with gelatinized cornstarch. *Journal of Dairy Science*. 1999, 82:1305–1309.
24. Galindo GG. Uso de innovaciones en el Grupo de Ganaderos para la validación y Transferencia de Tecnología Joachin, Veracruz, México. *Terra*, 2001. 19, (4), 385-392.
25. Gallardo JL. Coord. Situación actual de la producción de leche de bovino en México 2004. Coordinación General de Ganadería. SAGARPA. 2004. (Marzo 2005) Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg>