



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA ASOCIACIÓN MAÍZ Y MUCUNA [*Mucuna deeringiana* (Bort.)
Merr.] SOBRE EL RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ZOOTECNIA

PRESENTA:

JOAQUÍN ESTRADA SOLÍS

DIRECTOR DE TESIS: DR. BERTÍN MAURILIO JOAQUÍN TORRES

CO-DIRECTOR: DR. GUSTAVO LÓPEZ ROMERO

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO, MAYO DE 2013.

LA PRESENTE TESIS TITULADA “EFECTO DE LA ASOCIACIÓN MAÍZ Y MUCUNA [*Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr.] SOBRE EL RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE” PRESENTADA POR EL PASANTE JOAQUÍN ESTRADA SOLÍS, BAJO LA DIRECCIÓN DEL DR. BERTÍN MAURILIO JOAQUÍN TORRES, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA.

JURADO EXAMINADOR

DR. BERTÍN MAURILIO JOAQUÍN TORRES
DIRECTOR

DR. GUSTAVO LÓPEZ ROMERO
CO-DIRECTOR

D.Ph. SERGIO RAMÍREZ ORDOÑES
ASESOR

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO. MAYO DE 2013.

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos. Gracias por permitirme ver cada amanecer y vivir cada día. Por acompañarme en mi camino y bendecirme siempre. Por iluminar mis pensamientos. Te doy gracias señor.

A mis padres, Nicolás e Hilda

Mil gracias por brindarme su amor, confianza y valores humanos. Por su ejemplo de superación. Por enseñarme lo gratificante del trabajo; sobre todo por ser los pilares de mi vida. Gracias por permitirme y apoyarme en todo momento en mi vida. Sin ustedes este logro no sería posible, los amo.

A mis hermanos, Nicolás, María, Fátima y Estrella

Por su apoyo incondicional, en todo momento, los amo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la **Universidad del Papaloapan** por abrirme sus puertas y permitirme realizar mi carrera.

A mi director de tesis Dr. **Bertín Maurilio Joaquín Torres**, por apoyarme en la realización de este proyecto.

Al Dr. **Gustavo López Romero**, codirector de tesis, gracias por su paciencia, consejos, colaboración y darme oportunidad de trabajar en este proyecto.

A la Dra. **Cynthia Magaly Antonio Cisneros**, M.C. **José Ángel Rueda Barrientos** D.Ph. **Sergio Ramírez Ordoñez** por su apoyo en la revisión y sus valiosas sugerencias que permitieron mejorar y enriquecer la presente tesis.

Agradezco a todos mis **profesores** por brindarme sus conocimientos y motivación para la culminación de mis estudios profesionales.

Gracias a mis amigos, en especial a **Elieter, Adilene, Osiris, Alma, Estela, Perla, Eduardo, Oziel, Esteban, Gonzalo y Román** por sus consejos, apoyo, amistad, y por formar parte de mi formación profesional.

ÍNDICE

	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS	<i>iii</i>
ÍNDICE DEL FIGURAS	<i>iii</i>
RESUMEN	<i>iv</i>
ABSTRACT	<i>v</i>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivo particular	3
3. HIPÓTESIS	4
3.1. Hipótesis general	4
3.2. Hipótesis particular	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Características de la región donde se realizó el estudio	5
4.2. Importancia de la producción de forraje	5
4.3. Características botánicas y agronómicas del maíz	7
4.4. Composición química del maíz	9
4.5. Características botánicas y agronómicas de la mucuna	11
4.6. Composición química de la mucuna	12
4.7. Efecto de la asociación gramínea–leguminosa	13
4.8. Importancia de la conservación de forrajes	15
4.9. El ensilaje	17
5. MATERIALES Y MÉTODOS	20
5.1. Localización del experimento	20
5.2. Material genético	22
5.3. Tratamientos y diseño experimental	22
5.4. Desarrollo del experimento.....	22
5.5. Variables evaluadas	24

5.6. Medición de las variables	24
5.6.1. Rendimiento de materia verde (kg ha ⁻¹)	24
5.6.2. Rendimiento de materia seca (kg ha ⁻¹)	24
5.6.3. Determinación de materia seca (%), cenizas (%), proteína cruda (%) y fibra detergente neutro (%)	25
5.7. Análisis estadístico	26
5.8. Modelo estadístico	27
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
6.1. Rendimiento de forraje en materia verde y materia seca	28
6.2. Composición química del forraje	30
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
7.1. Conclusiones	34
7.2. Recomendaciones	34
8. LITERATURA CITADA	36

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
1	Rendimiento de forraje en materia verde (kg ha^{-1}) del maíz solo y asociado con mucuna en tres localidades del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz	29
2	Rendimiento de forraje en materia seca (kg ha^{-1}) del maíz solo y asociado con mucuna en tres localidades del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz	30
3	Composición química del forraje de maíz solo en verde y ensilado, asociado con mucuna en verde y ensilado en tres localidades del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz	32
4	Composición química del forraje de maíz en tres localidades del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz	33

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PÁGINA
1	Partes principales de una planta de maíz	8
2	Localización geográfica de las localidades donde se llevó a cabo el estudio	20
3	Precipitación y temperatura mensual durante el año 2011	21

RESUMEN

Con el objetivo de mejorar el rendimiento de forraje, se evaluaron dos tratamientos: maíz y maíz asociado con mucuna, en tres localidades del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz (Acazónica, El Limón y Angostillo), bajo un diseño de bloques completamente al azar. Se evaluaron las variables: rendimiento de materia verde y rendimiento de materia seca. Posteriormente, para analizar la composición química, se evaluaron cuatro tratamientos: maíz solo verde, maíz asociado verde, maíz solo silo y maíz asociado silo, bajo un diseño completamente al azar. Se determinó el porcentaje de materia seca, proteína cruda, cenizas y fibra detergente neutro. No se encontraron diferencias entre tratamientos para el porcentaje de materia seca y cenizas; mientras que si existieron diferencias para proteína cruda ($P < 0.01$) y fibra detergente neutro ($P < 0.05$), donde el mayor contenido de proteína cruda (11.2 %) se obtuvo en el maíz asociado verde y la menor cantidad de fibra detergente neutro (57.2 %) se logro en el ensilado de maíz. Se concluye que el rendimiento de forraje de la asociación maíz-mucuna fue superior al del maíz solo, tanto en forraje verde como en materia seca.

Palabras claves: Maíz, Mucuna, Asociación, Materia seca, Proteína cruda, Fibra detergente neutro.

ABSTRACT

In order to improve forage yield, two treatments were evaluated: corn and corn associated with mucuna, in three locations of the Municipality of Paso de Ovejas, Veracruz (Acazónica, El Limon and Angostillo) under a design of randomized complete block. Variables were evaluated: solely green corn, green corn combined with corn silo and solely combined silo under a completely randomized design. After evaluating the percentage of dry matter, crude protein, ash and neutral detergent fiber. We have determined that there were differences to be found in the percentage of dry matter and ash between treatments, whereas differences did exist in crude protein ($P < 0.01$) and neutral detergent fiber ($P < 0.05$), where the highest crude protein (11.2%) was obtained in combined green corn and the least amount of neutral detergent fiber (57.2%) was achieved in corn silo. We conclude that the forage yield of corn-mucuna mixture was higher than corn alone, as in both green forage and dry matter.

Keywords: Corn, Mucuna, Association, Dry matter, Crude protein, Neutral detergent fiber.

1. INTRODUCCIÓN

El constante aumento de la población mundial exige cada día sistemas de producción más eficientes. En México, el sector agropecuario debe implementar sistemas que permitan una producción constante en el año. Debido a la época de lluvia y sequía, que interactúa con la presencia de vientos del norte y sur, el recurso forrajero se ve afectado con altibajos en su producción. Por tanto, es importante implementar sistemas de producción que permitan incrementar el rendimiento de forraje y su conservación, para su uso en la época seca.

En el Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, los problemas que obstaculizan el desarrollo agrícola son: contaminación del medio ambiente, falta de visión empresarial de los campesinos, erosión de los suelos, pérdida y contaminación de mantos freáticos, falta de organización y bajo nivel tecnológico (COMUDERS, 2006).

Se ha indicado que la alimentación, en los rumiantes, tanto en pastoreo como en corral, representa el 60 y 70 %, respectivamente, de los costos de producción (Shimada, 2003), de ahí la importancia de incrementar el rendimiento y calidad del forraje para disminuir el costo de producción.

El cultivo más empleado como fuente de forraje en los sistemas de producción bovina, es el maíz en forma de ensilado, debido a su alto rendimiento de materia verde, alrededor de 35,000 a 95,000 kg ha⁻¹ (Somarribas, 2007), comparado con el sorgo, el cual tiene un rendimiento de

materia verde de 30,000 kg ha⁻¹ (Mirralles *et al.*, 2011), además, el maíz tiene un alto contenido de carbohidratos solubles, de 280 a 510 g kg⁻¹ de materia seca (Méndez, 2000), lo cual favorece el proceso de fermentación del ensilaje. Sin embargo, el ensilado de maíz tiene a ser bajo en el proteína cruda, alrededor de 8 % de la materia seca, lo que puede ser una limitante al tratar de cubrir los requerimientos de proteína en animales en producción (FEDNA, 2004).

Estudios recientes sobre praderas asociadas gramínea-leguminosa, toman importancia, debido a que con esta tecnología, se aumenta el aporte de proteína al sistema ruminal en un 12.6 % (Contrera-Govea *et al.*, 2008). Al respecto, Castillo *et al.* (2009) reportaron que el ensilado de maíz-vigna en proporción 70:30, con adición de 2 % de melaza, mostró los mejores parámetros de proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, extracto etéreo, cenizas, lignina y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y capacidad fermentativa en el ensilado, con respecto a las diferentes combinaciones de las variables: proporción de maíz-vigna, porcentaje de melaza y aplicación o no de inóculo bacteriano. Sin embargo, aun falta más información sobre el comportamiento de la asociación maíz-leguminosa en la producción del forraje.

Por ello, el presente estudio tuvo la finalidad de evaluar el rendimiento y la composición química del forraje de maíz verde, ensilado y asociado con mucuna.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento productivo y composición química del forraje de maíz y asociado con mucuna.

2.2. Objetivo particular

Determinar el rendimiento de materia verde, materia seca y composición química del forraje de maíz solo y asociado con mucuna.

3. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

El rendimiento y la composición química del forraje de maíz asociado con mucuna son mejores que la del maíz solo.

3.2. Hipótesis particular

El maíz asociado con mucuna produce mayor rendimiento de forraje en materia verde y materia seca, así como mejores valores de composición química, en comparación con el forraje de maíz solo en verde o ensilado.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Características de la región donde se realizó el estudio

Las comunidades donde se realizaron los experimentos fueron: Acazónica, Angostillo y El Limón, pertenecientes al Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. Las dos primeras pertenecen a la microcuenca Paso de Ovejas 1 (POV-1) y la segunda a la microcuenca Paso de Ovejas 2 (POV-2) (Candelaria, 2011). La comunidad El Limón, tiene todas las características de la microcuenca POV-1.

Las actividades agrícolas más importantes en la microcuenca POV-1, son producción de maíz, frijol, carne y leche de bovino (Candelaria, 2011).

En la región, la producción de forraje es estacional de julio a octubre, ello obliga a los productores a buscar alternativas para alimentar al ganado, tales como: el uso de maíz en diferentes presentaciones (desde rastrojos hasta la planta verde completa), alimento comercial y pacas de forraje henificado (Candelaria, 2011).

4.2. Importancia de la producción de forraje

El suministro de nutrientes al ganado, de forma constante a través del año, inicia con un balance forrajero, con base en la meta de productividad animal, etapa productiva, disponibilidad estacional de los forrajes y su conservación para utilizarlo en la época de escasez. El forraje de maíz se usa con mucha frecuencia en países subtropicales, como parte de la dieta en la alimentación

animal y balance forrajero anual (Bruno *et al.*, 1995; Cuomo *et al.*, 1998), generalmente, en forma de ensilado (Aldrich y Leng, 1974).

Cuando existe una producción animal basada en forrajes, estos tienen que ser de alta calidad, en términos de contenido de proteína, minerales y vitaminas, de acuerdo a las necesidades y productividad animal. Por ello, es importante realizar prácticas agronómicas adecuadas, para obtener forrajes de buena calidad (Hughes *et al.*, 1972).

Es sabido que la base de la alimentación del ganado es el forraje. Por ello, se han desarrollado técnicas de alimentación animal; desde pastoreo rotacional, hasta conservación de forrajes, ya que si se aumenta la cantidad y calidad de forraje producido por hectárea, aumentará la productividad animal, especialmente en época de escases de forraje.

La utilización del ensilado de maíz tiene sus inicios en los años 80, desde entonces, se han realizado varias investigaciones relacionadas con el ensilaje de maíz. Los resultados obtenidos han recomendado el uso de esta práctica en la producción lechera, siendo la fuente más importante de energía durante el invierno (Mora-Valverde, 2010).

La producción de forrajes, no solo es importante como alimento directo para el ganado, sino también hay beneficios complementarios tales como el incremento de la fertilidad del suelo resultado de la degradación de la materia orgánica a través de los ciclos productivos, mejora el drenaje del suelo como es el caso de algunas leguminosas cuyas raíces penetran capas profundas del

subsuelo, mientras que las raíces de las gramíneas hacen más permeable la capa arable; además, en terrenos no forestales, las gramíneas y leguminosas proporcionan protección al suelo contra la erosión, principalmente, en tierras con pendiente (Hughes *et al.*, 1972).

4.3. Características botánicas y agronómicas del maíz

El maíz (*Zea mays* L.), posee un sistema radicular fibroso bastante extenso formado por tres tipos de raíces: primarias, secundarias y adventicias, un tallo cilíndrico con nudos y entrenudos bien marcados, los entrenudos son cortos en la base y se alargan a medida que se encuentran en posiciones superiores, los entrenudos son medulares, es decir no son huecos. Las hojas, se desarrollan a partir de las yemas foliares, son largas y angostas, con nervaduras paralelas y constituidas por vaina, lígula y limbo (CEDAF, 1998).

En el maíz existen flores estaminadas y pistiladas, ubicadas en diferentes lugares de la planta. Las flores estaminadas (masculinas) se encuentran dispuestas en pares en las ramas de la espiga (Figura 1). El tamaño de las flores (espiguillas) varía de seis a diez milímetros. Cada flor tiene tres estambres. Las flores pistiladas (femeninas) se encuentran en una inflorescencia con un soporte central denominado tusa, cubierto de brácteas foliares. Sus estilos salen de las brácteas y alcanzan una longitud de 12 a 20 cm (pelos de elote). El fruto es una cariósipide, un fruto seco indehiscente. La cubierta de la semilla está fuertemente adherida al pericarpio (CEDAF, 1998)

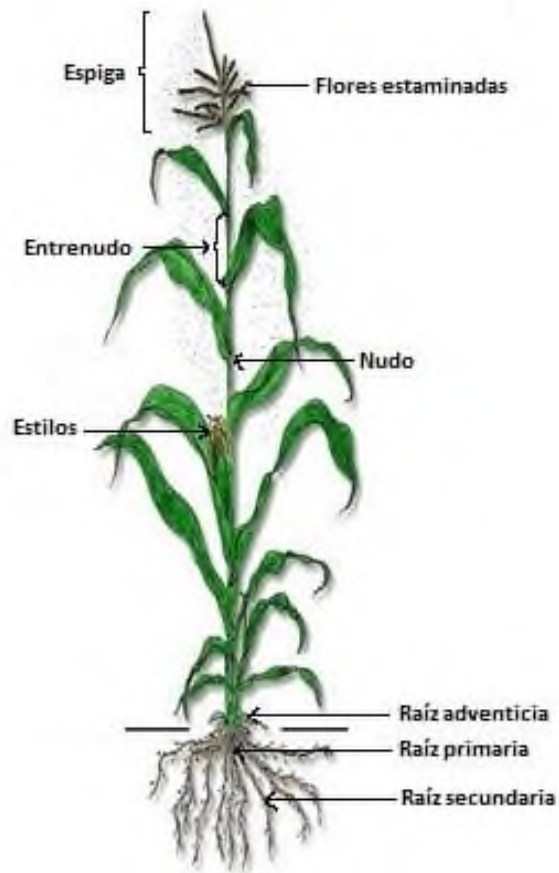


Figura 1. Partes principales de una planta de maíz.

El maíz, tiene su origen en México y actualmente se cultiva en todo el mundo. Es una planta anual, con un ciclo vegetativo de 120 a 150 días, dependiendo de la altitud (Elizondo y Boschini, 2001), normalmente alcanza una altura de 2 a 5 m. El maíz crece desde el nivel del mar hasta altitudes cercanas a los 4,000 msnm, con rendimientos de 35,000 a 95,000 kg ha⁻¹, desde el nivel del mar hasta los 2,500 m. La temperatura óptima de crecimiento durante el ciclo vegetativo es de 25 a 30 °C (CEDAF, 1998).

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos, donde pueden producir buenas cosechas, siempre que se utilicen variedades adecuadas y

técnicas de cultivo apropiadas. En general, los mejores suelos para su cultivo son los de textura media (francos), fértiles, profundos y con alta capacidad de retención de humedad. El rango de pH para obtener buenos rendimientos va de los 5.5 y 8.0, aunque los mejores resultados se obtienen en suelos ligeramente ácidos. La densidad de siembra para maíz en monocultivo oscila entre 50 y 55 mil plantas ha⁻¹ (CEDAF, 1998).

El maíz, se cultiva comúnmente para producir forraje verde, ya que es muy palatable y de gran valor nutritivo. El momento óptimo de cosecha es cuando el grano está en media línea de leche. Para determinar este estado, en la práctica se debe abrir el elote, observar el grano, apretarlo y estimar la proporción entre la parte sólida, almidón y parte líquida “la leche”. Cuando estas partes son equivalentes, se encuentra en media línea de leche. El maíz se usa en la alimentación animal como forraje verde picado o ensilado. Como ensilado es la gramínea que presenta mejor rendimiento y calidad de forraje, sin necesidad de ningún aditivo (Skerman, 1992). Sin embargo, una desventaja del cultivo de maíz es que requiere bastante agua, razón por la cual en algunos lugares se cultiva bajo riego (Ashbell y Weinberg, 1999).

4.4. Composición química del maíz

El maíz como forraje verde cosechado en estado de media línea de leche y en ensilado presenta valores de 8.9 y 8.3 % de proteína cruda, respectivamente y un contenido de materia seca de 22 y 30 %, respectivamente. El contenido de cenizas del ensilado de maíz cosechado a media línea de leche es de 5.4 %

(Castillo *et al.*, 2009) y fibra detergente neutro de 41.7 a 51.2 (Hernández *et al.*, 2010).

Boschini y Elizondo (2004) reportan para el maíz cosechado a media línea de leche, valores de proteína cruda de 8 hasta 12 % en la materia seca y 2.2 a 2.8 Mcal de energía digestible kg^{-1} . Asimismo, Capriles *et al.* (1970) reportan contenidos de 9.28 % de proteína, 32.8 % de fibra cruda y 0.46 % de extracto etéreo.

Rubio y Zepeda (2008) reportan para el ensilado de maíz 23.46 % de materia seca, 8.65 % de proteína cruda, 68.55 % de fibra detergente neutro y 44.16 % de fibra detergente ácido.

La importancia de los minerales o cenizas radica en sus funciones, los cuales sirven para formar huesos, órganos, tejidos, cascos, piel, sangre, dientes, pelo, hormonas, enzimas; facilitar la digestión y absorción de los alimentos, mantener la fertilidad y ayudar en los procesos de la reproducción y desarrollo del feto. Un ejemplo de la importancia de la proteína en los forrajes, es lo reportado por Huber y Thomas (1971), quienes demostraron que cuando el nivel proteico del alimento concentrado utilizado fue elevado de 8.5 a 19 % y suministrado a las vacas en la relación de 1 kg 3 kg^{-1} de leche producida, la producción de leche aumentó en forma significativa. La fibra detergente neutro, es una medida del total de fibra contenida en el forraje, la cual está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina. Los forrajes con altos contenidos de fibra detergente neutro llenan más rápido el rumen, afectando la capacidad de

consumo, necesitando mayor cantidad de alimento como suplemento. La fibra detergente neutro del ensilado de maíz oscila entre 36 y 50 % (Ramírez *et al.*, 1999).

4.5. Características botánicas y agronómicas de la mucuna

La *Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr., se conoce como mucuna, mucuna, nescafe o frijol terciopelo. Es una planta de ciclo anual, originaria del sur de Asia, trepadora o rastrera, que presenta un rápido crecimiento, se adapta desde el nivel del mar hasta los 2,100 m de altura. Prospera en suelos ácidos, pobres o arenosos. La mucuna, tiene rendimientos de forraje verde de 27 a 36 t ha⁻¹. Se utiliza para el mejoramiento de esquilmos y como forraje, ya sea en pastoreo, corte o ensilado. Cuando la mucuna es suministrada sola, se recomienda utilizarla como banco de proteína en pastoreo restringido, es decir, solo dejar que el ganado consuma la leguminosa por unas cuantas horas; esto dependerá del área y de las unidades animales. Otra forma de suministrarla es en forma de heno, haciendo pacas, ya sea de forma manual o con maquinaria. El heno de esta especie tiene una alta palatabilidad debido a la suavidad de sus hojas y tallos (ICAMEX, 2000).

La mucuna también se utiliza para el mejoramiento de suelos, gracias a su alta capacidad de fijación del nitrógeno atmosférico, permitiendo un incremento considerable de materia orgánica y una fijación de nitrógeno en el suelo de 80 hasta 300 kg ha⁻¹ (ICAMEX, 2000), aunque Sanclemente (2009) reporta contenidos de 34 a 108 kg ha⁻¹ de nitrógeno. En la zona sur de Costa

Rica, una biomasa de 6,000 kg ha⁻¹ produjo 168 kg de nitrógeno, 12 kg de fósforo, 84 kg de potasio, 22 kg de calcio y 12 kg de magnesio (Cervantes, 1996).

Para producir semilla se utiliza una densidad de siembra de 15 a 30 kg de semilla por hectárea, sembrando entre 3 a 4 granos por metro lineal, con una distancia de un metro entre surcos. Para mejorar la calidad y cantidad de la semilla se deben utilizar tutores o espalderos tales como las plantas de maíz, madera u otro material que pueda sostener a la planta. Esta práctica se realiza con el fin de aprovechar una mayor captación de luz solar. La cosecha de semilla se realiza de los 150 a 240 días después de la siembra. El rendimiento promedio va desde 1,000 a 1,500 kg ha⁻¹ de semilla (Quiróz *et al.*, 1998).

En el trópico, la mucuna es una de las leguminosas de mayor uso, ya que esta especie forrajera presenta un rendimiento alto de biomasa (Kessler, 1990; Buckles y Triomphe, 1999), en asociación mejora la producción de maíz (Sanginga *et al.*, 1996) y controla las malezas por efecto de competencia por luz (Carsky *et al.*, 1998; Caamal-Maldonado *et al.*, 2001). No obstante, su adopción en el trópico de México ha sido baja debido a que se conoce poco de su uso alimenticio y forrajero (Eilittä y Carsky, 2003).

4.6. Composición química de la mucuna

La información respecto a la composición química de la mucuna es limitada, no obstante se ha reportado que presenta valores de 17 a 19 % de materia seca y un contenido de proteína cruda de 18 a 22 % (ICAMEX, 2000). Mientras que los

valores de cenizas y fibra detergente neutro son 7.1 % y 57.6 %, respectivamente (La *et al.*, 2006).

4.7. Efecto de la asociación gramínea-leguminosa

Las leguminosas, son especies de gran importancia en los ecosistemas, puesto que permiten la sustentabilidad de éstos a través del tiempo (Espinoza, 2000), ya que tienen alto valor nutritivo, mejoran la relación C:N del suelo, y tienen la capacidad de fijar nitrógeno. Además, las leguminosas tienen más proteína que las gramíneas, su contenido de proteína cruda varía entre 15 y 23 % (Teixeira *et al.*, 2010).

El uso de las leguminosas en los sistemas de producción agrícola y pecuaria, es una opción para mejorar la fertilidad del suelo, ya que éstas tienen la capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico (32 a 51 % del nitrógeno contenido en la planta) y extraer el calcio de niveles inferiores del suelo (Cervantes, 1996), mejorando las propiedades físicas y químicas. Las leguminosas reducen la erosión, controlan la maleza y plagas del suelo, además pueden emplearse como forraje, el cual tiene un alto contenido de proteína (Binder, 1997).

Las gramíneas tales como el maíz y sorgo son cultivos comúnmente utilizados para la producción de forraje y su conservación en silos, ya que poseen una cantidad importante de carbohidratos y energía, pero poca proteína en comparación con las leguminosas. Por ello, su asociación con la mucuna,

incrementa la calidad nutritiva del ensilado, y en consecuencia, aumenta la eficiencia productiva del hato (ICAMEX, 2000).

El rastrojo de maíz tiene un alto contenido de carbohidratos estructurales lo que ocasiona que su digestibilidad y su calidad nutricional sea baja, con un contenido de proteína cruda de 4.0 a 5.5 %. Por tanto, para aumentar la cantidad de proteína cruda de manera natural, se usan leguminosas tal como la mucuna. Se ha reportado que la asociación maíz con mucuna produce de 2.5 a 3.3 t ha⁻¹ más de forraje verde, que el maíz en monocultivo, con un 10 % de proteína cruda (ICAMEX, 2000).

León y López (2009) reportan que el ensilado de maíz mezclado con *Mucuna pruriens* posee un 25.3 % de materia seca, 9.3 % de proteína cruda, 62.0 % de fibra detergente neutro, 38.5 % de fibra detergente ácido y 2.67 Mcal kg⁻¹ de energía metabolizable.

La calidad nutritiva de los ensilados de sorgo y pasto elefante con leguminosas es significativamente más alta en proteína bruta (13 a 14 %), y digestibilidad (52 a 56 %), en comparación con el ensilado de las gramíneas solas (Titterton, *et al.*, 1999).

La asociación maíz con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) muestra los mejores rendimientos de maíz con la siembra simultánea de los granos, o la siembra del maíz 10 días después de la siembra del frijol (CEDAF, 1998).

Jiménez *et al.* (2002) reportan rendimientos de 7,089 kg ha⁻¹ de materia seca de la asociación maíz-soya forrajera [*Glycine hispida* (Moench) Max.], con el método de siembra un surco de maíz y un surco de leguminosa, mientras que para el maíz en monocultivo reportan un rendimiento de 6, 293 kg ha⁻¹ de materia seca.

En un ensilado de maíz asociado con *Dolichos*, el contenido de proteína bruta aumentó de 77 g kg⁻¹ de materia seca para ensilado de maíz a 128 g kg⁻¹ de materia seca, para la asociación maíz-leguminosa (Maasdorp y Titterton, 1997).

Se ha indicado que la siembra de *Dolichos lablab* y *Mucuna deeringiana* dos semanas después del maíz, no afecta el rendimiento de materia seca del maíz y el rendimiento de materia seca de la leguminosa representa el 30 % del total de la materia seca. Sin embargo, el contenido de proteína bruta del ensilado es de 10.5 % (Maasdorp y Titterton, 1997).

4.8. Importancia de la conservación de forrajes

La producción de forrajes es estacional, generándose un excedente en la época de lluvias y una escasez en la de secas. Por tanto, la conservación del forraje excedente es necesaria para utilizarlo en la época de secas, y de esta forma garantizar una adecuada alimentación de los animales y en consecuencia, mantener la productividad animal.

Los forrajes verdes contienen de 75 a 80 % de humedad. Sin embargo, una vez cortados, continúan respirando y consumiendo energía, lo que ocasiona pérdidas de su valor alimenticio. Por tanto, existe la necesidad de reducir en forma rápida su contenido de humedad de los forrajes verdes, para poder conservarlos en forma de henos, con las menores pérdidas posibles (Ciria, 1995).

Otro método de conservación consiste en mantener los forrajes en una atmósfera sin oxígeno, y con ello estimular el desarrollo de fermentaciones lácticas, estando presentes los géneros *Lactobacilos*, *Leuconostoc*, *Streptococos* y *Pediococos* (Villa *et al.*, 2010). Las fermentaciones lácticas llevan a la masa forrajera a un pH menor de 5.0, suficiente para inhibir la fermentación posterior. Este método de conservación se le conoce como ensilaje. El uso del ensilado en el trópico es un medio eficaz para aumentar la productividad animal (Cowan *et al.*, 1993).

El ensilado de maíz, es el forraje principal de los bovinos en América del Norte y en menor medida en Europa. La planta de maíz tiene una alta capacidad de conversión de la radiación solar en materia seca. El alto contenido de almidón del grano hace que tenga una cantidad energética más alta que el sorgo, por tanto, una mejor fermentación láctica, por ello, se considera como un buen material para ensilar (Mooi, 1991).

El maíz es el cultivo más empleado como fuente de forraje en los sistemas de producción bovina mediante su conservación como ensilado,

debido a un alto rendimiento de biomasa de 35,000 a 95,000 kg ha⁻¹ de materia verde (Somarribas, 2007). Asimismo, Bernal (1991) y Skerman (1992) reportan rendimientos de 60,000 a 80,000 kg ha⁻¹ de materia verde, con un alto contenido de carbohidratos solubles de 280 a 510 g kg⁻¹ de materia seca (Méndez, 2000), los cuales favorecen el proceso fermentativo.

4.9. El ensilaje

El ensilaje es una técnica de conservación por acidificación del forraje fresco, con elevado contenido de humedad, protegido del aire, luz y humedad exterior, con un mínimo de pérdidas en materia seca y valor nutritivo, con buena palatabilidad (Ciria, 1995), que se obtiene por medio de una fermentación láctica bajo condiciones anaeróbicas. Durante el proceso, las bacterias lácticas fermentan los carbohidratos hidrosolubles del forraje produciendo ácido láctico. Este proceso de conservación recibe el nombre de ensilaje, el espacio o lugar donde se realiza el proceso de ensilaje se llama silo, y al material vegetal resultante se conoce como ensilado (McDonald *et al.*, 2006). Esta técnica permite conservar el forraje en un estado físico muy parecido al que tenía en estado verde, al momento de ser cosechado (Ciria, 1995).

Una vez que el forraje ha sido picado, almacenado, compactado y cubierto para excluir el aire, el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción (Oude *et al.*, 1999). El proceso del ensilaje se divide en cuatro fases (Weinberg y Muck, 1996; Merry *et al.*, 1997):

Fase aeróbica. Dura sólo pocas horas, donde el oxígeno atmosférico presente en la masa de forraje disminuye rápidamente debido a la respiración del material vegetal y a los microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como las levaduras y enterobacterias.

Fase de fermentación. Comienza al producirse un ambiente anaeróbico. Dura de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material a ensilar y de las condiciones en el momento del proceso de ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad de las bacterias lácticas, proliferará y se convertirán en la población predominante, y en consecuencia, la producción de lácticas y otros ácidos, disminuirá el pH a valores entre 5.0 a 3.8.

Fase estable. Se caracteriza por la ausencia de aire, donde ocurren pocos cambios. Se reduce la presencia de microorganismos de la fase de fermentación y algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo. En cambio, otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Asimismo, algunas proteasas, carbohidrasas, y microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo.

Fase de deterioro aeróbico. Comienza con la apertura del silo y exposición del ensilado al aire. Esta fase es inevitable al extraer y distribuir el ensilado, aunque puede ocurrir antes de iniciar la apertura del silo por daño de la cubierta del silo, ya sea por roedores o pájaros.

El deterioro aeróbico ocurre en casi todos los ensilados al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los microorganismos que causan el deterioro del ensilado. Las pérdidas diarias por deterioro oscilan entre 1.5 y 4.5 % de materia seca (Oude, 1999).

En general es importante controlar y optimizar el proceso de ensilaje en cada fase, para evitar la entrada de aire o dejar demasiado oxígeno en el silo. Asimismo, la adecuada cosecha, colocación y compactación del forraje en el silo permite reducir las pérdidas de carbohidratos inducidas por respiración aeróbica, dejando así mayor cantidad de nutrientes para la fermentación láctica (Oude, 1999).

El momento óptimo de cosecha del maíz para ensilaje, es cuando el grano está en estado de media línea de leche. En climas cálidos, el momento de cosecha se logra alrededor de los 115 días de crecimiento (Ashbell y Weinberg, 1999).

En cuanto a la composición química del ensilado de maíz, se reportan valores de proteína cruda de 8 hasta 12 % en la materia seca y 2.2 a 2.8 Mcal de energía digestible kg^{-1} (Boschini y Elizondo, 2004). Asimismo, Capriles *et al.* (1970) reportan contenidos de 9.28 % de proteína, 32.8 % de fibra cruda y 0.46 % de extracto etéreo. Mientras que Rubio y Zepeda (2008) reportan para el ensilado de maíz 23.46 % de materia seca, 8.65 % de proteína cruda, 68.55 % de fibra detergente neutro y 44.16 % de fibra detergente ácido.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del experimento

El estudio se realizó en condiciones de temporal durante el año 2011 en tres localidades del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz: Acazónica, ubicada a $19^{\circ} 12' 49.02''$ LN y $96^{\circ} 35' 25.88''$ LO, con altitud de 340 m; Angostillo, localizada a $19^{\circ} 13' 01.58''$ LN y $96^{\circ} 32' 29.48''$ LO, con altitud de 260 m y El Limón, ubicado a $19^{\circ} 14' 42.15''$ LN y $96^{\circ} 29' 51.89''$ LO, con una altitud de 240 m (Figura 1). Las tres localidades forman parte de la Microrregión Atención Prioritaria (MAP), la cual es un espacio geográfico del área de influencia del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, donde se realizan actividades de vinculación, investigación y educación de una manera organizada y sistematizada.

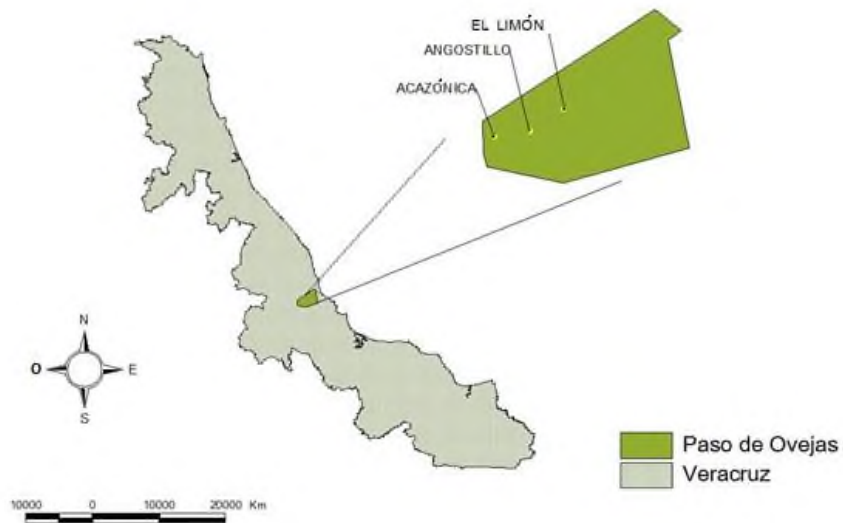


Figura 2. Localización geográfica de las localidades donde se llevó a cabo el estudio.

El clima de las tres localidades según la clasificación de Köppen modificada por García (1987), es del tipo $Aw_0(w)^1$ que corresponde a un clima cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con lluvia en verano y una precipitación promedio anual de 899.8 mm, distribuida de junio a septiembre (SMN, 2012). La temperatura promedio y precipitación mensual ocurridas durante el año de estudio se presenta en la Figura 3, donde se observó que la precipitación media mensual y precipitación total fueron 50.75 mm y 609 mm, respectivamente (Ruiz, 2012). Mientras que la temperatura promedio fue de 24.5 °C. Los suelos son de textura arcillosa y arcillo arenosa (Avila, 2009) con un pH de 5.78. La zona se caracteriza por contener altas cantidades de Mg^{2+} y Ca^{2+} , y con deficiencias de K^+ (Toral-Juárez, 2008).

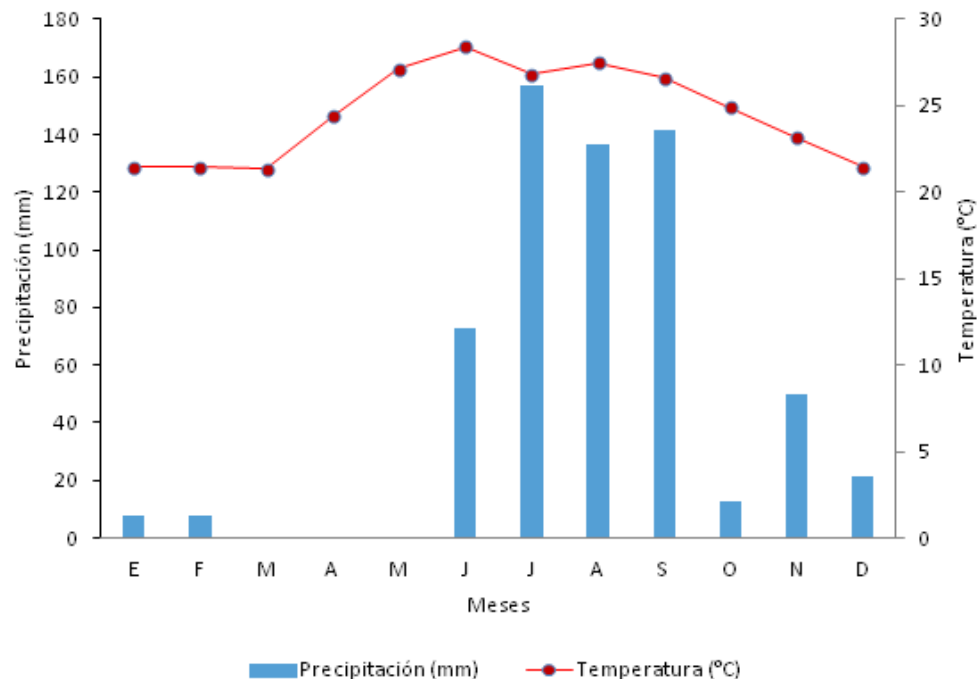


Figura 3. Precipitación y temperatura mensual durante el año 2011.

¹ A: Cálido con temperatura media anual mayor a 22°C; w_0 : subhúmedos con un cociente precipitación/temperatura menor de 43.2; y (w): % de lluvia invernal menor de 5.

5.2. Material genético

La semilla de maíz utilizada en el presente estudio fue la variedad CP-566, proporcionada por el Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz, mientras que la de mucuna (*Mucuna deeringiana*) fue adquirida en la empresa semillera Pastotal, ubicada en el km 102 de la carretera Veracruz-Xalapa.

5.3. Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron dos tratamientos: maíz solo y maíz asociado con mucuna. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño en bloques completamente al azar, con 4 repeticiones. La unidad experimental fue un surco de 12.5 m de longitud y 0.80 m de ancho, para un total de parcela de 10 m².

5.4. Desarrollo del experimento

La siembra del maíz se realizó de manera manual en las tres localidades: el 22 y 26 de julio y el 1 de septiembre de 2011, en Acazónica, El Limón y Angostillo, respectivamente, a una densidad de 20,000 a 25,000 semillas ha⁻¹ (20 a 25 plantas en 10 m²). La densidad de siembra y labores culturales fueron las que acostumbra los productores de la región, que consiste en surcado, siembra a espeque, aplicación de glifosato en preemergencia del cultivo, fertilización con urea y aplicación del herbicida Sansón® (Nicosulfurón), el cual es selectivo a maíz.

La mucuna se sembró 21 días después de la siembra del maíz. La asociación maíz-mucuna se sembró en una proporción promedio 70:30, es decir, 10 plantas de mucuna por cada 24 plantas de maíz.

Se fertilizó con 46 kg de nitrógeno ha^{-1} , dividido en dos aplicaciones, la primera a 15 días después de la siembra y la segunda a 60 días. Como fuente de fertilizante se utilizó urea, la cual contiene un 46 % de nitrógeno. El control de malezas se realizó mediante la aplicación del herbicida Sansón®. La cosecha de maíz y mucuna, se efectuó a los 85 días, después de la siembra del maíz, a una altura de 10 cm sobre el nivel del suelo.

El corte del forraje se realizó de manera manual con machete, y el picado con una picadora de motor a gasolina de 13 Hp. Para determinar el porcentaje de materia seca, se tomó una submuestra de 500 g de cada una de las parcelas, la cual se secó en una estufa a 55 °C, durante 72 h. Posterior al secado, las cuatro submuestras de maíz solo y asociado, se mezclaron y homogenizaron para obtener una sola submuestra por cada tratamiento por localidad. Posteriormente, se determinó el contenido de materia seca, cenizas, proteína cruda y fibra detergente neutro, en el Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, Campo Experimental “La Posta”.

Se realizaron dos ensilajes por localidad uno para maíz solo y otro para maíz asociado. El ensilaje se realizó en bolsas plásticas de color negro con capacidad de 50 kg, las bolsas fueron dobles para evitar la entrada de aire o la

ruptura de la bolsa, el llenado y compactado del forraje fue manual, sin el uso de aditivos.

Para determinar la materia seca del ensilado, a los 28 días del ensilaje, se tomaron dos submuestras de cada uno de los ensilados, las cuales se secaron en una estufa a 55 °C, durante 72 h. Posterior al secado, las dos submuestras de cada tratamiento, se mezclaron y se obtuvo una sola muestra, de la cual se determinó la materia seca, cenizas, proteína cruda y fibra detergente neutro.

5.5. Variables evaluadas

Se evaluaron las variables: rendimiento de materia verde, rendimiento de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro y cenizas.

5.6. Medición de las variables

5.6.1. Rendimiento de materia verde (kg ha⁻¹). Se calculó a partir del peso total del forraje verde cosechado en 10 m², multiplicado por 1,000.

$$\text{RMV (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{Peso total del forraje verde cosechado en 10 m}^2 \times 1,000. \quad (1)$$

Donde RMV = Rendimiento de materia verde.

5.6.2. Rendimiento de materia seca (kg ha⁻¹). Se estimó multiplicando el peso total de la muestra de forraje verde por el peso de la submuestra seca, entre el peso de la submuestra de forraje verde.

$$\text{RMS (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Peso muestra de forraje verde} \cdot \text{peso submuestra de forraje seco}}{\text{Peso submuestra de forraje verde}} \quad (2)$$

Donde RMS = Rendimiento de materia seca.

Para el peso total del forraje verde se utilizó una báscula tipo reloj con capacidad de 25 kg. El pesaje de las submuestras de materia verde y seca se utilizó una balanza digital con capacidad de 5 kg. El secado de las submuestras se efectuó en una estufa de convección marca Arsa.

5.6.3. Determinación de materia seca (%), cenizas (%), proteína cruda (%) y fibra detergente neutro (%).

El porcentaje de materia seca se determinó pesando una submuestra verde de aproximadamente 500 g, la cual se secó en una estufa a 55 °C, durante 72 h. Posteriormente se pesó la submuestra ya seca. El cálculo se realizó mediante la fórmula siguiente:

$$\text{MS (\%)} = \frac{\text{Peso submuestra de forraje seca}}{\text{Peso submuestra de forraje verde}} * 100 \quad (3)$$

Donde MS = Materia seca

Para la determinación del porcentaje de cenizas se utilizó una mufla a una tempera de 600 °C, donde el agua y sustancias volátiles son evaporadas, mientras que las sustancias orgánicas son incineradas en presencia del oxígeno del aire para producir CO₂ y óxido nitroso, permaneciendo solo las sustancias inorgánicas. El cálculo se realizó utilizando la formula siguiente:

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{P_1 - P_2}{P - P_2} * 100 \quad (4)$$

Donde P es el peso en gramos de la cápsula más el peso de la muestra de forraje; P₁ es el peso en gramos de la cápsula más el peso de las cenizas y P₂ es el peso en gramos de la cápsula vacía.

El contenido de proteína cruda se determinó mediante el método Kjeldahl (AOAC, 1990), el cual es un método indirecto, que determina la cantidad de nitrógeno presente en la muestra. El cálculo se realizó, al multiplicar la cantidad de nitrógeno obtenida por el factor 6.25.

Para la determinación de la fibra detergente neutro se utilizó el método de Van Soest. El cual consiste en la ebullición de la muestra en una solución neutro detergente, la fracción soluble es el contenido celular y la fracción residual es la llamada fibra detergente neutro, que son las paredes celulares. Este método determina la porción de la muestra del alimento que es insoluble en detergente neutro, formada por celulosa, hemicelulosa y lignina (Van Soest *et al.*, 1991).

5.7. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada una de las variables, se sometieron a un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS. La comparación de medias de los tratamientos se efectuó mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05 (SAS, 2010).

5.8. Modelo estadístico

Para las variables rendimiento de materia verde y materia seca se utilizó el siguiente modelo mixto:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + L_j + \beta_{k(j)} + TL_{ij} + \varepsilon_{ik(j)} \quad (5)$$

Donde, Y_{ijk} = rendimiento del tratamiento i en la localidad j ; μ = media general; T = tratamientos, i : 1 maíz solo, 2: maíz asociado; L = localidad, j : 1. Acazónica, 2. El Limón, 3. Angostillo; β = bloques, k : 1, 2, 3, 4; TL = interacción tratamiento * localidad y ε = error.

La composición química del forraje: maíz asociado verde, maíz solo verde, maíz solo silo y maíz asociado silo, de cada localidad, se analizó bajo un diseño completamente al azar. No se consideraron los bloques dado que se obtuvo una sola muestra combinada de los cuatro bloques, para cada localidad.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Rendimiento de forraje en materia verde y materia seca

La interacción fue significativa para el rendimiento de materia verde ($P < 0.01$) donde, el mayor valor de materia verde se obtuvo con la asociación maíz-mucuna, en la localidad de Acazónica, seguido de Angostillo y El Limón, con valores de 19,350, 18,721 y 8,621.75 kg ha⁻¹, respectivamente. Sin embargo, solo en la localidad de Angostillo hubo diferencia entre los tratamientos ($P < 0.01$) maíz solo y la asociación maíz-mucuna, con valores de 12,038 y 18,721 kg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 1).

El mayor rendimiento de materia verde fue obtenido con la asociación maíz-mucuna, en comparación con el maíz solo. Esta diferencia puede deberse a que la mucuna agrega materia orgánica y nitrógeno al suelo, que aprovecha la plata de maíz aumentando su materia verde (Philipp y Gamboa, 2003). No obstante, Somarribas (2007) reportó rendimientos de materia verde para el maíz solo de 35,000 a 95,000 kg ha⁻¹, mientras que Bernal (1991) y Skerman (1992) mencionan promedios de 60,000 y 80,000 kg ha⁻¹, rendimientos muy superiores a los obtenidos en el presente estudio tanto para el maíz solo como en la asociación maíz-mucuna. Esta diferencia en los resultados puede deberse a la densidad de siembra, ya que en el presente trabajo se utilizó una densidad de 20,000 a 25,000 semillas ha⁻¹, mientras que en otros trabajos la densidad es de 60,000 semillas ha⁻¹.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje en materia verde (kg ha^{-1}) del maíz solo y asociado con mucuna en tres localidades del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.

Tratamiento	Localidad		
	Acazónica	El Limón	Angostillo
Maíz solo	16,763 Aa	7,137.5 Ab	12,038 Ba
Maíz asociado con mucuna	19,350 Aa	8,621.75 Ab	18,721 Aa

El error estándar para la interacción tratamiento por localidad es de 1,158.61 excepto para la localidad de El limón asociado es de 1,253.11

A,B Literales mayúsculas diferentes dentro de cada columna, indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

a,b,c Literales minúsculas diferentes dentro de cada fila, indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

La interacción tratamiento*localidad también fue significativa para la variable rendimiento de materia seca, donde el mejor rendimiento se observó con la asociación maíz-mucuna, en la localidad de Acazónica, con un valor de $4,570.3 \text{ kg ha}^{-1}$, valor que fue similar al obtenido con el maíz solo en la misma localidad, con un promedio de $4,323.7 \text{ kg ha}^{-1}$. Sin embargo solo en la localidad de Angostillo hubo diferencia ($P < 0.05$) entre los tratamientos maíz solo y la asociación maíz-mucuna, con valores de 2,841.2 y $4,295.2 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente (Cuadro 2).

En el presente estudio se observó que el rendimiento de forraje de mucuna representó el 33.9 % del rendimiento total de materia seca para la localidad de Angostillo, mientras que en la localidad de Acazónica y El Limón fue de 5.4 y 16.5 %, respectivamente. Al respecto, Maasdorp y Titterton (1997), reportan una diferencia de 30 %. Esta diferencia en los resultados puede deberse a las distintas condiciones de manejo y ambientales ocurridas durante el desarrollo del cultivo, ya que al sembrarse en diferente fecha y localidad recibieron diferente precipitación y nutrientes del suelo.

Cuadro 2. Rendimiento de forraje en materia seca (kg ha^{-1}) del maíz solo y asociado con mucuna en tres localidades del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.

Tratamiento	Localidad		
	Acazónica	El Limón	Angostillo
Maíz solo	4,323.7 Aa	1,933 Ab	2,841.2 Bb
Maíz asociado con mucuna	4,570.3 Aa	2,297.45 Ab	4,295.3 Aa

El error estándar para la interacción tratamiento por localidad es de 304.8 excepto para la localidad de El limón asociado es de 333.16

A,B Literales mayúsculas diferentes dentro de cada columna, indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

a,b,c Literales minúsculas diferentes dentro de cada fila, indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

6.2. Composición química del forraje

No se encontraron diferencias entre tratamientos para las variables porcentaje de materia seca y cenizas ($P > 0.05$). Sin embargo, el efecto fue significativo ($P < 0.01$) para el contenido de proteína cruda, donde el valor más alto (11.2 %) se obtuvo con la asociación maíz-mucuna en forraje verde en comparación con maíz solo en verde, ensilado de maíz-mucuna y ensilado de maíz solo. Asimismo, se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.01$) para la variable fibra detergente neutro, donde el valor más alto (65.5 %) se obtuvo en la asociación maíz-mucuna en verde, valor que fue similar al obtenido con el maíz solo verde y ensilado de maíz-mucuna, con valores de 63.2 y 57.8 %, respectivamente (Cuadro 3).

El porcentaje de materia seca del ensilado de la asociación maíz-mucuna obtenido en el presente estudio es similar al reportado por León y López (2009), quienes para la misma asociación reportaron valores de materia seca de 25.3 %. Estos valores se encuentran dentro de los rangos de contenido de materia

seca de un ensilado, el cual se caracteriza por ser un alimento con un alto contenido de agua.

El contenido de proteína cruda del ensilado de maíz asociado con mucuna que fue de 9.2 %, es similar al obtenido por León y López (2009), quienes encontraron un valor de 9.3 %, pero menor al mencionado por Maasdorp y Titterton (1997), quienes reportaron un contenido proteico de 10.5 %. Sin embargo, el valor en el presente estudio es aceptable, tomando en cuenta que se trata de un ensilado.

El contenido de fibra detergente neutro del ensilado de maíz asociado con mucuna fue de 57.8 %. Este valor es similar al obtenido por León y López (2009), quienes reportaron un contenido de 62.0 %, pero superior al mencionado por Arteta y Zamora (2005), quienes reportaron un valor de 48.0 %. Esta diferencia de resultados podría estar relacionada con el contenido de mucuna que posiblemente influyó negativamente en el ensilaje aumentando la fibra detergente neutro (Cuadro 3).

El Cuadro 4 muestra la composición química del forraje de maíz en tres localidades del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. Se observaron diferencias significativas entre localidades ($P < 0.01$) para el contenido de materia seca, donde la localidad de El Limón fue la que presentó el valor más alto con un promedio de 28.2 %, mientras que en las localidades de Acazónica y Angostillo se obtuvieron valores de 24.9 y 24.8 %, respectivamente, lo cual indica mayor contenido de agua en las plantas en las dos últimas localidades,

esto pudo deberse a la humedad relativa del día de la cosecha, así como humedad del suelo, ya que en suelos más húmedos la planta contiene mayor cantidad de agua.

Cuadro 3. Composición química del forraje de maíz solo en verde y ensilado, asociado con mucuna en verde y ensilado en tres localidades del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.

Tratamiento	Materia seca (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	Fibra detergente neutro (%)
Maíz-mucuna verde	24.5 a	6.4 a	11.2 a	65.5 a
Maíz solo en verde	25.2 a	6.6 a	8.3 b	63.2 ab
Ensilado de maíz-mucuna	27.2 a	6.2 a	9.2 b	57.8 bc
Ensilado de maíz solo	26.9 a	5.9 a	9.0 b	57.2 c
Error estándar	0.63	0.50	0.21	1.16

a, b, c Literales diferentes dentro de cada columna, indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

No existieron diferencias en el contenido de cenizas entre localidad ($P > 0.05$); sin embargo, el efecto fue significativo ($P < 0.01$) para el contenido de proteína cruda, donde los mejores valores (10.1 y 9.7 %) se obtuvieron en la localidad de Angostillo y Acazónica, respectivamente. Mientras que el menor contenido de proteína cruda (8.5 %) se obtuvo en la localidad El Limón. Esta diferencia puede estar relacionada con el rendimiento de forraje que representó la mucuna, la cual influyó positivamente en el contenido de proteína cruda.

En cuanto al contenido de fibra detergente neutro, se encontraron diferencias entre localidades ($P < 0.05$), donde la localidad de Angostillo y El Limón presentaron los mayores valores, con 62.9 y 61.4 %, respectivamente, a

diferencia de la localidad de Acazónica que tuvo un valor de 58.5 %. Estos resultados muestran que en la localidad de Acazónica las plantas tuvieron un desarrollo lento, es decir, probablemente se cosecharon en una etapa de madurez más temprana, obteniéndose los valores más bajos de fibra detergente neutro.

Cuadro 4. Composición química del forraje de maíz en tres localidades del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.

Localidad	Materia seca (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	Fibra detergente neutro (%)
Acazónica	24.9 b	5.5 a	9.7 a	58.5 b
El Limón	28.2 a	6.0 a	8.5 b	61.4 ab
Angostillo	24.8 b	7.2 a	10.1 a	62.9 a
Error estándar	0.55	0.43	0.18	1.00

a,b,c Literales diferentes dentro de cada columna, indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

El rendimiento de forraje de la asociación de maíz-mucuna fue superior al del maíz solo, tanto en materia verde como en materia seca, con valores de 15,564 y 3,721 kg ha⁻¹, respectivamente.

El contenido de proteína cruda del forraje fue mayor en la asociación maíz-mucuna, en verde, con un valor de 11.2 %.

El contenido de fibra detergente neutro del forraje de maíz fue menor en el ensilado, tanto solo como asociado con mucuna, con valores de 57.2 y 57.8 %, respectivamente.

7.2. Recomendaciones

Una alternativa para incrementar el rendimiento de forraje de materia seca es mediante la asociación maíz-mucuna.

La asociación maíz-mucuna, presenta un mayor contenido de proteína cruda en estado verde, de ahí que sería la mejor alternativa para alimentar al ganado.

La poca disponibilidad de forraje de buena calidad durante la época seca se puede solventar con el uso de ensilados, ya que es una técnica viable para la conservación de forraje.

Se sugiere realizar más investigación sobre la asociación maíz-mucuna en cuanto a la fijación de nitrógeno, control de malezas, plagas y pruebas de comportamiento animal, con la finalidad de determinar con mayor precisión sus beneficios para su recomendación en la alimentación del ganado.

8. LITERATURA CITADA

- Aldrich, S. y Leng, E. 1974. Producción moderada de maíz. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 308 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th. edition. Washington, DC, U.S.A.
- Arteta, D. y Zamora, W. 2005. Efecto de dos tipos de asociaciones de maíz con cuatro leguminosas sobre la calidad y producción de ensilaje en El Zamorano, Honduras. Proyecto especial de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 12 p.
- Ashbell, G. y Weinberg, Z.G. 1999. Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico. En: Memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos. pp. 111-119.
- Avila, C.X.G. 2009. Clasificación técnica de los suelos del ejido Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. Informe de Investigación, Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz, México. 62 p.
- Bernal, J. 1991. Pastos y forrajes tropicales: producción y manejo. 2da edición. Bogota, Colombia, Banco Ganadero. 544 p.
- Binder, U. 1997. Manual de leguminosas de Nicaragua. Tomo I. Ed. Pasolac, Nicaragua. 528 p.
- Boschini, C. y Elizondo, J. 2004. Desarrollo productivo y cualitativo de maíz híbrido para ensilaje. Agronomía Mesoamericana. 15(1):31-37.

- Bruno, O., Romero, L., Diaz, M. y Gaggiotti, M. 1995. Efecto del momento de corte del maíz para ensilaje sobre la producción de leche. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Reporte Técnico. Buenos Aires, Argentina. 100 p.
- Buckles, D. y Triomphe, B. 1999. Adoption of mucuna in the farming system of northern Honduras. *Agroforestry Systems*. 47:67-91.
- Caamal-Maldonado, J.A., Jiménez-Osornio, J.J., Torres-Barragán, A. y Anaya, A.L. 2001. The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. *Agronomy Journal*. 93:27-36.
- Candelaria, M.B. 2011. Diseño participativo para mejorar la sustentabilidad de los agroecosistemas de la microcuenca Paso de Ovejas 1 en el estado de Veracruz, México. Tesis de doctorado. Colegio de posgraduados, campus Veracruz. Veracruz, México. 134 p.
- Capriles, M., Simonpietri, R. y González, H. 1970. Alimentación de novillas lecheras con ensilaje de maíz, heno de pangola, elefante de corte y suplementación de concentrado. *Revista Agronomía Tropical*. 20(6):445-455.
- Carsky, R.J., Tarawali, B., Chikoye, D., Tian, G. y Sanginga, N. 1998. Mucuna-herbaceous cover legume with potential for multiple uses. *Resource and Crop Management. Research Monograph No. 25*. International Institute of Tropical Agriculture. 52 p.
- Castillo, J.M., Rojas-Bourrillón, A. y WingChing-Jones R. 2009. Valor nutricional del ensilaje de maíz en asociación con vigna (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense*. 33(1):133-146.

- CEDAF (Centro Para el Desarrollo Agropecuario y Forestal). 1998. Guía Técnica. N°33 Serie cultivos. 1a edición. 51 p.
- Cervantes, C. 1996. Balances y nutrimentos en sistemas del maíz y frijol en Centro América. Informe final. PRIAG (Programa regional de reforzamiento a la investigación agronómica sobre granos en Centro America). 150 p.
- Ciria, C.J. 1995. Forrajes conservados: Ensilados. En: zootecnia bases para la producción animal, tomo iii alimento y racionamiento. Buxadé, C. (coordinador y director). Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. pp. 115-129.
- COMUDERS (Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable). 2006. Diagnóstico municipal de Paso de Ovejas. Consejo Municipal de Desarrollo Sustentable de Paso de Ovejas, Veracruz. 91 p. <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/INVEDERINICIO/DIFUSION/MUNICIPALIZACION/DIAGNOSTICOS/PASO%20DE%20OVEJAS%20DIAGN%D3STICO.PDF>. Consultado Octubre 2012.
- Contrera-Govea, F., Muck, R., Armstrong, K. y Albrecht, K. 2008. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. *Animal Feed Science and Technology*. 150:1-8.
- Cowan, R.T., Moss, R.J. y Kerr, D. 1993. Northern dairy feed base 2001. 2. Summer feeding systems. *Tropical Grasslands*. 27:150-161.
- Cuomo, G., Redfearn, D. y Blouin, D. 1998. Plant density effects on tropical corn forrage mass, morphology, and nutritive value. *Agronomy Journal*. 90:93-96.

- Eilittä, M. y Carsky, R.J. 2003. Efforts to improve the potential of Mucuna as a food and feed crop: background to the workshop. *Tropical and Subtropical Agroecosystem*. 1(2-3):47-53.
- Elizondo, J. y Boschini, C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 12:(2)181-187.
- Espinoza, F. 2000. Las leguminosas forrajeras: más de 50 años de estudios en Venezuela ¿y entonces...?. *Revista Carabobo Pecuaria*. 148:11-13.
- FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). 2004. Tablas FEDNA de valor nutritivo de Forrajes y Subproductos fibrosos húmedos. Calsamiglia, S., Ferret, A., Bach, A. Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. 70 p.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adecuarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 130 p.
- Hernández, N.G., García, G.J.A., Pena, R.A., González, C.F., Ruiz B.O. y Arzola, A.C. 2010. Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(2):85-98.
- Huber, J. T. y Thomas, J. W. 1971. Urea treated corn silage in low protein rations. *Journal of Dairy Science*, 54: 224-230.
- Hughes H.D., Heath E.M., y Metcalfe, D.S. 1972. Forrajes, la ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. Editorial. Continental, S. A. Mexico, D.F. 758 p.

- ICAMEX (Instituto de Capacitación Agropecuaria del Estado de México). 2000. *Mucuna*: leguminosa forrajera tropical para mejorar el valor nutricional de los forrajes en la región del sur del Estado de México. Folleto de apoyo técnico y divulgación. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Metepec, Mexico. 8 p.
- Jiménez C., Pineda, L., León, B. y Montenegro, A. 2002. Producción de maíz y soya forrajera para ensilaje y venta parcial de la cosecha de elotes o chilotes. *Agronomía mesoamericana*. 13(1):45-48.
- Kessler, D.J. 1990. An agronomic evaluation of jackbean (*Canavalia ensiformis*) in Yucatán, Mexico. II. Defoliation and time of sowing. *Experimental Agriculture*. 26(1):23-30.
- La, O.O., Chongo, B., Delgado, D., Ruiz, T.E., Solís, M.A., Ruiz, O. 2006. Variabilidad en ceniza, fibra detergente neutro, nitrógeno total y degradabilidad ruminal de seis leguminosas tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 40(3):309-313.
- León, V.D. y López, V.M. 2009. Comparación del ensilaje de caña de azúcar y el ensilaje de maíz mezclado con *Mucuna pruriens* como forraje para vaquillas de reemplazo. Proyecto especial del programa de ingeniero agrónomo, escuela agrícola panamericana, Zamorano, Honduras. 11 p.
- Maasdorp, B.V. y Titterton, M. 1997. Nutritional improvement of maize silage for dairying: mixedcrop silages from sole and intercropped legumes and a long-season variety of maize. 1. Biomass yield and nutritive value. *Animal Feed Science and Technology*. 69:241-261.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. y Morgan, C.A. 2006. *Nutrición animal*. 6^{ta} ed. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 437 p.

- Méndez, M. 2000. Aprendamos sobre ensilajes. Núcleo de formación y servicios tecnológicos agropecuarios, Subsector Zootecnia. Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). Editorial INA. San José, Costa Rica. 10 p.
- Merry, R.J., Davies, D., Theodorou, A. y Kingston-Smith A. 1997. Current and future approaches to biocontrol in silage. In: Proceedings of the 8th International Symposium on Forage Conservation. Czech Republic: Research Institute of Animal Nutrition. pp. 10.
- Mirralles, D.I.R., Martín J.V., Rodriguez, C., Calvo, R., Delgado, M.M. 2011. La aplicación de gallinazas en sorgo forrajero como cultivo energético. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 27(3):171-179.
- Mooi, K.C. 1991. Varietal and density effects on vegetable corn and forage production. Research Journal. 19:217-223.
- Mora-Valverde D. 2010. Consumo de morera (*Morus alba*) fresca mezclada con ensilaje de maíz por el ganado jersey en crecimiento. Agronomía mesoamericana 21(2):337-341.
- Oude, E.S.J.W.H., Driehuis, F., Gottschal, J.C. y Spoelstra, S.F. 1999. Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación. En: Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos. pp. 17-30.
- Philipp, Dirk., y Gamboa, William. 2003. Observaciones sobre el sistema mucuna-maíz en laderas de Waslala, región atlántica de Nicaragua. Agronomía Mesoamericana. 14(2):215-221.
- Quiróz, E., Meneses, D., Cervantes, C. y Urbina, L. 1998. Abonos verdes: una alternativa para mejorar la fertilidad del suelo. PRIAG (Programa regional

de reforzamiento a la investigación agronómica sobre granos en Centro America). 36 p.

Ramírez, C., Catani, P. y Ruiz, S. 1999. La importancia de la calidad del forraje y el silaje. *Marca Líquida Agropecuaria*. 99:23-28

Rubio, F. y Zepeda, A. 2008. Comparación de la caña de azúcar integral con el ensilaje de maíz como alimento para vacas. Proyecto especial del programa de ingeniero agrónomo, Zamorano, Honduras. 22 p.

Ruiz, R.O. 2012. Estacion Metereologica CPVerAS1. Colegio de posgraduados, Campus Veracruz.

Sanclemente, R.O. 2009. Efecto del cultivo de cobertura: *Mucuna pruriens*, en algunas propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo Typic Haplustals, cultivado con maíz (*Zea Mays L.*) en zona de ladera del municipio de Palmira, Valle. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia. 65 p.

Sanginga, N., Ibewiro, B., Hougmandan, P., Vanlauwe, B. y Okogum, J. 1996. Evaluation of symbiotic properties contribution of mucuna to maize grown in the derived savanna of West Africa. *Plant and Soil*. 179:119-129.

Shimada, M.A. 2003. *Nutrition Animal*. Ed. trillas S.A. de S.V., Mexico. PP. 17.

SAS (Statistic Analysis System). 2010. Institute Inc. Cary, NC, USA.

Skerman, P. 1992. *Gramineas tropicales*. Roma. FAO. 849 p.

SMN (Sistema Meteorológico Nacional). Normales climatológicas 1971-2000. Estación meteorológica Loma Fina, Paso de Ovejas, Veracruz.

Disponible en : <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/ver/NORMAL30093.TXT>. Consultado en noviembre de 2012.

Somarribas, M. 2007. Efecto de diferentes densidades de maíz y diferentes agotamientos del agua disponible en el suelo sobre la producción de forraje de maíz asociado con mucuna. Tesis de maestría. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 90 p.

Teixeira, V.I., Dubeux Jr., J.C.B., Santos, M.V.F. dos, Lira Jr., M. de A., Lira, M. de A. e Silva, H.M.S. da. 2010. Aspectos agronômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no nordeste brasileiro. Archivos de Zootecnia. 59(226):245-254.

Titterton, M., Mhere, O., Kipnis, T., Ashbell, G., Weinberg, Z.G. y Maasdorp, B.V. 1999. Desarrollo de técnicas de ensilado para pequeños ganaderos en Zimbabue. En: Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos. pp. 123-126.

Toral-Juárez, M.A., López-Collado, C.J., Ángel-Pérez, A.L.D. y Natarén-Velázquez, J. 2008. Uso actual y clasificación de suelos por capacidad de uso en el Ejido de Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Cotaxtla, Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. 5 p.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74: 3583-3597

Villa, F.A., Meléndez, P.A., Carulla, E.J., Pabón, L.M., y Cárdenas A.E. 2010. Estudio microbiológico y calidad nutricional del ensilaje de maíz en dos

ecorregiones de Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 23(1):65-77.

Weinberg, Z.G. y MUCK, R.E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. In: FEMS (Federation of European Microbiological Societies) Microbiology Reviews. pp. 53-68.