ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

EFECTO DEL FRIJOL TERCIOPELO (*MUCUNA PRURIENS*) SOBRE LA CALIDAD DEL RASTROJO DE MAIZ EN CONDICIONES DE ENSILADO.

tesis presentada como requisito
parcial para optar al titulo de
Ingeniero Agrónomo en el grado
académico de licenciatura

Honduras, mayo 1996.

10597
NOV. 25/97

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Jorge Brenes Abdalah

El Zamorano, Honduras, mayo de 1996

Dedicatoria

- A mi amigo Jesucristo, por estar siempre conmigo.

- A mis papás, Nicolás y Amina (Q.E.P.D.) por brindarme siempre su apoyo y confianza.

- A mis hermanos, Ramón, Nico, Amina, Tagrid y Aida. Todo el tiempo estoy aprendiendo de ellos.

- A mi Tía Irma.

- A mi Nicaragua. Esto es sólo un paso más de lo que pienso dedicarte.

- A los LOBOS, por orden de tamaño: Rogerio, Juan, Roger, Luis y Julio.

- A mis amigos del PIA, Ernesto, Enrique, Sergio, Bayardo, Luis, Gerardo, Jesús, David José Serrano, María Emilia, Raquel y Mónica.

Agradecimientos.

- Al doctor Antonio Flores y a doña Gladys de Flores, por todas sus enseñan zas, amistad, confianza y hospitalidad que me brindaron.

- Al doctor Isidro Matamoros, por compartir sus conocimientos ampliamente, por su valiosisima amistad y atenciones.

- A la Ing. Ana María Girón por darme en la oportunidad de vivir la experiencia de tener responsabilidades en el módulo. A don Manuel Rosales por sus buenos consejos y amistad.

- A Jaime Maradiaga, por mostrarme el valor del trabajo de campo.

- Al doctor Mario Matamoros por su entera confiáza y entrega al momento de enseñar.

- A Amado Benavides, por mostrarme el valor de la experiencia.

RESUMEN.

Efecto del frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) sobre la calidad del rastrojo de maíz en condiciones de ensilado.

Agr. Jorge Manuel Brenes Abdalah.

En el siguiente trabajo se evaluó el efecto del frijol terciopelo sobre la calidad nutricional del rastrojo de maíz, ensilando ambos en diferentes proporciones y en condiciones de laboratorio. Para ello se establecieron 6 tratamientos, basados en diferentes combinaciones de maíz:mucuna (100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, 0:100). Se extrajo una muestra en estado fresco de cada tratamiento antes de conservar todas las combinaciones durante 30 días en silos experimentales con un volumen de 2595 cm^3. El material fue analizado tanto en estado fresco como después de ensilado. Las variables que se midieron fueron, proteína cruda, materia seca, *DIVMO* y paredes celulares. No se encontró efecto del proceso de ensilado sobre las concentraciones de proteína en el material ($p<0.05$). Con excepción de los tratamientos 80 y 100% mucuna, los contenidos de proteína para cada tratamiento, antes y después del ensilado son diferentes ($p<0.05$). En los primeros cuatro niveles de mucuna (0-20-40-60) se observan caídas drásticas en los niveles de digestibilidad luego de ensilados ($p<0.05$). El ensilado no tuvo efecto sobre el contenido de materia seca en el material ($p>0.05$). Los contenidos de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), cambiaron paralelamente a lo largo de los 6 tratamientos. El contenido de nitrógeno ligado a las paredes celulares no tuvo un cambio nutricional de importancia luego de pasar por el proceso de ensilado. Definitivamente el frijol terciopelo mejora el valor nutritivo del rastrojo. Las mejores combinaciones son las de 60 y 80% de mucuna.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCION 1

2. REVISION DE LITERATURA 2
2.1 Generalidades del cultivo 2
2.2 Manejo Agronómico 3
2.3 Producción de ensilaje 4
2.4 Microbiología del ensilaje 5
2.5 Cambios enlos componentes del material 5
2.5.1 El papel de los componentes en el material 5
2.5.2 Solubilización de la proteína 5
2.5.3 Reacciones a nivel de paredes celulares 6

3. MATERIALES Y METODOS 7
3.1 Ubicación y duración 7
3.2 Material vegetativo 7
3.3 Diseño y análisis estadístico 7
3.4 Tratamientos 8
3.5 Variables medidas 8

4. RESULTADOS Y DISCUSION 9
4.1 Proteína cruda 11
4.2 Nitrógeno ligado a las paredes celulares 12
4.3 Digestibilidad in vitro 13
4.4 Materia seca 15
4.5 Paredes celulares 16

5. CONCLUSIONES 18

6. RECOMENDACION 19

7. BIBLIOGRAFIA 20

8. ANEXOS 22

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Peso del forraje en los silos y sus densidades.....8
Cuadro 2. Análisis bromatológico de los materiales originales.....10
Cuadro 3. Porcentaje de proteína cruda.....12
Cuadro 4. Porcentaje de nitrógeno ligado a FND y a FAD.....13
Cuadro 5. Porcentaje de la proteína total a las paredes celulares.....13
Cuadro 6. Porcentajes de DIVMO.....15
Cuadro 7. Porcentajes de Materia seca.....16
Cuadro 8. Porcentaje de FND.....17
Cuadro 9. Porcentaje de FAD.....18

INDICE DE ANEXOS

Anexo	
Resumen de ANOVAS para cada variable	1
Grados de significancia por la prueba de "I" de diferencia	2
Contrastes ortogonales para las diferentes variables	3
Valores de pH para los materiales ensilados	4
Gráficas de paredes celulares y del nitrógeno ligado a ellas	5

1. INTRODUCCION

Ante la creciente necesidad de mejorar la producción agropecuaria en los paises en vias de desarrollo, surge la demanda por tecnologías apropiadas a las condiciones de nuestra región.

En relación a la producción ganadera. Se observa que los pequeños campesinos que cultivan granos y poseen un número reducido de animales tienen un uso muy limitado de tecnología. En estos sistemas, la alimentación de los animales es deficiente, aún muchas veces teniendo los recursos a la mano.

Durante la época seca o después de la cosecha de granos, el pequeño productor alimenta sus animales con rastrojo de maíz o sorgo, cuyo valor nutricional es tan bajo que no cubre los requerimientos de mantenimiento, con la consecuente pérdida de condición corporal.

El frijol terciopelo (Mucuna pruriens) está ampliamente difundido en los trópicos (FAO, 1991) como cultivo de cobertura. Sin embargo, a pesar de sus buenas caracteristicas agronómicas, su uso no reporta ingresos adicionales significativos y por lo tanto puede haber una tendencia al abandono de esta práctica (Triomphe, 1996). La utilización del mucuna asociado con este sistema de cultivo, ofrece múltiples beneficios como suplemento alimenticio para el ganado. El frijol mucuna es una alternativa excelente para mejorar el valor nutritivo del rastrojo, dado su alto contenido de proteína.

El próposito de este trabajo es evaluar el efecto de la sustitución del rastrojo de maíz con frijol terciopelo, sobre el valor nutritivo de mezclas con diferentes proporciones de ambos materiales ensilados, a nivel de laboratorio.

El objetivo especifico del estudio es identificar las mejores combinaciones de rastrojo de maíz y mucuna para utilizarlas como fuente de alimentación en rumiantes.

2. REVISION DE LITERATURA

En Honduras, existe gran cantidad de pequeños productores de maíz, que han encontrado en el frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) una excelente fuente de nitrógeno para el cultivo de este grano, un control natural contra el ataque de malezas y una vasta cobertura para sus suelos, que en la mayoría de los casos se encuentran en pendientes pronunciadas.

Esta especie ha sido incorporada como parte importante de los sistemas de producción de maíz en muchas regiones del país pero destaca su diseminación en el departamento de Atlántida (Flores, 1994).

El mismo, agrega que la adopción generalizada del uso de frijol abono en la costa norte de Honduras, es producto de no menos de 15 años de prueba y error por parte de los grupos que lo están utilizando. En la actualidad se puede observar como el proceso de modificación del manejo del sistema de producción del maíz/frijol abono, es dinámico y no estático, en función de cambios climáticos, de tenencia de la tierra y de la introducción de otros cultivos nuevos a la región.

Además, Flores continua diciendo que el frijol terciopelo es la especie más popular como cultivo de cobertura o abono verde en este momento. De hecho menciona que casi toda la investigación se centra en estudios de fertilidad, dejándose de lado el hecho que el uso de la leguminosa es realmente parte de un sistema de producción donde se conjugan consideraciones sociales, económicas, agronómicas y ecológicas.

2.1 Generalidades del cultivo

El frijol terciopelo, *Mucuna pruriens*, según (FAO , 1991) tiene por sinónimos los siguientes: *Stizolobium deeringianum, S. aterrinum* y *S. niveum*.

Según la misma fuente, es originaria de Asia meridional y Malasia y actualmente está ampliamente distribuida en los trópicos. Vegeta desde el nivel del mar hasta los 2100 msnm en Kenya, al parecer su límite de altitud. La escala de precipitaciones favorable para la especie va de 650 a 2500 mm. Tolera una amplia gama de suelos, desde los arenosos hasta los arcillosos, y crece en suelos de notable acidez. Agregan que no es específico en sus necesidades de Rhizobium, razón que definitivamente ha ayudado a su rápida diseminación.

En lo que respecta a producción de follaje, King y col. en 1965, manifestaron que la cosecha de frijol terciopelo rindió 17.4 Ton. de materia verde por hectárea en Queensland septentrional, Australia (citado por FAO 1991). Y Takahashi y Ripperton en 1949 obtuvieron 19 Ton. de forraje fresco y 3.85 Ton/Ha. de semilla en Hawaii, (citado por la misma fuente).

Por su parte CIDICCO, 1989, reportó que el frijol abono es capaz de producir alrededor de 30 ton/ha-año de biomasa, unos 90-100 Kg de nitrogeno/ha/año.(citado por Holt, 1994)

En paises como Australia, esta especie se cultiva por lo general sólo para abono verde y ensilaje, porque sembrado sólo con maíz y sorgo tiende a bajar el rendimiento del cultivo, dificultando la recolección (FAO, 1991).

Contrario a lo practicado por los productores en la costa atlántica de Honduras, la FAO añade que se ha cultivado extensivamente para ensilado y que el principal atributo es su largo período vegetativo en los medios exentos de heladas, lo que permite proteger el suelo durante toda la estación húmeda monzónica.

2.2 Manejo agronómico

El frijol terciopelo necesita un clima cálido y húmedo para conseguir su máximo crecimiento (FAO., 1991). Por ser una leguminosa de tipo rastrero y particularmente agresiva, el establecimiento de esta especie no presenta ningún problema, más bien la poca exigencia en la preparación del terreno y su gran adaptabilidad a diferentes suelos, ha contribuido a que haya tenido buena acogida por un buen número de agricultores.

En el sistema del litoral Atlántico el cultivo se establece el primer año distribuyendo una o dos semillas separadas 2 a 2.5 metros al cuadro, generalmente durante el mes de diciembre y enero (Flores, 1994) . Melara y del Rio, en 1994 por su parte citan que el frijol terciopelo se siembra a razón de dos semillas entre las posturas de maíz, 10 a 15 días después de la siembra de la gramínea.

Por su parte la F.A.O., 1991 menciona que en forma de monocultivo puede sembrarse en surcos o en hoyos con espaciamiento de 1m x 1m y dos semillas por lomo. Se utilizan 22 Kgs de semilla para sembrar una hectárea y se calcula que 1,000 semillas pesan un kilogramo.

Cuando llega al momento del doblado de la mata de maíz, se deja secar en la planta, se cosecha y se permite que el mucuna continúe su crecimiento vegetativo durante todo el

invierno, hasta ser rozado en el mes de diciembre para llevar a cabo la nueva siembra.

2.3 Producción de ensilaje

Ensilaje es el material producido por el control de la fermentación de un forraje de alto contenido de humedad. Casi cualquier forraje puede ser preservado como ensilaje, los más comúnmente usados son , gramíneas, leguminosas, rastrojos de cereales (especialmente maíz) y residuos de frutas.(McDonald y col. 1985)

Durante el proceso de conservación se pueden distinguir 5 fases:

a.*Respiración.* Consumo del oxígeno residual por las células de las plantas y microorganismos, acumulación de CO_2 y aumento de temperatura. Bajo condiciones óptimas se puede esperar una pérdida de nutrientes de 1-2%.
b.*Proliferación* de las bacterias productoras de ácido acético e iniciación de la acidificación. Estas bacterias forman parte de la flora natural existente en la superficie de las plantas.
c.*Proliferación* de las bacterias productoras de ácido láctico. En un silo bien hecho, esta fase se inicia a los 3-5 días de tapado.
d.*Producción de ácido láctico.* Esta fase demora unos 15 días. La fermentación representa una pérdida de nutrientes de 3-4%.
e.*Conservación del forraje* una vez que la cantidad de ácido láctico 1.5 a 2.5% de la MS y el pH es de 3.5 a 4.5, lo que es suficiente para inhibir cualquier crecimiento de microorganismos. (Vélez, 1994)

Siendo el frijol abono una leguminosa y como varios autores ya han mencionado, este perfectamente puede usarse para este fin. Sin embargo contrario al sistema de siembra utilizado por los campesinos hondureños que tienen la especie, La FAO., 1991 recomienda sembrar separadamente el frijol del maíz y luego mezclarlos al momento de ensilar el material.

2.4 Microbiología de ensilaje

Los hongos y las bacterias aeróbicas son los microorganismos que están presentes en las hierbas frescas. Sin embargo en condiciones anaeróbicas, estas son reemplazadas por bacterias capaces de crecer en ausencia de oxígeno y de producir ácido láctico, tales como Escherichia, Klebsiella, Bacillus, Clostridium, Streptococcus, Leuconostoc, Lactobacillus y Pediococcus. (Mcdonald, 1985).

Las bacterias productoras de ácido láctico, anaeróbicas facultativas, están usualmente presentes en un número relativamente alto en el forraje (McDonald, 1985). Aquellas que producen ácido láctico a partir de hexosas son llamadas homofermentativas. Las heterofermentativas usualmente producen anhídrido carbónico y etanol o ácido acético en adición con ácido láctico. (NRAES, 1993).

2.5 Cambios en los componentes del material

Puede decirse que un silo es una cámara teóricamente hermética en donde una gran diversidad de microorganismos anaeróbicos actúan sobre el material ensilado, creando en éste, cambios físicos y químicos.

2.5.1 El papel de los carbohidratos

Los azúcares son el sustrato para la fermentación de ácido láctico en el silo, y suficientes cantidades son requeridas para una rápida y apropiada declinación en el pH. (NRAES,1990)

2.5.2 Solubilización de la proteína

Durante el ensilaje y dependiendo de la temperatura y el pH., la solubilización de la proteína cruda incrementará con altas temperaturas y bajos contenidos de materia seca.(NRAES, 1990)

Según (NRAES, 1993) menciona que a pH. 4.0, se da entre 15-35% de proteólisis; se recomienda una rápida fermentación, o adición de un ácido en el ensilado para reducir, mas no para prevenir el rompimiento de la proteína. Mencionan además tres estrategias para bajar la solubilización durante el ensilado:
a. Reducción rápida en pH, llevando a cabo la compactación, el tapado y el sellado del silo.
b. Máxima reducción del pH, con las mismas medidas anteriores.
c. Minimizar la respiración en el silo manteniendo un límite máximo de temperatura.

2.5.3 Reacciones a nivel de paredes celulares

Los cambios en la celulosa y hemicelulosa no están completamente claros. Aparentemente, pequeñas cantidades de celulosa son degradadas durante el ensilaje, en la mayoría de las gramíneas y leguminosas. (NRAES, 1993). Se cree que las pérdidas de FND son atribuibles a la acción de las enzimas proteolíticas.

Al igual que sucede en el rumen, el menor contenido de carbohidratos en forma de lignina en las leguminosas hace que las paredes celulares de esta sea fraccionada por las bacterias con mayor facilidad (GALYEAN y GOETSCH, 1993).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación y duración

Este experimento se inició el 19 de noviembre de 1995 en La Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Laboratorio de Bromatología, situada en el valle del río Yeguare, a 32 Km al suroeste de Tegucigalpa, a una altura de 800 msnm y con una precipitación promedio anual de 1105 mm y una temperatura promedio de 24 grados centígrados. El experimento tuvo una duración total de 14 semanas.

3.2 Material vegetativo

Para el estudio se usó rastrojo de maíz cortado a los 147 días después de siembra, y frijol *Mucuna pruriens* cortado a los 91 días después de siembra. Ambos materiales se recolectaron en los terrenos de la escuela, se picaron, mezclaron y ensilaron el mismo día del corte.

3.3 Diseño y análisis estadístico

Se seleccionaron 6 proporciones de rastrojo-mucuna, esto para obtener información más detallada sobre el efecto de la leguminosa sobre la calidad nutricional del rastrojo de maíz en condiciones de ensilado. Para ello se hicieron tres repeticiones por cada tratamiento.

En el experimento, se usó un DCA, y los datos del fueron analizados en el programa estadístico "Statistical Analysis Sistem" (SAS) mediante la opción ANOVA (Análisis de varianzas) y por contrastes ortogonales.

Se evaluó primero el proceso de ensilado sobre el material vegetal, comparando el fresco y el ensilado. Luego se estudió las diferencias entre los distintos niveles de frijol terciopelo incorporado en el material ensilado.

3.4 Tratamientos

Luego de recolectado el material del campo y picarlo, se hicieron combinaciones de rastrojo de maíz y mucuna en las siguientes proporciones:

Tratamiento 1.	0%	Mucuna -	100%	Rastrojo de maíz
Tratamiento 2.	20%	Mucuna -	80%	Rastrojo de maíz
Tratamiento 3.	40%	Mucuna -	60%	Rastrojo de maíz
Tratamiento 4.	60%	Mucuna -	40%	Rastrojo de maíz
Tratamiento 5.	80%	Mucuna -	20%	Rastrojo de maíz
Tratamiento 6.	100%	Mucuna -	0%	Rastrojo de maíz

Todos los tratamientos tuvieron 2% de melaza; y en el caso del rastrojo de maíz, se le añadió agua procurando aumentar su porcentaje de humedad al 30% previo a hacer la mezcla. Esto se hizo para facilitar una adecuada distribución de la melaza y el desarrollo de los procesos fermentativos.

Antes de ensilar el material se extrajo una muestra de cada combinación y se procedió a medir cada variable en estado fresco, para luego, 30 días después de la preparación de los silos, estudiar las diferencias con los forrajes ya fermentados.

Las diferentes combinaciones se ensilaron en tubos de PVC, con un volumen de 0.002595 m3. El peso de la combinación de forrajes en cada silo, estuvo determinado por las densidades del rastrojo de maíz y del mucuna; además de las diferentes proporciones de ambos materiales empleados en cada tratamiento.

Cuadro 1. Peso del forraje en los silos y sus densidades.

	0%M-100%R	20%M-80%R	40%M-60%R	60%M-40%R	80%M-20%R	100%M-0%R
Peso	770 grms.	830 grms.	950 grms.	1200 grms.	1760 grms.	1800 grms
Densidad (Kg/m3)	297	320	366	462	678	694

3.5 Variables medidas

En el material fresco y en el ensilado, después de 30 días, se estudió las concentraciones de las siguientes variables por medio de los procedimientos descritos por Murillo(1994).

*Proteína cruda (método de kjeldahl)

*Digestibilidad in vitro (método Menke)

*Materia Seca (Por secado a 105°C por 24 hrs)

Fraccionamiento de paredes celulares: (método de Goering)

*Fibra Neutro Detergente (FND)

*Fibra Acido Detergente (FAD)

*Nitrógeno ligado a la fibra ácido detergente (N-FND)

*Nitrógeno ligado a la fibra neutro detergente (N-FAD)

*pH. (Solamente en el material ensilado)

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos fueron analizados por el programa estadístico SAS, mediante pruebas de ANOVA y contrastes ortogonales, lo que permitió hacer comparaciones entre fresco y ensilado para cada proporción (tratamiento) y en los tratamientos entre sí, tanto en estado fresco como ensilado. Además a través de una prueba de "T" de diferencias, se determinó si en general, el proceso de ensilar el forraje tuvo algún efecto sobre el mismo. Todos los datos que a continuación se presentan están calculados en base seca.

Los forrajes usados en este experimento (frijol terciopelo y maíz), son definitivamente diferentes en cuanto a composiciones químicas se refiere. Los valores que se observan en el cuadro 2, se debe a la naturaleza propia de los materiales y a la etapa de desarrollo vegetativo en que se encontraban al momento del corte.

La leguminosa tiene un alto contenido de humedad y proteína, además que registra una alta digestibilidad. Se observan bajos niveles de paredes celulares, esto por la etapa de crecimiento en que se cortó. Además los porcentajes de proteína son notablemente mayores que los observados en el rastrojo de maíz.

El rastrojo, por ser un material sobre madurado y haber perdido la mayoría de la humedad y de los contenidos celulares, muestra una baja digestibilidad, alto contenido de fibra y poco porcentaje de proteína ligado a las paredes celulares.

VARIABLES	MUCUNA (%)	RASTROJO (%)
Proteina cruda	20	3.3
DIVMO	62	46
Materia seca	17	86
FND	40	49
FAD	56	83
N-FND	0.52	0.2
N-FAD	1.1	0.26

CUADRO 2. Análisis bromatológico en de los materiales vegetativos al momento de la recolección en el campo.

4.1 Proteína cruda

No se encontró un efecto del proceso del ensilado sobre las concentraciones de proteína en el material; no se observan diferencias entre ambos estados. Con excepción de los tratamientos de 80 y 100% de mucuna, los contenidos de proteína para cada tratamiento antes y después del ensilado, no son diferentes. Sin embargo, a partir del tratamiento de 60% de mucuna, se observa un mayor porcentaje de proteína en el material ensilado.

Esto pudo deberse a que en el material fresco hay una porción del nitrógeno total que no forma parte de la proteína estructural. Esta porción se conoce como proteína soluble, la cual incluye nitratos, nitritos, aminas y amidas entre otros (NRAES, 1990). Las pérdidas en esta proteína soluble se deben a la evaporación al momento de remover la humedad que contiene la muestra, previo a realizar el resto del análisis.

Durante el proceso de ensilado del forraje, estas bases nitrogenadas y otras formas de nitrógeno soluble, son aprovechadas por los microorganismos que están dentro del mismo material vegetativo. Estos microorganismos convierten las bases nitrogenadas en proteína microbiana, forma en la cual ya no se evapora con el agua al momento del secado de la muestra.

El manejo del material fue bien compactado por lo que no hubo ataque de microorganismos aeróbicos no deseables y hubo poca pudrición del material en la parte superior del silo.

Observando los valores de pH encontrados en los ensilajes, podemos asegurar que a partir de 40% de mucuna en las mezclas, la producción de ácido láctico y la acidez fueron adecuados (ver anexos), a pesar de la alta capacidad capacidad buffer de las leguminosas (NRAES, 1990). La adición de melaza definitivamente contribuyó a que la acidificación se llevara a cabo normalmente.

En las mezclas frescas, el mayor porcentaje de mucuna, incrementó el contenido proteico. Sin embargo este incremento es más marcado al pasar de 80% a 100% de mucuna. De la misma forma, el contenido proteico en los ensilajes aumenta. Y aunque aparentemente el porcentaje de proteína aumentó después de ensilar, el total de la proteína contenida en el material es poco afectada por el efecto de la conservación.

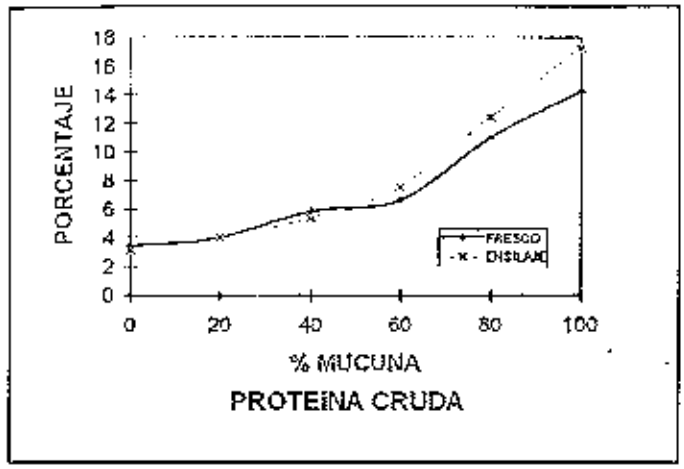


FIGURA 1. PORCENTAJE DE PROTEINA CRUDA

Tratamiento	Fresco(%)	Ensilado(%)
100%R-0%M	3.4	3.1
80%R-20%M	4	4
60%R-40%M	5.8	5.3
40%R-60%M	6.6	7.5
20%R-80%M	11	12.4
0%R-100%M	14.2	17.2

Cuadro 3. Porcentajes de Proteína Cruda

4.2 Nitrógeno ligado a las paredes celulares

Los resultados del experimento, reflejan estadísticamente un efecto del proceso del ensilado sobre el material ($p<0.05$); sin embargo, las cantidades de nitrógeno son tan pequeñas que no tienen importancia nutricional. Esto pone en evidencia que el daño sufrido por la proteína fue mínimo y que se llevó a cabo una buena conservación del forraje.

Tanto en el material fresco como en el ensilado, se observa que a mayor porcentaje de mucuna en las mezclas, existe mayor cantidad de nitrógeno ligado a las paredes, lo cual podría estar indicando que a pesar de que el mucuna contribuye con mayores cantidades absolutas de nitrógeno a la mezcla, la disponibilidad del mismo no sería muy alta, por lo que el efecto benéfico se vería contrarrestado. Este es un punto donde vale la pena seguir investigando. Estos cambios se dan paralelamente en ambas fracciones.

TRATAMIENTOS	N-FND Fresco(%)	N-FND Ensilado(%)	N-FAD Fresco(%)	N-FAD Ensilado(%)
100%R-0%M	0.23	0.22	0.18	0.23
80%R-20%M	0.35	0.29	0.2	0.2
60%R-40%M	0.41	0.27	0.27	0.27
40%R-60%M	0.45	0.4	0.25	0.25
20%R-80%M	0.62	0.56	0.31	0.31
0%R-100%M	0.92	1.05	0.44	0.52

Cuadro 4. Porcentaje de nitrógeno ligado a la fibra neutro y la fibra ácido detergente en base seca.

TRATAMIENTOS	N-FND Fresco (%)	N-FND Ensilado (%)	N-FAD Fresco (%)	N-FAD Ensilado (%)
100%R-0%M	42	45	33	46
80%R-20%M	55	45	31	31
60%R-40%M	44	32	29	32
40%R-60%M	43	33	24	21
20%R-80%M	35	30	18	16
0%R-100%M	41	38	19	18

CUADRO 5. Porcentaje de la proteína total ligada a las paredes celulares.

En el cuadro anterior, puede apreciarse que cuanto más altos son los niveles de mucuna en el forraje, las cantidades de proteína indigerible, en términos de porcentaje disminuyen. Los niveles de proteína ligada a las paredes celulares no siguen un patrón uniforme a lo largo de los tratamientos. Después que el material pasa por el proceso de ensilado, las cantidades de proteína ligada a la fibra baja.

4.3 Digestibilidad *in vitro*

En el cuadro y la figura 2, se presentan los resultados de *DIVMO* para los diferentes tratamientos.

Al ensilar el material se disminuye la digestibilidad de la materia orgánica, debido principalmente al consumo de contenido celular por parte de la población bacteriana

presente en el silo y a las pérdidas por lixiviación de los mismos.

En los primeros cuatro niveles de mucuna (0-20-40-60), se observan caídas drásticas en los niveles de digestibilidad luego de ensilados. Entre esos niveles no se observan diferencias significativas entre tratamientos. Es decir, la inclusión de frijol mucuna no contribuyó a mejorar el valor nutritivo del material ni fresco ni ensilado.

Al incrementar la inclusión de mucuna 80%, la digestibilidad aumenta significativamente ($p<0.05$). Estos materiales al ser ensilados, si bien perdieron valor nutritivo por el proceso de fermentación, esta pérdida fue baja.

Es posible que al alcanzar niveles de 60% y 80% de inclusión de mucuna, la mezcla alcanzó niveles de nutrientes adecuados para promover un mayor desarrollo microbiano en el licor ruminal y por ende niveles más altos de digestibilidad. Cabe recordar que las inclusiones de mucuna hasta 60% contenían niveles marginales de proteína, comparado a 80 y 100% mucuna en que el nivel proteico de la mezcla (fresca y ensilada) se elevó por encima del 8%.

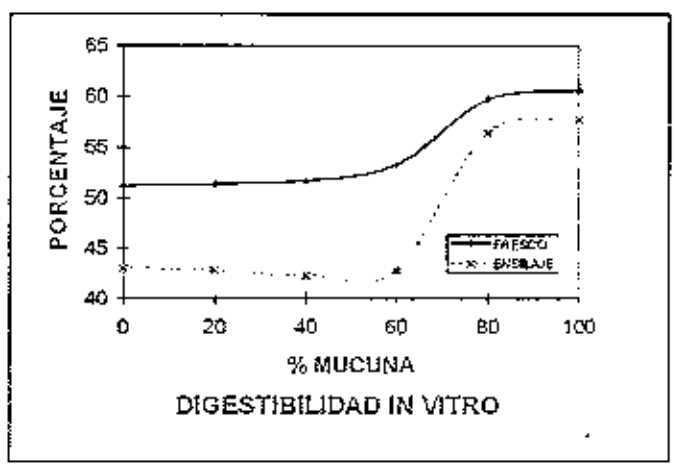


FIGURA 2. PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD *IN VITRO*

Tratamiento	Fresco(%)	Ensilado(%)
100%R-0%M	51.2	43.1
80%R-20%M	51.4	42.8
60%R-40%M	51.7	42.3
40%R-60%M	53.3	42.8
20%R-80%M	59.7	56.4
0%R-100%M	60.6	57.7

Cuadro 6. Porcentajes de *DIVMO*

4.4 Materia seca

En la figura 3 y el cuadro 7 se presentan las variaciones en materia seca de los materiales frescos y ensilados.

El proceso de conservación no tuvo ningún efecto sobre las mezclas frescas en ninguna de las proporciones.

Sí se observó que a mayor porcentaje de mucuna en los tratamientos, la cantidad de materia seca disminuyó significativamente de una proporción a la otra. Esto debido a las características de humedad de ambos materiales.

Según Van Soest (1994), un silo bien preparado contiene más de 30% de materia seca. Esto lo hace más palatable y permite en obtener mejores respuestas en el animal. Además, añade que, un exceso de humedad, promueve la producción de calor y estimula el crecimiento de moho, por causa del oxígeno atrapado que no puede extraerse al momento de la compactación. Por su parte NRAES en 1990, determinó como óptimo un contenido de materia seca entre 30 y 50%.

El mantenimiento de los valores de materia seca antes y después del ensilado, se debió a que el frijol terciopelo fue cosechado fresco y fue inmediatamente ensilado, sin permitir pérdidas de agua por marchitamiento. La poca diferencia en humedad entre los materiales frescos y ensilados podría ser un indicador de las pocas pérdidas por lixiviación que pudieron darse como consecuencia del proceso de fermentación.

Basado en la información disponible en la literatura, las combinaciones ideales a ser ensiladas en términos de materia seca son las de 40 a 80% de mucuna; sin embargo, el tratamiento con 80% de mucuna sería el más recomendado, puesto que contiene cerca de un 70% de humedad.

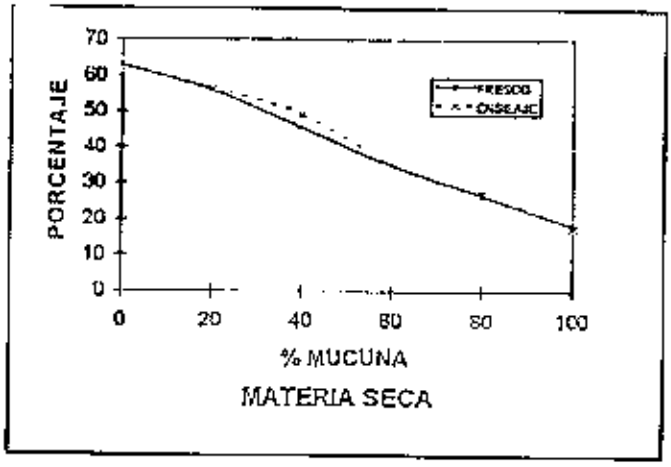


FIGURA 3. PORCENTAJE DE MATERIA SECA

Tratamiento	Fresco(%)	Ensilado(%)
100%R-0%M	63	63.5
80%R-20%M	56	56.2
60%R-40%M	45.5	49.1
40%R-60%M	35	35.4
20%R-80%M	26.6	27.2
0%R-100%M	18.2	17.5

Cuadro 7. Porcentajes de Materia Seca

4.5 Paredes celulares

La Fibra neutro detergente (FND), está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina (paredes celulares). la Fibra ácido detergente, se compone únicamente de la celulosa y parte de la lignina. Los datos referentes a estos dos componentes aparecen en los cuadros 8 y 9.

El material, al ser ensilado, sufrió cambios paralelos en ambas fracciones (FND yFAD). Esto nos indica que hubo cambios uniformes durante el almacenamiento. Estos cambios en el forraje fueron estadisticamente diferentes, sin embargo, biológicamente no tienen ninguna importancia.

Cuanto más maduros los componentes de la mezcla, mayores son los contenidos de fibra en los tratamientos. Esto a causa de

la lignificación y a la pérdida de contenidos celulares debido al envejecimiento. Es por ello que a mayor porcentaje de mucuna en las mezclas, menor es el porcentaje de paredes celulares, puesto que el frijol terciopelo al momento del corte, estaba en pleno crecimiento vegetativo. (Dia 91 de 300 que dura el cultivo en promedio; en cambio el rastrojo de maíz tenían 147 días después de siembra).

Tratamiento	Fresco(%)	Ensilado(%)
100%R-0%M	77.1	79.8
80%R-20%M	77	78.9
60%R-40%M	75.2	74.9
40%R-60%M	68.6	70.7
20%R-80%M	61.8	58.8
0%R-100%M	55.1	55.6

Cuadro 8. Porcentaje de FND.

Tratamiento	Fresco(%)	Ensilado(%)
100%R-0%M	49	51.5
80%R-20%M	48.6	51.6
60%R-40%M	48.1	47.8
40%R-60%M	48	49
20%R-80%M	42.6	45.1
0%R-100%M	45.5	46.6

Cuadro 9. Porcentaje de FAD.

5. CONCLUSIONES

La inclusión de mucuna en la mezcla con rastrojo de maíz, mejora la composición química y la digestibilidad de la mezcla.

El ensilaje a pesar de promover una ligera mayor deposición de nitrógeno en el material conservado, promueve pérdidas considerables en digestibilidad.

La digestibilidad del material final mejora cuando la proporción de mucuna en la mezcla es mayor de 80%; principalmente por menores pérdidas de nutrientes, mayor contenido de proteína y un contenido de humedad más adecuado para el proceso de fermentación.

Los tratamientos con 60 y 80% de mucuna, son los más recomendados para lograr un forraje compuesto por rastrojo de maíz y frijol terciopelo con una calidad que le permita al rumiante mantenerse y producir.

Definitivamente la calidad nutritiva del rastrojo es muy baja y requiere ser complementado con nutrientes ya sea por mezclado o por suplementación.

Desde el punto de vista de utilizar materiales residuales de sistemas combinados de cultivo, como alimento animal, este sistema maíz:mucuna es una excelente alternativa para áreas donde ambos se dan con facilidad.

6. RECOMENDACION

Queda por evaluar hasta que grado la extracción de biomasa para la alimentación animal puede competir adecuadamente con las ventajas del uso del cultivo mixto como sistema de generación y mantenimiento de fertilidad de los suelos y aumento en el rendimiento de granos en las áreas donde esto se usa.

7. BIBLIOGRAFIA

ESTADOS UNIDOS. NORTHEAST REGIONAL AGRICULTURAL ENGINEERING SERVICE. 1993. Silage Production: from seed to animal. Ithaca, New York. p.57-65.

ESTADOS UNIDOS. NORTHEAST REGIONAL AGRICULTURAL ENGINEERING SERVICE. 1990. Silage an Hay Preservetion. Ithaca, New York. p.8-13.

FAO (ITALIA). 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. Roma, Italia. p.383-385.

FLORES, M. 1994. La utilización de leguminosas de cobertura en sistemas agrícolas tradicionales de Centroamérica. In TAPADO: Los sistemas de siembra con cobertura. Ithaca, New York. CIIFAD. p.157-165.

GALYEAN, M.L.; GOETSCH, A.L. 1993. Utilization of Forage Fiber by Rumiants. In Forage Cell Wall Structure and Digestibility. Madison, Wisconsin. American Society of Agronomy. p.45.

HOLT-GIMENEZ, E.; PASOS, R.1994."Campesino a campesino". El potencial campesino de generación y transferencia del Río San Juan, Nicaragua. In TAPADO: Los sistemas de siembra con cobertura. Ithaca, New York. CIIFAD p.81-91.

McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. 1985. Animal Nutrition. Tercera edición. New York, EE.UU. Logman. p. 367-376.

MELARA, W.; DEL RIO, L. 1994. Uso de labranza mínima y leguminosas de cobertura en Honduras. In TAPADO: Los sistemas de siembra con cobertura. Ithaca, New York. CIIFAD. p.57-63.

MURILLO, B. 1994. Manual de laboratorio de nutrición animal. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. p. 110.

TRIOMPHE, B.L. 1996. Seasonal Nitrogen Dynamics and Long-term Changes in Soil Properties under The Mucuna/Maize Cropping Sistem on The Hillsides of Northern Honduras. Faculty of graduate School of Cornell University.

VAN SOEST, P. J. 1994. Nutritional Ecology of Ruminant. 2nd edition. Ithaca, New York, Cornell University.

VELEZ, M. 1994. Producción de ganado lechero en el trópico. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana.p.48.

ANEXOS

Anexo 1. Resumen de ANOVAS para cada variables.

Proteina cruda

R2	0.99
C.V.	5.77
Prob. (Tratamiento)	**
Prob. (Con. x Trat.)	**

** Significativo a p< 0.05
n.s. No significativo

Digestibilidad *in vitro*

R2	0.98
C.V.	2.23
Prob. (Tratamiento)	**
Prob. (Con. x Trat.)	**

** Significativo a p< 0.05
n.s. No significativo

Materia Seca

R2	0.99
C.V.	4.27
Prob. (Tratamiento)	**
Prob. (Con. x Trat.)	n.s.

** Significativo a p< 0.05
n.s. No significativo

Fibra neutro detergente

R2	0.98
C.V.	2.48
Prob. (Tratamiento)	**
Prob. (Con. x Trat.)	n.s.

** Significativo a p< 0.05
n.s. No significativo

Fibra ácido detergente

R2	0.79
C.V.	3.69
Prob. (Tratamiento)	**
Prob. (Con. x Trat.)	n.s.

** Significativo a p< 0.05
n.s. No significativo

Nitrógeno ligado a FND

R2	0.98
C.V.	10.4
Prob. (Tratamiento)	**
Prob. (Con. x Trat.)	n.s.

** Significativo a p< 0.05
n.s. No significativo

Nitrógeno ligado a FAD

R2	0 97
C.V.	9.07
Prob. (Tratamiento)	**
Prob. (Con. x Trat.)	**

** Significativo a p< 0.05
n.s. No significativo

Valores de pH

R2	0.83
C.V.	2.78
Prob. (Tratamiento)	**

** Significativo a p<0.05
n.s. No significativo

Anexo 2. Grados de significancia para las diferentes variables obtenidos por la prueba de "T" de diferencias.

VARIABLES	Valor T	Significancia
Proteína cruda	2.29	n.s.
Digestibilidad *in vitro*	5.4	**
Materia Seca	1.9	n.s.
Fibra neutro detergente	3.82	**
Fibra ácido detergente	3.95	**
Nitrógeno ligado a FND	4.01	**
Nitrógeno ligado a FAD	3.98	**

** Significativo a $p<0.0.5$.

Anexos 3. Contrastes ortogonales para las diferentes variables, evaluadas por tratamientos y por estado fresco y ensilado.

Contrastes ortogonales de proteína cruda para los diferentes niveles de mucuna en estado fresco y ensilado:

		100E	80E	60E	40E	20E	0E	100F	80F	60F	40F	20F
		17.2	12.4	7.5	5.3	4	3.1	14.2	11	6.6	5.8	4
0F	3.4	**	**	**	**	n.s.	n.s.	**	**	**	**	**
20F	4	**	**	**	**	n.s.	n.s.	**	**	**	**	
40F	5.8	**	**	**	n.s.	**	**	**	**	n.s.		
60F	6.6	**	**	n.s.	**	**	**	**	**			
80F	11	**	n.s.	**	**	**	**	**				
100F	14.2	**	**	**	**	**	**					
0E	3.1	**	**	**	**	**						
20E	4	**	**	**	**							
40E	5.3	**	**	**								
60E	7.5	**	**									
80E	12.4	**										

** Significativo p< 0.05
n.s. No significativo

Contrastes ortogonales de Digestibilidad *in vitro* para los diferentes niveles de mucuna en estado fresco y ensilado:

		100E	80E	60E	40E	20E	0E	100F	80F	60F	40F	20F
		57.7	56.4	42.8	42.3	42.8	43.1	60.6	59.7	53.3	51.7	51.4
0F	51.2	**	**	**	**	**	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.
20F	51.4	**	**	**	**	**	**	**	**	n.s.	n.s.	
40F	51.7	**	**	**	**	**	**	**	**	n.s.		
60F	53.3	**	**	**	**	**	**	**	**			
80F	59.7	**	**	**	**	**	**	n.s.				
100F	60.6	**	**	**	**	**	**					
0E	43.1	**	**	n.s.	n.s.	n.s.						
20E	42.8	**	**	n.s.	n.s.							
40E	42.3	**	**	n.s.								
60E	42.8	**	**									
80E	56.4	**										

** Significativo p<0.05 n.s. No significativo.

Contrastes ortogonales de Fibra neutro detergente para los diferentes niveles de mucuna en estado fresco y ensilado:

		100E	80E	60E	40E	20E	0E	100F	80F	60F	40F	20F
		46.6	45.1	49	48.1	51.6	51.5	45.5	42.6	48	48.1	48.6
0F	49	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.
20F	48.6	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	
40F	48.1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.		
60F	48	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**			
80F	42.6	n.s.	n.s.	**	**	**	n.s.	n.s.				
100F	45.5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**					
0E	51.5	**	**	n.s.	**	n.s.						
20E	51.6	**	**	n.s.	**							
40E	48.1	n.s.	n.s.	n.s.								
60E	49	n.s.	**									
80E	45.1	n.s.										

** Significativo a p<0.05
n.s. No significativo.

Contrastes ortogonales de nitrógeno ligado a la Fibra ácido detergente para los diferentes niveles de mucuna en estado fresco y ensilado:

		100E	80E	60E	40E	20E	0E	100F	80F	60F	40F	20F
		0.52	0.27	0.21	0.23	0.2	0.23	0.44	0.31	0.25	0.27	0.2
0F	0.18	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	n.s.	**	n.s
20F	0.2	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	
40F	0.27	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	n.s.	n.s.		
60F	0.25	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.			
80F	0.31	**	n.s.	**	**	**	**	**				
100F	0.44	**	**	**	**	**	**					
0E	0.23	**	**	**	**	n.s.						
20E	0.2	**	**	n.s.	n.s.							
40E	0.23	**	**	n.s.								
60E	0.21	**	**									
80E	0.27	**										

** Significativo a p<0.05
n.s. No significativo.

Contrastes ortogonales de Materia Seca para los diferentes niveles de mucuna en estado fresco y ensilado:

		100E	80E	60E	40E	20E	0E	100F	80F	60F	40F	20F
		17.5	27.2	35.4	49.1	56.2	63.5	18.2	26.6	35	45.5	56
0F	63	**	**	**	**	**	n.s.	**	**	**	**	**
20F	56	**	**	**	**	n.s.	**	**	**	**	**	
40F	45.5	**	**	**	n.s.	**	**	**	**	**		
60F	35	**	**	n.s.	**	**	**	**	**			
80F	26.6	**	n.s.	**	**	**	**	**				
100F	18.2	n.s.	**	**	**	**	**					
0E	63.5	**	**	**	**	**						
20E	56.2	**	**	**	**							
40E	49.1	**	**	**								
60E	35.4	**	**									
80E	27.2	**										

** Significativo a p<0.05
n.s. No significativo.

Contrastes ortogonales de Fibra ácido detergente para los diferentes niveles de mucuna en estado fresco y ensilado:

		100E	80E	60E	40E	20E	0E	100F	80F	60F	40F	20F
		55.6	58.8	70.7	74.9	78.9	79.8	55.1	61.8	68.6	75.2	77
0F	77.1	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**	n.s.	n.s.
20F	77	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**	n.s.	
40F	75.2	**	**	**	n.s.	n.s.	**	**	**	**		
60F	68.6	**	**	n.s.	**	**	**	**	**			
80F	61.8	**	n.s.	**	**	**	**	**				
100F	55.1	n.s.	n.s.	**	**	**	**					
0E	79.8	**	**	**	**	n.s.						
20E	78.9	**	**	**	**							
40E	74.9	**	**	**								
60E	70.7	**	**									
80E	58.8	**										

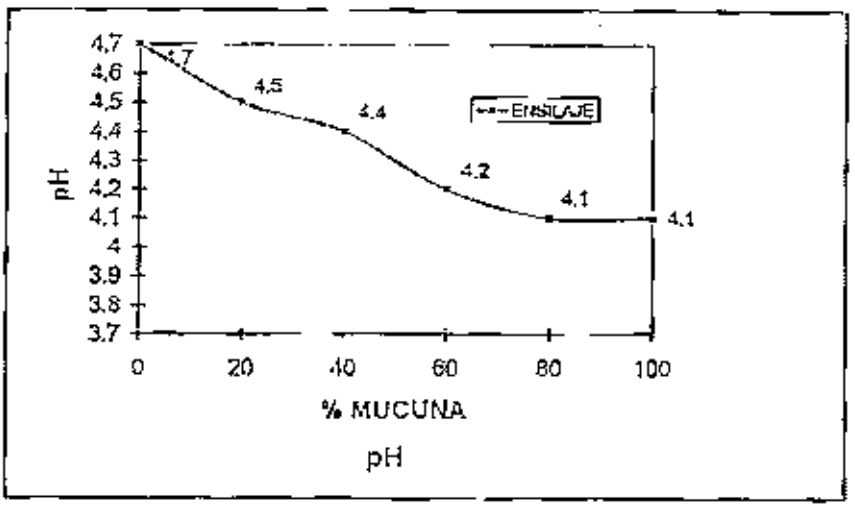
** Significativo a p<0.05
n.s. No significativo.

Contrates ortogonales del nitrógeno ligado a la Fibra neutro detergente para los diferentes niveles de mucuna en estado fresco y ensilado:

		100E	80E	60E	40E	20E	0E	100F	80F	60F	40F	20F
		0.92	0.56	0.4	0.31	0.29	0.22	1.05	0.62	0.45	0.41	0.35
0F	0.23	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**	**	n.s.
20F	0.35	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**	n.s.	n.s.	
40F	0.41	**	**	n.s.	n.s.	**	**	**	**	n.s.		
60F	0.45	**	n.s.	n.s.	**	**	**	**	**			
80F	0.62	**	n.s.	**	**	**	**	**				
100F	1.05	**	**	**	**	**	**					
0E	0.22	**	**	**	**	n.s.						
20E	0.29	**	**	**	n.s.							
40E	0.31	**	**	**								
60E	0.4	**	**									
80E	0.56	**										

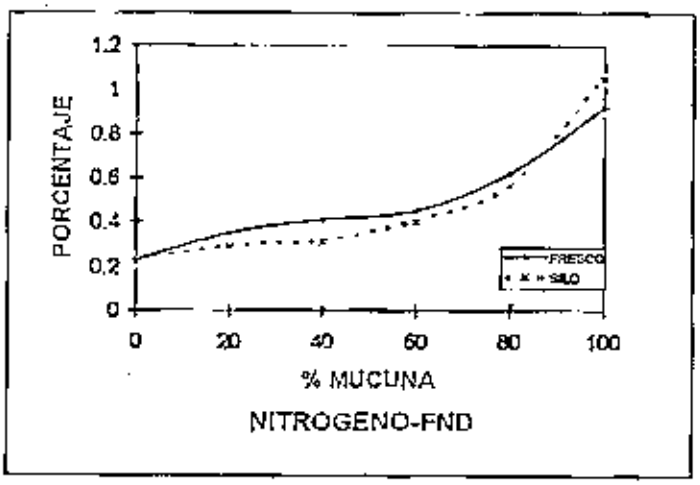
** Significativo a $p<0.05$
n.s. No significativo

Anexo 4. Valores de pH para los materiales ensilados.

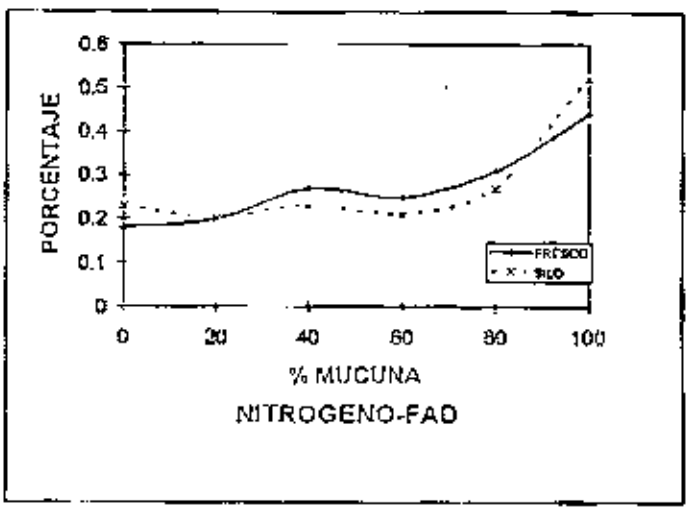


Valores de pH en el material ensilado

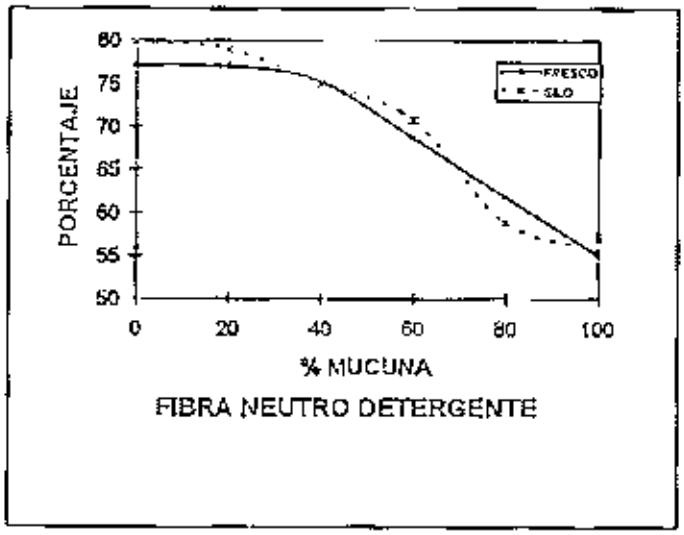
Anexos 5. Gráficas con los valores de paredes celulares y del nitrógeno ligado a ellas.



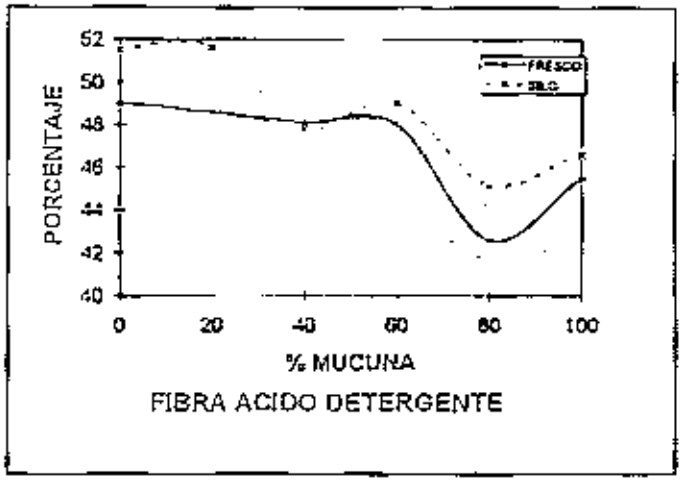
Porcentaje de nitrógeno ligado a la FND
en base seca



Porcentaje de nitrógeno ligado a la FAD
en base seca



Porcentaje de Fibra Neutro Detergente
en base seca



Porcentaje de Fibra Acido Detergente
en base seca