

Calidad fermentativa y nutricional del ensilaje de *Pennisetum purpureum* cv. *Mott* con diferentes proporciones de *Pueraria phaseoloides*

Fermentation and nutritional quality of *Pennisetum purpureum* silage cv. *Mott* with different proportions of *Pueraria phaseoloides*

Dayana Camargo García

Universidad Politécnica Territorial Arístides Bastidas, Estado Yaracuy Venezuela. Correo electrónico: daycamar16@hotmail.com.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la calidad fermentativa y nutricional de ensilajes de *Pueraria phaseoloides* y *Pennisetum purpureum* cv. *Mott*, se determinó la composición química de las muestras antes y después de ensilar, el potencial de fermentación de las mezclas frescas y la digestibilidad *in vitro* del ensilaje resultante. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con seis niveles de incorporación de leguminosa (0, 10, 20, 30, 40 y 50% en base verde), definidos como T0, T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente. Se aplicó la prueba de medias de Fisher ($P < 0,05$), y la dócima de comparación de rangos múltiples de Tukey. Los contenidos de materia seca (MS) y proteína bruta (PB) variaron al incrementar la leguminosa por encima del 30%, con valores máximos de 52% MS y PB 15,0% (T3), 16,7% (T4) y 17,8% (T5). Los porcentajes de carbohidratos no fibrosos (CNF), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina (Lig), cenizas (Ce) oscilan entre 2,9-12,6; 65,8-76,1; 46-51,9; 6,9-23,7 y 12,5-13,7% respectivamente. El coeficiente de fermentación se ubicó entre 20,8 y 58,2. La inclusión de 30% de leguminosa incrementó los porcentajes de MS, PB, Ce, digestibilidad *in vitro* de materia orgánica (DIVMO), digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) y ácido láctico, (34,7; 12,2; 12,6; 51,9, 49 y 4,2%); el pH fue de 4,5. Se concluye que al incorporar 30% de leguminosa en la mezcla gramínea/leguminosa, mejora la composición química así como, las características fermentativas y nutricionales de los ensilajes.

Palabras clave: *Pennisetum purpureum*, *Pueraria phaseoloides*, potencial de fermentación, digestibilidad *in vitro*, proteína bruta.

ABSTRACT

In order to evaluate the fermentative and nutritional quality of *Pueraria phaseoloides* and *Pennisetum purpureum* cv. *Mott* silages, chemical composition of the samples before and after ensiling, fermentation potential of the fresh mixtures and *in vitro* digestibility of the resulting ensilage were determined. A completely randomized experimental design was used, with six levels of legume incorporation (0, 10, 20, 30, 40 and 50% in green base), defined as T0, T1, T2, T3, T4 and T5 respectively. Fisher's mean test ($P < 0,05$), and Tukey's multiple rank comparisons were applied. Dry matter (MS) and crude protein (PB) contents varied with the legume increase above 30%, with maximum values of 52% MS and PB 15.0% (T3), 16,7% (T4) and 17,8% (T5). Non-fibrous carbohydrates (CNF), neutral detergent fiber (FND), acid detergent fiber (FAD), lignin (Lig), ashes (Ce) percentages range from 2,9-12,6; 65,8-76,1; 46-51,9; 6,9-23,7 and 12,5-13,7% respectively. Fermentation coefficient was between 20,8 and 58,2. Inclusion 30% legume increased DM, PB, Ce, *in vitro* organic matter digestibility (DIVMO), *in vitro* dry matter digestibility (DIVMS) and lactic acid percentages (34,7; 12,2; 12,6; 51,9; 49 and 4,2%); pH was 4,5. It is concluded that 30% incorporation of legume in grass/legume mixtures, improves the silage chemical composition as well as the fermentative and nutritional characteristics.

Key words: *Pennisetum purpureum*, *Pueraria phaseoloides*, fermentative potential, *in vitro* digestibility, crude protein.

Recibido: 19/02/16 Aprobado: 30/06/17

INTRODUCCIÓN

El progresivo y acelerado crecimiento de la población, ha demandado día a día mayores volúmenes de alimento que satisfagan las necesidades nutricionales y alimenticias de la humanidad. Se estima que 842 millones de personas entre los años 2011- 2013 sufrieron de hambre crónica (FAO, 2013). En atención a esto, es fundamental solventar como problema básico la alimentación, por lo que es necesario trabajar en la obtención de nuevas vías para incrementar la producción animal y la disponibilidad de alimentos.

En Venezuela, al igual que en otros países tropicales, la distribución estacionaria de las precipitaciones y la baja calidad de los pastos usados comúnmente en la producción animal, se encuentran entre los factores que restringen el desarrollo de la ganadería nacional. Por esta razón, la conservación de alimentos en forma de ensilaje puede ser una alternativa para el aprovechamiento de la producción forrajera en los momentos de mayor disponibilidad (Suárez *et al.*, 2011).

En este orden de ideas, las leguminosas muestran un mejor valor nutritivo que otras plantas, lo cual favorece la conservación en forma mixta con gramíneas (Santana *et al.*, 2015). Dentro de las leguminosas, *Pueraria phaseoloides* es una de las especies promisorias para la alimentación animal en condiciones tropicales ya que puede ser utilizada de forma eficiente como fuente de proteínas en la alimentación suplementaria de rumiantes en los períodos secos y es considerada una alternativa para elevar los índices de rendimiento de los sistemas de producción (Monteiro *et al.*, 2009).

Por otra parte, la fermentación de los ensilajes es un proceso que depende de diferentes factores tales como las características del forraje original, la tecnología aplicada, la microflora epifítica del ambiente y las condiciones climáticas imperantes (Santana *et al.*, 2015).

De acuerdo con Santana (2000) algunas gramíneas producen ensilajes de mala calidad debido a su alta humedad, o por el contrario por estar muy secas. En este caso, una posible solución es la mezcla previa con leguminosas; estas mezclas representan una técnica que permite mejorar el contenido de carbohidratos

no fibrosos, reducir la capacidad tampón y prevenir la proteólisis, facilitando la obtención de un buen ensilaje (Cubero *et al.*, 2010)

Trabajos realizados por Suárez *et al.* (2011) y Santana *et al.* (2015) demostraron que para el caso de los ensilajes mixtos de gramíneas y leguminosas, estos presentan ventajas significativas debido a la posibilidad de aprovechar los niveles de proteína y el valor nutricional de leguminosas además de las mejores características fermentativas de las gramíneas. No obstante, la literatura científica ofrece poca información sobre las características nutricionales y fermentativas de los ensilajes combinados de gramíneas y leguminosas; esta información podría constituir una valiosa herramienta para establecer estrategias de manejo eficientes que permitan aprovechar al máximo el potencial de plantas, como el *P. purpureum cv Mott* (pasto Elefante) y *P. phaseoloides* (Kudzú tropical) como fuentes de biomasa y proteína respectivamente, a fin de mejorar la calidad del forraje. Desde esta perspectiva, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad fermentativa y nutricional de los ensilajes, en mezclas de *Pennisetum purpureum cv. Mott* y *Pueraria phaseoloides* en diferentes proporciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La toma de muestras de forrajes así como la mezcla de los mismos, fue realizada en el Centro Operacional Palito Blanco del Instituto Universitario de Tecnología de Yaracuy, Municipio La Trinidad, estado Yaracuy, Venezuela, ubicado en una zona de clima tropical seco. Los datos climáticos de los últimos 3 años para la zona reportan promedios de temperatura de 28 °C, humedad relativa 80,7 % y precipitaciones de 1175 mm.

Por otra parte, el potencial fermentativo de las mezclas de forrajes se determinó en el Laboratorio de Química General del Instituto Universitario de Tecnología de Yaracuy.

Los análisis de composición química de los materiales vegetales y digestibilidad *in vitro*, fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal "Israel García M." del Decanato de Ciencias Veterinarias de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", en

Barquisimeto, Lara- Venezuela. Finalmente, el análisis de la calidad fermentativa se realizó en el Laboratorio de Cromatografía de la Universidad Francisco de Miranda, Coro, estado Falcón-Venezuela.

La investigación se realizó mediante el desarrollo de dos experimentos; en ambos se utilizó un diseño completamente aleatorizado analizado con paquete estadístico SPSS Inc., (2006) versión 15.0.1. Para los contrastes entre medias se empleó la mínima diferencia significativa protegida de Fisher cuando el valor de $P < 0,05$ y se utilizó la comparación de rangos múltiples de Tukey para detectar las desigualdades entre medias.

En el primer ensayo se prepararon mezclas de *Pennisetum purpureum* cv. *Mott* cosechado el mismo día y *Pueraria phaseoloides* sometida a un pre-secado al sol durante una hora (entre 10 y 11 am) a temperatura ambiental promedio de 28,9°C (INIA, 2013). El muestreo fue irrestricto aleatorio por cada parcela, con diez puntos al azar utilizando marcos de 1 m². Las muestras fueron cortadas con machete a 10 cm del suelo aprovechando tallos y hojas.

La recolección de la leguminosa se realizó en la mañana, y la de la gramínea a las 3 pm con temperatura ambiental de 29 °C (INIA, 2013). Posteriormente, se trocearon ambos materiales en partículas de 2 cm aproximadamente usando una cosechadora de forrajes Vicon MH 90S. Se prepararon 500 g de las mezclas según los tratamientos descritos a continuación: T0 (0%) *Pennisetum*, T1 (10%) *Pennisetum* 450 g + 50 g de *Pueraria*, T2 (20%) *Pennisetum* 400 g + 100 g de *Pueraria*, T3 (30%) *Pennisetum* 350 g + 150 g de *Pueraria*, T4 (40%) *Pennisetum* 300 g + 200 g de *Pueraria*, T5 (50%) *Pennisetum* 250 g + 250 g de *Pueraria*.

Las muestras se colocaron en bolsas plásticas de cierre hermético (Ziploc®) y se refrigeraron a 4 °C durante 24 horas. Se prepararon cuatro repeticiones por tratamiento. A partir de estas muestras se evaluaron los contenidos de materia seca (MS), proteína bruta (PB), cenizas (Ce), fibra ácido detergente (FAD), lignina (Lig) y potencial fermentativo siguiendo la metodología de AOAC (1990); en cuanto a la fibra neutro detergente, se realizó por el método descrito por Mertens, (2002). El estudio del potencial fermentativo de

las mezclas de *Pennisetum* y *Pueraria* incluyó la cuantificación de los carbohidratos no fibrosos (CNF) siguiendo los métodos oficiales de AOAC (1990), y la capacidad amortiguadora (CA) para la que se utilizó la técnica de determinación en material fresco descrita por Jasaitis, *et al.* (1987); para esto, las muestras de forraje (5 g), se suspendieron en 50 ml de agua destilada desionizada a pH 7 y se mantuvieron en reposo durante 18 horas, una vez transcurridas se agitaron con una barra magnética durante diez minutos, luego se registró el pH inicial con un potenciómetro portátil marca ORION modelo SA210.

Posteriormente se realizó una titulación con HCl 0,1N hasta que el pH disminuyó a 4. El volumen total de ácido gastado en cada muestra fue registrado y multiplicado por la normalidad del HCl. La CA se calculó por la división de mEq sobre el cambio total de unidades de pH. La CA se expresó en mEq de ácido requerido para producir un cambio en una unidad de pH de una muestra de forraje y la cuantificación del potencial fermentativo se realizó al calcular la capacidad de fermentación de acuerdo con la fórmula propuesta por Weissbach y Honig (1996).

Para el segundo experimento se elaboraron cuatro microsilos de laboratorio por cada tratamiento. Cada mezcla fue preparada por separado en bolsas de polietileno con capacidad de 1 kg, compactadas y cerradas con cinta plástica e introducidas en tubos de PVC de 4 pulgadas. Dentro de éstos, las mezclas fueron compactadas de forma manual y luego se utilizó un dispositivo de presión (exprimidor manual de hierro colado) llevando el material aproximadamente a la mitad del tubo, extrayendo el aire restante. Se cerraron los silos y se colocaron piedras picadas hasta el tope del tubo (peso aproximado de 1 kg).

Posteriormente se conservaron en lugar seco y fresco con temperatura promedio ambiental de 28 °C. Después de 75 días se procedió a la apertura de los microsilos, se eliminó una capa de aproximadamente tres centímetros, y se tomaron muestras representativas de aproximadamente 100 g en cada uno, a las que se les realizó una determinación de la calidad organoléptica en los seis tratamientos. Los indicadores organolépticos (olor, color y textura)

fueron calificados por cinco expertos según evaluación cualitativa de ensilajes (Maza *et al.*, 2011).

Se seleccionaron los microsilos que encajaron en el rango de excelente y regular, descartando el resto. El material de cada microsilo fue homogenizado y separado en dos partes: una submuestra de 220 g de peso para la extracción y análisis de jugos (pH, AGV) y otra para la determinación de los componentes de MS y digestibilidad *in vitro*.

Para la determinación del pH se extrajo el jugo del ensilaje fresco con un exprimidor manual. Se obtuvieron 100 ml de jugo en un balón aforado. Se hizo lectura directa con un potenciómetro portátil Orion con electrodo de vidrio. Luego el contenido del jugo se vació en un frasco de vidrio y se le agregaron cuatro gotas de tolueno; para luego congelar las muestras a - 4 °C.

La submuestra para determinar los componentes de materia seca se distribuyeron en bandejas de aluminio con fondo blanco y posteriormente se sometieron a deshidratación forzada en estufa a 65 °C durante 48 horas. Se conservaron en frascos de vidrio debidamente tapados. Luego fueron enviadas al laboratorio para el análisis de la calidad fermentativa, en la que los ácidos grasos volátiles se determinaron

por cromatografía de gases modelo PU 4410 con paquete 10% fase estacionaria-1000/1% H₃PO₄ en 100/120 Chromosorb para ácido acético y ácido butírico; para ácido láctico se utilizó la columna Carbowax B-DA/Carbowax 20M (Ghasemi *et al.*, 2012).

La digestibilidad *in vitro* se desarrolló a través del método descrito por Tilley y Terry, (1963) modificado por Van Soest (1970) para determinar la digestibilidad *in vitro* de materia orgánica (DIVMO) y la digestibilidad materia seca (DIVMS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar el efecto de la inclusión de Kudzú tropical sobre la composición química y potencial fermentativo del forraje de pasto Elefante enano, el análisis de varianza mostro diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), según se muestra en el Cuadro 1.

Se observaron mayores porcentajes de MS en el tratamiento que incluyó 40% de *Pueraria* (59,2%). Los niveles entre 0 y 20 no presentan diferencias entre ellos y presentan el menor contenido de MS de los grupos.

Estas diferencias en el contenido de MS de las mezclas están directamente relacionadas

Cuadro 1. Composición química y potencial fermentativo de mezclas de *Pennisetum purpureum* con diferentes niveles de *Pueraria phaseoloides*.

Variables	Porcentajes de inclusión de <i>Pueraria phaseoloides</i>					
	0	10	20	30	40	50
Materia seca (%)	19,0 ^d	17,9 ^d	17,7 ^d	45,9 ^c	59,2 ^a	52,2 ^b
Proteína bruta (%)	12,7 ^d	12,6 ^d	12,0 ^d	15,0 ^c	16,7 ^b	17,8 ^a
Carbohidratos no fibrosos (%)	2,9 ^d	11,7 ^{ab}	9,3 ^c	10,3 ^{bc}	11,4 ^{ab}	12,6 ^a
Fibra Neutro Detergente (%)	76,1 ^a	70,7 ^b	72,2 ^b	68,6 ^c	66,6 ^{cd}	65,8 ^d
Fibra Ácido Detergente (%)	46,0 ^c	47,6 ^{bc}	47,8 ^{bc}	47,6 ^{bc}	51,9 ^a	49,6 ^{ab}
Lignina (%)	6,9 ^e	9,2 ^d	13,4 ^c	15,8 ^b	24,8 ^a	23,7 ^a
Cenizas(%)	12,7 ^{ab}	12,7 ^{ab}	12,5 ^b	13,7 ^a	12,9 ^{ab}	12,8 ^{ab}
Coeficiente de fermentación	20,8 ^c	23,3 ^c	19,9 ^c	48,6 ^b	59,7 ^a	58,2 ^a

Letras diferentes en la misma fila, refleja diferencias significativas ($P < 0,05$).

con la diferencia en los contenidos de MS del material vegetal originario de las dos especies, en concordancia con lo descrito por King *et al.* (2012).

Se ha mencionado que el incremento de MS también está relacionado con la diferencia en la relación hoja:tallo y el estado de maduración en las especies (Herrera *et al.*, 2010). Esto concuerda con la fenología de la planta. Por otra parte, los contenidos de MS de los tratamientos cuyos niveles de inclusión están entre 0 a 20, se encuentran por debajo de los parámetros mínimos que requiere un forraje para ser ensilable (McDonald, 1973; Mier, 2009; Woolford, 1978). El tratamiento con 30% de inclusión de Kudzu, está dentro de estos parámetros. Sin embargo, los niveles 40 y 50% están por encima del 50% de MS, por lo que son de difícil ensilabilidad según Staudacher *et al.* (1999).

Respecto a la PB se observó que los tratamientos de 0 a 20% de inclusión de Kudzú, no presentaron diferencias significativas entre ellos; sin embargo, a partir de 30% de leguminosa en la mezcla, se observa un incremento del contenido de PB.

En relación a los CNF, la gramínea se situó como un forraje de bajo potencial de fermentación según lo descrito por Soloviet (1977), ya que el valor obtenido fue de 2,9%, inferior al mínimo requerido para pastos (3,7%). Por su parte, el tratamiento con 50% de *Pueraria* presenta el mayor contenido de CNF (12,6%). En relación a estos resultados, los carbohidratos no estructurales de la planta son considerados como determinantes de su potencial fermentativo. Elizalde *et al.* (1988) dedujo que representan el sustrato nutricional del cual depende primordialmente la acción de la microflora fermentativa del forraje; en consecuencia, en la medida en que el contenido de azúcares del forraje sea mayor, más rápido y eficiente será el proceso de ensilado (Ruíz, 2010).

En general, los resultados concuerdan con lo referido por Anrique *et al.* (1999) quien ha estimado que el contenido de CNF requeridos para lograr un pH estable es significativamente mayor en leguminosas que en gramíneas y en forrajes con un menor contenido de MS. Por su parte, Santana, (2000) determinó que la disponibilidad de CNF de las leguminosas

para las bacterias en el caso de ensilajes, es menor que el de las gramíneas aun cuando en composición sean similares o mayores. Esto se debe a la naturaleza de los carbohidratos no estructurales ya que la calidad de los CNF ejerce influencia sobre la fermentación, pues determinados azúcares no son utilizados por los microorganismos lácticos (Langston *et al.*, 1962).

El mayor porcentaje de FND lo presenta el tratamiento que incluyó la gramínea únicamente, con 76,1%. Este valor está ubicado por encima del rango descrito por Ansah *et al.* (2010). También se demuestra que al incrementar la proporción de leguminosa en el forraje, se disminuyen los niveles de FND, en concordancia con los resultados de Ribeiro *et al.* (2012) al disminuir la proporción de pared celular presentes en la mezcla (Dewhurst, *et al.*, 2009).

El contenido de FAD aumenta en la medida en que se incrementan los niveles de la leguminosa, sin que existan diferencias entre los tratamientos 40 y 50%. Esto es contrario a lo concluido por Ribeiro *et al.* (2012) quienes afirman que la incorporación de leguminosas disminuye de forma lineal el contenido de FAD. Esto puede ser resultado de la incorporación de *Pueraria* con tallos, los cuales contienen lignina tal como lo señala Cobos-Peralta *et al.* 2003. Esto se evidencia en los resultados obtenidos, ya que el tratamiento 0% de *Pueraria* presenta el menor porcentaje de lignina, mientras que las mezclas con niveles de 40 y 50%, el mayor contenido.

Por otra parte, el mayor contenido de Ce lo presentó la mezcla con 30% de Kudzú (13,7%), mientras que el tratamiento con 20% de leguminosa, registró el menor valor (12,5%). Este incremento concomitante de la Ce con el porcentaje de leguminosa coincide con lo reportado en estudios previos (Nieto, 2004; Castillo *et al.*, 2009). El resto de los tratamientos no presentan diferencias significativas y están ubicados entre estos rangos.

Los resultados obtenidos del coeficiente de fermentación indican que los materiales con incorporación de Kudzú entre 0 y 20%, presentan bajo potencial para ensilar, ya que los valores alcanzados para estos tratamientos se observan por debajo de 35 (Martínez *et al.*, 2013; Huenting *et al.*, 2012). Sin embargo,

cuando se incluye 30% de Kudzú, se eleva el coeficiente de fermentación hasta 48,6 lo que mejora el potencial fermentativo del forraje al ubicarse dentro de los parámetros establecidos por los autores antes mencionados. No obstante, al incrementar los niveles de inclusión de leguminosa a 40 y 50% se eleva el valor de este coeficiente por encima de 50, lo que disminuye el potencial de fermentación significativamente (Cuadro 1).

En relación a los resultados de la evaluación sensorial de los microsilos, para el caso del olor, los tratamientos entre 0 y 30% de Kudzú, presentaron mejor comportamiento ya que se caracterizaron por ser de excelente olor. Respecto al color, los tratamientos experimentales con niveles de inclusión de Kudzú por debajo de 40%, presentaron una cualificación excelente; por encima de este nivel de inclusión, se consideraron materiales de baja calidad ya que los tratamientos con más de 40 % de Kudzú presentaron degradación del material ensilado, mostrando un mal nivel de conservación. De acuerdo a lo anterior, se puede inferir que el aumento de los niveles de inclusión de *Pueraria*, mejora significativamente las

características organolépticas del ensilaje solo hasta el 30% de inclusión, por encima de esto resultan ensilajes de mala calidad. Igualmente, se deduce que durante el proceso de fabricación y almacenamiento, particularmente en los tratamientos con 10, 20 y 30% de inclusión de Kudzú, existió una adecuada fermentación y el cierre fue exitoso.

En el Cuadro 2, se observa que el contenido de MS de los ensilajes con contenidos de leguminosa entre 10 y 20%, es menor al de *Pennisetum*, sin diferencias significativas entre T1 y T2. Sin embargo, en el tratamiento con 30% de leguminosa, la MS fue mayor, en concordancia con lo reportado por Guzmán y Fonseca, (2013), Lima-Orozco *et al.* (2013); Ribeiro *et al.* (2012); y Herrera *et al.* (2010).

El contenido de PB del ensilaje fue mayor con la incorporación de un 30% de la leguminosa. Estudios previos han reportado incrementos significativos del contenido de proteínas en los ensilajes mixtos con leguminosas, comparado con el de gramíneas solas (Guzmán y Fonseca, 2013; Ribeiro *et al.*, 2012; Herrera *et al.*, 2010; Dewhurst *et al.*, 2009).

Cuadro 2. Composición química y digestibilidad *in vitro* de ensilajes de *Pennisetum purpureum* y *Pueraria phaseoloides*.

Variables	Porcentajes de inclusión de <i>Pueraria phaseoloides</i>			
	0%	10%	20%	30%
Materia seca, %	16,6 ^b	14,6 ^c	14 ^c	34,7 ^a
Proteína bruta, %	10,1 ^b	8,1 ^c	10,4 ^b	12,2 ^a
Carbohidratos no fibrosos, %	1,9 ^d	7,8 ^a	6,6 ^b	6,1 ^b
Fibra Detergente Neutro, %	68,9 ^a	59,9 ^b	60,4 ^b	67,4 ^a
Fibra Detergente Ácido, %	42,8	38,2	39	33,8
Lignina, %	6,2 ^d	7,7 ^c	11,0 ^b	13,8 ^a
Cenizas, %	11,3 ^{ab}	10,9 ^b	10,3 ^b	12,6 ^a
DIVMO, %	46,7 ^b	51,4 ^a	49,8 ^a	51,9 ^a
DIVMS, %	43 ^b	45 ^b	49 ^a	49 ^a

Letras diferentes en la misma fila, refleja diferencias significativas (P<0,05).

DIVMO: digestibilidad *in vitro* de materia orgánica; DIVMS digestibilidad *in vitro* de materia seca.

Los niveles de CNF en el ensilaje mixto de *P. purpureum* y *P. phaseoloides*, se incrementan en la medida que aumentan las proporciones de leguminosa. No obstante, niveles de Kudzú entre 20 y 30%, promueven una disminución significativa. Esto coincide con lo expresado por Weisbjerg *et al.* (2012) quien afirma que las leguminosas en comparación con las gramíneas, presentan menores cantidades de CNF y en la medida que se incrementa la proporción de estas plantas en los ensilajes, disminuye el nivel de estos componentes en el mismo.

No se observaron diferencias significativas entre el ensilaje con un 30% de *Pueraria* y el de gramínea sola, en cuanto al contenido de FND, sin embargo se observa una diferencia numérica a favor del ensilaje mixto. Estos resultados no coinciden con Guzmán y Fonseca, (2013) quienes determinaron que a medida que se incorporan niveles de leguminosas en ensilajes de gramíneas se disminuyen los niveles de pared celular, y por ende, el contenido de FND.

Aunque la FAD no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, el ensilaje con mayor proporción de leguminosa contiene el mayor porcentaje de Lig, esto desmejora las condiciones de digestibilidad de este forraje en relación con la gramínea sola como lo indicaron Guzmán y Fonseca, (2013).

En el presente estudio, el porcentaje de DIVMO de los ensilajes mixtos fue mayor comparado al ensilaje de la gramínea sola, lo cual coincide con las investigaciones de Ocanto *et al.* (2013), quienes observaron un aumento de la digestibilidad de los ensilajes al incorporar leguminosas. Sin embargo, estos resultados son inferiores a 74,3 y 79,4% obtenidos en reportes previos (Castillo *et al.*, 2009; Jiménez, *et al.*, 2005). Se ha reportado que las diferencias observadas en los porcentajes de DIVMO de ensilajes mixtos gramíneas-leguminosas, puede deberse a que esta digestibilidad varía en función de la especie que se utilice, así como su proporción dentro de la mezcla (Cameiro *et al.*, 1984; Nagel y Glen, 1992; Yahaya *et al.*, 2000; Blanco *et al.*, 2005). Estos resultados están relacionados con los altos contenidos de FDN y FDA en los ensilados mixtos que se reportan en la investigación, los cuales no favorecen la digestibilidad de la MO por el alto contenido de

componentes de la pared celular. Esto coincide con Herrera *et al.* (2010) al reportar valores de 70,6 a 80,4% DIVMO cuando se incluyó una leguminosa en el ensilaje de *Pennisetum* porcentajes de 53% y 30,5%.

El porcentaje de DIVMS fue afectado significativamente por los tratamientos. Las mezclas con 20 y 30% de inclusión de leguminosa, presentaron los mayores valores comparadas con el resto de los tratamientos; así mismo, las mezclas con niveles de 0 y 10% no presentaron diferencias entre ellas.

En contraposición, investigaciones previas no han reportado mejoras significativas de esta variable, observándose inclusive disminuciones en los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes al utilizar ensilajes con adición progresiva de leguminosas, no obstante, se indican estrechas dependencias con las especies de forrajes mezcladas (Cardenas *et al.*, 2012).

En relación a la calidad fermentativa de los ensilajes, los resultados muestran que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las variables de calidad fermentativa, pH y ácido láctico, no así los contenidos de ácido acético y butírico evaluados (Cuadro 3).

De acuerdo al indicador de pH, los tratamientos con 20 y 30% de inclusión de Kudzú se ubican dentro de los parámetros de buena calidad fermentativa (Ojeda y Esperance, 2009; Tobía *et al.*, 2003; Betancourt y Caraballo, 2000; Roth, 2001). Mientras que en las mezclas que contienen 0 y 10% de leguminosa, el valor de pH es superior, lo que los clasifica como ensilajes de mala calidad fermentativa.

En relación al ácido láctico, el tratamiento con 30% de *Pueraria*, fue superior al resto de los tratamientos; esto coincide con lo reportado por Ribeiro *et al.* (2012). No se observaron diferencias entre los tratamientos 0, 10, y 20% de Kudzú.

Finalmente, es importante reportar que tanto ácido acético como butírico se encuentra por debajo de los valores máximos permitidos para ensilajes de buena calidad (Müller, 2012).

El estudio de las diferencias en los tenores de PB entre el Kudzú y la gramínea tiene una fundamental importancia al elaborar la mezcla

Cuadro 3. Indicadores fermentativos de los ensilajes de *Pennisetum purpureum* y *Pueraria phaseoloides* (Base seca).

Variable	Porcentajes de inclusión de <i>Pueraria phaseoloides</i>			
	0%	10%	20%	30%
pH	4,7 ^b	4,8 ^b	3,9 ^a	4,5 ^a
Ácido láctico	3,3 ^b	2,9 ^b	3,0 ^b	4,2 ^a
Acido acético	1,1	1,2	1,4	1,5
Acido butírico	0,01	0,01	0	0,02

Letras diferentes en la misma fila, refleja diferencias significativas (P<0,05).

de estos forrajes, con el objetivo de mejorar la calidad nutritiva del ensilado mixto resultante. Otras investigaciones han confirmado las diferencias de estas concentraciones entre gramíneas y leguminosas (Herrera *et al.*, 2010; Guzmán *et al.*, 2013) como lo demuestran los valores superiores de proteínas reportados en combinaciones con varias especies de leguminosas tropicales comparado al de las gramíneas solas (Santana *et al.*, 2015). Pero estará sujeto a las proporciones en que se encuentran los dos tipos de forrajes en la mezcla (Santana *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

La incorporación de Kudzú en forrajes de pasto elefante enano mejora la composición química de los materiales a ensilar. Sin embargo, solo cuando el nivel de incorporación de esta leguminosa es 30%, la mezcla se caracteriza por presentar un buen potencial fermentativo. Según demuestran los resultados del coeficiente de fermentación, la inclusión de la leguminosa evidencia un producto de buena calidad nutricional y fermentativa.

Se recomienda la utilización de un 30% de la leguminosa en forrajes de *Pennisetum* para mejorar la calidad nutricional y fermentativa de los ensilajes resultantes. La incorporación de *Pueraria* entre 40 y 50% produce putrefacción del ensilaje de *P. purpureum* cv. *Mott*.

LITERATURA CITADA

Anrique, R., Balocchi, O., Latrille, L., Alomar, D., Moreira, V., Smith, R., Pinochet, D.; y Vargas, G.

1999. Competitividad de la producción lechera nacional (Tomo I). Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 437 p.

Ansah, T., Osafo, E. L., and Hansen, H. H. 2010. Herbage yield and chemical composition of four varieties of Napier (*Pennisetum purpureum*) grass harvested at three different days after planting. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 15, 923-929.

AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 1990. Official Methods of Analysis. K. Helrich, Ed. Arlington, Virginia: Association of Official Analytical Chemistry.

Betancourt, M., Caraballo, A. 2000. Henificación y ensilaje: aspectos operativos y tecnológicos. Zulia, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Blanco, G. M., Chamorro, D. R., Arreaza, L. C., y Rey, A. M. 2005. Evaluación nutricional de ensilaje de *Acacia decurrens*, *Sambucus peruviana* y *Avena sativa*. *Revista Corpoica.*, 6(2)81-85.

Cameiro, A., Rodríguez, N., Sánchez, R., Vileta, H. 1984. Consumo e digestibilidad aparente de silagens mistas de camping-efante. *Brass. Med. Vet. Zoot.*, 365, 597-608.

Cárdenas, J. V., Sandoval, C. A., y Solorio, F. J. (2012). Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 41(3)283-294

Castillo, M., Rojas-Bourril, A., WingChing-Jones, R. 2009. Valor nutricional del ensilaje de

- maíz cultivado en asociación con *Vigna radiata*. *Agronomía Costarricense*, 33 (1)133-146.
- Cobos-Peralta, M. A., Sánchez, M., Vargas, J., Trinidad, A., y Cetina, V. 2003. Importancia del tipo de muestra en la estimación del valor nutritivo de leguminosas y arbustivas, y potencial de un inocuo de bacterias degradadoras de aserrín en sistemas silvopastoriles. **En** M. Sánchez, y M. Rosales, *Agroforestería para la Producción Animal en América Latina - II - Memorias de la Segunda Conferencia Electrónica (Agosto de 2000-Marzo de 2001)*. Dirección de Producción y Sanidad Animal FAO.
- Cubero, J. F., Rojas, A., y Wingchi, R. 2010. Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (*Zea mays*). Valor nutricional y fermentativo. *Agron. Costarricense* 34(2)237-250.
- Dewhurst, R. J., Delaby, L., Moloney, A., Boland, T., Lewis, E. 2009. Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 48, 167-187.
- Elizalde, F., Hargreaves, A., y Wernlik, C. 1988. Conservación de forrajes. **En** R. Ruiz, *Praderas para Chile* (pág. 404). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo*. Roma: FAO, FIDA y PMA.
- Ghasemi, E., Khorvash, M., Nikkhah, A., 2012. Effect of forage sources and *Saccharomyces cerevisiae* (Sc 47) on ruminal fermentation parameters. *South African Journal of Animal Science*, 42 (2)164-168.
- Guzmán, Y., Fonseca, Y. 2013. Ensilaje para la alimentación de bovinos en Venezuela. *Rev. Producción Animal.*, 25 1.
- Herrera, J.M., Isaac, M. d., Rodríguez, R., Zamora, J. F., Ruíz, M., García, M. 2010. Conservación del Forraje de *Lupinus rotundiflorus* M. E. Jones y *Lupinus exaltatus* Zucc. mediante ensilaje. *Revista Interciencia* , 35(8)592-599.
- Huenting, K., Aymanns, T., Pries, M. 2012. Fermentation potential of corn silage. **En** K. Kuoppala, M. Rinne, A. Vanhatal O Ed., XVI International Silage Conference págs. 356-357.
- Hämeenlinna, Finland: MTT Agrifood Research Finland.
- INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). 2013. Red Agrometeorológica del INIA. Promedio de Datos meteorológicos 2010-2012. San Felipe, Yaracuy, Venezuela.
- Jasaitis, D., Wohlt, J. E., Evans, J. L. 1987. Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs in vitro. *Journal of Dairy Science* 70, 1391-1403.
- Jiménez, P., Cortéz, H., Ortíz, S. 2005. Rendimiento forrajero y calidad de ensilaje de canavalia en Monocultivo y asociada con maíz. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- King, C., McEniry, J., O'Kiely, P. 2012. A note on the fermentation characteristics of red clover silage in response to advancing stage of maturity in the primary growth. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* , 51(1)79–84.
- Langston, C. W., Wiseman, J. G., Jacobson, W. C., Melin , C., and Moor, L. D. (1962). Chemical and bacteriological changes in grass silages during the early stages of fermentation. *Journal of Dairy Science.*, 45, 396.
- Lima-Orozco, R., Castro-Alegría, A., Fievez, V. 2013. Ensiled sorghum and soybean as ruminant feed in the tropics, with emphasis on Cuba. *Grass and Forage Science* , 68, 20–32.
- Martínez-Hernández, A., Soldado, A., De la Roza, B., Vicente, F., González-Arrojo, M. A., y Argamentería, A. 2013. Modelling a quantitative ensilability index adapted to forages from wet temperate areas. *Span J Agric Res*, 11(2)455-462.
- Maza, L., Vergara, O., y Paternina, E. (Rev. MVZ Córdoba de Evaluación química y organoléptica del ensilaje de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) más yuca fresca (*Manihot esculenta*) de 2011). Maza, Libardo; Vergara, Oscar; Paternina, Elisa. (2011, Ed.) *Rev. MVZ Córdoba*, 16(2)2528-2537.
- McDonald, P. (1973). *The ensiling process*. (3rd ed.). London: Butler Bailey. Chemistry and biochemistry of herbage. Academic Press.
- Mertens, D. R. 2002. Gravimetric Determination of Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds with Refluxing in Beakers or Crucibles:

- Collaborative Study. Journal of AOAC International, 85 6, 1217-1240.
- Mier, M. d. (2009). Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Departamento de Producción Animal. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Monteiro, E. M., Louren, J. D., Alves, N. D., Brito, M. 2009. Valor nutritivo da leguminosa Pueraria phaseoloides como alternativa na suplementação alimentar de ruminantes na Amazônia Oriental. Ciência Rural, 39 2, 613-618.
- Müller, C. E. 2012. Impact of harvest, preservation and storage conditions on forage quality. Forages and grazing in horse nutrition, 132, 237-253.
- Nagel, S. and Glen, W. 1992. Effect of formic acid or formaldehyde treatment of alfalfa silage on nutrition utilization by dairy cows. J. Dairy Sci., 75(1)140-154.
- Nieto, J. 2004. Caracterización nutricional y productiva de material fresco y ensilado de maní forrajero (*Arachis pintoi*) cultivado en asocio con maíz (*Zea mays*), a tres densidades de siembra. San José: Universidad de Costa Rica.
- Ocanto, G., Acevedo, I., García, O. 2013. Evaluación de las características fisicoquímicas y funcionales del ensilaje de maíz (*Zea mays*) y ensilaje de sorgo (*Sorghum vulgare*). Municipio Urdaneta, Estado Lara. Agroindustria, Sociedad y Ambiente, 1 1, 20.
- Ojeda, F., Esperance, M. 2009. Conservación de forrajes. Pastos y Forrajes, 13, 206.
- Ribeiro, K. G., Pereira, O. G., Sampaio, J. P., de Souza, W. F., Cezário, A. S., Campos, A. F. 2012. Chemical composition and fermentative profile of elephant grass and Campo Grande Stylosanthes mixed silages. **En** K. Kuoppala, M. Rinne, A. Vanhatalo Ed., XVI International Silage Conference. págs. 406-408. Hämeenlinna, Finland: MTT Agrifood Research Finland. University of Helsinki.
- Roth, G. 2001. Corn Silage Production and Management. Agricultural Research and Coop., 18.
- Ruiz, R., 2010. Recursos alimentarios fibrosos y sistemas de producción en el trópico. **En** M. Cisneros, Cursos nutrición del bovino lechero y nutrición del bovino. (pág. 63). Bayamo: Universidad de Granma.
- Santana, A. 2000. Mejoramiento del valor nutritivo de los ensilajes tropicales mediante mezclas de gramíneas y leguminosas. Universidad de Granma. Bayamo: Universidad de Granma.
- Santana, A., Cisneros, M., Martínez, Y. y Pascual, Y. 2015. Conservación y composición de ensilajes mixtos de *Leucaena leucocephala* con Pennisetum purpureum fresco o presecado. Rev. MVZ Córdoba, Volumen 20 (Supl1), pp. 4895-4906.
- Solovie, A. 1977. S/T. Revista Agropecuaria Popular, 7 1, 26.
- Staudacher, W. G., Pahlow, G., Honig, P. 1999. Certification of silage additives in Germany by DLG. Swedish University of Agricultural Sciences, 239-240.
- Suárez, R., Mejía, J., González, M., García, D. E., Perdomo, D. A. 2011. Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de aditivos. Pastos y Forrajes , 34 1, 69-86.
- Tilley, J. M., Terry, R. A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestión of forage crops. Journal of the British grassland Society, 18, 104-111.
- Tobía, C., Sequera, C., Villalobos, E., Cioffi, E., Escobar, O. 2003. Experiencias en la elaboración de silaje maíz-soya en dos sistemas de producción Bovino en Venezuela. XI Seminario de Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto: Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.
- Van Soest, P. J. 1970. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. Association of Official Agricultural. 7 p.
- Weisbjerg, M. R., Kristensen, N. B., Søgaard, K., and Thøgersen, R., 2012. Effect of forage type on silage fermentation characteristics assessed by vacuum bag ensiling. **En** K. Kuoppala, M. Rinne, and A. Vanhatalo (Ed.), XVI International Silage Conference (págs. 60-61). Hämeenlinna:

University of Helsinki y MTT Agrifood Research Finland.

Weissbach, F., Honig, H. 1996. Über die Vorhersage und Steuerung des Garungsverlaufs bei der Silierung von Grünfutter aus extensivem Anbau. Landbauforschung Volkenrode Germany. 1, 10-17.

Woolford, M. K. 1978. The problem of silage effluent. *Herbage Abstracts*, 48, 397.

Yahaya, M., Kimura, M., Harai, M., Takahash., J., Matsouka, S. 2000. The breakdown of structural carbohydrates of lucerne and orchardgrass during different lengths of ensiling and its effects on the nutritive value of the silage. *J. Anim. Sci., Suppl B*, 153 p.