

Características Agronómicas y Nutricionales de Asociaciones de Gramíneas y Leguminosas Tropicales

Por

Bismarck Sandoval Centeno

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

En

Agronomía

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ

2007

Aprobado por:

Abner Rodríguez Carías, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Paul Randel Folling, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Rafael Ramos Santana, Msc.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Elide Valencia Chin, Ph.D.
Presidente del Comité Graduado

Fecha

José Eduardo Martínez, Ph.D.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Miguel A. Muñoz Muñoz, Ph.D.
Director del Departamento de Agronomía y Suelos

Fecha

RESUMEN

Se realizaron dos experimentos. El primero consistió de un ensayo *in vivo* con el objetivo de comparar el consumo voluntario (CV) y la digestibilidad de nutrientes, materia seca (MS), proteína bruta (PB) y fibra detergente neutro (FDN), de heno de pastos guinea-clitoria (HPGC; 33:67%) y heno de pasto rhodes (HPR). Diez carneros criollos adultos con peso promedio de 35 kg se distribuyeron a los henos evaluados según un diseño experimental de intercambio de tratamientos. El CV fue mayor ($P < 0.05$) en carneros alimentados con HPGC que con HPR (919 vs. 669 g MS/d). La digestibilidad de la MS (65.19 vs. 55.51%) y de la PB (78.80 vs. 65.19%) también fue mayor ($P < 0.05$) en HPGC que en HPR. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) en la digestibilidad de la FDN entre HPGC (58.3%) y HPR (53.9%). La utilización de HPGC mejoró el consumo por 27% en términos relativos con respecto al HPR. Se concluye, que el HPGC representa una alternativa interesante para la alimentación de rumiantes.

El segundo experimento abarcó dos siembras de maíz (*Zea mays* cv. Mayorbela), la primera en septiembre de 2005 y la segunda en febrero de 2006, para determinar el efecto de intercalar mucuna (*Mucuna pruriens* L. cv. Vine 90 días) luego de diferentes lapsos (maíz-mucuna al día 0; maíz-mucuna al día 7; maíz-mucuna al día 14; maíz-mucuna al día 21 y un testigo de maíz en monocultivo). Se evaluaron las variables composición botánica (proporciones de maíz, mucuna y maleza); la composición bromatológica [PB, FDN y fibra detergente acida (FDA)]; las características fermentativas del forraje ensilado (pH y ácidos orgánicos); y su estabilidad aeróbica a los 45 días de ensilamiento. Para el componente maíz (7.51 y 12.76 ton de MS/ha) y

rendimiento vegetal total (11.07 y 14.59 ton de MS/ha) los mayores ($P < 0.05$) rendimientos de MS se encontraron en la segunda época. Sin embargo, para el componente mucuna (2.96 y 1.67 ton de MS/ha) y maleza (0.58 y 0.07 ton de MS/ha) los mayores ($P < 0.05$) rendimientos de MS se encontraron en la primera época. La proporción del forraje constituido por la mucuna al intercalarse con maíz a los 0 días fue de 34%, pero al intercalarse a los 7, 14 y 21 días, su contribución fue de 24, 18 y 10%, sucesivamente, sin afectar al componente maíz ni el rendimiento vegetal total. Tanto para la primera época (10 y 9.3%) como para la segunda (7.43 y 6.84%) las mayores concentraciones de PB se obtuvieron con mucuna intercalada con maíz a los 0 y 7 días, respectivamente. Estos tratamientos superaron por sobre 2 unidades a mucuna intercalada a los 14 y 21 días, y sobre 4 unidades al maíz en monocultivo. Esta respuesta fue debido a las mayores proporciones de mucuna encontradas en el forraje resultante, como producto del intercalado de mucuna con maíz a los 0 y 7 días. Las concentraciones de FDN y FDA fueron mucho menores al intercalar a los 0 y 7 días, comparado al maíz en monocultivo. La mucuna intercalada a diferentes intervalos no tuvo efecto ($P > 0.05$) en el pH, en las concentraciones de los ácidos acético y láctico del ensilaje, ni evitó su deterioro una vez expuesto a condiciones aeróbicas. En conclusión, la siembra intercalada de mucuna con maíz a los 0 ó 7 días mejora el valor nutritivo del forraje y produce una buena calidad de ensilaje, por lo cual ofrece una alternativa a utilizarse en sistemas de alimentación para la producción de leche en Puerto Rico.

ABSTRACT

Two experiments were conducted. The objective of the first was to compare voluntary intake and digestibility of dry matter (DM), crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF) of guinea grass-clitoria mixed hay (GCH; 33:67%) and of rhodesgrass hay (RGH). Ten adult creole rams (35 kg liveweight) were stratified by weight and assigned to the hays under evaluation according to a "crossover experimental design". Higher voluntary intake ($P < 0.05$) was observed in rams fed GCH than RGH (919 vs. 669 g/d). Digestibilities of dry matter (65.2 vs. 55.51%) and CP (78.8 vs. 65.2%) were higher ($P < 0.05$) in GCH than in RGH. However, NDF digestibility of GCH (58.3%) and RGH (53.9%) did not differ ($P > 0.05$). Feeding GCH resulted in a 27% relative increase in intake with respect to RGH. In conclusion, GCH is a promising alternative for use in the feeding of ruminants.

The second experiment consisted of two plantings of maize (*Zea mays* cv. Mayorbela), the first in September 2005 and the second in February 2006, to determine the effects of interplanting mucuna (*Mucuna pruriens* L. cv. Vine 90 days) at different time intervals (maize-mucuna at day 0; maize-mucuna at day 7; maize-mucuna at day 14; maize-mucuna at day 21 and a control of maize in monoculture). The variables evaluated were botanical composition (maize, mucuna and weed proportions); chemical composition [CP, NDF and acid detergent fiber (ADF)]; silage fermentative characteristics (pH and organic acids); and aerobic stability of the silage at 45 days after ensiling. For the maize component (7.51 and 12 t DM/ha) and total vegetable yield (11.07 y 14.59 t DM/ha) greater DM yields ($P < 0.05$) were observed at the second planting. By contrast the components mucuna (2.96 and 1.67 t DM/ha) and weeds (0.58

y 0.07 t DM/ha) had greater DM yields ($P<0.05$) at the first planting. The forage proportion constituted by the mucuna interplanted with maize was 34%, at 0 day, but when intercalated at 7, 14 and 21 days, it contributed 24, 18 and 10%, respectively. Neither the total forage yield, nor the maize DM yield was affected by the interplanting method. The highest ($P<0.05$) CP content of total forage was observed with mucuna intercalated with maize at 0 and 7 days at both the first (10 and 9.3%), and second plantings (7.43 and 6.84%). These treatments gave CP contents 2 points higher than mucuna interplanted at 14 and 21 days, and 4 points higher compared to maize alone. This result was due to the greater proportions of mucuna founded in the resultant fodder when mucuna was interplanted with maize at 0 and 7 days. Concentrations of NDF and ADF were lower with interplanting at 0 and 7 days compared to maize monoculture. Mucuna interplanting had no effect ($P>0.05$) on pH and acetic and lactic acid concentrations of the silage, nor did it prevent deterioration of the silage upon aerobic exposure. In conclusion, the interplanting of mucuna in previously seeded maize 0 or 7 days later improves yield and nutritive value of the forage, and permits production of good silage, thus it constitutes an alternative for use in feeding systems for milk production in Puerto Rico.

DEDICATORIA

El trabajo realizado en esta tesis va dirigido en primera instancia a mi Ser Superior, por brindarme la sabiduría e iluminación para la realización de esta investigación. A mis hijos Helmut Bismarck Sandoval Robleto y Frania Isabel Sandoval Barboza por ser el motivo de mi existencia. A mi madre Ligia Sandoval Centeno por brindarme la vida y guiar mis pasos a lo largo de la misma. A mis hermanos Bethzaida, Emilia, Margine y Yubbelka por su apoyo en todo momento. A mis hermanos en A. A. en especial a Sammy Rodríguez y esposa por brindarme su amistad, fortaleza y esperanza en los momentos más difíciles. Finalmente, dedico este trabajo a mis amigos de toda la vida: Juan Francisco Flores Campos, Thomas Javier Robleto Robleto, Ricardo Prieto Prieto, Carmen Castañeyra de las Casas y Glenda Zavala Canales, por su amistad y su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente al Dr. Elide Valencia Chin por brindarme la oportunidad de realizar estudios superiores, por su paciencia y su asesoría pertinente en la realización de este trabajo de investigación. De igual forma agradezco al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) en especial al Ing. Octavio Menocal por sus gestiones y su apoyo en todo momento. Asimismo, brindo mis más sinceros agradecimientos a los miembros de mi comité Dr. Abner Rodríguez Carías, Paul F. Randel Folling, José Eduardo Martínez y Msc. Rafael Ramos Santana por ser partícipes en el cumplimiento de mi meta y a su vez ampliar y aportar a mis conocimientos en el campo de la investigación y por último y no menos importante deseo agradecer al Dr. James Beaver por facilitar las semillas de las especies forrajeras utilizadas en el presente estudio.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-------------|
| RESUMEN | ii |
| ABSTRACT..... | iv |
| DEDICATORIA..... | vi |
| AGRADECIMIENTOS..... | vii |
| TABLA DE CONTENIDO | viii |
| LISTA DE CUADROS | xi |
| LISTA DE FIGURAS..... | xii |
| CAPITULO - I Revisión de Literatura..... | 1 |
| Introducción | 1 |
| Valor Nutricional de los Forrajes Tropicales..... | 2 |
| Composición Química | 3 |
| Consumo Voluntario..... | 5 |
| Digestibilidad..... | 7 |
| Eficiencia en su Utilización | 8 |
| Factores Inherentes al Animal | 9 |
| Sistema Nervioso Central | 9 |
| Neuropéptidos | 10 |
| Leptina | 10 |
| Insulina..... | 11 |
| Esteroides..... | 11 |
| Ácidos Grasos Volátiles..... | 12 |
| Estado Fisiológico y Raza del Animal..... | 13 |
| Crecimiento..... | 13 |
| Gestación..... | 13 |
| Lactación..... | 13 |
| Raza..... | 14 |
| Factores Inherentes a la Dieta..... | 15 |
| Energía | 16 |
| Proteína Bruta (PB)..... | 17 |
| Fibra Detergente Neutro (FDN)..... | 18 |
| Minerales y Vitaminas | 18 |
| Palatabilidad..... | 19 |
| Forma Física de la Dieta | 19 |
| Factores Ambientales..... | 20 |
| Temperatura | 20 |

| | |
|---|----|
| Humedad Relativa..... | 21 |
| Gramíneas y Leguminosas Tropicales (Características Generales)..... | 21 |
| Gramíneas | 21 |
| Leguminosas | 22 |
| Uso de las Leguminosas..... | 23 |
| Leguminosas en Asociaciones | 23 |
| Leguminosas en Bancos de Proteína..... | 25 |
| Leguminosas en Franjas..... | 27 |
| Conservación de Leguminosas en Forma de Ensilaje..... | 28 |
| Beneficios de las Leguminosas en Praderas Asociadas..... | 30 |
| Fijación de Nitrógeno Atmosférico | 30 |
| Incremento en la Calidad del Forraje..... | 31 |
| Aumento en la Producción de Biomasa Vegetal..... | 32 |
| Incremento de la Productividad Animal | 32 |
| Incremento de la Producción de Leche..... | 33 |
| Especies de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras Tropicales Utilizadas..... | 36 |
| Gramíneas | 36 |
| <i>Chloris gayana</i> , Kunth cv. Callide (Pasto rhodes) | 36 |
| <i>Panicum maximum</i> , Jacq (Pasto guinea)..... | 37 |
| <i>Zea mayz</i> L. cv. Mayorbela (maíz) | 39 |
| Leguminosas | 40 |
| <i>Clitoria ternatea</i> (L.) Dne. (Clitoria)..... | 40 |
| <i>Mucuna pruriens</i> L. (mucuna)..... | 42 |

| | |
|---|----|
| CAPITULO - II Consumo voluntario y digestibilidad de la materia seca y nutrientes de heno de pasto guinea (<i>Panicum maximum</i> , Jacq) asociado con clitoria (<i>Clitoria ternatea</i> L. Dne.) y de pasto rhodes (<i>Chloris gayana</i> , Kunt cv. Callide)..... | 44 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Introducción | 44 |
| Materiales y Métodos..... | 45 |
| Experimentación Animal | 45 |
| Análisis Químico | 47 |
| Diseño Experimental y Análisis Estadístico | 47 |
| Resultados y Discusión..... | 48 |
| Consumo voluntario..... | 49 |
| Digestibilidad..... | 52 |
| Conclusión | 54 |
| Implicaciones..... | 54 |

| | |
|---|----|
| CAPITULO II - Asociación de maíz (<i>Zea mays</i> L. cv. Mayorbella) con mucuna (<i>Mucuna pruriens</i> L. cv. Vine 90 días) en diferentes días de siembra para la producción de ensilaje | 56 |
|---|----|

| | |
|---------------------------|----|
| Introducción | 56 |
| Materiales y Métodos..... | 58 |
| Localización..... | 58 |

| | |
|---|----|
| Parcelas Experimentales y Tratamientos | 59 |
| Establecimiento del Cultivo | 59 |
| Composición Botánica y Rendimiento de Materia Seca..... | 60 |
| Composición Química | 60 |
| Proceso de Ensilaje y Características Fermentativas | 60 |
| Estabilidad Aeróbica..... | 61 |
| Diseño Experimental y Análisis Estadístico..... | 62 |
| Características Fermentativas | 63 |
| Estabilidad Aeróbica del Ensilaje | 64 |
| Resultados y Discusión..... | 64 |
| Composición Botánica..... | 64 |
| Composición Química | 67 |
| Características Fermentativas | 70 |
| Estabilidad Aeróbica..... | 71 |
| Conclusión | 71 |
| Implicaciones | 73 |
| Referencias..... | 75 |

LISTA DE CUADROS

| Contenido | Página |
|--|--------|
| Cuadro 1. Composición química del heno de pasto guinea asociado con clitoria (HPGC) y heno de pasto rhodes (HPR) utilizados en el ensayo metabólico. | 49 |
| Cuadro 2. Consumo voluntario de heno de pasto guinea asociado con clitoria (HPGC) y de heno de pasto rhodes (HPR). | 50 |
| Cuadro 3. Digestibilidad aparente de heno de pasto guinea asociado con clitoria (HPGC) y heno de pasto rhodes (HPR). | 53 |
| Cuadro 4. Efecto de época sobre la composición botánica y el rendimiento vegetal total. | 65 |
| Cuadro 5. Efecto del intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre la composición botánica y el rendimiento vegetal total. | 66 |
| Cuadro 6. Efecto del intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre la composición química del forraje antes de ensilarse. | 70 |
| Cuadro 7. Efecto del intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre el pH y la concentración de ácidos acético y láctico del forraje al ensilar a los 45 días de fermentación. | 72 |
| Cuadro 8. Efecto del intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre el pH, la temperatura y la materia seca recuperada en el ensilaje luego de 0, 1, 3 y 5 días de exposición aeróbica. | 74 |

LISTA DE FIGURAS

| Contenido | Página |
|--|---------------|
| Figura 1. Efecto de tratamiento sobre el consumo de materia seca con relación al peso vivo | 50 |
| Figura 2. Precipitación total durante las épocas de establecimiento del cultivo. | 58 |
| Figura 3. Efecto de interacción época por intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre la proporción de maleza. | 68 |
| Figura 4. Efecto de interacción época por intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre la concentración de PB en el forraje antes de ensilarse. | 69 |

CAPITULO I

Revisión de Literatura

Introducción

En América Latina y el Caribe la producción de vacunos para carne y leche tradicionalmente ha sido una de las principales actividades productivas del sector agrícola, lo que obedece en gran parte a la abundante dotación de sabanas y bosques con que cuenta la región. Actualmente existen alrededor de 602 millones de hectáreas y un inventario vacuno de 359 millones de cabezas, del cual 40 millones (11%) corresponden a vacas en ordeño (Holmann et al., 2003). La producción de leche y carne en esta región representa el 13% de la producción mundial y 47% de la producción de países en desarrollo en conjunto (Holmann et al., 2003). La leche y carne proveen el 20% de la proteína consumida por la población, sin embargo en estas regiones se presentan un déficit de 12% en su producción lechera que actualmente es suministrada por importaciones.

A pesar de su enorme dotación de recursos forrajeros, la ganadería de los trópicos latinoamericanos enfrenta serios problemas relacionados con la disponibilidad, calidad y productividad de las pasturas, compuestas mayormente de gramíneas naturalizadas de bajo potencial productivo. Además, ocurren períodos secos prolongados cuando la producción de forrajes resulta insuficiente para cubrir los requerimientos nutricionales del animal para crecimiento, producción de leche y mantenimiento (Romero et al., 2004). La incorporación de leguminosas en asociaciones forrajeras mejoran los rendimientos, el

valor nutritivo y la distribución estacional de las pasturas, contribuyendo al incremento de la producción animal (Shelton, 1998).

Distintas investigaciones han demostrado que la asociación de leguminosas con gramíneas representa una opción económica para mejorar la calidad del forraje ingerido por los animales, en forma directa (consumo por el animal) e indirecta (nitrógeno para la gramínea acompañante), (Thomas y Lascano, 1995, citado por Lascano, 2002). Las leguminosas aumentan el nivel de proteína de la ración, el consumo de energía y minerales e incrementan la disponibilidad de forraje a través de todo el año, sobretodo durante la estación seca cuando las gramíneas maduran rápidamente y su valor nutritivo no es suficiente para sostener la producción animal (Minson, 1990; Ullrich et al., 1994). Las características sobresalientes de las leguminosas justifican su inclusión como alternativa de suplementación en el trópico para reemplazar el uso de concentrados comerciales principalmente durante la época seca (Plaza et al., 2005).

Valor Nutricional de los Forrajes Tropicales

Se entiende por calidad del forraje su valor nutritivo, expresado en respuesta animal por unidad de alimento consumido o su concentración de nutrientes (Ulyatt, 1973). La cantidad de forraje que ingiere el ganado es quizás el factor de mayor importancia que determina su valor nutritivo (Skerman et al., 1991; Vicente-Chandler et al., 1983). Mott y Moore (1969) hicieron una distinción entre valor nutricional y calidad de los forrajes. Mientras el valor nutricional puede expresarse en términos de su composición química (concentración de nutrientes), de su digestibilidad y de la

naturaleza de los productos de la digestión, la calidad es el resultado del valor nutricional y del consumo efectivo por los animales.

Todos los forrajes difieren en su capacidad de proveer los nutrientes necesarios para llevar a cabo las funciones corporales de mantenimiento, crecimiento y reproducción (Romero et al., 2004; Van Soest, 1994), dependiendo de los cuatro componentes enunciados (consumo voluntario, concentración de nutrientes, digestibilidad y eficiencia con que los animales utilizan los nutrientes absorbidos para llevar a cabo sus funciones fisiológicas) los cuales deben considerarse en forma conjunta. Humphrey (1991) incluyó como quinto factor que debe considerarse dentro del concepto general de valor nutritivo, el que se relaciona con la presencia o acumulación de sustancias tóxicas o antinutricionales que pueden afectar la salud o el desempeño productivo de los animales. Estas sustancias pueden ser de naturaleza orgánicas (taninos, fitoestrógenos, alcaloides, glúcidos cianogénicos, aminoácidos tóxicos, leptinas, terpenos y micotoxinas) o inorgánicas (minerales y sales), de naturaleza intrínseca (genética) o extrínseca (ambiental), (Ramos et al., 1998).

Composición Química

Para determinar la composición química de los forrajes existen diversos métodos, entre los cuales están: el análisis próximo de Weende y el esquema de análisis de Van Soest (Yapes et al., 2003; Crowder et al., 1982). El análisis próximo de Weende fracciona el alimento en cinco partes: proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN) y cenizas (Yapes et al., 2003). Este esquema presenta el inconveniente de no representar la concentración real de fibra

presente en los forrajes (Crowder et al., 1982). El fraccionamiento químico de Van Soest consiste en dividir la materia seca de las plantas en dos componentes mediante la determinación de la fibra detergente neutro (FDN). Por un lado el contenido celular agrupa los constituyentes solubles (azúcares, almidones, fructosanas, pectinas, proteínas, nitrógeno no proteico, ácidos orgánicos lípidos, minerales y vitaminas) mientras el otro (FDN) representa la pared celular, que agrupa la celulosa, hemicelulosa, la lignina y la parte de la materia mineral. El método FDN suministra la mejor estimación de la concentración total de la fibra del alimento y está estrecha e inversamente relacionado con la capacidad de consumo de alimento (Yapes et al., 2003). Para determinar la fracción fibra detergente ácido (FDA) se somete la muestra a una digestión ácida que separa como residuo la parte insoluble, representada por la celulosa, lignina, el sílice y el nitrógeno no soluble en detergente ácido (NNSDA). La FDA está estrechamente relacionada con la fracción no digestible del forraje y es un factor de importancia en el cálculo del contenido energético del mismo (García et al., 2005; Crowder et al., 1982). El análisis de Kjeldhal consiste en la estimación de la proteína total basada en el contenido de nitrógeno orgánico del alimento multiplicado por una constante ($N \times 6.25$). La PB incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico (NNP), tales como el nitrógeno ureico y el amoniacal (García et al., 2005). El valor de la PB no suministra información acerca de la composición en aminoácidos, ni de la digestibilidad intestinal de la proteína o cuan aprovechable es en el rumen (García et al., 2005).

La composición química indica la concentración de los principales nutrientes de un alimento dado. No obstante, no indica la eficiencia de utilización de estos nutrientes por parte del animal (Rodríguez, 1990). En los trópicos, las fluctuaciones en la composición

química de los pastos y forrajes son grandes, debido a los cambios drásticos del clima y la pobreza nutricional de los suelos (particularmente nitrógeno), (Rodríguez, 1990). Además, la alta humedad e intensidad del calor induce a una rápida maduración fisiológica de la planta, produciéndose aumentos en el contenido de pared celular y una disminución en los carbohidratos solubles (Crowder et al., 1982). La composición química de los forrajes es muy variable y está influenciada por factores de tipo ambiental, biótico y de manejo (Eusse, 1994). El abonamiento, la parte de la planta, la edad, la forma de cosechar, el suelo y otros factores modifican notablemente la composición química de las forrajeras (Vicente-Chandler et al., 1983).

Consumo Voluntario

La cantidad de forraje que un animal puede consumir durante un día, sin limitaciones de tiempo ni de disponibilidad, es lo que se conoce como consumo voluntario (CV), y es probablemente, el principal factor determinante del desempeño productivo de los animales en pastoreo. Por estar correlacionado con la digestibilidad y con la eficiencia de utilización de los nutrientes absorbidos (Vicente-Chandler et al., 1983; Crowder et al., 1982), el CV también juega un papel importante en la definición o determinación del valor nutricional de los forrajes. El consumo de forraje es una característica de suma importancia en la producción animal, cuya medición permite establecer la racionalidad de las prácticas de alimentación. Es fundamental en la nutrición ya que determina el nivel de nutrientes ingeridos. La digestibilidad y la utilización de los nutrientes absorbidos son, en este sentido una descripción cualitativa del consumo neto (Van Soest, 1994).

Las investigaciones que se han realizado para determinar el CV y los factores que lo afectan son numerosas y de ellas se han postulado diversas teorías que lo relacionan con la capacidad física de los animales, la cantidad de nutrientes absorbidos en relación a los requerimientos de los animales, y factores homeotérmicos (Allen, 1996). Según Forbes (1996), es posible que todos los factores que afectan el CV en los rumiantes no sean mutuamente excluyentes y deberían ser interpretados de una manera integral. Por lo tanto, la estimación del CV de forrajes no se puede lograr tomando en consideración sólo los atributos del forraje (composición química, tamaño de partícula etc.) o del animal (edad, sexo, estado fisiológico, capacidad del tracto digestivo), a menos que alguno de estos factores sea de tal magnitud que enmascare los efectos del resto. Probablemente los factores de tipo físico han sido los que han recibido la mayor atención como reguladores del CV de forrajes por los rumiantes, debido a la relación inversa de éste con la voluminosidad (Balch y Campling, 1962) y con la concentración de FDN en los forrajes (Waldo, 1986).

La capacidad física del retículo-rumen es una característica biológica influenciada por la edad, sexo y raza de los animales. La capacidad fisiológica (llenado), sin embargo, es más difícil de definir, ya que involucra la capacidad física (volumen) real, la capacidad de reserva (dada por la elasticidad de las paredes), densidad y tamaño de las partículas del alimento consumido (espacios inertes), tasa de degradación y tiempo de retención, entre otros. En muchos casos se ha demostrado que el consumo de forraje de alta voluminosidad se ve disminuido por la distensión de las paredes retículo-rumen y la activación de los tenso-receptores ubicados en las paredes del retículo y del saco craneal del rumen (Leek, 1986). Sin embargo, la relación entre el llenado del retículo-rumen y la

disminución en el CV no es lineal y tiende a desaparecer cuando el animal consume forrajes de alta digestibilidad (Van Soest, 1994). Para forrajes tropicales, es posible que las limitantes físicas, y algunos efectos climáticos, sean los que juegan un papel más importante en la regulación del CV.

Digestibilidad

La digestibilidad aparente mide la desaparición de los nutrientes en su paso a través del tracto digestivo del animal como la diferencia entre la ingestión y la excreción fecal (Maynard et al., 1981) y es otro de los factores más importantes para la utilización de los forrajes. La digestibilidad depende de la proporción relativa de las dos fracciones, potencialmente digeribles y completamente digeribles presentes en los alimentos (Crowder et al., 1982). La digestibilidad de la fracción potencialmente digerible, depende de las propiedades químicas intrínsecas de los carbohidratos estructurales en la pared celular y de su relación estructural con otros componentes (lignina y sílice) presentes (Minson, 1990). La digestibilidad está correlacionada negativamente con la madurez de la planta debido al creciente contenido de las fracciones de la pared celular. A medida que la planta madura su contenido de celulosa y lignina aumenta y la primera se torna cristalina, lo que la hace más difícil de digerir (Vicente-Chandler et al., 1983; Crowder et al., 1982; Campling, 1970). En promedio, la fracción completamente digerible en forrajes tropicales varía entre 25 y 35%, la potencialmente digerible entre 47 y 63% y la completamente indigerible entre 12 y 18% (Van Soest, 1994). La mayoría de los resultados de investigaciones, tanto *In Vivo* como *In Vitro*, indican que la digestibilidad aparente de la materia seca de los forrajes tropicales varía entre 45 y 65%,

lo que implica que se utiliza menos del 50% de la fracción potencialmente digerible. Se ha indicado (Minson, 1980) que las gramíneas de clima tropical (C₄) son, en promedio, 13% menos digeribles que las gramíneas de clima templado. Esta diferencia se ha atribuido a temperaturas ambientales más altas (Ford et al., 1979) y a diferencias anatómicas (relación hoja: tallo) en las partes vegetativas (Minson, 1990). Se ha documentado los efectos de la temperatura ambiental sobre la digestibilidad de los forrajes (Wilson, 1983; Hacker y Minson, 1972). En general, los resultados indican una relación inversa entre digestibilidad y temperatura.

Eficiencia en su Utilización

Los forrajes, además de proveer nutrientes, deben favorecer una actividad saludable del rumen, promoviendo un patrón de fermentación balanceada y propiciando así una buena eficiencia en la utilización de los nutrientes y altos niveles de producción animal (Cancel, 2002). El patrón de fermentación ruminal de los forrajes conduce a la formación de una alta proporción de acetato. Blaxter (1962) determinó una baja eficiencia energética en la utilización de este producto de la digestión luego de su absorción, aunque estudios posteriores han demostrado una gran variabilidad al respecto (Van Soest, 1994). Conjuntamente con el acetato ocurre la formación de gran cantidad de metano que establece una pérdida energética importante, a la vez que constituye un gas con efecto adverso sobre el ambiente (McCaughey et al., 1997). Se ha postulado una baja utilización del acetato en dietas altas en forrajes debido a la falta de suficiente propionato y aminoácidos gluconeogénicos para proveer, vía gluconeogénesis, el agente reductor (NADPH) para la síntesis de lípidos (Madsen, 1983), resultando en un alto incremento

calórico (Parker, 1994). Se trata de la operación simultánea de dos reacciones opuestas que conducen a la hidrólisis del ATP y a la dilapidación de su energía libre como calor (Niemeyer, 1978). Al respecto, Kennedy (citado por Correa, 2004) señaló que la ineficiencia en el uso de la energía causada por un desbalance de nutrientes puede incrementar la carga calórica a menos que el consumo de alimento se reduzca. Esta ineficiencia puede resultar, según el autor, en una baja relación de materia orgánica: aminoácidos en animales de climas cálidos cuando se compara con los de climas templados. El suministro de aminoácidos absorbibles en el tracto posterior mejora la utilización del acetato al promover la síntesis de glucosa (Parker, 1984). Por ende se ha sugerido la necesidad de modificar el patrón de fermentación en el rumen de tal forma que se favorezca la formación de propionato y se reduzca la del acetato o se mejore el suministro de aminoácidos absorbibles a nivel intestinal.

Factores Inherentes al Animal

La presencia de alimento en el tracto digestivo estimula una amplia gama de receptores mecánicos, químicos y de temperatura y esa información es enviada al sistema nervioso central (Forbes, 1996). Es necesario alcanzar un claro entendimiento de los factores que regulan a corto plazo (cantidad consumida) y a largo plazo (grasa corporal) el apetito y el consumo de alimento (Reynolds y Benson, 2004).

Sistema Nervioso Central

La ingestión de alimento por el animal está controlada por mecanismos fisiológicos que llevan al animal a iniciar y a finalizar el consumo en un momento dado;

es un aspecto multifactorial controlado por el hipotálamo (Bondi, 1988) y debe responder a los requerimientos del estado fisiológico en que el animal se encuentra (crecimiento, gestación, lactación, movilización y otros). Los receptores mecánicos, químicos y de temperatura transmiten su información a través del nervio vago al sistema nervioso central y éste ejerce su regulación por nervios del sistema nervioso simpático (Forbes, 1996). El primer efecto de la indigestión es físico (distensión ruminal) y es seguido por los efectos de los productos de la digestión (efecto químico), los cuales son detectados por receptores situados en el rumen, intestino delgado, hígado y cerebro (Forbes, 1996). Además se incrementa el efecto rápidamente por la producción de calor (Bondi, 1988).

Neuropéptidos

El consumo de alimento es un importante componente en el balance energético del cuerpo y ciertos péptidos están involucrados en la interfase entre el regulador del balance de energía y el control del consumo alimenticio (Woods y Gibbs, 1989). Se ha observado que la endorfina, la donorfina y la metencefalina estimulan el consumo (Baile y McLaughlin, 1987). En contraste, la colecistocinina (CCK) y el péptido YY (PYY), que son liberados en la circulación sanguínea después de la ingesta y cuya concentración postprandial es proporcional a la cantidad consumida, reducen el consumo y están relacionados con la sensación de saciedad (Baile y McLaughlin, 1987).

Leptina

La leptina es una hormona producida en el tejido adiposo y posee un efecto anoréxico, que tiende a mermar la ingestión, e intensifica la respuesta de saciedad de la

CCK circulante (Blevins et al., 2002). La leptina parece tener un papel a largo plazo en el control de la saciedad, mientras que la CCK actúa en el control a corto plazo, y conjuntamente para mantener la homeostasis del peso corporal (Blevins et al., 2002).

Insulina

La insulina podría estar involucrada en el mecanismo regulatorio del control del consumo a corto plazo (Chase et al., 1977). Se ha afirmado que la insulina estimula el consumo de alimento en corderos, presumiblemente porque reduce los niveles circulantes de glucosa (Baile y McLaughlin, 1987). Sin embargo, otros autores, consideran que la hipoglucemia sola no está necesariamente asociada con la estimulación del consumo de alimentos. Algunas hormonas, tales como la oxitocina y la CCK, pueden afectar la motilidad gastrointestinal y así, indirectamente, el consumo (Bell, 1984).

Esteroides

Las hormonas esteroides son derivadas del colesterol, y sintetizadas en varios tejidos, principalmente las glándulas suprarrenales y las gónadas (Murray et al., 1988). Los esteroides anabólicos endógenos y los sintéticos son estimuladores del crecimiento. En rumiantes, las dosis bajas de estrógeno, tales como se usan en los promotores del crecimiento, estimulan el consumo ligeramente; en cambio las dosis altas lo deprimen (Febres, 2005).

Ácidos Grasos Volátiles

Los ácidos grasos volátiles se producen en grandes cantidades en el rumen y son absorbidos por la pared de dicho órgano. Los ácidos orgánicos presentes afectan el pH, la presión osmótica y la motilidad ruminal (Bondi, 1988). Cuando el pH ruminal baja alrededor de 5.0 debido a una acumulación de ácido láctico, ocurre una paralización del rumen al inhibir la motilidad retículo-ruminal que produce la hipofagia (Forbes, 1986).

La tasa de eliminación del acetato luego de su absorción del sistema digestivo se ve afectada por el balance de nutrientes disponibles, particularmente por las proporciones acetato: propionato y acetato: aminoácidos (Preston y Leng, 1989). Si existe acetato suficiente, pero no así glucosa para proveer NADPH y ATP para la síntesis de tejido adiposo, el exceso de acetato disminuirá el consumo (Illius y Jessop, 1996). Se puede suponer que la tasa de eliminación del acetato es un factor integrante principal que del consumo alimenticio, ya que en general, los factores ambientales y fisiológicos que incrementan el consumo, aumentan la tasa de metabolismo del acetato.

Los factores que generalmente reducen el consumo están asociados ya sea con el incremento en la disponibilidad del acetato en relación con otros nutrientes (Ej. dietas pobres en N) o con una disminución en la utilización del acetato en relación con otros nutrientes (Ej. estrés por calor) (Preston y Leng, 1989). Por otro lado se ha postulado que el ácido propiónico juega un papel regulador del consumo de alimentos y actúa como un indicador de la tasa de absorción de todos los AGV'S (Forbes, 1996).

Estado Fisiológico y Raza del Animal

Crecimiento

Durante la etapa del crecimiento, el animal va cambiando su consumo para ajustarlo a sus cambiantes requerimientos (Forbes, 1986). El animal en crecimiento presenta un consumo mayor de alimento por unidad de peso metabólico que un adulto no lactante (Ruiz y Vázquez, 1983). En los becerros el consumo aumenta con la digestibilidad del alimento, siendo indicativo de una limitación física (Forbes, 1986). En la medida que el animal se acerca al tamaño adulto si su dieta es de alta calidad se establece una relación negativa entre el consumo de materia seca (MS) y la digestibilidad (Forbes, 1986).

Gestación

La gestación produce un aumento sustancial del apetito, el cual fue medido y demostrado en novillas (Bines, 1976). En el caso de vacas lecheras los requerimientos de energía para el desarrollo del feto son pequeños al comienzo de la gestación, más tarde cuando se incrementan ya ha declinado la producción de leche, no creándose así un conflicto serio (Bines, 1976). Se ha observado que las vacas en el último mes de gestación pasan menos tiempo comiendo que durante temprana gestación o cuando vacías (Forbes, 1986).

Lactación

Si la nutrición es adecuada, la vaca lechera continúa creciendo durante las primeras 2 ó 3 lactaciones y alcanza su tamaño físico maduro a los 6-7 años de edad

(Febres, 2005). Al aumentar el tamaño corporal, también aumenta la capacidad de ingestión (Bines, 1976). Inmediatamente después del parto, la producción de leche incrementa rápidamente hasta alcanzar el pico entre los 35-50 días. Durante este período el gasto de energía generalmente es mayor que el consumo el cual aumenta gradualmente. Al avanzar la etapa de lactación la producción de leche comienza a declinar, el apetito se mantiene alto y la vaca comienza a recuperar peso. La eficiencia en la utilización de la energía del alimento para producir leche podría ser mejorada minimizando las variaciones cíclicas de peso vivo (Bines, 1976). La energía metabolizable disponible por encima de las necesidades de mantenimiento, se convierte en leche con un 70% de eficiencia y en grasa corporal con un 58% (Blaxter, 1964). En un estudio se observó que a los 50 días de lactación se segregaba en la leche un 25% más de energía que la obtenida del alimento. El punto entre los 90 y 91 días posparto marcó el cambio metabólico cuando el flujo energético comenzó a desviarse desde la glándula mamaria hacia las reservas corporales. Al día 100 se dedicaba un 2% de la energía retenida al incremento de peso y al día 300 el 28% (Ruiz y Vázquez, 1983). Se estimó que con una dieta de 80% de digestibilidad ocurre una limitación física al consumo sólo durante unas tres semanas alrededor del pico de lactación, mientras con una dieta de 70% de digestibilidad, dicha limitación duró gran parte de la lactación. Hasta pequeños cambios en la digestibilidad pueden inducir diferencias significativas en el consumo (Febres, 2005).

Raza

La raza no es una variable única, en ella se combinan varios factores intrínsecos como tamaño corporal, habilidad para producir o crecer y la tasa metabólica. El genotipo

y la etapa de desarrollo del animal influyen las necesidades de nutrientes (Preston y Leng, 1989). Sería lógico suponer que los animales *Bos indicus* oriundos de climas tropicales exhibieran un consumo voluntario relativamente mayor al de las razas tipo europeo (*Bos taurus*) bajo condiciones calurosas. Sin embargo, los animales cebuínos tienen menor capacidad retículo-ruminal (Casas et al., 1997) y saturan su capacidad física en corto tiempo de pastoreo. Los animales cebuínos también tienen un menor potencial de crecimiento y alcanzan su madurez fisiológica a mayor edad que los de razas europeas (Illius y Jessop, 1996).

El ganado cebuino presenta una tasa metabólica inferior y en consecuencia posee un potencial menor de producción. Hay un aumento en la tasa metabólica en los animales cebuínos seleccionados para alta producción (Preston y Leng, 1989; McDowell, 1975). También se ha observado que el ganado cebuino y sus cruces tienen un mayor consumo voluntario de algunos tipos de forrajes que las razas europeas (Howes et al., 1963) y se ha sugerido que esto es debido a una tasa de fermentación mayor que le permite a los cebuínos utilizar mejor los forrajes toscos y de baja calidad nutritiva (McDowell, 1975).

Factores Inherentes a la Dieta

El consumo de forrajes no depende exclusivamente de los tributos del alimento o de la capacidad del tracto digestivo del animal, pero estos factores pueden ser tan importantes que permitan una predicción bastante precisa del consumo (Forbes, 1996). Los rumiantes están obligados a retener los alimentos por varias horas en el retículo-

rumen para permitir la fermentación microbiana; este almacenaje es una limitante a la capacidad física y al consumo (Febres, 2005).

Las características físico-químicas de las materias ingeridas que afectan el llenado y vaciado del rumen son: a) la solubilidad; b) la fracción insoluble pero fermentable; c) la constante de la tasa de fermentación y d) la tasa a la cual las partículas grandes son reducidas de tamaño. Otras características que dependen del animal son: a) la remoción de las partículas pequeñas y b) el volumen del rumen (Ørskov, 2005). La rumia aumenta la tasa de reducción del tamaño de las partículas y esto aumenta la tasa de vaciado; al mismo tiempo, la rumia está acompañada de un incremento de actividad muscular del rumen y la circulación del contenido (Forbes, 1998).

Energía

El factor más importante en determinar la ingestión total de energía por los rumiantes es el consumo voluntario y el animal debe poseer un mecanismo que regule el consumo en función del balance energético (Burns et al., 1991). Cuando los animales reciben alimentos de baja calidad (poco digeribles) pero en los cuales no existen desequilibrios nutricionales, la distensión ruminal y la fatiga son probablemente los mayores estímulos que interaccionan para reducir el consumo (Preston y Leng, 1989). En cambio, al recibir una dieta altamente digerible el animal ajusta su consumo en relación a su demanda fisiológica más que al llenado del rumen (Montgomery y Baumgardt, 1965).

En animales en pastoreo, la principal forma en que se absorbe la energía metabolizable es en los AGV'S provenientes de la fermentación ruminal, pero el estrés

térmico reduce la cantidad de AGV'S producidos en el rumen (McDowell, 1985). Según otro postulado, el desequilibrio de los nutrientes presentes en el forraje es, en general, lo que limita su consumo (Preston y Leng, 1989). Dicha influencia de la baja hace patente luego de balancear bien los nutrientes.

Proteína Bruta (PB)

Generalmente el consumo se disminuye al bajar la concentración proteica de la dieta (Forbes, 1986). En los rumiantes el nivel dietético crítico de N es más bajo que en otros animales debido a su capacidad de reciclarlo al rumen a través de la saliva en forma de urea (Forbes, 1986). Se ha postulado que los bajos niveles dietético de N disminuyen el consumo porque limitan la fermentación ruminal, la velocidad de pasaje de la digesta (Ruiz y Vázquez, 1983) y la tasa de degradación de la celulosa (Forbes, 1986).

La suplementación de la dieta con proteína sobrepasante muchas veces incrementa el consumo (Preston y Leng, 1989; Forbes, 1998). Es posible que en ciertos casos los follajes de leguminosas ricas en taninos sean mejores fuentes de proteína sobrepasante que aquellos con contenidos bajos. Se postula que los taninos condensados forman enlaces con las proteínas durante el proceso de masticación y esto reduce la tasa de degradación ruminal (Febres, 2005). Cuando se utilicen plantas con contenidos altos en taninos como suplemento alimenticios, en concentraciones menores del 25% de la MS de la dieta, es poco probable que causaran problemas serios de actividad antinutricional (Preston y Leng, 1989).

Fibra Detergente Neutro (FDN)

Detmann et al. (Citado por Febres, 2005) hicieron una revisión de 45 trabajos que relacionaron el consumo voluntario con la FDN dietética en bovinos en confinamiento bajo condiciones tropicales. El nivel dietético de nutrientes digestibles totales fue negativamente correlacionado con el de FDN ($r = -0.60$; $p < 0.01$), pero se encontró una relación directa y constante entre el consumo de FDN y el consumo total. Por el contrario, las indicaciones señalan una inconsistencia entre los puntos de máximo consumo de MS y de FDN. En cambio, numerosos trabajos bajo condiciones templadas han demostrado que al variar la relación forraje: concentrado en dietas para vacas en producción y al añadir paja en dietas para novillos la ingestión de la FDN está relacionada con el llenado del rumen y la disminución del consumo de MS (Allen, 1996; Ørskov et al., 1991).

Minerales y Vitaminas

La primera señal de deficiencia de muchos minerales o vitaminas es una reducción en el consumo voluntario y esto es debido a la desaceleración de una o más rutas metabólicas relacionadas con la utilización de la energía (Forbes, 1986). El pasto es la principal fuente de energía para muchos animales, pero a menudo su contenido de sodio es bajo y su contenido de potasio es alto (Bell, 1984). Los animales pastoreando libremente tienen la habilidad para seleccionar plantas que son más altas en sodio. El ganado con dicha deficiencia puede asumir una conducta extraña a objeto de obtener sal y restablecer una homeostasis del sodio (Bell, 1984).

Palatabilidad

El sabor juega un papel biológico fundamental en relacionar al animal con su medio ambiente y promueve el consumo de lo agradable y el rechazo de lo inapetecible (Bell, 1984). El ganado posee receptores de sabores en la lengua que responden a cuatro sabores básicos: salado, dulce, amargo y ácido. Las variaciones en la intensidad de estos sabores son informadas en forma continua al centro cerebral de percepción (Bondi, 1988).

También el olor puede afectar el consumo (Preston y Leng, 1989). Se ha determinado que el alimento contaminado con heces es rechazado por animales sanos, mientras que el ganado con bulbotomía olfatoria ingiere el alimento contaminado (Bell, 1984). El ganado posee una habilidad específica para detectar sales de sodio por el olor (Bell, 1984). Se ha sugerido que los animales utilizan el sabor, el olor y estímulos táctiles para diferenciar las especies vegetales (Forbes, 1986).

Forma Física de la Dieta

La forma y las propiedades físicas del alimento influyen las cantidades consumidas y los mecanismos ingestivos (Baile y McLaughlin, 1987). El tamaño de partícula en la dieta incide en el consumo de MS (Burns et al., 1991). Los granos son consumidos en grandes cantidades y con poca frecuencia de comidas, mientras que el heno es consumido más frecuentemente y en menores cantidades por toma (Baile y McLaughlin, 1987).

Los forrajes molidos o peletizados son consumidos en mayor cantidad que los largos y esto se explica por un incremento en la velocidad de pasaje (Ruiz y Vázquez,

1983), aun cuando las contracciones cíclicas bifásicas del rumen se presentan más débiles (Forbes, 1998). Esto se debe a que las partículas de diámetro cercanas a 1 mm predominan en la digesta que pasa por el orificio retículo-omasal (Burns et al., 1991). El acto de comer aumenta la frecuencia de las contracciones ruminales y la motilidad acelera la salida de la digesta y potencialmente aumenta el consumo voluntario (Forbes, 1998). El consumo excesivo de alimentos concentrados pueden conducir a la inapetencia y causar condiciones anormales como acidosis ruminal, laminitis y abomaso desplazado (Stone, 2004).

Factores Ambientales

Temperatura

Cuando la temperatura ambiental está cerca o por encima del nivel crítico superior que limita la zona termo neutral, comienza una reducción en el consumo. El consumo de MS por las vacas lecheras se reduce marcadamente cuando la temperatura excede los 26 °C (West, 2003; McDowell, 1985). Muchas de las respuestas fisiológicas al estrés térmico son estrategias para mantener la temperatura corporal óptima (West, 2003). Al reducir el consumo de MS se disminuye el calor generado por la fermentación ruminal (McDowell, 1985), especialmente cuando la dieta contiene elementos fibrosos que producen fermentaciones formadoras de mucho acetato y poco propionato. Además, de ser las dietas deficitarias en proteína, pudiera no existir suficiente glucosa disponible para cubrir todas las necesidades tisulares, lo que resulta en la producción de grandes cantidades de calor corporal y una rápida merma en el consumo (Preston y Leng, 1989).

En tales casos el sólo hecho de suplir los nutrientes complementarios regula la fermentación y explica un aumento en el consumo.

Humedad Relativa

Están muy interrelacionados y afectan el consumo de alimentos, la velocidad del viento, la humedad relativa y la radiación solar (McDowell, 1985). Bajo condiciones calurosas la disipación de calor corporal se logra en gran parte mediante la evaporación a través de la piel y los pulmones, pero mientras más cargada de humedad esté la atmósfera, más difícil resulta el enfriamiento evaporativo (West, 2003). Los animales tienden a cambiar sus hábitos de pastoreo a fin de adaptarse a las horas climáticamente más convenientes (Febres, 2005).

Gramíneas y Leguminosas Tropicales (Características Generales)

Gramíneas

Las gramíneas constituyen la base fundamental de la alimentación de los rebaños bovinos en el trópico (Elizondo et al., 2003). Sin embargo, en cierta época del año la oferta de materia seca y la calidad de la misma son insuficientes para satisfacer los requerimientos mínimos de los animales en pastoreo (Razz et al., 1997). Las gramíneas tropicales se caracterizan por un alto contenido de carbohidratos estructurales, bajos contenidos de carbohidratos solubles y proteína total inferior al 7% (Hernández et al., 2005; Hess et al., 1992; Skerman et al., 1992). Por efecto de las condiciones climáticas, especialmente la alta radiación solar, se lignifican rápidamente y presentan una digestibilidad menor del 55% (Van Soest, 1994; Hess et al., 1992). En términos

generales, la producción que se obtiene de los animales alimentados a base de gramíneas tropicales se ve limitada por una relativamente baja digestibilidad y poco consumo de materia seca (Ellis et al., citado por Ørskov, 2005). A esto contribuyen su alto contenido de carbohidratos estructurales y su baja densidad física. Un aumento en la digestibilidad de las fracciones potencialmente digeribles o en la velocidad de paso de las fracciones no digeribles, son estrategias para procurar un aumento importante en el consumo de nutrientes digeribles (Pinzón et al., 2001).

Leguminosas

Las leguminosas se encuentran ampliamente distribuidas en todo el mundo, constituyen una de las más extensas familias del reino vegetal y juegan un papel preponderante en la agricultura y en la fertilidad de los suelos (Eusse, 1994). Ríos et al. (2001), señalaron que constituyen el tercer grupo de plantas con flor más grande con más de 19,000 especies distribuidas en 750 géneros. Se distinguen por su simbiosis con bacterias del género *Rhizobium* y con otros organismos intercambiantes de nitrógeno y del aporte de este nutriente al sistema (Graham et al., 2003; Guiller, 2001). Por su amplia adaptabilidad en lo que al clima y suelo se refiere, es posible encontrarlas en casi todas las formaciones ecológicas existentes (Eusse, 1994). Las leguminosas son utilizadas para consumo humano, como abono verde, como cultivos de cobertura y como productoras de forraje (Eusse, 1994). Son excelentes fuentes de proteína y minerales para rumiantes en pastoreo (Ríos et al., 2001; Eusse, 1994; Humphreys, 1991). En los trópicos, las especies forrajeras leguminosas, por su contenido de proteína (15-30% en base seca), representan el recurso forrajero con mayor potencial para aumentar la producción animal (Skerman et

al., 1991; Smith y Van Houter 1987). La solubilidad y la digestibilidad de su proteína las hacen atractivas como fuente de alimento suplementario (Humphreys, 1991; Minson, 1991). Sin embargo, existen limitantes en su uso entre las que se encuentran factores ecológicos, lento establecimiento en algunas especies y presencia de factores antinutricionales o metabolitos tóxicos. Por lo tanto, en muchos casos su utilización, como único alimento o como un alto porcentaje de la dieta no es lo indicado (Ríos et al., 2001; Humphreys, 1991).

Uso de las Leguminosas

Una de las alternativas para mejorar la calidad de las praderas tropicales es la introducción de leguminosas persistentes y compatibles con las gramíneas (Hernández et al, 2005). La forma de utilizar las leguminosas, como elemento para mejorar la alimentación animal, ya sea en asociaciones con gramíneas, como banco de proteína o en franjas, dependerá del programa de manejo y de las facilidades disponibles en las unidades de producción (Hernández et al, 2005; Ríos et al., 2001). La asociación de gramíneas con leguminosas representa una opción económica, para mejorar la producción animal en las regiones tropicales (Sánchez, 1998; Hess y Lascano, 1999).

Leguminosas en Asociaciones

El establecimiento de pasturas en que se intercalan cultivos es un sistema eficiente para aprovechar mejor la radiación solar, lograr una rápida cobertura del suelo y un uso eficiente de los nutrimentos, incrementar la variabilidad de productos cosechados por unidad de superficie y mejorar la dieta de los animales (Quiroz et al., 2003; Pérez et al.,

1993). Hernández et al. (2005) definen las asociaciones de leguminosas con gramíneas como una interrelación armónica y equilibrada entre una o más especies de cada tipo. Estas asociaciones se pueden realizar con leguminosas nativas, que ya se encuentran en el pastizal o con especies introducidas. El establecimiento de una asociación gramínea-leguminosa, requiere de ciertos arreglos de siembra, para evitar los efectos de competencia, que provoquen el dominio o desplazamiento de algunos de los componentes botánicos y manejo posterior para mantenerlos estables en el tiempo y en el espacio en la pradera (Hernández et al., 2005). Para obtener el máximo beneficio de las asociaciones, la proporción de las leguminosas en la pradera debe ser entre el 20 a 40% ya que valores mayores o menores, traen como consecuencia, disminución en la producción de forraje por unidad de superficie (Hernández et al., 2005). Se estima que una proporción de 30 a 45% de leguminosas en una pradera asociada, tiene el mismo potencial para producir ganancias de peso vivo que praderas de gramíneas solas, como *Brachiaria* o *Cynodon*, fertilizadas con 80 a 150 kg de N/ha y año (Pinzón et al., 2001)

Hess et al. (1999) en Carimagua, Colombia, evaluaron la ganancia de peso en novillos cruzados (brahman x criollo) en pastoreo de *B. humidicola* sola o asociada con *Arachis pintoii*, bajo dos cargas animales (baja, 2 animales/ha y alta, 4 animales/ha). Encontraron que la ganancia de peso por animal en la pastura asociada fue 30% mayor que en la gramínea sola y 40% menor en las pasturas con baja que con alta carga animal. Baars et al. (1996) evaluaron diferentes gramíneas (*C. nlemfuensis*, *B. decumbens* y *Hyparrhenia ruffa*) y leguminosas (*A. pintoii* CIAT 17434, *Stylosanthes hamata*, *Stylosanthes scabra* y *Macroptilium atropurpureum*) y reportaron bajos valores de proteína total (5.0 y 6.4 %) y DIVMS (53 y 36 %) de las gramíneas, en la época seca y

lluviosa, respectivamente. Las leguminosas asociadas presentaron más altos contenidos de proteína, de 10.0 a 17.5%, en ambas épocas en comparación con las gramíneas. La DIVMS fue más alta en las leguminosas que en gramíneas en la época seca con valores de 42.5 a 66.8% y de 31.8 a 40.4%, respectivamente; mientras en la época de lluvia, los valores fueron similares entre ambos grupos de forrajeras (47.5 a 62.1%). Espinoza et al. (2001) evaluaron la concentración de PB del pasto King grass (*Saccharum sinense*, Roxb) con fertilización nitrogenada a razón de 50 kg después de cada corte y King grass sin fertilizar, pero asociado con cuatro leguminosas herbáceas (*Psophocarpus tetragonolobus*, *M. atropurpureum*, *Centrosema macrocarpum* y *Centrosema pubescens* CIAT 5634); la concentración de PB para los respectivos tratamientos fue de 8.7, 9.1, 9.7, 9.8 y 10.5%.

Leguminosas en Bancos de Proteína

Se denominan bancos de proteína a la siembra de especies herbáceas o arbustivas, con follaje de alto contenido proteico, distribuidos en arreglos de altas densidades de plantas. Pueden cosecharse y brindarse a los animales, mediante un sistema de corte y acarreo o bien ser pastoreados directamente, por lo general, durante 1.5 a 2.5 horas por día (Hernández et al., 2005). Para implantar este sistema se requiere de especies de alta producción de materia seca, buen desarrollo durante época seca y alto valor nutritivo. El uso de bancos de proteína es una de las prácticas de manejo de pastos que inciden favorablemente en el peso de los animales. Los bancos de proteína proveen forraje de alta calidad durante las épocas críticas del año, tiempo en el cual el pastizal decae en productividad y valor nutritivo, limitando su consumo y utilización por parte de los

animales (Espinoza et al., 2001). En el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) se evaluó el uso de un banco de proteína de *S. guianensis*, con terneros de 1 a 3 meses de edad, que pastorearon libremente con sus madres después del ordeño y recibieron la leche residual en la ubre. El grupo testigo recibió la leche equivalente a un cuarto de la ubre, al momento del ordeño y tenía acceso a pastorear gramíneas después del ordeño. La ganancia de peso de los terneros con acceso al banco de proteína, fue 30% superior al grupo testigo, con ganancias diarias de peso de 389 y 297 g, respectivamente, durante los 90 días que duró el experimento (Holmann et al., 1999).

Lascano et al. (1990) evaluaron el efecto de la suplementación con bancos de proteína o de energía en una sabana nativa sobre la ganancia de peso en novillos encastados con cebú, en los Llanos Orientales de Colombia. Los tratamientos evaluados fueron: 1) sabana nativa sola; 2) sabana nativa con banco de proteína (*Pueraria phaseoloides*) y 3) sabana nativa con banco de energía (*A. gayanus* cv. Carimagua 1 asociado con *S. capitata* cv. Capica), manejados con dos cargas contrastantes (0.25 ó 0.50 animales/ha) y con quema secuencial en tres épocas del año. En ambas cargas las ganancias de peso fueron mayores cuando los animales tuvieron acceso al banco de energía. Sin embargo, el aumento atribuible al banco de proteína fue mayor en la carga baja (52%) que en la alta (29%). En un segundo estudio estos autores encontraron que las ganancias anuales de peso de los animales con acceso a un banco de energía fueron 39% mayores que en aquéllos sin acceso, y la respuesta positiva de los animales fue mayor a la carga baja (49%) que a la alta (29%). Por otro lado, las ganancias de peso en la época seca fueron mayores en los animales con acceso al banco de energía, en

comparación con los que tuvieron acceso al banco de proteína (43.5 contra 34.5 kg/animal).

Ruiloba (1990) evaluó el efecto de un banco de kudzú (*P. phaseoloides*) entre 3 y 5 meses de edad como fuente de proteína en vacunos adultos para la producción de leche en Panamá. Informó un promedio de consumo diario de MS de 54 g/kg de PV, siendo en las épocas seca y lluviosa de 74 y 41 g/kg PV, respectivamente. En época de lluvia, durante la primera hora de pastoreo en el banco de proteína se encontró un promedio de consumo de 2.1 kg de MS de kudzú, lo cual equivale a un consumo adicional de 400 g de PB. En época de sequía el consumo de MS de kudzú en una hora de pastoreo varió entre 3 y 4 kg. Incorporado en raciones completas, el consumo diario de heno de kudzú ha sido de 4.2 kg, equivalente a 675 g de PB y a 60% de los requerimientos de vacas que producen 7.5 L de leche/día.

Leguminosas en Franjas

Otra alternativa de utilizar las leguminosas, especialmente aquellas de difícil manejo, se refiere a su establecimiento en franjas en una pradera de gramíneas (Hernández et al., 2005). Esta estrategia de asociación es una alternativa para rehabilitar pasturas degradadas (González et al., 1996; Holmann et al., 1999). Se recomienda, cuando se desea asociar gramíneas agresivas (Enríquez et al., 1999). El ancho de las franjas sembradas puede ser de 5 y 7 m, para la gramínea y leguminosa, respectivamente. En un estudio de dos años de duración realizado por el CIAT se evaluó la producción de leche por vacas de doble propósito pastoreando en una pradera de *B. brizantha* sola o asociada con dos proporciones (20 y 30%) de *A. pintoi* y *C. brasilianum* en el Pacífico

Central de Costa Rica. La producción de biomasa fue mayor durante los dos años en la pastura que contenía mayor proporción de leguminosas. Relativo a la pastura de gramínea sola la producción de leche fue entre 3 y 5% mayor cuando las vacas consumieron la pastura al 20% de leguminosa y 8% mayor al 30% de leguminosas (Holmann et al., 1999).

Conservación de Leguminosas en Forma de Ensilaje

El ensilaje es un método de conservación de forraje u otro alimento con alto contenido de humedad (65% a 70%) protegido del aire, la luz y la humedad exterior, que se fundamenta en la fermentación láctica espontánea bajo condiciones anaeróbicas (Delgado, 2005). La función básica de la manufactura del ensilaje es almacenar y conservar alimento para su uso posterior con pérdidas mínimas de calidad nutricional (Wattiaux, 2006; Sánchez, 2005; Ohshima et al., 1978). El éxito del proceso fermentativo que ocurre en los ensilajes depende de la rápida proliferación de bacterias productoras de ácido láctico (BAL), lo que requiere de una concentración adecuada de carbohidratos solubles en el forraje para fermentar. De esta manera el pH se mantiene bajo (3.7 a 4.2) y el ensilaje se preserva (Adesogan et al., 2002; Jaster, 1995). Las leguminosas son difíciles para ensilar (Tobia et al., 2003). Esto se debe principalmente a su bajo contenido de materia seca, baja concentración de carbohidratos solubles y alta capacidad alcalinizante (Adesogan et al., 2002; Bolsen et al., 2001; McDonald, 1981). Una baja concentración de carbohidratos solubles en la planta asociada a un bajo contenido de materia seca, crean condiciones extremadamente propensas al desarrollo de fermentaciones secundarias (Romero, 2004; McDonald, 1981).

La importancia de los carbohidratos solubles se ve reflejada en la concentración de N amoniacal de los ensilajes, indicador de mala preservación del material (Romero, 2004; McDonald, 1981). El nivel de N amoniacal se relaciona inversamente con la concentración de carbohidratos solubles de la planta. Por ende, las leguminosas forrajeras y las gramíneas en estados tempranos de desarrollo, con bajos contenidos de azúcares y altos contenidos de humedad y proteína, producen al ensilarse, una cantidad de ácido láctico insuficiente para mantener el pH bajo y así evitar el desarrollo de bacterias oportunista como las *clostridias* (Ej. *Clostridium butyricum*, *C. sporogenes* y *C. perfringens*). Estas fermentan azúcares (Ej. glucosa) y ácido láctico en ácido butírico y degradar proteínas y aminoácidos formando dióxido de carbono, aminas y N amoniacal (Romero, 2004; Ohshima et al., 1978; McDonald, 1981).

La alta concentración de PB en el forraje de leguminosas, es el valor nutricional más importante a conservar, pero puede actuar como limitante de una buena conservación como ensilaje. Si no se crean las condiciones apropiadas para evitar una alta solubilización de los compuestos nitrogenados, ocurre la producción de elevados porcentajes de amoníaco y la descomposición de los aminoácidos en aminas (Ojeda et al., 1991). Clavero (1997) señaló el uso de ensilajes de leguminosas con alto potencial productivo y elevado valor nutritivo, como una solución económicamente viable y aceptada para incrementar la productividad animal en las regiones tropicales. Investigadores del CIAT evaluaron la alimentación durante la época seca con *Cratylia argentea* fresca y ensilada, sobre la producción de leche y sus componentes. Encontraron producciones de leche al utilizar raciones de *C. argentea* fresca o ensilada de 10.9 y 10.7 kg diarios, respectivamente, similares a la obtenida con un concentrado de maíz y soya

(11.1 kg); también se encontró una tendencia ($p < 0.06$) a incrementar el porcentaje de grasa en la leche, cuando se utilizó *C. argentea* fresca o ensilada (Holmann et al., 1999). Tobia et al. (2004) evaluaron la sustitución parcial de alimento balanceado (AB) por ensilado de soya perenne (*Neotonia wightii*) y su efecto en la producción y calidad de la leche de vacas, en el trópico húmedo de Costa Rica. Encontraron que la sustitución parcial de 0, 13.6 y 27.2% de AB por ensilado de soya con melaza de caña al 8% e inoculado con *Lactobacillus brevis* (ES), redujo el consumo de MS y la producción diaria de leche en 1.6 kg /vaca.

Beneficios de las Leguminosas en Praderas Asociadas

Fijación de Nitrógeno Atmosférico

La mayoría de las plantas forrajeras dependen del N mineral del suelo para satisfacer sus requerimientos. Las reservas de N total en el volumen de suelo explotable por las raíces son mayores que los requerimientos anuales de los forrajes, sin embargo, el 90% de este elemento está fijado en forma orgánica estable y en condiciones normales es liberado lentamente para satisfacer el ritmo de productividad primaria. Por tanto, otras formas de N disponible deben estar al alcance (Unchupaico et al., 1999).

Las leguminosas suministran nitrógeno al suelo por medio de la fijación simbiótica de este elemento (Skerman et al., 1991). El incremento en la productividad de biomasa y peso vivo animal, como producto de la inclusión de las leguminosas en las pasturas, es consecuencia de la incorporación de N atmosférico a través de la fijación simbiótica y su posterior acumulación y redistribución en las pasturas (Hernández et al., 2005; Skerman et al., 1991). Seiffert et al. (1988) evaluaron la contribución de *C.*

mucunoide al contenido de nitrógeno en pasturas de *B. decumbens*, encontrando que el contenido de N varió entre 0.85 y 1.52% en la materia vegetal verde y entre 0.30 a 0.60 % en la materia muerta. El contenido de N en la MS viva de la leguminosa varió entre 1.9 y 3% y en la MS muerta entre 1.2 y 2.5%. En la pastura asociada, el contenido de N en la materia verde de la gramínea varió entre 0.8 y 1.22%, y en la materia muerta entre 0.35 y 0.57%. Halliday et al. (citado por Unchupaico et al., 1999) encontraron que el potencial estimado de fijación simbiótica anual de N varía de 110 kg/ha para *Leucaena leucocephala* a 1,560 kg/ha para *S. humilis*. La acumulación anual de N por residuos foliares y el potencial de suministro al ecosistema por esta vía puede ser tan alto como 77.5 kg/ha en una asociación de *A. gayanus* con *P. phaseoloides*. Muraoka et al. (2001) evaluaron la eficiencia de abonos verdes (*C. juncea* y *M. aterrima*) y urea aplicados solo o juntamente como fuente de N para el cultivo de arroz. Encontraron una fijación de 149 y 362 kg N/ha al año para *C. juncea* y *M. aterrima*, respectivamente.

Incremento en la Calidad del Forraje

Las leguminosas incrementan el valor nutritivo de las gramíneas asociadas, particularmente en lo que se refiere a los contenidos de proteína total y de minerales para mantener su calidad a través del tiempo, incluso durante la época seca, cuando más las consumen los animales (Hernández et al., 2005). Gil et al. (1991) analizaron el valor nutritivo de las asociaciones de gramíneas y leguminosas a las 20 semanas después de la siembra. Los contenidos de proteína en el forraje de las asociaciones fueron: *B. humidicola* con *A. pintoii* (12.6%); *B. humidicola* con *desmodium ovalifolium* (9.6%); *B. decumbens* con *A. pintoii* (9.6%) y *B. dictyoneura* con *C. macrocarpum* (11.9%). Nuñez

et al. (2000) evaluaron el comportamiento de *A. gayanus* (cv. *Sabanero*) solo y asociado con dos leguminosas forrajeras Siratro (*M. atropurpureum*) y Centrosema (*C. pubescens*) bajo pastoreo. Encontraron que la concentración de PB alcanzó niveles próximos a 6% en la gramínea sola, mientras que en la asociación este valor fue el doble, lo que indica su importante contribución a la calidad del forraje en oferta.

Aumento en la Producción de Biomasa Vegetal

Las leguminosas incrementan la producción de materia seca en las praderas cuando éstas se asocian con gramíneas. Esta disponibilidad de forraje incrementa la capacidad de carga animal por unidad de superficie (Hernández et al., 2005). Al respecto Baar y Jenkin (1996) reportaron rendimientos anuales de materia seca de *B. decumbens* de 30.3 ton/ha en monocultivo comparado con 26.2 ton/ha asociada con *A. pintoii*, 32.8 ton/ha con *M. atropurpureum*, 30.4 ton/ha, con *S. guianensis* y 32.7 ton/ha con *S. hamata*. Gil et al. (1991) al cosechar asociaciones a las 20 semanas después de la siembra encontraron la mayor producción de materia seca en las asociaciones de *B. decumbens* con *C. macrocarpum* (4.9 ton/ha), *B. decumbens* con *A. pintoii* (5.1 ton/ha) y *B. dictyoneura* con *A. pintoii* (2.1 ton/ha).

Incremento de la Productividad Animal

Las leguminosas benefician la productividad animal incrementando la capacidad de carga, debido a la mayor producción de biomasa por unidad de área y mejoran el valor nutritivo de la gramínea acompañante (Unchupaico et al., 1999). Numerosos estudios muestran los beneficios de las leguminosas en la producción animal en el trópico.

Lascano (1994) encontró que las ganancias de peso pueden incrementarse hasta en un 200% en pasturas asociadas con *A. pintoii* en relación a gramíneas solas. En Australia la inclusión de la leguminosa *S. humilis* y la fertilización con N y P en una pastura nativa de *H. contortus* elevaron las ganancias de peso vivo de 29 a 93 kg/ha y de 47 a 121 kg/animal (Shaw y 't Mannetje, 1970). La ganancia de peso diaria obtenida en vaquillas durante 112 días en pastoreo de clitoria (*Clitoria ternatea*) fue superior en 70 y 50% a la obtenida en praderas de pangola (*Digitaria decumbens*) sola y asociada con *M. atropurpureum* (402 vs 273 y 279 g, respectivamente, Villanueva et al., 2004). Toledo y Morales, (1979) observaron un incremento de 194% en productividad animal por hectárea cuando se incluyó stylosanthes (*S. guianensis*) en una pastura de Jaraguá (*H. rufa*), aunque en este incremento estuvo confundido el efecto de la fertilización con P y un incremento de la carga animal.

Incremento de la Producción de Leche

La cantidad de leche que produce una vaca es el resultado de la capacidad fisiológica (habilidad genética, historia nutricional y estado de lactancia) y de la cantidad de nutrientes que consume (plano nutricional, tipo de alimentación etc.), (Moe y Tyrrell, 1975). Stobbs (1976) resume trabajos que indican que en pasturas de gramíneas tropicales y con cargas bajas se puede esperar una producción por animal de 6 a 7 kg leche por día. Si estas praderas contienen leguminosas o si son fertilizadas, la producción puede llegar hasta 14 kg por día. Cipagauta et al. (1998) evaluaron la producción de leche en tres pasturas del Piedemonte Amazónico del Caquetá, Colombia. Utilizaron pasturas nativas (*H. aturensis*), *B. decumbens* sola y *B. decumbens* asociada con las

leguminosas *A. pintoii*, *D. ovalifolium*, *C. macrocarpum* y *S. guianensis* y carga animal de 1, 1.5 y 2 UA/ha en los tres respectivos casos. Encontraron que la producción de leche por hectárea estimada para las pasturas fue 52% y 94% mayor en *B. decumbens* y en la pastura asociada, respectivamente, en comparación con la pastura nativa. En la pastura asociada, la producción de leche fue 23% mayor que en *B. decumbens*. Ávila y Lascano (1991) trabajaron en Quilichao (Colombia) con las pasturas *A. gayanus* y *B. dictyoneura* solas o asociadas con cada una de las leguminosas *C. macrocarpum* y *C. acutifolium*. Encontraron que la producción de leche con la pastura *B. dictyoneura* asociada con *C. macrocarpum* o *B. dictyoneura* asociada con *C. acutifolium* fue mayor que con la gramínea sola. Por otro lado, la pastura *A. gayanus* asociada con *C. acutifolium* produjo más leche que *A. gayanus* sola o que *A. gayanus* asociada con *C. macrocarpum*. Ávila y Lascano (1997) Estudió en Quilichao, la respuesta en producción de leche a la suplementación forrajera de vacas en pastoreo y no encontró efecto de la leguminosa *C. argentea* en combinación con King grass (*Saccharum sinense*, Roxb), cuando la disponibilidad de forraje no fue limitante (2UA/ha). Sin embargo, cuando hubo semejante limitante (4UA/ha), la introducción de *C. argentea* resultó en un incremento de 25 % en la producción de leche. En un segundo ensayo de suplementación con niveles crecientes de *C. argentea* en combinación con caña de azúcar, no se encontró respuestas positivas de vacas cebuinas, pero con vacas cruzadas (cebú x Holstein) la respuesta positiva a los niveles de leguminosa fue lineal. Con la combinación 25 % caña y 75 % *C. argentea* hubo un incremento de 25 % (2kg/vaca) en la producción diaria de leche con relación a caña de azúcar sola. Mosquera y Lascano (1992) trabajando en Quilichao con vacas cruzadas (cebú x Holstein) en pasturas de *B. decumbens*, con y sin acceso a bancos

de proteína de *C. macrocarpum* y de *C. acutifolium* en tres fases, hallaron que en la fase 1 la producción de leche tendió a ser mayor con la gramínea complementada con bancos de proteína que con la gramínea sola. Sin embargo, en las fases 2 y 3 no se encontraron diferencias.

Ulrich et al. (1994), trabajaron en 10 fincas privadas y 2 estaciones experimentales localizadas en Caquetá y Meta (Colombia), usando *B. decumbens* sola y asociada con una mezcla de *C. macrocarpum* CIAT 5713, *C. acutifolium* CIAT 5277, *C. brasilianum*, *D. ovalifolium*, *A. pintoii* y *S. guianensis* CIAT 184. Encontraron que el efecto de la leguminosa en la producción de leche dependió de la época del año. En época seca, en seis fincas se encontraron aumentos significativos en la producción diaria por vaca (0.34 vs. 0.6 kg) al utilizar pasturas asociadas. En época de lluvias las diferencias en producción entre ambos tipos de pasturas fueron menores; únicamente en tres fincas fue mayor la producción de leche con la pastura asociada, en comparación con la gramínea sola. Romero y Gonzáles (1998) evaluaron el efecto de la introducción de *A. pintoii* en pasturas de *B. decumbens* bajo dos niveles de suplementación (alto y bajo) sobre la producción de leche de vacas cruzadas (Holstein x cebú) en Costa Rica. El uso de *A. pintoii* más un nivel alto de suplementación aumentó la producción diaria de leche de 11.0 a 12.0 kg/vaca. El incremento correspondiente, para un nivel bajo de suplementación, fue de 8.3 a 9.3 kg/vaca. Según experiencias de Suárez et al. (1987) en Caldas (Colombia), *L. leucocephala* no incrementó significativamente la producción acumulada de leche obtenida con una pastura de *B. decumbens* fertilizada con 49 a 238 kg/ha de N. Sin embargo, en Turrialba, Costa Rica, *A. pintoii*, una de las leguminosas

forrajeras más promisorias para el trópico, produjo un aumento de 17% en la producción de leche obtenida con una pastura de *C. nlemfluensis* (Lascano, 1994).

Especies de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras Tropicales Utilizadas

Gramíneas

***Chloris gayana*, Kunth cv. Callide (Pasto rhodes)**

Es una gramínea nativa de África tropical, introducida a Estados Unidos en 1902 y hoy muy cultivada en países tropicales (Skerman et al., 1992). La planta es de tipo perenne o anual, de crecimiento erecto, estaloníferas en algunos casos y con raíces en los nudos. Se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 2,200 m.s.n.m., con precipitaciones anuales de 600 a 2,000 mm y temperaturas medias de 17 a 30 °C (Skerman et al., 1992). Es tolerante al fuego, a condiciones de sequía y a humedad moderada (Eusse, 1994; Ríos, 1991; Skerman et al., 1991).

Se adapta a una amplia variedad de suelos desde mediana a alta en fertilidad, con pH tan bajo como 4.5 hasta aquellos con problemas de salinidad (Ríos et al., 1991). Presenta tallos que alcanzan entre 50 a 200 cm de altura. Su forma de propagación es por semilla vegetativa (estolones) o semilla botánica. Presenta alta agresividad y coloniza el suelo rápidamente (Skerman et al., 1992). Es utilizado en pastoreo rotativo y para heno (Eusse, 1994). Los análisis químicos indican que el pasto rhodes contiene de 4 a 13% de PB; 30 a 40% de fibra bruta; 0.8 a 1.5% de extracto etéreo, 42 a 48% de extracto libre de nitrógeno y 40 a 60% de digestibilidad (Meissner, 1997; Skerman et al., 1992). Crece bien en asociación con leguminosas.

En estudios realizados en Zambia, se evaluó el efecto de la asociación de pastos rhodes con stylosanthes y soya sobre el rendimiento forrajero. Se encontró que los rendimientos 30% mayor para la asociación rhodes-stylosanthes y 100% mayor para la de rhodes-soya relativo a la gramínea sola (Skerman et al., 1992). La producción de forraje del pasto rhodes bajo buenas condiciones de fertilización y humedad, es alta, oscilando entre 4 y 5 ton MS/ha con corte cada 8 a 10 semanas. En condiciones del Valle del Cauca, Colombia Eusse (1999) reportó que el rendimiento anual de MS fue 9 ton/ha sin fertilización y con aplicaciones de 50 kg.de N; 100 kg de P₂O₅ y 50 kg/ha de K₂O después de cada corte el rendimiento anual fue 22 ton MS/ha. Hernández et al. (1998) evaluaron el efecto de tres niveles de oferta diaria de MS (A=15, B=35 y C=55 kg de MS/vaca) de pasto rhodes a pastoreo sobre la producción de leche. Las producciones de leche diarias correspondientes fueron (A: 7.1; B: 8.9 y C: 8.6 kg/vaca). El consumo diario de MS varió según un patrón parecido (A: 7.7; B: 12 y C: 12.1 kg de MS/vaca).

Panicum maximun, Jacq (Pasto guinea)

El pasto guinea pertenece al género *Panicum* (tribu Paniceae) constituida por aproximadamente 350 especies distribuidas en zonas tropicales y templadas (Ríos et al., 1991). Es una especie autóctona de África tropical y subtropical (Eusse, 1994). Es una planta perenne de crecimiento macollador, a menudo con rizomas y puede alcanzar hasta tres metros de altura. Se reproduce tanto por material vegetativo como por semilla sexual (Skerman et al., 1992).

Se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 2,500 m.s.n.m., con precipitaciones superiores a los 1,000 mm anuales y temperaturas medias de 19.1 a 22.9

°C (Eusse, 1994; Skerman et al., 1992). Crece en una amplia gama de suelos de mediana a alta fertilidad, es resistente al fuego y a la sequía debido a su amplio y profundo sistema radicular, pero no tolera condiciones de inundación, salinidad y pastoreo intensivo (Skerman et al., 1992; Ríos et al., 1991).

El pasto guinea se caracteriza por presentar alta palatabilidad y producción de MS. En Puerto Rico, Vicente-Chandler et al. (1983) obtuvieron rendimientos de 27 ton de MS/ha al aplicar 440 kg de N/ha y cosechar a intervalos de 40 días. El pasto guinea es utilizado para pastoreo, elaboración de heno, henilaje y ensilaje (Meissner, 1997; Eusse, 1994; Skerman et al., 1992). Según la NRC (1985) el heno posee un contenido proteico promedio de 6.3%. Vicente-Chandler et al. (1983) reportaron valores promedios de 8.3% de PB y 37.7% de FDA, para cinco gramíneas tropicales (congo, napier, guinea, pangola y estrella), bien abonadas y cosechadas a los 60 días de crecimiento. Gonzáles et al. (citado por Skerman et al., 1992) encontraron que el pasto guinea en floración contiene 7.81% de PB, 30.6% de fibra bruta; 8.3% de cenizas; 2.3% de extracto etéreo y 40.8% de extracto libre de nitrógeno.

El pasto guinea tolera la sombra producida por árboles, arbustos y otras especies de pastos, lo que representa una característica valiosa, ya que se puede asociar con leguminosas vigorosas como *Kudzú*, *Desmodium*, *Centrosema*, *Clitoria*, *Soya perenne* y otras especies nativas. La importancia de estas mezclas radica en que aumentan el valor nutritivo de la ración y aportan nitrógeno al suelo (Eusse, 1994; Skerman et al., 1992).

***Zea mays* L. cv. Mayorbela (maíz)**

La variedad de maíz Mayorbela fue desarrollado en EEUU durante los años 1930, proveniente de cruces entre cultivares de grano amarillo de polinización abierta de la costa tropical (Beaver et al., 2005). En Puerto Rico, crece desde el nivel del mar hasta una altura de 1,000 m. Se adapta a una amplia variedad de suelos de mediana a alta fertilidad, pH de 5.5 a 7 y precipitaciones que van desde los 400 a 2,200 mm anuales (Beaver et al., 2005).

Esta variedad tolera bien la roya del maíz, causada por *Puccinia sorghi*. Es una planta herbácea anual de tamaño mediano y tallos intermedios que puede alcanzar hasta 2.5 m de altura. El grano es pequeño y posee un color amarillo intenso (Buitrago, 2006; Beaver et al., 2005). En Puerto Rico la variedad Mayorbela comúnmente es utilizada para la producción de grano y consumo fresco. Los rendimientos de grano obtenidos en la Estación Experimental Agrícola de Isabela han fluctuado entre los 6,348 hasta 7,502 kg/ha (Buitrago, 2006; Beaver et al., 2005). La mazorca es de tamaño mediano pudiéndose producir entre 27,990 a 30,534 mazorcas/ha para consumo fresco (Buitrago, 2006).

El maíz es el cultivo de más alto potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día (Paliwal, 2001). Según MacDonald (1981) posee características ventajosas para la producción de ensilaje debido a su alto contenido de carbohidratos solubles (80 a 307 g/kg), baja capacidad amortiguador (149 a 225 mE/kg), alto contenido de MS, (24 a 33), y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO 69 a 77%). Estas propiedades resultan en una mayor eficiencia en las operaciones de cosecha y ensilamiento (Wattiaux, 2006). El maíz cv. Mayorbela cultivado para la

producción de ensilaje ha demostrado excelentes características de conservación (Arias, 1998). La composición química de su forraje cosechado a los 80 días es generalmente bueno, presentando 28.5% de MS, 96.3% de MO, 6.2 % de PB, 59.7% de FDN, 51.3% de FDA y 9.3% de hemicelulosa (Arias, 1998).

Leguminosas

***Clitoria ternatea* (L.) Dne. (Clitoria)**

La clitoria o campanita morada, también conocida como conchita azul en Cuba y Puerto Rico, y zapatico de la reyna en Centro y Sur América (Bustamante, 2004; Villanueva, 2004), es una leguminosa originaria de Asia (Gómez et al., 2003; Skerman et al., 1991; Córdoba y Peralta, 1987). Crece de manera natural en pastizales y matorrales nativos característicos de las regiones tropicales y subtropicales (Villanueva, 2002).

Para su establecimiento requiere de suelos moderadamente livianos a pesados, de mediana a alta fertilidad, con buen drenaje interno y pH de 5.5 a 8.9, incluyendo suelos calcáreos. Se adapta a altitudes de 0 a 1,800 m.s.n.m., con precipitación de 800 a 4,000 mm y temperaturas de 19 a 32°C (Gómez et al., 2003; Skerman et al., 1991). Es una planta bianual o perenne de vida corta, con hábito de crecimiento semiarbustivo y trepadora (Garza et al. citado por Bustamante, 2004). Alcanza una altura de 60 a 70 cm. (Villanueva, 2004).

Posee fuertes y profundas raíces que le permiten tolerar largos períodos de sequía característicos del trópico seco (Sosa et al., 1996). Responde positivamente a la irrigación pero no tolera los excesos de humedad (Villanueva, 2004). Crece bien asociada con gramíneas perennes, tales como guinea, jaraguá y elefante, pudiéndose

emplear para pastoreo, heno o ensilaje (Villanueva et al., 2002; Skerman et al., 1991). Al establecerse cultivos y asociaciones, el inicio del pastoreo es posible el mismo año de la siembra con carga animal baja. En asociaciones, el exceso de una u otra especie deberá controlarse con el mismo pastoreo, utilizando cargas variables, para mantener un balance entre las especies utilizadas y garantizar así la productividad y persistencia de la pradera (Villanueva, 2002).

Clitoria presenta un alto potencial productivo de forraje anual de 20 a 25 ton MS/ha (Reynoso et al., 2003). En trabajos realizados en Brasil (Barro et al., 1983) y México (Córdoba et al., 1993) se ha obtenido rendimientos anuales de forraje superiores a 30 ton MS/ha en condiciones de riego; mientras que en condiciones secas se ha producido anualmente 5.9 (Villanueva, 2002) y 7.15 ton de MS/ha (Enríquez et al., 1993) con cortes sucesivos a las 12 semanas de edad. En asociaciones con pasto brizantha, gamba y estrella las respectivas producciones anuales fueron 5.1, 4.1, y 3.7 ton MS/ha, con cortes a la misma edad (Enríquez et al., 1993).

Bustamante (2004) informó la siguiente composición química porcentual de heno de clitoria: MS, 89.0 a 91.0; PB, 18.7 a 23.6; FDN, 42.3 a 54.2; FDA, 37.5 a 46.8; extracto etéreo (EE), 4.2 a 3.4 y de extracto libre de nitrógeno (ELN), 32.3 a 34.8 (Bustamante, 2004). El forraje seco de clitoria está libre de compuestos tóxicos y puede utilizarse también en la alimentación de aves y cerdos además que de rumiantes (Villanueva, 2002). En un ensayo de pastoreo con riego en el delta de Burdekin, Australia, se logró un aumento diario en peso vivo de 0.7 kg de ganado vacuno en un prado de pasto pará (*B. mutica*) asociado con clitoria. Este aumento superó el logrado con mezclas de *Stylosanthes* y *Centrosema* (Skerman et al., 1991).

***Mucuna pruriens* L. (mucuna)**

El empleo de mucuna (*Mucuna pruriens* L.) se ha difundido ampliamente en Centro América y el Caribe. En los últimos años, numerosas investigaciones científicas han comprobado la contribución de esta especie leguminosa al mantenimiento de la fertilidad del suelo por vía simbiótica; o por la contribución del forraje al contenido de nutrientes del suelo y el control de nemátodos fitoparásitos (Flores, 2005). Además, se ha utilizado para la producción de forraje y como cultivo de cobertura (Acosta et al., 1991; Skerman et al., 1991.).

El género mucuna pertenece a la familia Fabaceae originaria del sur de China, Malasia o India y fue introducida a Estados Unidos a finales del siglo 19. Abarca alrededor de 150 especies de leguminosas anuales y perennes (Eilittä et al., 2000). El cultivar "Vine 90 días" presenta un crecimiento compacto, siendo menos vigoroso que otras variedades de mucuna tropical (Ej. *M. deeringiana*; *M. utilis*; *M. pruriens*; *M. hassjoo*; *M. aterrima* y *M. capitata*). Es neutral a los días largos por lo que requiere días cortos para florecer y producir semilla (<http://www.echotech.org>).

La mucuna tropical es una planta de ciclo anual, de crecimiento trepador que puede alcanzar hasta 10 metros de longitud (Skerman et al., 1991). Presenta una razonable tolerancia a factores abióticos desfavorables, como la sequía, la escasa fertilidad y la elevada acidez hasta la leve alcalinidad del suelo (pH 4.0-7.5), (<http://www.echotech.org>). Este género se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 2,100 m.s.n.m y en zonas con precipitaciones de 650 a 2,500 mm anuales (Skerman et al., 1991). La mucuna produce anualmente de 11 a 46 ton/ha de materia verde, de 6 a 7 ton/ha de MS y 3.8 ton/ha de semillas (Skerman et al., 1991). Los análisis químicos

indican que el frijol de mucuna contiene 15.6% de PB, 34.4% de fibra cruda, 1.21% de calcio y 0.18% de fósforo, por lo cual representa una alternativa potencial para la alimentación de animales en pastoreo (Giller, 2001; Skerman et al., 1991).

CAPITULO II

Consumo voluntario y digestibilidad de la materia seca y nutrientes de henos de pasto guinea (*Panicum maximum*, Jacq.) en asociación con clitoria (*Clitoria ternatea* L Dne.) y de pasto rhodes (*Chloris gayana*, Kunth cv. Callide)

Introducción

En América Latina y el Caribe la producción de rumiantes se ha basado en el uso de pastos nativos o naturalizados que en su mayoría no satisfacen los requerimientos nutricionales del animal durante todo el año. Esto se refleja en baja ganancia de peso, producción de leche y reproducción animal. Ocurren fluctuaciones en rendimiento de las gramíneas tropicales en época lluviosa o seca y su valor nutritivo en términos de PB y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) tiende a ser bajo (Minson, 1990; Lascano, 1991).

Una alternativa para mejorar la calidad de la dieta de los rumiantes es mediante el uso de estas gramíneas en asociación con leguminosas. Otra posibilidad es el uso de gramíneas mejoradas (Ej. Pasto rhodes; *Chloris gayana*, Kunth cv. Callide). Las leguminosas incrementan la calidad del forraje consumido y actúan indirectamente al proveer nitrógeno a la gramínea acompañante (Lascano, 2002). A pesar de estas ventajas comprobadas de las leguminosas, su uso en el trópico es limitado. Esto se debe a la falta de persistencia de las leguminosas en asociaciones, particularmente bajo pastoreo. Se precisan nuevas estrategias de alimentación, siendo la utilización de especies de leguminosas o gramíneas mejoradas conservadas en forma de heno una alternativa interesante.

Una de las leguminosas con potencial para uso en el trópico es la clitoria (*Clitoria ternatea* L. Dne.). Investigación en México señala que la clitoria tiene un crecimiento inicial rápido y es altamente productiva bajo corte (18 ton de MS/ha en siete meses), (Bustamante et al., 2002). Además su valor nutritivo (PB entre 18-23% y DIVMS de 74%) es comparable al de alfalfa (*Medicago sativa* L.). En Puerto Rico, Díaz et al. (2005), incorporaron clitoria en áreas establecidas con pasto guinea (*Panicum maximum*, Jacq.) y lograron incrementar los rendimientos de materia seca y el valor nutritivo de la gramínea. En investigaciones realizadas en Cuba, vacas alimentadas con el pasto rhodes aumentaron el consumo de MS y la producción de leche (Hernández et al., 1998a; Hernández et al., 1994b).

En Puerto Rico, no existe información actualizada sobre el aporte nutricional, en términos del consumo voluntario (CV) y digestibilidad del heno de pasto guinea en asociación con clitoria (HPGC; 33:67%) ni del heno de pasto rhodes (HPR solo). Este estudio se diseñó para comparar el CV y digestibilidad aparente de los principales nutrientes (MS, PB y FDN) de HPGC y HPR en carneros adultos.

Materiales y Métodos

Experimentación Animal

La experimentación *in vivo* se realizó en las facilidades del Departamento de Industria Pecuaria, Finca Laboratorio Alzamora de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez y consistió de un ensayo de consumo y metabólico, con ovinos, para evaluar HPGC y HPR. Ambos henos fueron de forrajes cortados a aproximadamente a los 42 días de crecimiento en la Estación Experimental Agrícola de

Fortuna, Juana Díaz y en una finca comercial localizada en el municipio de Arecibo, respectivamente.

Se utilizaron 10 carneros criollos adultos (35 kg de peso vivo promedio) como unidades experimentales, distribuyéndolos aleatoriamente en jaulas metabólicas individuales provistas de comederos y bebederos. Los animales fueron esquilados y desparasitados (Cydectin; 1cc/kg de PV), previo al experimento.

Cada uno de los dos períodos experimentales fue dividido entre un sub período de adaptación de nueve días y a otro de recolección de datos experimentales de seis días. Los nueve días de adaptación permitieron a los carneros acostumbrarse a las condiciones de alojamiento y manejo. Durante este período, todos los animales recibieron heno comercial de pasto guinea como dieta basal y agua fresca *ad libitum*. El heno ofrecido fue picado a un tamaño aproximado de 10 cm de largo utilizando una picadora de pastos mecánica (Craftsman 6.5 hp). El objetivo de picar el heno fue reducir la selección animal y facilitar el consumo. Posteriormente, se evaluó el CV y la digestibilidad de HPGC y HPR por seis días.

El suministro de los henos picados se realizó a diario (11:00 a.m.) y la oferta se ajustó de tal forma que los animales no rechazaran más del 20% del total ofrecido en base seca se pesaron los carneros en una báscula antes y después de cada período experimental. En cada uno de los segundos subperíodos experimentales se cuantificó el alimento ofrecido y rechazado y las heces producidas por cada animal, conservándose diariamente una alícuota de 10% del total. Al finalizar cada período experimental se formaron muestras compuestas del alimento ofrecido y rechazado y de las heces fecales de cada carnero para su análisis químico posterior.

Análisis Químico

Las tres tipos de muestras señaladas anteriormente fueron secadas en un horno de aire forzado (MS; 65°C/72 h) y luego molidas en un molino Wiley pasándose por un cedazo de 1 mm de porosidad. Se analizaron las muestras para materia inorgánica (MI; 550°C/3 h, usando un Muffle Furnace, Fisher Scientific) y la materia orgánica fue determinada por diferencia (MO = 100-MI), siguiendo la metodología de AOAC (1990).

El porcentaje de nitrógeno fue determinado por el método micro-Kjeldhal (utilizando el analizador de nitrógeno Kjeltex system 1002) y luego se calculó la concentración de proteína bruta (PB = N * 6.25). Las concentraciones de FDN y FDA fueron determinadas utilizando el Fiber Analyzer Ankom 200, siguiendo la metodología de Van Soest et al. (1991). El contenido celular se obtuvo por diferencia (CC = 100 – FDN).

La concentración de hemicelulosa fue determinada por la diferencia entre FDN y FDA. Asimismo, la digestibilidad aparente de la materia seca (DMS) y demás fracciones (DPB y DFDN) se calculó como sigue:

$$DMS = \frac{\text{materia seca (nutriente) consumido} - \text{materia seca (nutriente) excretado}}{\text{materia seca (nutriente) consumido}} \times 100$$

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El diseño experimental utilizado fue un “crossover” (dos períodos con intercambio de tratamientos), habiendo cinco repeticiones de cada tratamiento en cada período. Los datos experimentales de CV, DMS, DPB y DFDN fueron evaluados a través de un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento lineal general

(PROC GLM) de SAS (2006). El modelo estadístico utilizado en este estudio fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variables dependientes (CV, DMS, DPB y DFDN)

μ = Media general de la población

α_i = Efecto del carnero (1, 2, 3....10)

β_j = Efecto de los tratamiento (dos henos diferentes)

γ_k = Efecto del período (primero y segundo de 15 días)

ϵ_{ijkl} = Error experimental.

Resultados y Discusión

La composición química de los henos utilizados en el ensayo metabólico se muestra en el Cuadro 1. La concentración de PB (14.3%) en HPGC (mezclas de gramínea y leguminosa) fue lógicamente menor a lo típico para heno de clitoria sola (23%), (Bustamante, 2004; Villanueva et al., 2004). La proporción apreciable de pasto guinea (33%) en el HPGC también resultó en altas concentraciones de FDN (61.61%), de FDA y de hemicelulosa. Según Bustamante (2004) y Villanueva et al. (2004), la FDN en un heno puro de clitoria oscila entre 33 y 38%. La concentración de PB (7.5%) en el HPR coincide con valores reportados por Wekesa et al. (2006) y Abdulrazak et al. (2005). Este contenido de PB y también el de FDN, coinciden con valores de otros henos de gramíneas tropicales (Ej. Pasto bermuda; *Cynodon dactylon*) utilizados en ensayos metabólicos anteriores (Rivera, 2003).

Cuadro 1. Composición química del heno de pasto guinea en asociación con clitoria (HPGC) y heno de pasto rhodes (HPR) utilizados en el ensayo metabólico.

| Componente (%)¹ | HPR | HPGC |
|-----------------------------------|------------|-------------|
| Humedad | 10.07 | 14.13 |
| Materia seca | 89.93 | 85.87 |
| Materia orgánica ² | 91.15 | 90.35 |
| Materia inorgánica ² | 8.85 | 9.65 |
| Proteína bruta ² | 7.45 | 14.33 |
| FDN ² | 73.56 | 61.62 |
| CC ² | 26.44 | 38.38 |
| FDA ² | 51.68 | 41.71 |
| Hemicelulosa ³ | 21.88 | 19.91 |

¹ Medias de 4 repeticiones

² Base seca

³ Calculado por diferencia (FDN – FDA).

Consumo voluntario

Los CV promedio de la MS, PB y FDN del HPGC y el HPR se presentan en el Cuadro 2. Se observó un mayor ($P<0.05$) CV de MS por parte de los carneros alimentados con HPGC que con HPR (919 vs. 669 g/día) y mayor ($P<0.05$) CV de PB procedentes del HPGC que del HPR (140 vs. 59 g/día), pero no se observó diferencia ($P>0.05$) en CV de FDN (542 vs. 474 g/día) entre HPGC y HPR, respectivamente.

El CV de MS diario de ambos forrajes con relación al peso corporal no alcanzó el valor esperado de 3%. Los carneros alimentados con HPGC y HPR consumieron MS equivalente al 2.78% y 2.03% de su peso (Figura 1). Estas diferencias en CV de MS (250 g) y de PB (81g) a favor del HPGC hacen patente el contrastante valor nutritivo de ambos forrajes. Entre los posibles mecanismos responsables del mayor CV de MS de HPGC está el de mayor velocidad de degradación en el rumen (menor tiempo de retención) que hace disponible nuevamente espacio intraruminal.

Cuadro 2. Consumo voluntario de heno de pasto guinea en asociación con clitoria (HPGC) y heno de pasto rhodes (HPR).

| Componente (g/día) ¹ | HPR | HPGC | EE ² |
|---------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Alimento ofrecido | | | |
| Materia seca | 894 ^b | 1148 ^a | 67.91 |
| Proteína bruta | 69 ^b | 159 ^a | 6.12 |
| Fibra detergente neutro | 652 | 715 | 43.25 |
| Alimento rechazado | | | |
| Materia seca | 222 | 231 | 17.81 |
| Proteína bruta | 13 ^b | 19 ^a | 1.32 |
| Fibra detergente neutro | 181 | 171 | 13.13 |
| Alimento consumido | | | |
| Materia seca | 669 ^b | 919 ^a | 32.47 |
| Proteína bruta | 58 ^b | 140 ^a | 5.43 |
| Fibra detergente neutro | 474 | 542 | 30.67 |

¹ Datos en base seca

² EE= error estándar de la media

Medias con diferente letra en la misma fila difieren significativamente (P<.05).

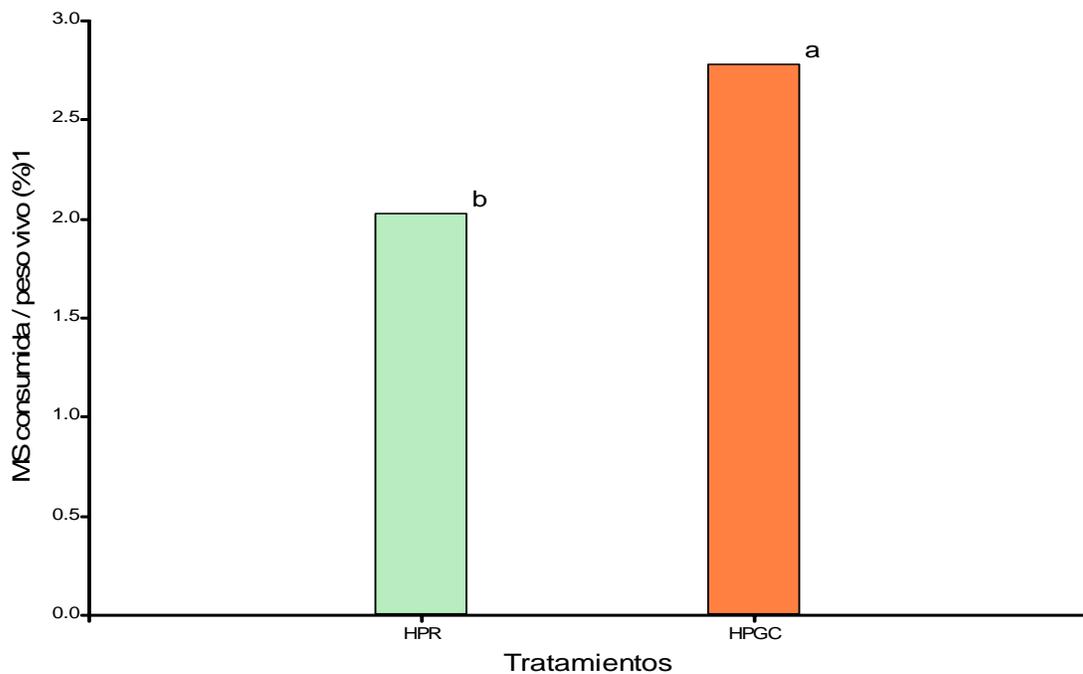


Figura 1. Efecto de tratamiento sobre el consumo de materia seca con relación al peso vivo

¹ Error estándar de la media = 0.13.

En estudios metabólicos bajo condiciones similares Rivera (2003) y Díaz (2004) evaluaron el heno de maní rizomatoso puro (HMR; *Arachis glabrata* Benth) en términos de CV de MS, PB y FDN en carneros adultos. En los dos estudios el CV de MS del HMR fue 1000 y 1005 g/d, respectivamente. Estos resultados son compatibles con el CV de MS del HPGC encontrado en el presente estudio (919 g/d). Rodríguez et al. (2005) compararon HMR contra heno de alfalfa (*Medicago sativa* L) en cuanto a CV en carneros, observando valores estadísticamente similares (927 y 1,003 g de MS/d) y que concuerdan con el CV presente de HPGC (919 g de MS/d).

Referente al heno de gramínea sola el CV del HPR (669 g de MS/d) en el presente estudio fue menor a lo reportado por Rivera (2003) para heno de pasto bermuda (HPB; *Cynodon dactylon*), (740 g/d), pero mayor a lo encontrado por Díaz (2004) para heno de pasto pangola (*Digitaria eriantha*)-guinea en proporciones de 80:20, (473 g/d).

El CV de PB de HPGC (140 g/d) concuerda con valores reportados por Díaz (2004) y Rodríguez et al. (2006) para HMR (149.3 y 144 g/d), respectivamente. Sin embargo, en este criterio la alfalfa (202 g/d) fue superior al HPGC. Por otro lado, el CV de PB para el HPR (58 g/d) fue superior a lo informado por Díaz (2004) para heno de mezcla de pasto pangola-guinea (23.7g/d).

El CV de FDN del HPGC en el presente estudio (542 g/d) está cercano a los valores encontrados para HMR (Rivera, 2003; Rodríguez et al., 2005), pero mayor que el valor obtenido con heno de alfalfa (360 g/d).

Bustamante et al. (2002) compararon una ración basal de pasto para [*Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf] contra dietas con varios niveles suplementarios de heno de clitoria (27, 58, 87 y 100% en base seca) en vacas Pardo Suizo lactantes. Se encontró que el CV

de MS, PB y FDN aumentó significativamente al incrementarse el nivel de inclusión dietética de heno de clitoria. En varios otros estudios el uso de forraje de leguminosas (fresco o conservado) como suplemento a gramíneas en dietas para rumiantes ha incrementado el CV de MS, PB y FDN (Asefa et al., 2006; Archimides et al., 2001; Rodríguez et al., 1998; Wilson et al., 1998; Manyuchi et al., 1997).

El menor CV de HPR versus HPGC observado en el presente experimento pudo deberse mayormente a diferencias en las características físico-químicas entre los dos henos, especialmente en las concentraciones de PB y FDN.

El CV de gramíneas tropicales de baja concentración de PB (menor del 7% en base seca) no satisface los requerimientos de nitrógeno de los microorganismos ruminales, afectando así la fermentación, la tasa de degradación de la celulosa y la velocidad de pasaje de la digesta (Bustamante, 2002; Rodríguez et al., 1998; Poppi, 1995). El contenido de PB de 7.45% del HPR (Cuadro 1) pudo ser marginal al respecto. La mayor concentración de pared celular (FDN) con su aporte de ligno-celulosa puede afectar el CV por medio de la distensión ruminal, la tasa de degradación de la digesta y el tiempo de retención (Lascano, 2002; Humphreys, 1991; Ruíz et al., 1983).

Digestibilidad

La DMS, DPB y DFDN de HPGC y de HPR se presentan en el Cuadro 3. Se observó mayor ($P < 0.05$) DMS del HPGC (65.19%), superando por 9.68 unidades al HPR (55.51%). Lo mismo ocurrió con DPB en que el valor del HPGC (78.90%) superó el del HPR por 19.24 unidades porcentuales. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) en la DFDN entre HPGC (58.3%) y HPR (53.9%).

Cuadro 3. Digestibilidad aparente de heno de pasto guinea en asociación con clitoria (HPGC) y heno de pasto rhodes (HPR).

| Componente (%) | HPR | HPGC | EE² |
|-------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| Materia seca | 55.51 ^b | 65.19 ^a | 2.01 |
| Proteína bruta | 59.66 ^b | 78.80 ^a | 1.85 |
| Fibra detergente neutro | 53.86 | 58.33 | 1.31 |

¹ Base seca

² EE= error estándar de la media

Medias con diferente letra en la misma fila difieren significativamente (P<.05).

La DMS del HPGC (65.2%) fue igual a la de HMR (65.2%) pero menor a la de heno de alfalfa (70%) determinadas en estudios previos. La DPB del HPGC (78.8%) fue superior a valores determinados por Rodríguez et al. (2006) para HMR (69.5%) y alfalfa (74.5%).

La DMS para el HPR (55.5%) obtenida en el presente estudio fue similar a lo encontrado por Díaz (2004) en heno de pasto pangola-guinea (53%). La DPB (59.7%) del HPR también concuerda con los resultados de Díaz (2004) para el heno de pasto pangola-guinea (58%), pero difiere a lo encontrado por Rivera (2003) en el heno de pasto bermuda (33.4%).

En otros trabajos relacionados, se ha observado mayor DMS, DFDN y DPB al evaluarse crecientes niveles de suplementación (0, 15 y 30% en la MS) de heno de alfalfa en dietas para vaquillas basadas en heno de pasto bermuda y heno de pata de gallo (*Dactylis glomerata*), (Lagasee et al., 1990). En numerosos otros estudios el uso de forraje de leguminosas (fresco o conservado) como suplemento de dietas para rumiantes a base de gramíneas ha incrementado la digestibilidad (Bochellie et al., 2006; Lascano et al., 2003; Archimides et al., 2001).

En este estudio se observó mayor DMS y DPB de HPGC que de HPR. Esta diferencia pudo estar relacionada en parte a una mayor disponibilidad de nitrógeno a nivel ruminal en carneros alimentados con HPGC que con HPR, por medio de una mayor actividad microbiana para degradar el forraje (Bustamante, 2002; Poppi, 1995; Humphreys, 1991; Ruíz et al., 1983). Una disponibilidad subóptima de nitrógeno en el rumen atrasa la utilización de los nutrientes en los sustratos (Hespell y Bryant, 1979 citado por Rodríguez, 1998). El HPR presentó mayor concentración de FDN y FDA comparado con el HPGC, pero la DFDN de ambos henos fue similar. Este resultado puede señalar una relativa similitud en las propiedades químicas intrínseca de los carbohidratos estructurales presentes en la pared celular del HPR y HPGC.

Conclusión

El heno de pasto guinea en asociación con clitoria evaluado fue superior en valor nutritivo al heno de pasto rhodes en términos de consumo voluntario y digestibilidad de los principales nutrientes. El heno de pasto rhodes mostró un valor nutritivo semejante a heno de otras gramíneas tropicales comunes.

Implicaciones

El presente estudio aporta información sobre el aporte nutricional en términos del consumo voluntario y la digestibilidad aparente del HPGC y HPR. La utilización de HPGC mejoró el consumo por 27% en términos relativos con respecto al HPR. Queda demostrado que el HPGC es una alternativa promisoría en la alimentación de pequeños rumiantes. No obstante, es necesario evaluar el efecto de niveles de suplementación

utilizando forraje fresco de clitoria en dietas basadas de gramíneas tropicales sobre otros criterios del desempeño animal como lo son, la ganancia de peso y la producción de leche.

CAPITULO III

Asociación de maíz (*Zea mays* L. cv. Mayorbela) con mucuna (*Mucuna pruriens* L. cv. Vine 90 días) en diferentes días de siembra para la producción de ensilaje

Introducción

En los Estados Unidos de América el ensilaje de maíz (*Zea mays* L.) provee cerca del 40% del total de nutrientes consumidos por los rumiantes y constituye la principal fuente energética para el ganado lechero (Contreras et al., 2006; Roth, 1995 citado por Arías, 1998), pero una limitante a su uso en dietas de vacas lecheras es su baja concentración de PB (Armstrong et al., 2005; McDonald, 1981). Las concentraciones de PB del ensilaje de maíz oscilan entre 4 a 5% a base seca (Valencia et al., 2005), lo cual es insuficiente para sostener una alta producción animal (Esperance, 1982 citado por Ojeda et al., 1990).

En Puerto Rico, se conoce la técnica de ensilar maíz, pero este método de conservación no se ha difundido por la falta de información de variedades de maíz que sean productivas bajo condiciones locales. Con la liberación del cv. Mayorbela (Beaver et al., 2006) y otros híbridos de maíz productivos (15 ton de MS/ha), (Soto et al., 2004; Elizondo et al., 2003), se puede desarrollar un conjunto tecnológico para la producción de ensilaje de maíz. Investigaciones locales también indican que el cv. Mayorbela ensila bien presentando excelentes características fermentativas cuando se cosecha en su etapa óptima de madurez (Arias, 1998).

En las últimas dos décadas las vaquerías lecheras de Puerto Rico han adoptado en bastantes casos un sistema de alimentación basado en las llamadas raciones completas totales (RCT). Sin embargo, este método en que se alimentan las vacas con mezclas que combinan alimentos concentrados y forrajes, no es de mucho beneficio si se utiliza con gramíneas tropicales mal manejadas, debido a su bajo valor nutritivo (Valencia et al., 2005). El ensilaje de maíz es ideal para uso en las RCT, pero es necesario combinarlo con otras fuentes adecuadas de PB. Contreras et al. (2005) y Armstrong et al. (2005) aumentaron la concentración de PB en el ensilaje de maíz mediante el ensilamiento de asociaciones de maíz-lablab [*Lablab purpureus* (L.) Sweet] o maíz-mucuna [*Mucuna pruriens* (L.) D.C.].

Una limitante agronómica en el trópico en las asociaciones de maíz-mucuna es la agresividad que presenta esta leguminosa, la cual reduce el rendimiento forrajero del maíz. Una manera de mitigar este efecto es la siembra de mucuna intercalada con maíz a los 14 ó 21 días después del establecimiento del maíz (Maasdorp et al., 1997). El cv. Vine 90 días, presenta un crecimiento menos vigoroso que los demás cultivares de mucuna tropical (Ej. *M. deeringiana*; *M. utilis*; *M. pruriens*; *M. hassjoo*; *M. aterrima* y *M. capitata*), (<http://www.echotech.org>). Esta característica de crecimiento la hace una alternativa con potencial para asociarse con el maíz en etapas más tempranas y así, mejorar el valor nutritivo del ensilaje.

No existe información sobre las características agronómicas y nutricionales de la asociación maíz-mucuna cv. Vine 90 días, para la producción de ensilaje. Este estudio se diseñó para evaluar el efecto de mucuna intercalada con maíz en diferentes días de siembra sobre la composición botánica (proporciones de maíz, mucuna y maleza),

composición bromatológica (PB, FDN y FDA), las características fermentativas del ensilaje (pH y ácidos orgánicos) y su estabilidad aeróbica a 45 días de ensilado.

Materiales y Métodos

Localización

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Agrícola de Lajas, Universidad de Puerto Rico, ubicada a 18° latitud norte y 67° longitud oeste, a 30 m.s.n.m. La temperatura fluctúa entre 18 a 32 °C, con una precipitación media anual de 1,067 mm. El suelo predominante es un Vertisol, serie San Antón (fino-lómico, mixto, superactivo, isohipertérmico cumulo haptustolls), (Beinroth et al., 2003). El análisis químico de una muestra compuesta del horizonte superficial (primeros 15 cm) en la parcela experimental mostró un pH básico (7.1) y contenidos moderados de materia orgánica (2.8%) y calcio (6,820 ppm). Los niveles de fósforo, potasio y magnesio fueron 14, 90 y 2,170 ppm, respectivamente. Se detallan datos mensuales de precipitación en la Figura 2.

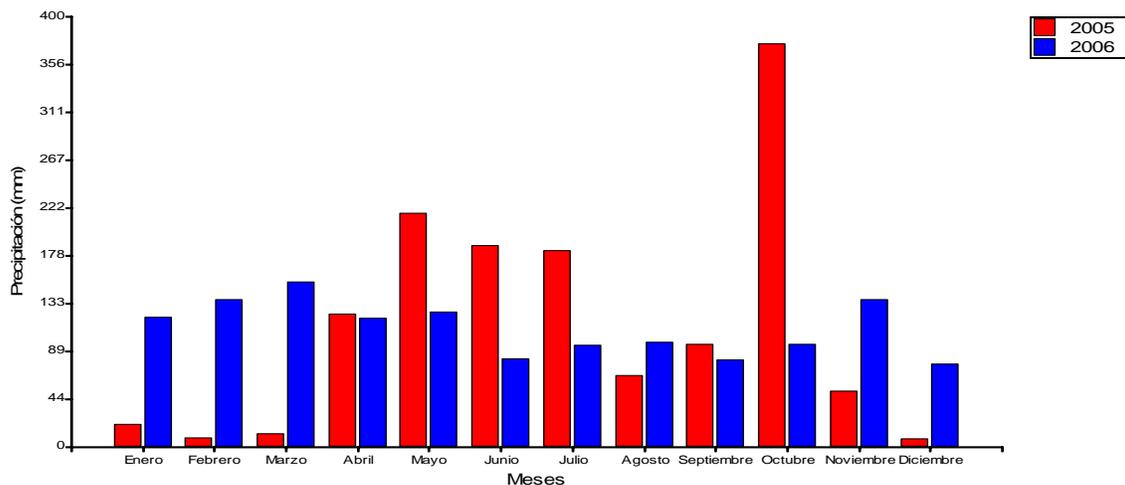


Figura 2. Precipitación total durante las épocas de establecimiento del cultivo.

Parcelas Experimentales y Tratamientos

El experimento consistió en estudiar la asociación de maíz con Mucuna cv. Vine 90 días, sembrada en diferentes días (0, 7, 14 y 21) después del maíz en dos épocas del año (septiembre, 2005 y febrero, 2006). Las unidades experimentales fueron 20 parcelas de 4x10m (40 m²), establecidas según un diseño de bloques completamente aleatorizados (DBCA) con cuatro repeticiones y cinco tratamientos: MM-d0 (maíz-mucuna sembrados el mismo día), MM-d7 (maíz-mucuna sembrada a los 7 días posteriores), MM-d14 (maíz-mucuna sembrada a los 14 días posteriores), MM-d21 (maíz-mucuna sembrada a los 21 días posteriores) y M (maíz en monocultivo).

Establecimiento del Cultivo

El experimento se estableció en dos épocas, el 16 de septiembre del 2005 (primera siembra) y el 15 de febrero del 2006 (segunda siembra). En ambas épocas de siembra, la preparación del suelo consistió de dos cortes de arado a una profundidad de 30 cm y dos rastrillados. El maíz fue sembrado de forma mecanizada a distancias de 76 cm entre hileras y 10 cm entre plantas. La mucuna fue sembrada de forma manual entre las hileras del maíz a los 0, 7, 14 y 21 días posterior a la siembra del mismo, a 20 cm entre plantas, depositando una semilla por golpe. El control de malezas se realizó de forma manual a los 10 y 20 días posteriores a la emergencia del maíz. A los 35 días se aplicó Lannate Pw (Metomil:(S-metil N -[(metilcarbamoil) oxi] tioacetamidato), a razón de 0.3 kg ia/ha de foma asperjada con bomba de presión, para el control de cogollero [*Spodoptera frugiperda* (Smith)].

Composición Botánica y Rendimiento de Materia Seca

El forraje se cosechó a los 75 días después de la siembra (estado lechoso del grano de maíz), cortando dos muestras al azar por tratamiento y repetición en un marco de 2 m² a una altura de 5-cm. Ambas muestras se pesaron y de éstas se tomaron dos submuestras (aproximadamente 1 kg). De estas submuestras, una se separó en sus componentes (maíz, mucuna y malezas) y la otra se secó en un horno de aire forzado (65 °C/72 h) para determinar su contenido de MS y después su composición química.

Composición Química

Las muestras secadas se molieron en un molino Wiley pasándose por un cedazo de 1 mm de porosidad y se sometieron a análisis químico en las facilidades del Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Industria Pecuaria, Recinto Universitario de Mayagüez. Se determinó el porcentaje de nitrógeno por el método micro-Kjeldhal (analizador de nitrógeno Kjeltex System 1002) y luego se calculó la concentración de PB ($N * 6.25$). Las FDN y FDA fueron determinadas utilizando el “Fiber Analyzer Ankom 200”, según la metodología de Van Soest et al. (1991). Estas tres fracciones fueron determinadas en el forraje cosechado de la primera siembra, mientras en el de la segunda siembra sólo se determinó la PB.

Proceso de Ensilaje y Características Fermentativas

Del material cosechado se tomaron muestras representativas, las que se picaron a 2.5 cm de largo aproximadamente con una trituradora de forraje (marca Craftsman). Se llenaron microsilos de laboratorio de 1.8 kg de capacidad con el material picado. Los

microsilos, hechos de tubos PVC y equipados con válvulas unidireccionales en su parte superior para permitir la liberación de gases, se almacenaron a temperatura ambiente (26 a 30 °C) por 45 días.

Muestras en duplicado de cada repetición de cada tratamiento se recolectaron en bolsas plásticas de 1 kg de capacidad, se conservaron en termos provistos de hielo y se llevaron al Laboratorio de Nutrición Animal para la determinación de pH y contenido de MS (según descrito anteriormente). El pH se determinó mezclando 50 g de una muestra compuesta de forraje de cada tratamiento con 450 mL de agua destilada (pH 7.0) y se homogenizó por tres minutos (Stomacher 3500). La solución homogenizada se filtró a través de cuatro capas de gasas esterilizadas y el extracto se utilizó para medir el pH con un medidor de pH equipado con un electrodo de combinación (Beckman 50 pH Meter; Bekman Instrumens, Follerton, CA). El medidor de pH se estandarizó de pH 4 a 7, utilizando soluciones amortiguadoras comerciales (Fischer Scientific, Fair Lawn, NY). Una parte del extracto obtenido del forraje de cada tratamiento fue conservado a 0 °C y enviado a un laboratorio comercial (Dairy One Forage Lab, Ihtaca, NY) para determinar las concentraciones de ácidos orgánicos (láctico, acético, propiónico, iso-butírico y butírico), correspondientes al forraje antes y después de ensilado (45 días). Estos últimos análisis se realizaron únicamente para la primera siembra.

Estabilidad Aeróbica

A los 45 días se abrieron 4 microsilos por tratamientos para determinar la estabilidad aeróbica del ensilaje. Muestras de cada microsilos (800 g) se colocaron en bolsas plásticas situadas en envases de isopor y se dejaron expuestas a condiciones

aeróbicas por un período de 5 días. A cada muestra se le colocó un termómetro en medio de la masa de ensilaje y se tomó lectura de la temperatura cada seis horas durante las primeras 48 horas de exposición aeróbica y cada 12 horas del tercer hasta el quinto día.

Después de 1, 3 y 5 días de exposición aeróbica se cuantificó la materia seca recuperada, utilizando los pesos inicial y final de las muestras de los ensilajes expuestos y corrigiendo por el % MS después de cada período de exposición aeróbica. Se colectaron muestras de los ensilajes después de 0, 1, 3 y 5 días de exposición aeróbica para determinar el pH (según descrito previamente).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El análisis usado para evaluar las características agronómicas y la composición química corresponde a un diseño experimental DBCA con arreglo factorial: 2 épocas x 5 tratamientos x 4 repeticiones. Los datos experimentales fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa estadístico SAS (2006). En el modelo se incluyó época, tratamiento, y la interacción época x tratamiento. Se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en la interacción época x tratamiento para el rendimiento de malezas y la concentración de PB. Las variables de composición botánica, rendimiento vegetal total y composición química (FDN y FDA) se discuten por efecto principal de época y tratamiento. Cuando resultó significativo el efecto de época y tratamientos, se utilizó la prueba de Fisher LSD para la comparación de medias. El modelo estadístico incluyó tres factores y una interacción, según se expresa a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha \times \beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}.$$

Y_{ijk} = Variables dependientes evaluadas (rendimiento forrajero, composición botánica y composición química).

μ = Media general estimada.

α_i = Efecto de épocas (1 y 2)

β_j = Efecto de los tratamientos (1, 2, 3, 4 y 5)

γ_k = Bloque (1, 2, 3 y 4)

$(\alpha \times \beta)_{ij}$ = interacción época por tratamiento.

ϵ_{ijk} = Error experimental.

Características Fermentativas

El modelo utilizado para evaluar estas características correspondió a un diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial: 5 tratamientos (MM-d0, MM-d7.....M) x 2 períodos de fermentación (0 y 45 días). Los datos de pH y ácidos orgánicos, producto de la fermentación, se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) mediante el procedimiento lineal general (PROC GLM) utilizando el programa estadístico de SAS (2006) y la prueba de Bonferroni para la comparación entre medias. El modelo estadístico, que incluyó dos factores y una interacción, fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha \times \beta)_{ij} + \epsilon_{ij}.$$

Y_{ijk} = Variables dependientes evaluadas (pH y ácidos orgánicos)

μ = Media general estimada.

α_i = Efecto de los tratamiento (1, 2, 3, 4 y 5)

β_j = Efecto del período de fermentación (0 y 45 días)

$(\alpha \times \beta)_{ij}$ = interacción entre tratamiento y período de fermentación.

ϵ_{ij} = Error experimental.

Estabilidad Aeróbica del Ensilaje

El análisis de los datos referente a la estabilidad aeróbica del ensilaje también correspondió a un DCA, con arreglo factorial: 5 tratamientos (MM-d0, MM-d7.....M) x 4 días de exposición aeróbica (0, 1, 3 y 5 días) para las variables pH y materia seca recuperada (RMS) y 2 períodos de fermentación (0 y 45) x 14 lecturas (a 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72, 84, 96 y 120 horas) para la variable temperatura. El modelo estadístico y el procedimiento de los datos fueron similares a los descritos arriba para las características fermentativas.

Resultados y Discusión

Composición Botánica

Se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) para la interacción época de siembra por tratamiento para el componente maleza y concentración de PB y para el componente mucuna se observó efectos principales (época y tratamiento). Para el componente maíz y rendimiento vegetal total se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre época.

En el cuadro 4 se presenta el efecto de época sobre la composición botánica, en términos de los rendimientos de cada uno de los componentes maíz, mucuna, maleza y el rendimiento vegetal total. Para el componente maíz (7.51 y 12.76 ton de MS/ha) y rendimiento vegetal total (11.07 y 14.59 ton de MS/ha) los mayores ($P < 0.05$) rendimientos de MS se encontraron en la segunda época. Sin embargo, para el

componente mucuna (2.96 y 1.67 ton de MS/ha) y maleza (0.58 y 0.07 ton de MS/ha) los mayores ($P < 0.05$) rendimientos de MS se encontraron en la primera época.

Cuadro 4. Efecto de época sobre la composición botánica y el rendimiento vegetal total.

| Variables | Épocas | | EE ¹ |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| | 1 | 2 | |
| Composición Botánica | ton de MS/ha | | |
| maíz | 7.51 ^b | 12.76 ^a | 0.64 |
| mucuna | 2.96 ^a | 1.67 ^b | 0.24 |
| maleza | 0.58 ^a | 0.07 ^b | 0.09 |
| Rendimiento vegetal total | 11.07 ^b | 14.59 ^a | 0.57 |

¹ Error standard de las medias; Medias con diferente letra en la misma fila difieren significativamente ($P < 0.05$).

Las diferencias en composición botánica y en rendimiento vegetal total encontradas entre épocas pueden estar relacionadas a la distribución de las precipitaciones totales registradas. Cabe señalar que durante la primera época, se registraron sobre 400 mm de lluvia en el mes de octubre, lo que creó condiciones de anegamiento o saturación de agua en el suelo que posiblemente afectó negativamente el crecimiento y desarrollo del maíz, expresándose en bajos rendimientos de MS y favoreciendo al crecimiento de mucuna y malezas. Sin embargo, en la segunda época la uniformidad en la distribución de las precipitaciones (Figura 2) permitió un buen

crecimiento y desarrollo del maíz lo que contribuyó a mayores rendimientos de MS vegetal total con detrimento de los componentes mucuna y malezas.

En el cuadro 5 se presenta el efecto del intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre la composición botánica y el rendimiento vegetal total. Solamente se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos en el rendimiento de MS del componente mucuna. El porcentaje del forraje constituido por la mucuna al intercalarse ésta a los 0 días fue de 34%, pero al intercalarse a los 7, 14 y 21 días, su contribución fue de 24, 18 y 10%, sucesivamente.

Cuadro 5. Efecto del intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre la composición botánica y el rendimiento vegetal total.

| Variables | Tratamientos | | | | | EE ¹ |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|-----------------|
| | MM-d0 | MM-d7 | MM-d14 | MM-d21 | M | |
| Composición Botánica | ton de MS/ha | | | | | |
| maíz | 8.78 | 9.97 | 10.50 | 10.51 | 10.90 | 1.01 |
| mucuna | 4.54 ^a | 3.29 ^b | 2.44 ^b | 1.30 ^c | - | 0.38 |
| Rendimiento vegetal total | 13.30 | 13.60 | 13.19 | 12.39 | 11.67 | 0.91 |

¹ Error standard de las medias; Medias con diferente letra en la misma fila difieren significativamente ($P < 0.05$); MM-d0 (maíz- mucuna sembrados el mismo día); MM-d7 (maíz-mucuna sembrada a los 7 días posteriores); MM-d14 (maíz-mucuna sembrada a los 14 días posteriores); MM-d21 (maíz-mucuna sembrada a los 21 días posteriores) y M (maíz en monocultivo).

Maasdorp et al. (1997) intercaló la mucuna tropical el mismo día de la siembra de maíz (ciclo largo) a una densidad de 65,000 plantas/ha y obtuvieron un 30% de mucuna al cosechar el forraje a los 112 días. El intercalado redujo la producción de MS de maíz (50%), atribuyéndose al crecimiento agresivo de la mucuna. Armstrong et al. (2005) indicaron que al intercalar mucuna tropical en zonas templadas a los 14 y 28 días de la siembra del maíz, la proporción de mucuna se mantuvo baja (3.4%) y no tuvo efecto sobre el rendimiento total. En el caso de la mucuna cv. Vine 90 días específicamente, se observaron respuesta similar a las encontradas por Maasdorp et al. (1997) en términos de la proporción de mucuna (34%) en la asociación. Sin embargo, la alta proporción de mucuna encontrada en el presente estudio no afectó el rendimiento del componente maíz ni el rendimiento vegetal total, lo que es indicativo que bajo condiciones óptimas de siembras de maíz la mucuna cv. Vine 90 días, no se comporta tan agresivamente.

Se encontró interacción época por tratamiento para el componente maleza (Figura 3). En ambas épocas de siembra el intercalado de mucuna tuvo un efecto sobre el control de maleza. Las proporciones de malezas al intercalarse la mucuna a los 0 y 7 días fueron insignificantes. Sin embargo, se observó incrementos en la proporción de malezas al alargar el tiempo de demora antes de la siembra de mucuna intercalada con maíz a los 14 y 21 días. En ambas épocas de siembras el monocultivo de maíz presentó la mayor proporción de maleza.

Composición Química

Se encontró interacción época por tratamiento para la concentración de PB (Figura 4). Tanto para la primera época (10 y 9.3%) como para la segunda (7.43 y

6.84%) las mayores concentraciones de PB se obtuvieron con mucuna intercalada con maíz a los 0 y 7 días, respectivamente. Estos tratamientos superaron por sobre 2 unidades a mucuna intercalada los días 14 y 21, y sobre 4 unidades al maíz en monocultivo. Esta respuesta se relaciona con las mayores proporciones de mucuna (34%) encontradas en el forraje resultante, como producto del intercalado de mucuna con maíz a los 0 y 7 días. Contreras et al. (2006) y García et al. (1980; citado por Iglesias et al., 1991) reportaron concentraciones de PB de 8 y 11%, respectivamente, al intercalar mucuna tropical con maíz el mismo día. Estas cifras se asemejan a las observadas al intercalar mucuna Vine 90 días, con maíz a los 0 y 7 días en el presente estudio.

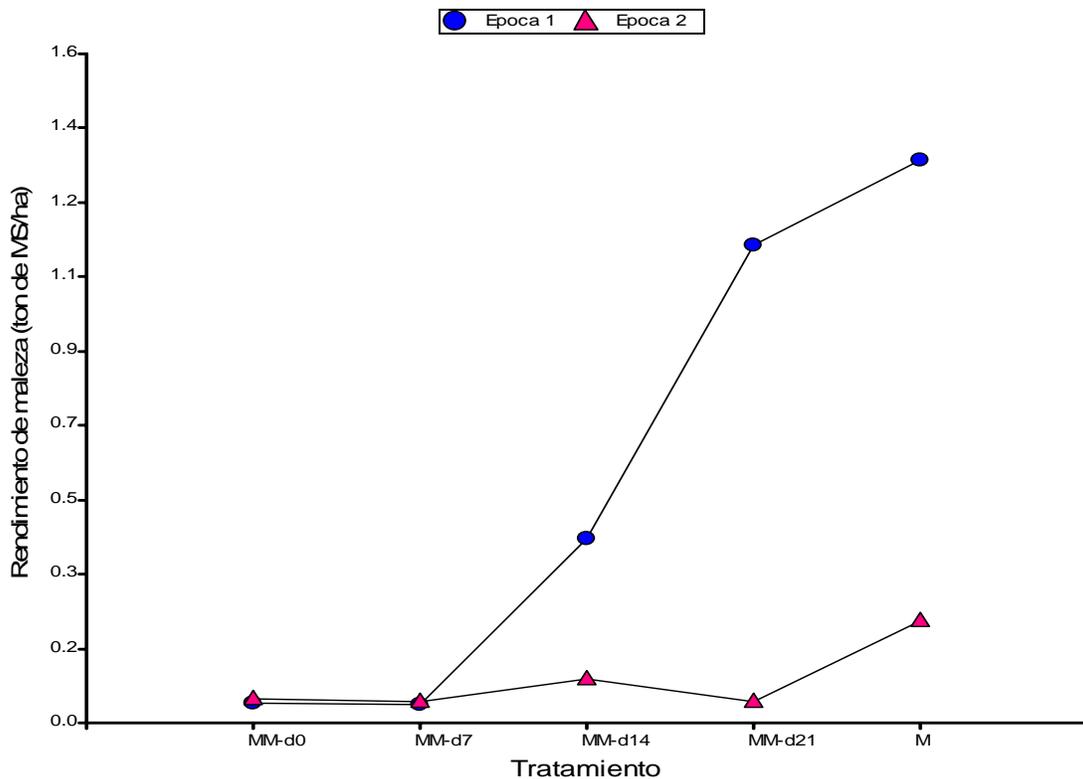


Figura 3. Efecto de interacción época por intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre la proporción de maleza.

MM-d0 (maíz- mucuna sembrados el mismo día); MM-d7 (maíz-mucuna sembrada a los 7 días posteriores); MM-d14 (maíz-mucuna sembrada a los 14 días posteriores); MM-d21 (maíz-mucuna sembrada a los 21 días posteriores) y M (maíz en monocultivo).

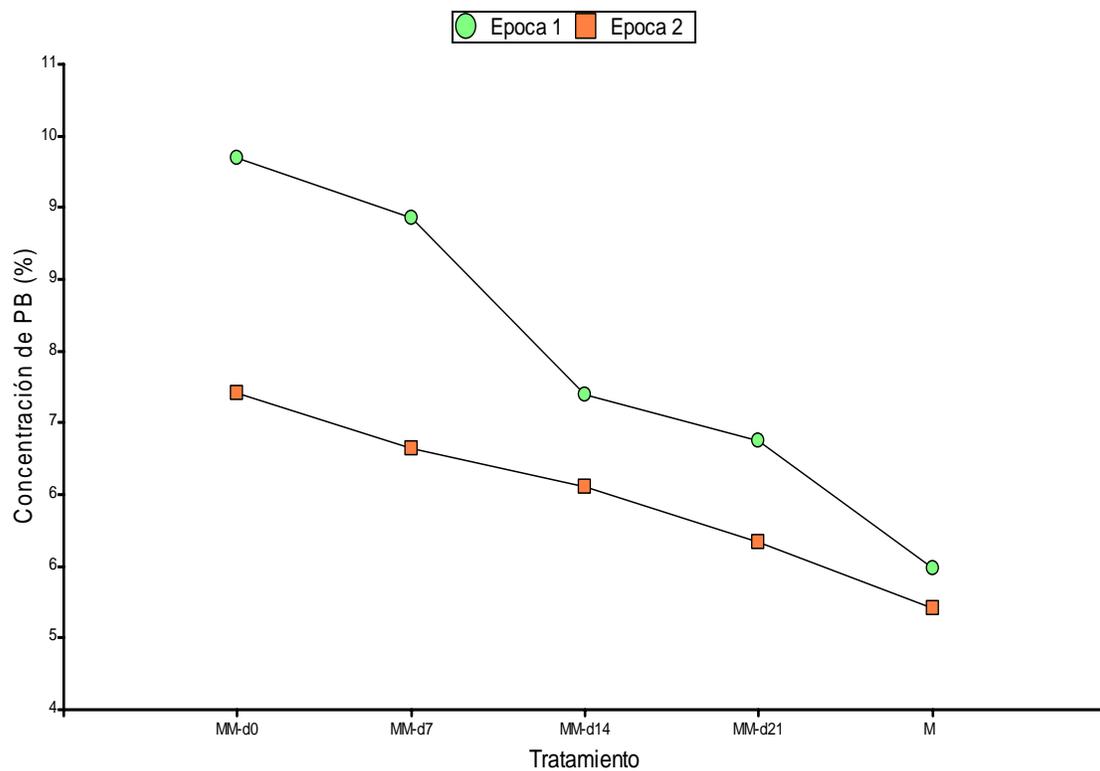


Figura 4. Efecto de interacción época por intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre la concentración PB en el forraje antes de ensilarse.

MM-d0 (maíz- mucuna sembrados el mismo día); MM-d7 (maíz-mucuna sembrada a los 7 días posteriores); MM-d14 (maíz-mucuna sembrada a los 14 días posteriores); MM-d21 (maíz-mucuna sembrada a los 21 días posteriores) y M (maíz en monocultivo).

En la primera época se encontraron efectos de los tratamientos sobre las concentración de FDN y FDA en el forraje antes de ensilarse (Cuadro 6). La concentración de FDN incrementó de 56.8 a 61.0% y la de FDA de 48.5 a 50.5% al intercalar mucuna con maíz a los 0 y 21 días, respectivamente. Jiménez et al. (2002) informaron concentraciones de FDN y FDA de 45.8 y 29.5%, respectivamente, al intercalar cannavaia (*Cannavalia ensiformis*) con maíz el mismo día. Estas menores contenidos de las fracciones fibrosas obtenidos con intercalado de cannavaia que con mucuna Vine 90 días, probablemente reflejan diferencias en la composición química entre estas dos leguminosas. Arias (1998) encontró concentraciones de FDN y FDA de

59.7 y 51.3%, respectivamente, en ensilaje de variedades de maíz tropical, lo que está de acuerdo con las observaciones presentes sobre el maíz en monocultivo. Otros investigadores han coincidido en que leguminosas en asociaciones con maíz, por su alta concentración de PB y baja de FDN, mejoran el valor nutritivo del resultante ensilaje (Peguero et al., 2005; Iglesias et al., 1992; Ojeda et al., 1992 y Ojeda et al., 1991).

Cuadro 6. Efecto del intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre la composición química del forraje antes de ensilarse.

| Composición Química | Tratamientos | | | | | EE ¹ |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| | MM-d0 | MM-d7 | MM-d14 | MM-d21 | M | |
| | (%) | | | | | |
| FDN | 56.87 ^d | 57.65 ^c | 60.47 ^b | 61.80 ^a | 62.07 ^a | 0.19 |
| FDA | 41.53 ^d | 43.67 ^c | 48.28 ^b | 48.58 ^b | 50.58 ^a | 0.42 |

¹ Error standard de las medias; Medias con diferente letra en la misma fila difieren significativamente (P<0.05); MM-d0 (maíz- mucuna sembrados el mismo día); MM-d7 (maíz-mucuna sembrada a los 7 días posteriores); MM-d14 (maíz-mucuna sembrada a los 14 días posteriores); MM-d21 (maíz-mucuna sembrada a los 21 días posteriores) y M (maíz en monocultivo).

Características Fermentativas

No se encontró diferencias significativas (P>0.05) en pH ni en la concentración de ácidos acético y láctico atribuibles a la mucuna intercalada con maíz en diferentes días de siembra (Cuadro 7). En todos los tratamientos el pH estuvo por debajo del nivel de 4.2 recomendado como valor aceptable en un ensilaje bien fermentado (Ojeda et al., 1997). Esto indica que la incorporación de mucuna Vine 90 días, al maíz no afectó la eficiente utilización de los carbohidratos solubles en agua por parte de la microflora asociada al

proceso fermentativo, ocurriendo una disminución en el pH debido a la producción de ácidos orgánicos (sobre todo el láctico).

Estabilidad Aeróbica

No se encontró ninguna diferencia significativa ($P>0.05$) entre tratamientos para pH, temperatura y MS recuperada al exponer los ensilajes al aire. La asociación de mucuna intercalada con maíz en diferentes días de siembra no evitó el progresivo deterioro del ensilaje a través de 5 días de exposición al aire (Cuadro 8). Valencia et al. (2005) y Ariás (1998) obtuvieron resultados similares bajo condiciones locales al exponer ensilaje de maíz (híbridos o variedades) a condiciones aeróbicas por 3 y 6 días. El deterioro de ensilajes expuestos a condiciones aeróbicas siempre conlleva pérdidas de nutrientes y MS a causa de la actividad de bacterias aeróbicas, hongos y levaduras, que utilizan como sustrato los azúcares y ácidos orgánicos productos de la fermentación (Ruz et al., 1995; Sanderson, 1993; Woolford, 1990).

Conclusión

En ambas época de siembra, al intercalar mucuna cv. Vine 90 días con maíz cv. Mayorbela a los 0 ó 7 días, no se afectó al componente maíz ni el rendimiento vegetal total, obteniéndose una proporción maíz-mucuna 70:30 en la MS cosechada. Esto indica que condiciones de buena distribución de lluvia facilitan un buen resultado con esta práctica. Altas proporciones de mucuna asociadas a maíz mejoran la composición química del forraje resultante, sin afectar las características fermentativas del ensilaje.

Cuadro 7. Efecto del intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre el pH y la concentración de ácidos acético y láctico del forraje al ensilar a los 45 días de fermentación.

| Características | Día | Tratamiento | | | | | EE ^a | Probabilidad (P>F) | | |
|---|-----|-------------|-------|--------|--------|-------|-----------------|--------------------|----------------|------------------|
| | | MM-d0 | MM-d7 | MM-d14 | MM-d21 | MS | | T ^b | D ^c | T*D ^d |
| pH | 0 | 6.38 | 6.21 | 6.08 | 6.32 | 6.26 | .06 | .07 | .0001 | .36 |
| | 45 | 3.92 | 3.87 | 3.85 | 3.87 | 3.87 | | | | |
| *Productos de Fermentación (g/100 g MS) | | | | | | | | | | |
| Acido láctico | 0 | 0.002 | 0.005 | 0.01 | 0.03 | 0.006 | .10 | .66 | .0001 | .57 |
| | 45 | 0.94 | 1.04 | 1.01 | 0.82 | 0.77 | | | | |
| Acido acético | 0 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | .01 | .20 | .0001 | .57 |
| | 45 | 0.13 | 0.16 | 0.18 | 0.13 | 0.14 | | | | |

^a Error standard de las medias; ^b Efecto de tratamiento; ^c Efecto de día de fermentación; ^d Interacción tratamiento*día. Medias con diferente letra en la misma columna difieren significativamente (P<0.05). MM-d0 (maíz- mucuna sembrados el mismo día); MM-d7 (maíz-mucuna sembrada a los 7 días posteriores); MM-d14 (maíz-mucuna sembrada a los 14 días posteriores); MM-d21 (maíz-mucuna sembrada a los 21 días posteriores) y M (maíz en monocultivo).

*Ácidos propiónico, butírico e isobutirico no fueron detectados en el ensilaje.

Se obtuvieron ensilajes de buenas características fermentativas pero esto no tuvo efecto en alargar su estabilidad aeróbica. La asociación maíz-mucuna es candidata para probar en sistemas de alimentación a base de RCT para producción de leche en Puerto Rico.

Implicaciones

El presente estudio aporta información sobre el efecto del intercalado de mucuna cv. Vine 90 días, a diferentes intervalos postsiembra de maíz cv. Mayorbela sobre la composición botánica, composición bromatológica, las características fermentativas del ensilaje y su estabilidad aeróbica. Queda demostrado que el cv. Vine 90 días, se presta para intercalar el mismo día de siembra con el maíz pudiéndose considerar una alternativa promisorio para mejorar el valor nutritivo del ensilaje de maíz. Sin embargo, es necesario evaluar el efecto de su inclusión en RCT o bien como sustituto parcial de alimentos balanceados sobre el desempeño animal en términos de la producción de leche y sus componentes.

Cuadro 8. Efecto del intercalado de mucuna a diferentes intervalos postsiembra de maíz sobre el pH, la temperatura y la materia seca recuperada en el ensilaje luego de 0, 1, 3 y 5 días de exposición aeróbica.

| Variable | Exposición aeróbica (d) | Tratamientos | | | | | EE ^a | Probabilidad | | |
|-----------------------------|-------------------------|--------------|-------|--------|--------|-------|-----------------|----------------|----------------|------------------|
| | | MM-d0 | MM-d7 | MM-d14 | MM-d21 | MS | | T ^b | D ^c | T*D ^d |
| pH | 0 | 3.78 | 3.75 | 3.78 | 3.71 | 3.73 | .12 | .41 | .0001 | .54 |
| | 1 | 3.92 | 3.87 | 3.85 | 3.88 | 3.87 | | | | |
| | 3 | 4.00 | 4.18 | 4.13 | 4.23 | 4.50 | | | | |
| | 5 | 5.79 | 6.08 | 5.79 | 6.01 | 5.95 | | | | |
| Temperatura (°C) | 0 | 26.67 | 26.94 | 27.10 | 26.68 | 26.68 | .63 | .71 | .0001 | .38 |
| | 1 | 26.67 | 26.94 | 27.22 | 27.50 | 27.22 | | | | |
| | 3 | 31.09 | 30.38 | 31.66 | 31.22 | 31.32 | | | | |
| | 5 | 31.09 | 32.77 | 31.66 | 31.63 | 31.59 | | | | |
| Materia seca recuperada (%) | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | .24 | .95 | .0001 | .84 |
| | 1 | 86.76 | 87.05 | 87.92 | 87.00 | 86.40 | | | | |
| | 3 | 84.42 | 84.42 | 84.24 | 84.05 | 83.99 | | | | |
| | 5 | 75.37 | 75.23 | 75.23 | 75.49 | 75.62 | | | | |

^a Error standard de las medias; ^b Efecto de tratamiento; ^c Efecto de día de fermentación; ^d Interacción tratamiento*día. Medias con diferente letra en la misma fila difieren significativamente (P<0.05). MM-d0 (maíz- mucuna sembrados el mismo día); MM-d7 (maíz-mucuna sembrada a los 7 días posteriores); MM-d14 (maíz-mucuna sembrada a los 14 días posteriores); MM-d21 (maíz-mucuna sembrada a los 21 días posteriores) y M (maíz en monocultivo).

Referencias

Abdulrazak, S. A., G. E. Njuguna and K. P. Karau 2005. The effect of supplementing rhodes grass (*Chloris gayana*) hay with *Acacia tortilis* leaves and pond mixture on intake, digestibility and growth performance of goats. *Livestock Research for Rural Development* 17 (12):1-7.

Adesogan, A. T. and M. B. Salawu 2002. The effect of different additives on the fermentation quality, aerobic stability and *In Vitro* digestibility of pea/wheat bi-crop silage containing contrasting pea wheat ratios. *Grass and Forages Science* 57:25-32.

Allen, M. S. 1996. Physical constraints on voluntary feed intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science* 74: 3063-3075.

A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists). 1991. Official methods of analysis, 13th ed. Washington, D. C.

Armstrong, K., K. Albrecht., J. Lauer and H. Riday 2005. Intercropping climbing beans with corn for silage. American Forage and Grassland Council Conference Proceedings. Technical Abstract. p.1.

Archimede, H., M. Dulorme., R. Tournebize., G. Saminadin., F. Periacarpin and A. Xande 2001. The effects of *Gliricidia* supplementation on intake and digestion of a *Digitaria decumbens* hay by Black-belly sheep. *Journal of Agriculture Science* 137(1):105-111.

Arias Carrasquillo, F. 1998. Características fermentativas y estabilidad aeróbica de dos variedades de maíz tropical y hierba guinea ensilada a diferentes estados de madurez, Tesis MS. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

Ávila, P y C. Lascano 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. *Pasturas Tropicales* 13(3):2-9.

Ávila, P. y C. Lascano 1997. Resultados de investigación mediante el uso de King grass y caña de azúcar y leguminosas arbustivas *Cratylia argentea* en diferentes niveles. Hoja Informativa N° 3, Octubre 1997-TROPILECHE-CIAT-Colombia.

Asefa, G. and B. Tamir 2006. Effects of supplementing different forms of *Acacia saligna* leaves to grass hay on feed intake and growth of lambs. *Tropical Science* 46(4):205-208.

Baar, R. M. y E. Jenquins 1996. Establecimiento de leguminosas forrajeras en asociación con gramíneas en fincas de Tilarán, Costa Rica. *Pasturas Tropicales* 18 (3):54-59.

Baile, C. A. and C. L. McLaughlin 1987. Mechanisms controlling feed intake in ruminants: A review. *Journal of Animal Science* 64(3):915-922.

Balch, C. and R. C. Campling 1962. Regulation of voluntary food intake in ruminants. *Nutrition Abstracts and Reviews* 32:699-686.

Barro, C. and A. Ribeiro 1983. The study of *Clitoria ternatea* L. hay as forage alternative in tropical countries. Evolution of the chemical composition at four different growth stages. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 34:780-782.

Beaver, J. S., M. Saliceti and J. Sud 2006. Release of maize [*Zea mays* L. (Walp.)] open-pollinated cultivar Mayorbela 05. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 90(3-4):253-257.

Beinroth, F., R. Engel., J. Lugo., C. Santiago., S. Ríos and G. Brannon 2002. Update taxonomic classification of the soil of Puerto Rico. Estación Experimental Agrícola, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico. *Boletín* 303. p. 77.

Bell, F. R. 1984. Aspects of ingestive behavior in cattle. *Journal of Animal Science* 59 (5):1369-1372.

Bines J. A. 1976. Regulation of food intake in dairy cows in relations to milk production. *Livestock Production Science* 3:115.

Blaxter, K. L. 1962. *The Energy Metabolism of Ruminants*. Hutchinson, London. p. 235.

Blaxter, K. L. 1964. *Metabolismo Energético de los Rumiantes*. Trad. Por G. González y González. Edit. Acribia, Zaragoza. p. 65-85.

Blevins, J. E., M. W. Schwartz and D. G. Baskin 2002. Peptide signals regulating food intake and energy homeostasis. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 80:396-406.

Bochellie, D. and B. Tamir 2006. Effect of supplementing different level of tagasaste (*Chamaecytisus palmensis*) to grass hay on nutrient intake and digestibility by lambs. *Tropical Science* 46 (4):189-191.

Bolsen, K. B. and B. E. Uriarte 2001. The silage triangle and important practices often overlooked. California Animal Nutrition Conference. Los Ángeles, California. p. 60-65.

Bondi, A. 1988. *Nutrición Animal*. Edit. Acribia, Zaragoza. p. 120-130.

Buitrago, W. S. 2006. Validación y aceptación de la variedad de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) 'Morales' y la variedad de maíz (*Zea mays* L.) 'Mayorbela'. Tesis MS. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

Burns, J. C., K. R. Pond and D. S. Fisher 1991. Effect of grass species on grazing steers: II dry matter intake and digest kinetics. *Journal of Animal Science* 69(3):1199-1204.

Bustamante, G. J. J. 2004. Utilización de heno de *Clitoria* en la alimentación de becerros lactantes de propósito lechero. INIFAP. Folleto Científico N^o.1. p. 3-30.

Bustamante, G. J. J., V. F. J. Ávalos., B. A. J. Cárdenas y R. V. J. Ceja 2002. Utilización del heno de clitoria (*Clitoria ternatea* L.) en la alimentación de vacas pardo suizo en lactación. Revista Técnica Pecuaria México 42(3):477-487.

Cancel, E. 2002. Efecto del nivel de concentrado y contenido de proteína protegida en el consumo voluntario y producción de leche en vacas Holstein. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

Camero, R. A. and M. Ibrahim 1995. Bancos de proteína de poró (*Erythrina barteroana*), gramíneas y leguminosas forrajeras asociadas en Rondonia, Brasil. Pasturas Tropicales 13(3):35-38.

Campling, R. C. 1970. Physical regulation of voluntary intake. In: Phillipson, A. T. (ed.). Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant. Oriel Press, Ltd. New Castle upon Tyne, U. K.

Cardona, H. J. C. 2002. Limitaciones metabólicas para la producción bovina en el trópico bajo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. p. 2-34.

Casas, A., D. Cianzio and A. Rivera 1997. Comparison of Holstein, Charbrays and Zebu bulls for beef production under rotational grazing, II. Offal components and carcass composition. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 81(3-4):115-124.

Clavero, T., R. Razz, O. A. Febres, J. Morales y A. R. Petit 1997. Metabolismo del nitrógeno en ovinos suplementados con *Leucaena Leucocephala*. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 5(Supl. 1): 226-228.

Chase, L. E., P. J. Wangsness and R. J. Martin 1977. Portal blood insulin and metabolite changes with spontaneous feeding in steers. Journal of Dairy Science 60:410.

Cipagauta, M., J. Velásquez y J. I. Pulido 1998. Producción de leche en tres pasturas del Piedemonte Amazónico del Caquetá, Colombia. Pasturas Tropicales 20(3):2-9.

Contreras, E. F., R. E. Mucks and K. A. Albrecht 2005. Silage quality of corn-climbing bean mixtures. The University of Wisconsin, Madison, Póster #2033 b.

Córdoba, A., A. Peralta y A. Ramos 1987. Producción estacional de la asociación *Digitaria decumbens/Clitoria ternatea* con tres cargas animales y dos sistemas de utilización. Pasturas Tropicales 9 (1):27-31.

Crowder, L. V. and H. R. Chheda 1982. Tropical grassland husbandry. Tropical Agriculture Series, Published in United State of America by Longman Inc., New York. p. 346-397.

Díaz, H., J. T. Rouse y E. Valencia 2005. Seedbed management effects on botanical composition and nutritive value of bluepea (*Clitoria ternatea*) on a guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.) stand. *Caribbean Food Crops Society* 41(2):578.

Díaz, H. 2004. Efecto de la suplementación con ensilaje de residuos de una planta procesadora de tilapia (*Oreochromis niloticus*) sobre el consumo voluntario y la digestibilidad de nutrientes de heno de gramíneas y leguminosas tropicales. Tesis MS. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

Delgado, B. R. 2005. El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de Alimentación Animal. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario del Principado de Asturias. p. 1–20.

Detmann, E. A., C. de Quieros., P. R. Paulino y L. Cabra 2003. Consumo de fibra detergente neutro por bovinos en confinamiento *In*: Febres, A. O. (ed.). Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos en pastoreo en condiciones tropicales. IX Seminario de Pastos y Forrajes, Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela. p. 1-12.

Eilittä, M., R. Bressani, L. B. Carew., R. J. Carsky., M. Flores., R. Gilbert, L. Huyck., L. St-Laurent and N. J. Szabo 2000. Mucuna as a Food and Feed Crop: An Overview. p. 18-47. <http://www.cidicco.hn/newcidiccoenglish/Mucuna%20book/c.CIDICCO.pdf>.

Ellis, W. C., M. J. Wylie and J. H. Matis 1988. Dietary-digestive interactions determining the feeding value of forages and roughages. *In*: Ørskov, E. R. (ed.). *Feed Science*. Elsevier, Amsterdam, p. 177-229.

Elizondo, J. y C. Boschini 2003. Valoración nutricional de dos variedades de maíz usadas en la producción de forraje para bovinos. *Pastos y Forraje* 26(4):347-353.

Enríquez, Q. F., F. N. Meléndez y A. E. D. Bolaños 1999. Tecnología para la producción de forrajes tropicales en México. INIFAP. Libro Técnico N.º 7. p. 261.

Enríquez, Q. F., P. J. Pérez y M. E. García 1993. Rendimiento de materia seca aérea y radical de tres gramíneas en monocultivos y asociadas con *Clitoria ternatea* cv. Tehuana. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Guadalajara, Jalisco. p.54.

Eusse, B. J. 1994. Pastos y Forrajes Tropicales. 3nd Edición. Banco Ganadero, Santa Fé de Bogotá, D. C., Colombia. p. 320-420.

Esperance, M. 1982. Utilización del ensilaje para la producción de leche *In*: Ojeda, F., M. Esperance y D. Díaz (eds.). Mezclas de gramíneas y leguminosas para mejorar el valor nutritivo de los ensilajes tropicales. I. Utilización del dolichos (*Lablab purpureus* (L.) Sweet). *Pastos y Forrajes* 13:189-195.

Espinoza, F., C. Aranque., L. León., H. Quintana y E. Perdomo 2001. Efecto del banco de proteína sobre la utilización de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en pastoreo con ovinos. *Zootecnia Tropical* 19(3):59-71.

Febres, A. O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos en pastoreo en condiciones tropicales. IX Seminario de Pastos y Forrajes, Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela. p. 1-12.

Forbes, J. M. 1980. Hormones and metabolites in the control of food intake. *In: Digestive Physiology and Metabolism in Ruminant*. Ruckebusch and Thieved, (eds.). AVI Publishing Company, Inc. Westport, Conn. p. 145-160.

Forbes, J. M. 1986. *The Voluntary Food Intake of Farm Animals*. Butterworth & Co. London. p. 15-34.

Forbes, J. M., 1998. *Voluntary Food Intake of Farm Animals*. Butterworth's. 2nd ed. London. p. 205.

Forbes, J. M 1996. Integrations of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. *Journal of Animal Science* 74:3029.

Ford, C. W., I. M. Morrison and J. R. Wilson 1979. Temperature effects on lignin, hemicelluloses and cellulose in tropical and temperate grasses. *Australian Journal of Agricultural Research* 30:621.

Flores, M. 1992. La utilización del frijol de terciopelo (*Mucuna sp.*) como alternativa para el sostenimiento productivo de los sistemas agrícolas del Litoral Atlántico. CIDICCO. p. 15-23.

García, T. R., F. P. Infante y F. García, 1980. Pastos y Forrajes Tropicales. *In: Iglesias, J., F. Reyes., F. Ojeda., R. Delgado y L. Rivero (eds.)*. Valor nutritivo de un ensilaje mixto de maíz y dolichos. *Pastos y Forrajes* 15:71-76.

García, A., N. Thiex., K. Kalscheur y K. Tjardes 2005. Interpretación del análisis del ensilaje de maíz. College of Agriculture & Biological Science/South Dakota State University / USDA. p. 1-3.

Garza, R., A. Portugal y W. H. Ballesteros 1973. Establecimiento de tres leguminosas tropicales en un potrero de zacate pangola, *In: Bustamante, G. (ed.)*. Utilización de heno de clitoria en la alimentación de becerras lactantes de propósito lechero. INIFAP. Folleto N^o.1. p. 1-31.

Graham, H. P. and C. P. Vance 2003. Legumes: importance and constraints to greater use. *Plant Physiology* 131:872-877.

Gil, E., E. Álvarez y G. Maldonado 1991. Distancia y distribución de siembra en el establecimiento de tres especies de brachiarias asociadas con leguminosas. *Pasturas Tropicales* 13(3):11-14.

Gómez, M. S. and A. Kalamani 2003. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*): A nutritive multipurpose forage legume for the tropics—an overview. *Pakistan Journal of Nutrition* 2(6):374-379.

González, M. S., L. M. Van Heurch., D. A. Pezo y P. J. Argel 1996. Producción de leche en pasturas de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con *Arachis pintoi* o *Desmodium ovalifolium*. *Pasturas Tropicales* 18(1):2-12.

González, E. R. y J. M. Pacheco 1970. Cultivos de pastos en Costa Rica. San José, Ministerio de Agricultura Revista 105:450-463.

González, G and A. A. Rodríguez 2003. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability, and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. *Journal of Dairy Science* 86:926-933.

Guiller, K. E. 2001. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. 2nd Editions. CABI Publishing. CAB International Wallingford. p. 170-171.

Hacker, J. B. and D. J. Minson 1972. Cultivar differences *In Vitro* dry matter digestibility in *Setaria*, and the effects of site, age and season. *Australian Journal of Agricultural Research* 23:959.

Holiday, J. and P. Somasegaram 1983. Nodulation nitrogen fixations, and rhizobium strain affinities in the genus *Leucaena* *In*: Unchuipaico, I. P., M. A. González., M. De La Torre y F. San Martín (eds.). *Leguminosas en la alimentación del ganado en el trópico*. *Revista de Investigación Veterinarias de Perú* 10(2):1-27.

Holmann, F., P. Cartridge y C. Lascano 1999. Sistemas mejorados de alimentación basados en leguminosas forrajeras para ganado doble propósito en fincas de pequeños productores de América Latina Tropical. CIAT, Colombia. p.1-37.

Holmann, F., L. J. Rivas., B. Carrulla., L. Rivera., S. Giraldo., M. Guzmán., A. Martínez., A. Medina y A. Farrow 2003. Evaluación de los sistemas de producción de leche en el trópico latinoamericano y su interrelación con los mercados: Un análisis del caso colombiano. CIAT, Colombia. p. 1-55.

Hess, H. D., H. Flores., E. González y M. Ávila 1992. Efecto del nivel de nitrógeno amoniacal en el rumen sobre el consumo voluntario y la digestibilidad *In Situ* de forrajes tropicales. *Pasturas Tropicales* 21(1):15-30.

Hespell, R. B. and M. P. Bryant 1979. Efficiency of rumen microbial growth: influence of some theoretical and experimental factors on Y^{atp} *In*: Rodríguez, A. A., E. O.

Riquelme y P. F. Randel. Inclusión de leguminosas forrajeras en dietas basadas en gramíneas tropicales. II. Consumo voluntario y digestibilidad aparente de nutrimentos. *Journal of the Agriculture of University of Puerto Rico* 82(1-2):39-49.

Hernández, D., M. Carballo., C. Mendoza y C. Fung 1998. Estudio del Manejo de *Chloris gayana* cv. Callide para la producción de leche. I. Efecto del tiempo de estancia. *Pastos y Forrajes* 17:165-172.

Hernández, D., M. Carballo., C. Mendoza y C. Fung 1994. Estudio del Manejo de *Chloris gayana* cv. Callide para la producción de leche. I. Efecto de la oferta diaria de materia seca. *Pastos y Forrajes* 17:245-255.

Hernández, S. R., O. P. Jaime., J. G. Régul y H. Elías 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *Revista Electrónica REDVET*. <http://www.veterinaria.org/revista/redvet/n050505.html>.

Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science* 69:2755-2766.

Howes, J. R., J. F. Hentges and J. P. Feaster 1963. Blood volume of Brahman and Hereford cattle as measured by injected radioionated bovine serum albumin. *Journal of Animal Science* 22:183.

Humphreys, L. R. 1991. *Tropical pasture utilization*, Cambridge University Press. Cambridge, UK. p. 1-172.

Iglesias, J., F. Reyes., F. Ojeda., R. Delgado y L. Rivero 1992. Valor nutritivo de un ensilaje mixto de maíz y dolichos. *Pastos y Forrajes* 15:71-76.

Illius, A. W. and N. S. Jessop 1996. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *Journal of Animal Science* 74:3052.

Jaster, E. 1995. Legume and grass silage preservation. *In: Post-harvest physiology and preservation of forages*. K. Moore, M. Peterson, D. Kral and M. Viney (eds.). Wisconsin, EE.UU. CSSA Special Publication 22:91-115.

Jiménez, A. P., H. R. Cortés., y S. G. Ortiz 2002. Rendimiento forrajero y calidad del ensilaje de canavalia en monocultivo y asociada con maíz. *Acta Agronómica* 54:1-9.

Jung, H. G., D. R. Martens and A. J. Payme 1997. Correlation of acid detergent lignin and Klason lignin with digestibility of forage dry matter and neutral detergent fiber. *Journal of Dairy Science* 80:1622-1628.

Kennedy, P. M. 1995. Comparative adaptability of tropical environments. *In: Correa, J. H. (ed.). Limitaciones metabólicas para la producción bovina en el trópico bajo*. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Producción Animal. p. 2-34.

Laredo, M. A., H. J. Anzola y A. Cuesta 1990. Efecto del contenido de sílice en la digestibilidad de la materia seca de gramíneas tropicales. *Pasturas Tropicales* 12(3):7-10.

Lagasse, M. P. 1990. Effects of supplemental alfalfa hay on feed intake and digestion by Holstein steers consuming high-quality bermudagrass or orchardgrass hay. *Journal of Animal Science* 68:2839-2847.

Lascano, C. E. 2002. Caracterización de las pasturas para maximizar producción animal. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 10 (2):126-132.

Lascano, C. E. 1994. Nutritive value and animal production of forage *Arachis*. *In*: Kerridge P. C. and Hardy B. (ed.). *Biology and agronomy of forage Arachis*, CIAT, Cali, Colombia. p. 109-121.

Lascano, C. E. and E. Palacios 1993. Intake and digestibility by sheep of mature grass alone and in combinations with two tropical legumes. *Tropical Agricultural (Trinidad)* 70(4):356-358.

Lascano, C. E. y P. Ávila 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. *Pasturas Tropicales* 13(3):2-10.

Lazcano, C. E y C. Plaza 1990. Bancos de proteína y energía en sabanas de los Llanos Orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales* 22(1):9-15.

Lascano, C. E. 1991. Managing the grazing resource for animal production in savannas of Tropical America. *Tropical Grassland* 25:66-72.

Leek, B. F. 1986. Sensory receptors in the ruminant alimentary tracts. *In*: Milligan, L. P., W.L Grovum and A. Dobson (eds.). *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Maasdorp, B. V. and M. Titterton 1997. Nutritional improvement of maize silage for dairying: mixed-crop silage from sole and intercropped legumes and a long-season variety of maize. 2. Ensilage. *Animal Feed Science and Technology* 69:263-270.

Madsen, A. 1983. The molecular basis of animal production: in liver cell. *In*: P. M. Riis (ed.). *Dynamic biochemistry of animal production*. Elsevier Science Publisher, the Netherlands. Chapter 4: p. 53-74.

Manyuchi, B., F. D. Deb Hovell., L. R. Ndlovu., J. H. Topps and A. Tigere 1997. The use of groundnut hay as supplement for sheep consuming poor quality natural pasture hay. *Animal Feed Science and Technology* 69:17-26.

Meissner, H. H. 1997. Recent research on forage utilization by ruminant livestock in South Africa. *Animal Feed Science and Technology* 69:103-119.

Maynard, A. L., J. K. Loosli., H. F. Hintz y R. G. Warner 1981. Nutrición Animal. 7ndEdición, McGraw-Hill, México. D. F. p. 22-46.

McCaughey, W. P., K. Wittenberg and D. Corrigan 1997. Methane production by steers on pasture. Canadian Journal of Animal Science 77:519-524.

McDowell, R. E. 1975. Bases Biológicas de la Producción Animal en Zonas Tropicales. Acribia, Zaragoza. p. 692.

McDowell, R. E. 1985. Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. Academic Press. Orlando, FL. p. 443.

McDonald, P. 1981. The Biochemistry of Silage. John Wiley & Sons. New York. p. 226.

Minson, D. 1990. Composición química y valor nutritivo de las leguminosas tropicales. *In: Leguminosas forrajeras tropicales*. FAO. p. 211-219.

Minson, D. J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Division of Tropical Crop and Pasture Common Wealth Scientific and Industrial Research Organization St. Lucia, Queensland, Australia. p. 9-84.

Minson, D. J. 1980. Nutritional differences between tropical and temperate pasture. *In: Morley, F. H. W (ed.). Grazing Animals*. Elsevier, Amsterdam.

Minson, D. J. 1991. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, San Diego, CA, p. 483.

Minson, D. J. and R. Milford 1967. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportion of legume and mature pangola grass (*Digitaria decumbens*). Australian Journal of Agricultural Animal Husbandry 7:546-551.

Moe, P. W. and H. F. Tyrrell 1975. Efficiency of conversion of digested energy to milk. Journal of Dairy Science 58 (4):602-610.

Mosquera, P. y C. Lascano 1992. Producción de leche de vacas en pasturas de *Brachiaria decumbens* solo y con acceso controlado a bancos de proteína. Pasturas Tropicales 14(1): 2-10.

Motgomery, M. J. and B. R. Baumgardt 1965. Regulations of food intake in ruminants. 1 pelleted ration. Journal of Dairy Science 48:569.

Mott, G. O. and J. E. Moore 1969. Forage evaluation techniques in perspective. *In: Barnes, R. F., D.C. Clanton, C. H. Gordon, T. J. Klopfenstein y D. R. Waldo (eds.). Proc. Natl. Conf. Forage Quality Evaluation y Utilization*. Lincoln, Nebraska.

Muraoka, T., E. J. Ambrosano., F. Zapata., N. Bortoletto., A. L. Martins., P. C. Trivelin., A. E. Boaretto y W. B. Scivittaro 2001. Eficiencia de abonos verdes (*Crotalaria* y *Mucuna*) y urea aplicados solos o juntamente, como fuente de N para el cultivo de arroz. *Terra* 20:17-23.

Murray, R. K., D. K. Granner., P. A. Mayes and V. W. Rodwell 1988. *Bioquímica* 11^a ed. Manual Moderno, México. D. F. p. 713.

National Research Council (NRC). 1985. Nutrient requirements of sheep. National Academy Press. Washington, D.C.

Niemeyer, H. 1978. *Bioquímica* 2^{da} ed. Editorial Intermedica, Buenos Aires. p. 270.

Núñez, A. M. and W. B. Bryan 2000. Comportamiento de *Andropogon gayanus* (cv. Sabanero) asociado con dos leguminosas forrajeras bajo pastoreo. *Pasturas Tropicales* 22(2):32-34.

Obersohn, A. D., K. Freisan., H. Tiesson and J. O. Moir 1995. *In: Holmann, F, y C. Lazcano* (eds.). Una nueva estrategia para mejorar los sistemas de producción de doble propósito en los trópicos: El Consorcio TROPILECHE. p. 1-33.

Ojeda, F., O. Cáceres y M. Esperance 1997. Conservación de forrajes. *Pastos y Forrajes* 20:45-67.

Ojeda, F y D. Díaz 1991. Ensilaje de gramíneas y leguminosas para la producción de leche. I. *Panicum maximum* cv. Likoni y *Lablab purpureus* cv. Rongai. *Pastos y Forrajes* 14:175-184.

Ojeda, F., I. Jácome y D. Díaz 1992. Efecto de diferentes proporciones de dolichos (*Lablab purpureus* cv. Rongai) sobre la calidad fermentativa de tres gramíneas tropicales. *Pastos y Forrajes* 15:261-269.

Ojeda, F., M. Esperance y D. Díaz 1990. Mezclas de gramíneas y leguminosas para mejorar el valor nutritivo de los ensilajes tropicales. I. Utilización del dolichos (*Lablab purpureus* (L.) Sweet). *Pastos y Forrajes* 13:189-195.

Ohshima, M and P. McDonald 1978. A reviews of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage *Journal of the Science of Food Agricultural* 29:479-505.

Ørskov, E. R., G. W. Reid and M. Kay 1991. Influence of straw quality and level of concentrate in a completely mixed diet on intake and growth rate in steers. *Animal Production* 52:461-464.

Ørskov, E. R. 2005. Plant factors limiting roughage intake in ruminants. *Tropical Feeds and Feeding Systems*. Elsevier, Amsterdam, p. 55-70.

Paliwal, R. L. 2001. El maíz en los trópicos mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28:1-369.

Parker, D. S. 1984. Limitantes metabólicos para la producción de leche en los trópicos. Producción Animal Tropical 9:263-269.

Plaza, H. C. y C. E. Lascano 2005. Utilidad de *Cratylia argentea* en la ganaderías de doble propósito del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. Pasturas Tropicales 27:65-72.

Pinzón, R. y R. Montenegro 2001. Prácticas de manejo y utilización de asociaciones de gramíneas/leguminosa (*Arachis pintoii*) y gramíneas solas. Instituto de Investigaciones Agropecuaria de Panamá. p. 5-44.

Peguero, A., V. J. Asencio y B. Wargner 2005. Producción y calidad de maíz asociado con dolichos (*Lablab purpureus*). Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuaria y Forestales (IDIAF). Resultados de Investigaciones en Pastos y Forrajes. p. 83-90.

Pérez, I. y F. García 1980. Pastos y Forrajes Tropicales. 3: p. 163 In: Iglesias, J., F. Reyes., F. Ojeda., R. Delgado y L. Rivero (eds.). Valor nutritivo de un ensilaje mixto de maíz y dolichos. Pastos y Forrajes 15:71-76.

Pérez, P. J., Z. B. Alarcon., G. D. Mendoza., G. R. Bárcena., G. A. Hernández y J. G. Herrera 2001. Efecto de un banco de proteína de *Kudzú* en la ganancia de peso de toretes en pastoreo en estrella africana. Revista Técnica Pecuaria México 39 (1):39-52.

Pérez, H. E., D. A. Pezo y J. Arce 1993. Crecimiento de *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria dictyoneura* asociada con soya (*Glycine max* L.). Pasturas Tropicales 15(1):213-216.

Preston, T. R. y R. A. Leng 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el Trópico. CONDRIT, CALI. p.312.

Poppi, D. P. and S. R. McLennan 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. Journal of Animal Science 73:278-290.

Quiroz, A. I. y D. Marín 2003. Rendimiento en granos y eficiencia de una asociación maíz (*Zea mays* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan*) con o sin fertilización. Bioagro 15(2):121-128.

Ramírez, R. O., G. R. R. Lozano y F. L. Gutiérrez 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. Ciencia UANL, Universidad Autónoma de Nuevo León Monterrey, México 5(002):180-189.

Ramos, G. F., F. J. Giraldez y A. R. Mantecon 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. Archivos Zootecnia 47:597-620. Estación Agrícola experimental. CSIC. León-España.

Razz, R. y T. Clavero 1997. Producción de leche en vacas suplementadas con harina de *Gliricidia sepium*. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 5(Supl. 1):127-128.

Reyes, F., J. Iglesias., F. Ojeda., E. Fernández y O. Rodríguez 1994. Estudio de la densidad y patrones de siembra de una asociación de dolichos (*Lablab purpureus*) y maíz (*Zea mays* L.). Pastos y Forrajes 17:137-142.

Reynolds, C. K. and J. A. Benson 2004. Gut peptides and feed intake regulations in lactating dairy cows. Journal of Animal Science 82 (Supl. 1):81 Abstracts.

Reynoso, R. O., J. P. Pérez., A. H. Garay., J. G. Haro y P. A. Hernández 2003. Evaluación del rendimiento y la utilización de la asociación estrella-clitoria cosechada a diferentes asignaciones de forraje. Revista Técnica Pecuaria México 41(2): 219-230.

Ríos, A. S. and W. D. Pitman 2001. Tropical Forage Plants Development and Use. CRC press. LLC, Boca Ratón, Florida. p. 219-251.

Rodríguez, A. A., J. A. Acevedo y E. O. Riquelme 1997. Estabilidad aeróbica de ensilaje de pasturas tropicales nativas efecto del ácido propiónico y tiempo de exposición aeróbica. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 5(Supl. 1):83-85.

Rodríguez, A. A., E. O. Riquelme., S. R. Rust and M. T. Yokohama 1995. Efecto de aditivos para ensilaje y duración de exposición aeróbica. Revista Argentina de Producción Animal Memorias XIV Reunión Latinoamericana de Producción Animal: p. 5-8.

Rodríguez, A. 1990. Utilización de leguminosas forrajeras como parte integral de sistemas de alimentación de rumiantes. Tesis MS. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

Rodríguez, A. A., H. L. Díaz., C. Torres y L. Rivera 2005. Consumo y digestibilidad de nutrientes de heno de maní rizoma perenne y alfalfa comercial. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 90(3-4):249-251.

Rodríguez, A. A., E. O. Riquelme y P. F. Randel 1998. Inclusión de leguminosas forrajeras en dietas basadas en gramíneas tropicales. II. Consumo voluntario y digestibilidad aparente de nutrimentos. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 82(1-2):39-49.

Rodríguez, A. A., E. O. Riquelme., S. R. Rust., M. T. Yokohama and R. J. Burnett 1995. Sucesión microbiana y productos de fermentación de sorgo forrajero ensilado con aditivos para ensilaje en el ambiente tropical de Puerto Rico. Revista Argentina de

Producción Animal Memorias XIV Reunión Latinoamericana de Producción Animal. p. 1-5.

Romero, N. R., O. A. Febres y B. González 2004. Efecto de la adición de urea sobre la composición química y la digestibilidad *in Vitro* de la materia seca de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick cosechado a diferentes edades. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 12(Supl. 2):52-58.

Romero, F. y J. González 1998. Produciendo más leche mediante pasturas asociadas con *Arachis pintoi*. In: Hoja Informativa Consorcio TROPILECHE. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. p: 1-2.

Roth, G. W. and D. Undersander 1995. Corn silage production, management and feeding In: Arias Carrasquillo, F. (ed.). Características fermentativas y estabilidad aeróbica de dos variedades de maíz tropical y hierba guinea ensilada a diferentes estados de madurez. Tesis MS. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

Rivera, E. L. 2003. Determinación de digestibilidad y consumo de materia seca de heno de *Arachis glabrata* en rumiantes. Tesis MS. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

Ruiloba, M. H. 1990. Bancos de kudzú como fuente de proteína para la producción de leche en Panamá. Pasturas Tropicales 12 (1):44-47.

Ruiz, R. y C. M. Vázquez 1983. Consumo voluntario de pastos tropicales, In: Los Pastos en Cuba. Tomo 2, Utilización. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.

SAS Institute. 2006. SAS User's guide, release 9.1 for Windows. SAS Institute, Inc. Cary, North Carolina.

Ruz, F. y F. Ojeda 1995. Deteriorización aeróbica de los ensilajes tropicales. Pastos y Forrajes 18:271-278.

Sanderson, A. M. 1993. Aerobic stability and *In Vitro* fiber digestibility of microbially inoculated corn and sorghum silages. Journal of Animal Science 71:505-514.

Sánchez, M, L. 2005. Modern strategies for conserving forage in tropical bovine production systems. Revista Corpoica (6):69-80.

Sánchez, A. 1998. Leguminosas como potencial forrajero en la alimentación bovina. FONAIAP. Estación Experimental del Estado de Falcón, Venezuela. (7117. Ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd50/leguminosas.htm).

Sánchez, C. y A. Oliveira 1973. Producción de materia seca y estimación del potencial fotosintético mediante la defoliación artificial en maíz. Reunión de Maiceros de la Zona Andina. CIAT, Colombia. p.45.

Seiffert, N. F. y A. H. Zimmer 1988. Contribución de *Calopogonium mucunoides* al contenido de nitrógeno en pasturas de *Brachiarias decumbens*. Pasturas Tropicales 10 (3):8-23.

Skerman, P. J., D. G. Cameron y F. Riveros 1992. Leguminosas forrajeras tropicales. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 2:1-635.

Skerman, P. J. 1991. Gramíneas tropicales. Colección FAO: Producción y protección vegetal 23:1-730.

Sosa, R. E., B. G. Zapata y R. J. Pérez 1996. Tecnología para la producción de la leguminosa forrajera *Clitoria ternatea* L., una opción para la ganadería en Quintana Roo. Folleto Técnico. UNIFAP-SAGAR. p. 12-24.

Soto, P. O., E. Jahn y S. Arredondo 2004. Mejoramiento del porcentaje de proteína en maíz para ensilaje con el aumento y parcialización de la fertilización nitrogenada. Agricultura Técnica 64(2):156-162.

Suárez, S., J. Rubio., C. Franco., R. Vera., E. A. Pizarro y M. C. Amézquita 1997. *Leucaena leucocephala*: Producción y composición de leche y selección de ecotipos con animales en pastoreo. Pasturas Tropicales 9(2):11-17.

Smith O. B. and M. F. Van Houter 1987. The feeding value of *Gliricidia sepium*. A reviews. World Animal Review 62:57-58.

Stone, W. C. 2004. Nutritional approaches to minimize sub acute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. Journal of Dairy Science 87(E. Suppl.):13-26.

Shaw, N. H. and L. 't Mannetje 1970. Studies on a spear grass pasture in central coastal Queensland. The effect of fertilizer stocking rate and oversowing with *Stylosanthes humilis* on beef production and botanical composition. Tropical Grassland 4:43-56.

Stobbs, T. H. 1976. Milk production per cow and per hectare front tropical pasture. In: Seminario Internacional de Ganadería Tropical. FIRA. Acapulco, México. p. 129-146.

Shelton, H. 1998. The Leucaena Genus: New opportunities for agriculture (A Review of Workshop Outcomes). In: H. Gutteridge, B. Mullen and R. Bray. (ed.). Leucaena-adaptation, quality and farming systems, Aciar Proceedings N^o. 86. Canberra. p. 15-24.

Spoeltra, S. F., M. G. Courtin and J. A. VenBeers 1988. Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of whole crop maize silage. Journal of Agricultural Sciences 111:127-132.

Traxler, M. J., D. G. Fox., P. J. Van Soest., A. N. Pell., C. E. Lascano., D. P. D. Lanna., J. E. Moore., R. P. Lana., M. Vélez, and A. Flores 1998. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. Journal of Animal Science 76:1469-1480.

Titterton, M. and B. V. Maasdorp 1997. Nutritional improvement of maize silage for dairying: mixed-crop silage 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.

Tobía, C., A. Rojas., E. Villalobos., H. Soto y L. Uribe 2004. Sustitución parcial del alimento balanceado por ensilaje de soya y su efecto en la producción y calidad de la leche de vaca, en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(2):27-35.

Toledo, J. M and V. A. Morales 1979. Establishment and management of improved pastures in the Peruvian Amazon. *In: Sanchez, P. A. and L. E. Tergas (eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropic.* CIAT-Colombia.

Topps, J. H. y J. Oliver 1993. Animal foods of Central Africa. Zimbabwe. *Agricultural Journal Technical Handbook* 2:135.

Tjandraatmadja, M., I. C. Macrae and B. W. Norton 1993. Digestion by sheep of silage prepared from mixtures of tropical grasses and legumes. *Journal of Agricultural and Science, Cambridge* 120:407-415.

Ulrich, C. R., R. Vera y J. H. Weniger 1994. Producción de leche con vacas de doble propósito en pasturas solas y asociadas con leguminosas. *Pasturas Tropicales* 16 (3):10-25.

Ulyatt, M. 1973. The feeding value of herbage *In: Butler, G. and Baile, R. (eds.). Chemistry and biochemistry of forage Vol.3.* Academic Press, London. p. 131-178.

Unchuipaico, I. P., M. A. Gonzáles., M. De La Torre y F. San Martín 1999. Leguminosas en la alimentación del ganado en el trópico. Artículo de Revisión. *Revista de Investigación Veterinarias de Perú* 10(2):1-27.

Valencia, E., R. Sanabria, K. Tous, and A. A. Rodríguez 2005. Silage yield, fermentation characteristics and aerobic stability of two hybrid corns. *American Forage and Grassland Council* 14:185-189.

Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant.* 2nd Edition. Comstock Publishing Associates, Ithaca, New York.

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

Vicente-Chandler, J., R. Caro Costa., F. Abruña y S. Silva 1983. Producción y utilización intensiva de las forrajeras en Puerto Rico. *Boletín* 271. Estación Experimental Agrícola, U. P. R. p.217.

Villanueva, A. J. F., J. A. B. Cárdenas., J. V. R. Ceja y J. J. B. Guerrero 2004. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. Revista Técnica Pecuaria México 42(1):79-96.

Villanueva, A. J. F. 2002. Clitoria, leguminosa de excelencia para el trópico mexicano. Publicación Técnica No. 1. INIFAP-SAGARPA. Tepic Nayarit. p. 11-17.

Waldo, D. R. 1986. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interactions. Symposium: Forage utilization by the lactating cow. Journal of Dairy Science 55:125.

Wattiaux, M. 2006. Introducción al proceso de ensilaje. Novedades Lácteas, Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin 502:1-10.

Wekesa, F. W., S. A. Abdulrazak and E. A. Mukisira 2006. The effect of supplementing rhodes grass hay with cotton seed cake and pyrethrum marc based rations on the performance of sahiwal female weaners. Livestock Research for Rural Development 18 (1):1-8.

West, J. W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. Journal of Dairy Science 86:2131-2144.

Wilson, Q. T. y C. E. Lascano 1998. *Cratylia argentea* como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos. Pasturas Tropicales 19(3):2-8.

Wilson, J. R. 1983. Effects of water stress on In Vitro dry matter digestibility and chemical composition of herbage of tropical pasture species. Australian Journal of Agricultural Research 34:377.

Woods, S. C. and J. Gibbs 1989. The regulation of food intake by peptides. Ann. N.Y. Academy Science 575:236.

Woolford, M. K. 1990. A Review: The detrimental effect of air on silage. Journal Applied Bacteriology 68:101-116.

Yapes, T. J. C. y F. L. Tamayo 2003. Establecimiento y manejo racional de praderas en el nordeste antioqueño. Primero y segundo curso teórico-prácticos sobre sistemas ganaderos sostenibles en el Nordeste Antioqueño. Corpoica, Colombia. p. 25-65.