



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS TABASCO**

PROGRAMA

PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y VALOR NUTRITIVO DE *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick AL ASOCIARSE CON *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw EN UN ACRISOL DE HUIMANGUILLO, TABASCO**

FÉLIX DANIEL DOMÍNGUEZ PÉREZ

**TESIS**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

2016

La presente tesis titulada: “Comportamiento productivo y valor nutritivo de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick al asociarse con *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw en un Acrisol de Huimanguillo, Tabasco”, realizado por el alumno: Félix Daniel Domínguez Pérez, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO:**



\_\_\_\_\_  
DRA. LUZ DEL CARMEN LAGUNES ESPINOZA

**DIRECTOR DE TESIS:**



\_\_\_\_\_  
DR. EDUARDO DANIEL BOLAÑOS AGUILAR

**ASESOR:**



\_\_\_\_\_  
DR. SERGIO SALGADO GARCÍA

**ASESOR:**



\_\_\_\_\_  
DR. JESÚS RAMOS JUÁREZ

**ASESOR:**



\_\_\_\_\_  
DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO. 27 DE JULIO DEL 2016

# COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y VALOR NUTRITIVO DE *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick AL ASOCIARSE CON *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw EN UN ACRISOL DE HUIMANGUILLO, TABASCO

Félix Daniel Domínguez Pérez  
Colegio de Potsgraduados, 2016

## RESUMEN

El estudio se realizó en Huimanguillo, Tabasco en un suelo Acrisol con pH de 4.9 y baja disponibilidad de fósforo, durante las épocas de nortes (octubre-2014 a febrero-2015), seca (marzo a mayo) y lluvias (junio a julio). El objetivo fue evaluar las variaciones en rendimiento de materia seca (RMS) y en valor nutritivo del pasto *Brachiaria humidicola* al asociarse con *Stylosanthes guianensis*, con y sin fertilización fosfatada, durante las tres épocas del año que prevalecen en Tabasco. Se establecieron parcelas de *B. humidicola* en monocultivo sin y con fertilización fosfatada (H, HF), y de la asociación sin y con fertilización fosfatada (HS, HSF), en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Se analizaron con el modelo de medidas repetidas. El rendimiento de materia seca (RMS) y calidad del forraje fueron medidos cada 35 días del 7 de octubre 2014 al 14 de julio 2015. El RMS total promedio fue semejante entre H, HF y HSF, pero las praderas asociadas (HS, HSF) presentaron menor variación en el tiempo. Las praderas asociadas fueron más productivas en la época seca, y las praderas en monocultivo en lluvias. La concentración de fósforo (P) incrementó el número de nódulos por planta (18.8 en HSF vs 13.9 en HS, promedio de las tres épocas), pero no el RMS en raíces. La calidad del forraje de la asociación gramínea-leguminosa fue más alta que aquella de la gramínea en monocultivo, fue mejorada con la fertilización fosfatada. La pradera en asociación mostró la más alta degradabilidad ( $>620$  g kg<sup>-1</sup>MS), concentración de proteína ( $>120$  g kg<sup>-1</sup>MS), K (10 g kg<sup>-1</sup>MS) y Ca (9.4 g kg<sup>-1</sup>MS), comparado con la de monocultivo (578, 80, 8.0 y 1.2 g kg<sup>-1</sup>MS, respectivamente). Esto, debido a que *S. guianensis* presentó los valores más altos en estos caracteres comparado con *B. humidicola*, y este pasto al asociarse con *S. guianensis* incrementó su concentración de proteína (93.5 g kg<sup>-1</sup>MS) que cuando estuvo en monocultivo. La concentración de P de *S. guianensis* y de los tratamientos fertilizados (HF, HSF) fueron más altos que en los tratamientos sin fertilizar (H, HS). El asociar *S. guianensis* con *B. humidicola* y aplicar fertilización fosfatada, se mejora el RMS y su distribución estacional, nodulación de la leguminosa y la calidad del forraje.

**Palabras Clave:** pradera, asociación, gramínea-leguminosa, rendimiento de forraje, fósforo, proteína, leguminosas forrajeras tropicales.

# PRODUCTIVE PERFORMANCE AND NUTRITIVE VALUE OF *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick IN ASSOCIATION WITH *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) ON AN ACRISOL SOIL AT HUIMANGUILLO, TABASCO

Félix Daniel Domínguez Pérez  
Colegio de Potsgraduados, 2016

## ABSTRACT

This study was carried out at Huimanguillo, Tabasco in an Acrisol soil with pH 4.9 and low phosphorus availability, during the periods of “nortes” (october-2014 to february-2015), dry (march-may) and rainy (jun-july) seasons. The objective was to assess variations in dry matter yield (DMY) and nutritional value of *Brachiaria humidicola* by associating with *Stylosanthes guianensis*, with and without phosphorus fertilization during the three seasons that prevail in Tabasco. Plots of *B. humidicola* in monoculture without and with phosphorus fertilization (H, HF) and in association *B. humidicola*-*S. guianensis* without and with phosphorus fertilization (HS, HSF) were established in a randomized complete design with four replications and analyzed as a repeated-measures model. Dry matter yield (DMY) and forage quality were measured each 35 days. Total DMY was similar among H, HF and HSF, but mixed prairies (HS, HSF) showed less DMY variation in the time. Mixed prairies were more productive in the dry season, and the prairie in monoculture was in the rainy season. Phosphorus (P) fertilization increased the number of nodules per plant (18.8 in HSF vs 13.9 in HS, average of the three season), but not root DMY. The forage quality of the legume-grass association was highest than those of monoculture, and it was improved with phosphorus fertilization. The legume-grass association showed the highest degradability ( $>620 \text{ g kg}^{-1}\text{DM}$ ), protein ( $>120 \text{ g kg}^{-1}\text{DM}$ ), K ( $10 \text{ g kg}^{-1}\text{DM}$ ) and Ca ( $9.4 \text{ g kg}^{-1}\text{DM}$ ), compared to the prairie in monoculture (578, 80, 8.0 and  $1.2 \text{ g kg}^{-1}\text{DM}$ , respectively). This, was due to the inclusion of *S. guianensis*, which had the highest values in these traits compared to *B. humidicola*; and this grass associated to *S. guianensis* showed a higher protein concentration ( $93.5 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$ ) than *B. humidicola* in monoculture. P concentration of *S. guianensis* and the fertilized treatments (HF, HSF) was higher than unfertilized treatment (H, HS). Associating *S. guianensis* with *B. humidicola* and applying phosphorus fertilization, improved dry matter yield and its distribution throughout the season, as well as the number of nodules and forage quality.

**Key words:** Prairie, association, grass-legume, forage yield, phosphorus, protein, tropical forage legumes.

## **DEDICATORIA**

A Dios Padre por guiarme, darme salud y por haberme iluminado durante esta etapa, porque sin él no habiéramos concluido esta etapa.

A mis padres y hermanos por su apoyo moral y buenos consejos, jamás se hubiera consolidado esta Maestría. En especial a mi madre Elena Pérez Sánchez quién con sus consejos sabios, y el gran Amor infinito que me tiene, logró hacerme una persona de provecho.

A mi esposa querida Telma Guadalupe Avalos Jiménez que siempre ha estado a mi lado en las buenas y en los malos momentos del postgrado, dando apoyo suficiente para realización del mismo. A mis hijos queridos Leonardo y Daniela, los amo.

A mis Hermanos Guillermo Domínguez Pérez, Javier Alonso Domínguez Pérez y Elena Dolores Domínguez Pérez quienes con sus palabras de aliento y cariño me dieron fuerzas para concluir.

A todos los compañeros que a lo largo de este proceso me expresaron su amistad, cariño, apoyo y confianza.

**MUCHAS GRACIAS A TODOS.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, por haber permitido y darme la oportunidad de estudiar el postgrado.

Al CONACYT por haberme otorgado la beca como apoyo y estímulo para continuar con mi formación académica.

Al Dr. Eduardo Daniel Bolaños Aguilar por todo su apoyo y constante dedicación en el desarrollo y realización de este proyecto, así como su amistad y disponibilidad para orientarme en cualquier inquietud.

A la Dra. Luz del Carmen Lagunes Espinoza, Consejera Particular, por su dedicación de su valioso tiempo, consejos brindados y apoyo en todo momento. Muchas Gracias.

A mi Consejo particular, Dr. Sergio Salgado García, Dr. Jesús Ramos Juárez, Dr. Juan De Dios Guerrero Rodríguez, por su valioso tiempo a mejorar este trabajo, por la confianza otorgada y sus consejos y recomendaciones, gracias.

A todo el personal del Colegio de Posgraduados y a mis compañeros y amigos de maestría.... ¡Gracias! por su apoyo y amistad incondicional.

El presente trabajo de investigación fue financiado con los Apoyos a la investigación otorgados al proyecto con clave 443 según registro en la matriz de investigación del Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco.

Forma parte de la Línea Generadora y de Aplicación del Conocimiento (LGAC-2): Sistemas sustentables de producción agrícola y pecuaria del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agroalimentaria en el Trópico (PROPAT); y de la LGAC-CP-2: Sistemas sustentables de producción agrícola y pecuaria.

# CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
III. HIPÓTESIS.....	5
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1. Características generales de las especies evaluadas.....	6
4.1.2. Origen del pasto Humidicola ( <i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweick.....	6
4.1.2.1. Descripción morfológica.....	6
4.1.2.2. Adaptabilidad.....	9
4.1.2.2.1. Suelo de adaptación.....	9
4.1.2.3. Rendimiento de materia seca.....	10
4.1.2.4. Valor nutritivo.....	11
4.1.2.4.1 Proteína.....	11
4.1.2.4.2 Degradabilidad.....	12
4.1.2.4.3 Necesidades nutrimentales del <i>B. humidicola</i> ....	12
4.1.3. Origen del <i>Stylosanthes guianensis</i> (Aul.) Sw.....	14

4.1.3.1. Descripción morfológica.....	14
4.1.3.2. Adaptabilidad.....	14
4.1.3.2.1. Suelo de adaptación.....	15
4.1.3.3. Rendimiento de materia seca.....	16
4.1.3.4. Valor nutritivo.....	17
4.1.3.4.1 Proteína y minerales.....	17
4.1.3.4.2. Degradabilidad.....	17
4.1.3.4.3. Necesidades nutrimentales del <i>S. guianensis</i> ....	19
4. 2. Asociación gramínea: leguminosa.....	19
4. 2.1. Característica de la asociación gramínea: leguminosa.....	19
4. 2.2. Efecto de la proporción gramínea: leguminosa sobre la producción animal.....	20
4. 2.3. Producción de materia seca de la asociación.....	20
4. 2.4. Calidad de la asociación.....	22
4. 2.5. Persistencia.....	22
4. 2.6. Aporte de nitrógeno al suelo.....	23
4.3. Conclusión de la revisión de literatura.....	24
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
5. 1. Localización del área de estudio.....	25
5. 2. Datos climatológicos.....	26
5. 3. Establecimiento del experimento.....	27
5. 4. Tratamientos.....	27
5. 5. Toma de datos.....	29
5. 5. 1. Cosecha de las parcelas.....	29

5. 6. Variables evaluadas.....	30
5. 6. 1. Rendimiento de materia seca (RMS).....	30
5. 6. 2. Composición botánica.....	31
5. 6. 3. Valor nutritivo.....	31
5. 6.4. Degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca (DMS).....	32
5. 6.5. Peso de raíces y número de nódulos de <i>Stylosanthes guianensis</i> .	32
5. 7. Diseño experimental.....	33
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
6.1. Comportamiento de la precipitación y temperatura.....	34
6.2. Rendimiento de materia seca (RMS).....	34
6.2.1. RMS de la biomasa aérea.....	34
6.2.2. RMS de raíces.....	41
6.3. Concentración de proteína.....	42
6.4. Degradabilidad de la materia seca (DMS).....	48
6.5. Concentración de fósforo (P).....	52
6.6. Concentración de calcio (Ca).....	57
6.7. Concentración en potasio (K).....	59
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>IX. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>65</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 1.</b> Composición nutritiva del pasto <i>Brachiaria humidicola</i> cosechado a diferentes edades de rebrote.....	10
<b>Cuadro 2.</b> Valor nutritivo (%) obtenido en cada una de las especies durante la fase vegetativa y reproductiva.....	18
<b>Cuadro 3.</b> Rendimientos de materia seca de gramíneas de la asociación y rendimiento total.....	21
<b>Cuadro 4.</b> Propiedades químicas y físicas del suelo en el sitio experimental.....	25
<b>Cuadro 5.</b> Tratamientos evaluados de una gramínea en monocultivo y en asociación con una leguminosa.....	27
<b>Cuadro 6.</b> Fechas de los cortes de uniformidad y de la toma de datos dentro de cada época del año evaluada.....	29
<b>Cuadro 7.</b> Rendimiento de materia seca, proteína y degradabilidad de los tratamientos estudiados durante periodos de crecimiento de 35 días.....	35
<b>Cuadro 8.</b> Rendimiento de materia seca (t ha <sup>-1</sup> ) de <i>Brachiaria humidicola</i> (Bh) y de <i>Stylosanhtes guianensis</i> (Sg) creciendo en asociación con y sin fertilización fosfatada (100 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> ), de octubre 2014 a julio 2015.....	38
<b>Cuadro 9.</b> Concentración de proteína (g kg <sup>-1</sup> MS) de <i>Brachiaria humidicola</i> (Bh) y de <i>Stylosanhtes guianensis</i> (Sg) creciendo en asociación con y sin fertilización fosfatada (100 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> ), durante periodos de crecimiento de 35 días de octubre 2014 a julio 2015.....	46
<b>Cuadro 10.</b> Degradabilidad (g kg <sup>-1</sup> MS) de <i>Brachiaria humidicola</i> (Bh) y de <i>Stylosanhtes guianensis</i> (Sg) creciendo en asociación con y sin fertilización fosfatada (100 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> ), en periodos de crecimiento de 35 días, de octubre 2014 a julio 2015.....	51
<b>Cuadro 11.</b> Concentraciones de Fósforo, Calcio y Potasio de <i>B. humidicola</i> de los tratamientos estudiados durante periodos de crecimientos de 35 días.....	53

<b>Cuadro 12.</b>	Concentración de fósforo ( $\text{g kg}^{-1}\text{MS}$ ) de <i>Brachiaria humidicola</i> (Bh) y de <i>Stylosanthes guianensis</i> (Sg) creciendo en asociación con y sin fertilización fosfatada ( $100 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ), en períodos de crecimiento de 35 días de octubre 2014 a julio 2015.....	56
<b>Cuadro 13.</b>	Concentración de calcio ( $\text{g kg}^{-1}\text{MS}$ ) de <i>Brachiaria humidicola</i> (Bh) y de <i>Stylosanthes guianensis</i> (Sg) creciendo en asociación con y sin fertilización fosfatada ( $100 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ) en los meses de febrero, mayo y julio, en la Sabana de Huimanguillo.....	58
<b>Cuadro 14.</b>	Concentración de potasio ( $\text{g kg}^{-1}\text{MS}$ ) de <i>Brachiaria humidicola</i> (Bh) y de <i>Stylosanthes guianensis</i> (Sg) creciendo en asociación con y sin fertilización fosfatada ( $100 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ), en períodos de crecimiento de 35 días de octubre 2014 a julio 2015.....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Morfología del pasto <i>Brachiaria humidicola</i> (Partes vegetativas).....	7
<b>Figura 2.</b> Morfología del pasto <i>Brachiaria humidicola</i> (Partes reproductivas).....	8
<b>Figura 3.</b> Morfología de la leguminosa <i>Stylosanthes guianensis</i> .....	15
<b>Figura 4.</b> Datos promedio de precipitación pluvial y de temperatura máxima y mínima del área de estudio. Huimanguillo, Tabasco.....	26
<b>Figura 5.</b> Distribución de las unidades experimentales en el sitio experimental (A). 1: Bh= <i>B.humidicola</i> en monocultivo; 2: Bh+F, <i>B. humidicola</i> + fertilización; 3: Bh+Sg, <i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> ; 4: Bh+Sg+F, <i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> + fertilización. (B) Foto de la distribución de unidades experimentales en campo.....	28
<b>Figura 6.</b> Colocación del cuadrante para el corte de la biomasa.....	30
<b>Figura 7.</b> Valores promedio de rendimientos de materia seca de <i>B. humidicola</i> en monocultivo (Bh), <i>B. humidicola</i> + fertilización (BhF), <i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> (BhSg) y <i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> + fertilización (BhSgF), durante períodos de crecimiento de 35 días.....	36
<b>Figura 8</b> Peso de raíces en <i>Stylosanthes guianensis</i> al asociarse con <i>Brachiaria humidicola</i> , y con <i>Brachiaria humidicola</i> + fertilización con fósforo en tres épocas del año. Letras diferentes significan diferencia entre épocas.....	41
<b>Figura 9.</b> Número de nódulos en <i>Stylosanthes guianensis</i> al asociarse con <i>Brachiaria humidicola</i> (BhSg), y con <i>Brachiaria humidicola</i> + fertilización con fósforo (BhSgF) en tres épocas del año.....	42
<b>Figura 10.</b> Valores promedio en concentración de proteína de <i>B. humidicola</i> en monocultivo (Bh), <i>B. humidicola</i> + fertilización (BhF), <i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> (BhSg) y <i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> + fertilización (BhSgF), durante períodos de crecimiento de 35 días. ....	43

<b>Figura 11.</b>	Valores promedio en degradabilidad de <i>B. humidicola</i> en monocultivo (Bh), <i>B. humidicola</i> + fertilización (BhF), <i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> (BhSg) y <i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> + fertilización (BhSgF), durante períodos de crecimiento de 35 días.....	48
<b>Figura 12.</b>	Degradabilidad del <i>B. humidicola</i> en monocultivo sin fertilización (Bh), fertilizado (BhF), del <i>B. humidicola</i> dentro de la asociación con <i>S. guianensis</i> sin fertilizar (Bh-BhSg), fertilizado (Bh-BhSgF), del <i>S. guianensis</i> dentro de la asociación con <i>B. humidicola</i> sin fertilizar (Sg-BhSg) y fertilizado (Sg-BhSgF).....	50
<b>Figura 13.</b>	Valores promedio en concentración de fósforo de <i>B. humidicola</i> en monocultivo (Bh), <i>B. humidicola</i> + fertilización (BhF), <i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> (BhSg) y <i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> + fertilización (BhSgF), durante períodos de crecimiento de 35 días.....	52
<b>Figura 14.</b>	Concentración de fósforo del <i>B. humidicola</i> en monocultivo sin fertilización (Bh), fertilizado (BhF), del <i>B. humidicola</i> dentro de la asociación con <i>S. guianensis</i> sin fertilizar (Bh-BhSg), fertilizado (Bh-BhSgF), del <i>S. guianensis</i> dentro de la asociación con <i>B. humidicola</i> sin fertilizar (Sg-BhSg) y fertilizado (Sg-BhSgF).....	55
<b>Figura 15.</b>	Concentración de calcio del <i>B. humidicola</i> en monocultivo sin fertilización (Bh), fertilizado (BhF), del <i>B. humidicola</i> dentro de la asociación con <i>S. guianensis</i> sin fertilizar (Bh-BhSg), fertilizado (Bh-BhSgF), del <i>S. guianensis</i> dentro de la asociación con <i>B. humidicola</i> sin fertilizar (Sg-BhSg) y fertilizado (Sg-BhSgF), en los meses representativos de las épocas de Nortes (febrero), Seca (mayo) y Lluvias (julio).....	57
<b>Figura 16.</b>	Valores promedio en concentración de potasio de <i>B. humidicola</i> en monocultivo (Bh), <i>B. humidicola</i> + fertilización (BhF), <i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> (BhSg) y <i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> + fertilización (BhSgF), durante períodos de crecimiento de 35 días.....	60

## I. INTRODUCCIÓN

En México, la actividad ganadera se realiza en 114 millones de hectáreas (SIAP, 2012). Esta superficie incluye diferentes tipos de recursos forrajeros, como praderas, pastizales, esquilmos y cultivos forrajeros. Son las praderas las que mayormente contribuyen con la producción de materia seca para el ganado, con un 42% del total de materia seca producida en el país. En Tabasco, la producción animal se realiza principalmente en pastoreo, con una población de 1.518 millones de cabezas de ganado bovino (SIAP, 2012), repartidas en una superficie de 1.7 millones de hectáreas. En 2010, el 50.14 % de esta superficie estaba formada por praderas inducidas (Bolaños-Aguilar *et al.*, 2010). Sin embargo, aun cuando se trata de gramíneas inducidas de mayor calidad que los pastos nativos, no satisfacen las necesidades nutricionales del ganado, sobre todo en la disponibilidad de proteína.

La producción no uniforme de materia seca (MS) de las gramíneas y la variación de la calidad a lo largo del año es uno de los principales retos que enfrenta la actividad ganadera. Lo anterior es ocasionado por la marcada diferenciación en la distribución de las precipitaciones y el efecto de las temperaturas, la baja calidad de los suelos destinados a la producción de forraje para el ganado bovino, el uso de especies no adaptadas y el desconocimiento de las prácticas más adecuadas para el manejo de pastos.

Frecuentemente el bajo contenido de nitrógeno del suelo es uno de los principales factores que limitan la productividad de una pastura de gramíneas en las regiones tropicales. Las leguminosas forrajeras, han sido reconocidas por su alto potencial para mejorar la dieta del animal por sus altos aportes en proteína, calcio, minerales y por su capacidad de fijar nitrógeno por medio de bacterias simbióticas existentes en sus raíces, por lo que estas especies pueden ser de gran importancia en la producción animal. Las leguminosas pueden también inducir el aumento de producción de las gramíneas cuando se las siembra asociadas, por el incremento del nitrógeno en el suelo. Se ha observado que el empleo de las gramíneas forrajeras asociadas con leguminosas incide favorablemente en el mejoramiento de la nutrición animal a través del tiempo (Olivera *et al.*, 2012), incrementando la

producción de leche o carne de manera sustentable, por disminuir las necesidades de consumo de concentrados. Además, el ingreso de leguminosas forrajeras a las praderas incrementa el rendimiento de materia seca en asociación en un 21.5 % en promedio (Castillo *et al.*, 2014). De igual forma su inclusión en las praderas, por ser altas en concentración de proteína, mejoran la calidad nutritiva del forraje (Saito, 2004).

Una leguminosa que ha mostrado adaptación a los suelos destinados para la ganadería es *Stylosanthes guianensis*, la cual es semi-perenne (2 a 3 años), y está ampliamente distribuida en las zonas tropicales, donde predominan los suelos ácidos (Liu *et al.*, 1997; Miller *et al.*, 1997; Chakraborty, 2004). Es una especie que hace una eficiente utilización del fósforo (P) del suelo, siendo capaz de remover cantidades considerables de P disponible (Tomei *et al.*, 2005). Adicionalmente, ésta necesita concentraciones generalmente bajas para equilibrar síntomas de deficiencia, tiene requerimientos menores que otras leguminosas forrajeras tropicales, posee una alta absorción de calcio (Ca) y buena capacidad para fijar N<sub>2</sub> atmosférico (Pérez y Smyth, 2005; Du *et al.*, 2009). Trabajos realizados por investigadores en zonas tropicales, indican contenidos altos de proteína cruda en follaje que varían con la época del año; así tenemos, que en Tailandia van de 14-22% (Hare *et al.*, 2007), en Brasil y Colombia se ha observado un contenido de 19-22% en hojas (Martens *et al.*, 2012; Da Silva *et al.*, 2013; Mábio *et al.*, 2013) y en México contenidos que van de 13 -18 % (García-Ferrer *et al.*, 2015).

La introducción de *Stylosanthes* para mejorar la producción animal en zonas tropicales ha sido exitosamente probada en el norte de Australia, Sudamérica, Asia y África (Liu *et al.*, 1997; Miller *et al.*, 1997; Ramesh *et al.*, 1997; Chakraborty, 2004). En Queensland, Australia, *Stylosanthes* cubre casi un millón de hectáreas, y es la base de la producción ganadera local (Chakraborty, 2004). *Stylosanthes* es también ampliamente usada en un rango de sistemas agrícolas como cultivo de cobertera para suprimir el crecimiento de malezas, y es una leguminosa que, en otras latitudes diferentes al trópico de México, ha demostrado buen desarrollo en suelos ácidos de baja fertilidad (Ramesh *et al.*, 1997; Chakraborty, 2004). En Nigeria, se ha

observado que la asociación *Stylosanthes* - *B. ruziziensis* mejora el rendimiento de MS de la gramínea en la estación lluviosa hasta 20 t ha<sup>-1</sup> (Olanite *et al.*, 2004). En Colombia, al asociarse *Stylosanthes* con *B. decumbens*, el rendimiento de MS fue más alto (2158 kg ha<sup>-1</sup>) que en monocultivo (1481 kg ha<sup>-1</sup>) en la época de norte, aunque se observó una menor proporción de la leguminosa por época del año (Paciullo *et al.*, 2003).

En cuanto a la mejora del valor nutritivo de la gramínea al asociarse con la leguminosa, pocos estudios han sido realizados. Al respecto Martínez-Fernández (1992) indicó que se incrementan los contenidos de proteína por efecto de la asociación y Gama *et al.* (2013) mencionan que el uso de leguminosas herbáceas en praderas degradadas de *Brachiaria* permiten su recuperación, sin la utilización de fertilizante nitrogenado, ya que favorecen la acumulación de forraje, además de mejorar la calidad de la pradera. Sin embargo, resultados contradictorios han sido observados por Olanite *et al.* (2004), al indicar que no hay cambios en calidad del *B. ruziziensis*, en particular en proteína, al asociarse con *Stylosanthes*.

De este contexto, las preguntas de investigación que surgen son ¿Cuál es la variación en rendimiento de materia seca (RMS) y en valor nutritivo del pasto *Brachiaria humidicola* al asociarse con el *Stylosanthes guianensis* en un suelo de pH ácido? y ¿Cuál es el efecto de la fertilización fosfatada en tales características?

Por lo anterior, se plantean los siguientes objetivos.

## II. Objetivo General

Evaluar las variaciones en rendimiento de materia seca (RMS) y en valor nutritivo del pasto *Brachiaria humidicola* al asociarse con el *Stylosanthes guianensis* en un suelo Acrisol, con y sin fertilización fosfatada, durante las tres épocas del año que prevalecen en Tabasco.

### 2.1. Objetivos Particulares

- i) Determinar la concentración de proteína y de digestibilidad del RMS de *Brachiaria humidicola* al estar en monocultivo y asociado con una leguminosa con y sin fertilización fosfatada, durante las épocas de Nortes, Seca y Lluvias.
- ii) Determinar la concentración de fósforo, potasio y calcio de la gramínea en monocultivo y de la gramínea asociada con la leguminosa con y sin fertilización fosfatada, durante las épocas de Nortes, Seca y Lluvias.
- iii) Determinar el RMS del monocultivo y de la asociación *Brachiaria humidicola* – *Stylosanthes guianensis*, con y sin fertilización fosfatada, durante las épocas de Nortes, Seca y Lluvias.

### III. Hipótesis

- i) La asociación *Brachiaria humidicola*:*Stylosanthes guianensis* tiene mayor RMS que el *B. humidicola* en monocultivo.
- ii) El RMS de la asociación *B. humidicola* y *S. guianensis*, presenta mayor estabilidad de producción que el *B. humidicola* en monocultivo a través del tiempo.
- iii) En la asociación *B. humidicola*:*S. guianensis*, la leguminosa beneficia a la gramínea acompañante incrementando su concentración de proteína.
- iv) Las concentraciones de proteína y fósforo del *B. humidicola* y del *S. guianensis*, se incrementan por efecto de la fertilización fosfatada.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

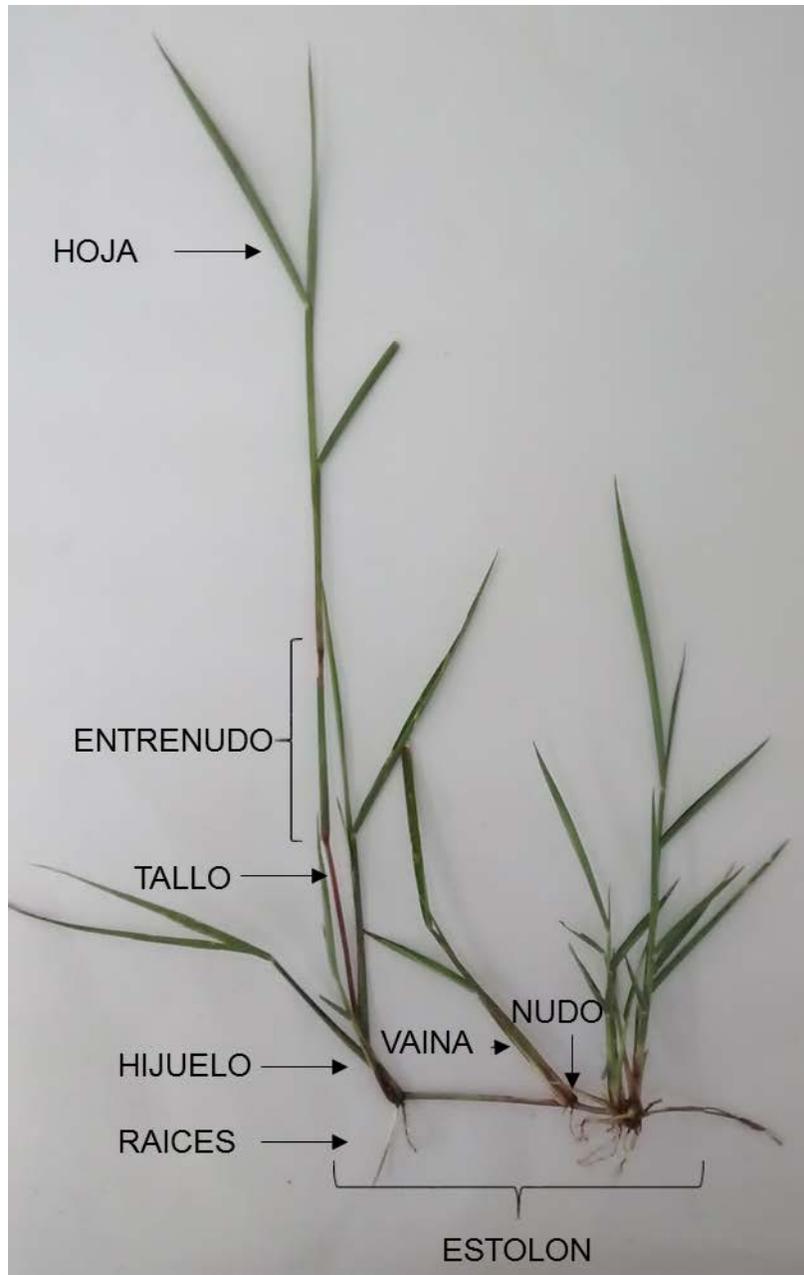
### 4. 1. Características generales de las especies evaluadas

#### 4. 1. 2. Origen del pasto *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick

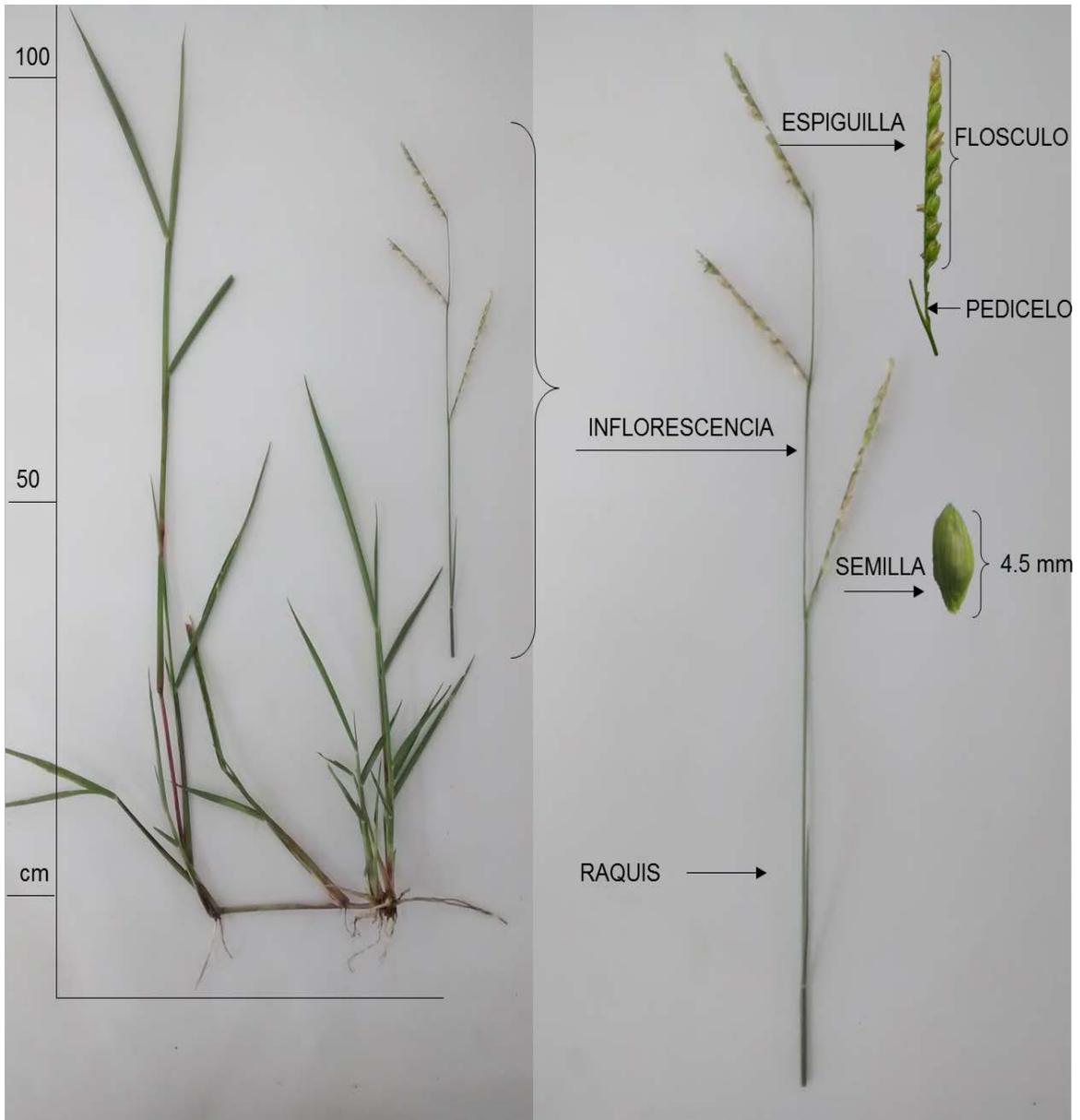
El pasto *B. humidicola* es una gramínea perenne originaria de África, con una distribución natural en el este y sur-este del continente, ubicado principalmente en países como Sudán, Uganda, norte y oeste de Tanzania, Zambia y Mozambique (Orozco *et al.*, 2012). Es una especie inducida en el trópico húmedo de los países sudamericanos, en las islas del Pacífico, en el sureste de Asia y en las regiones del norte de Australia, representado por los cultivares Tulley y Llanero (Cook *et al.*, 2005).

#### 4. 1. 2. 1. Descripción morfológica

Es una gramínea perenne, invasora por naturaleza, frondosa y rastrera que emite estolones de rápido crecimiento con largos entrenudos. Sus tallos erectos que pueden ser delgados, duros y glabros (lisos), pueden llegar a medir más de 2 metros de longitud. Estos presentan facilidad de enraizamiento y producción de hijos en los nudos y un buen sistema radical con estolones que producen nuevas plantas. Sus estolones son de color ligeramente púrpura que colonizan áreas adyacentes eliminando así otras especies (Figura 1). Posee hojas largas en forma de lanza de color verde intenso, de ocho a más de 16 cm de longitud y de 0.5 a 1.6 de ancho. La inflorescencia presenta una longitud de 7-12 cm con espigas digitadas en número de dos a cuatro espiguillas (Figura 2). El flósculo es de 2.5-5.5 cm dispuesto en dos filas a lo largo de una cara del raquis, de color verde claro con tintes púrpura, y están espaciados sobre un eje central (Cook *et al.*, 2005; Renvoize *et al.*, 1996).



**Figura 1.** Morfología del pasto *Brachiaria humidicola* (Partes vegetativas)



**Figura 2.** Morfología del pasto *Brachiaria humidicola* (Partes reproductivas)

#### **4. 1. 2. 2. Adaptabilidad**

Considerado como una gramínea de ambiente tropical de suelos bajos, se establece desde el nivel del mar hasta los 2400 msnm, requiere de una precipitación no menor a los 1600 mm anuales, pero puede soportar largos periodos de sequía no mayores a los 6 meses. Se adapta a diferentes tipos de suelos. Durante los últimos años se han evaluado gramíneas que se adaptan a suelos con condiciones de acidez y baja fertilidad, y por ello se han encontrado que algunas especies del género *Brachiaria* demuestran un alto potencial productivo en estos ecosistemas, por su capacidad de adaptación a suelos de baja fertilidad y del uso eficiente de los nutrientes (Velásquez y Muñoz, 2006).

##### **4.1.2.2.1. Suelos de adaptación**

Se adapta a suelos muy ácidos (pH 4-5) y baja fertilidad con altas concentraciones de aluminio y baja disponibilidad de fósforo para la planta, pero responde bien a aplicaciones de nitrógeno y fósforo y los requerimientos de calcio son bajos (Keller-Grein *et al.*, 1998; Cook *et al.*, 2005; Pérez y Smyth, 2005). También se adapta a suelos de textura arcillosa como arenosa. Produce semilla fértil, aunque con un alto grado de latencia; sin embargo, es posible superar este problema, mediante el uso de material vegetativo para su establecimiento (Enríquez *et al.*, 1999).

En una investigación realizado por Logan *et al.* (2000) en suelos deficientes en nutrientes y con pH en suelo menor a 5, donde se comparó la calidad del pasto *Brachiaria humidicola* con la del *Brachiaria brizantha* aplicando roca fosfórica como fertilizante, encontraron que el *Brachiaria humidicola* mejora su calidad nutritiva y rendimiento al fertilizarlo con fósforo. No sucedió lo mismo con el *Brachiaria brizantha* pues no hubo una respuesta a la fertilización fosfatada, atribuible a una absorción deficiente del fósforo con respecto al *Brachiaria humidicola*.

#### 4.1. 2. 3. Rendimiento de materia seca

Uno de los indicadores más variables en el comportamiento del pasto *B. humidicola* es la producción de la materia seca, debido a que esta puede ser afectada por las condiciones de manejo a que se somete, tales como: fertilización, la intensidad de corte o pastoreo, la época del año y la edad de la pradera. De acuerdo a esta problemática, a través de los años se han realizado muchos y variados estudios, con el fin de obtener una respuesta aceptable para los diferentes ambientes. En este sentido, trabajos realizados por Juárez y Bolaños-Aguilar (2003; 2004) mostraron que el valor promedio del contenido de materia seca del pasto Humidicola en la época seca variaba de 0.5 a 2.5 t ha<sup>-1</sup> al pasar de la primera a la octava semana de crecimiento. En este mismo período de crecimiento de ocho semanas, pero en la época de lluvias, el rendimiento de materia seca presentó un incremento sustancial de hasta 7 t ha<sup>-1</sup>. En otro estudio, realizado por Chobtang *et al.* (2008) en Tailandia, para determinar el cambio en la acumulación de materia seca y la composición nutritiva del *B. humidicola*, en función a edad de crecimiento, se encontró que la mayor tasa de crecimiento se encuentra entre los 40 y 60 días de rebrote y que el valor nutritivo disminuye con el avance de la madurez, llegando a tenerse los valores más bajos después de los 60 días de rebrote (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Composición nutritiva del pasto *Brachiaria humidicola* cosechada a diferentes edades de rebrote.

Edad de rebrote (días)	MS (%)	%		
		PC	Ca	P
20	18.88	13.53	0.27	0.60
40	18.30	8.52	0.20	0.49
60	21.91	6.83	0.06	0.38
80	21.75	5.68	0.07	0.36
100	23.22	5.17	0.09	0.34

Chobtang *et al.* (2008)

De igual forma Rubio *et al.* (2008) al evaluar el Humidicola en las tres épocas del año encontraron que el mayor rendimiento de materia seca y la mayor altura de las plantas, se presentaron en la época de lluvias con valores de 4.0 t ha<sup>-1</sup> y 87 cm respectivamente. En la sequía las plantas produjeron apenas 1.0 t ha<sup>-1</sup> de MS y alcanzaron 53 cm de altura. El rendimiento de MS, en la época de nortes, fue superior al de la sequía e inferior al de lluvias.

#### **4.1.2.4. Valor nutritivo**

##### **4.1.2.4.1. Proteína**

En cuanto a los parámetros del valor nutritivo se tienen principalmente al contenido de proteína, degradabilidad, eficiencia energética, fibras detergentes y cenizas. De los anteriores parámetros englobados en la calidad de los pastos, el contenido de proteína ha sido el más estudiado en la evaluación de forrajes tropicales, y en consecuencia de mayor importancia en la producción animal. Lo anterior lo justifican Reis y Silva (2006) porque en forrajes con menos de 10 %<sup>1</sup> de proteína cruda, se observa reducción en la síntesis de proteína microbiana en el rumen, probablemente debido a la falta de aminoácidos, amoníaco y energía para los microorganismos del rumen.

*Brachiaria humidicola* presenta contenidos de proteína bajos. Lessa de Assis (2014) mostró en diferentes genotipos de *Brachiaria humidicola* un contenido medio de proteína cruda de 7.2 %. En estudios locales hechos por Juárez y Bolaños-Aguilar (2003; 2004) observaron que el valor promedio del contenido de proteína del pasto Humidicola era 10.8 %, de igual forma reportaron niveles decrecientes a medida que el *B. humidicola* avanzaba en la edad de corte. Vergara y Araujo (2006) encontraron niveles proteicos entre 8.5 y 4.3 % para los 14 y 98 días respectivamente en época de lluvias. Reyes-Purata *et al.* (2009) al evaluar 21

---

<sup>1</sup> Este porcentaje de proteína equivale a una concentración de 100 g proteína Kg<sup>-1</sup> MS. Y esta conversión puede realizarse con todos los valores que están en % de proteína en este documento.

genotipos de *B. humidicola* observaron gran variabilidad entre los genotipos para la concentración de proteína, la cual fluctuó de 10.1 a 11.9 % a 35 días de edad.

#### **4.1.2.4.2. Degradabilidad**

La degradabilidad ruminal de los forrajes está influenciada por numerosos factores, entre los cuales se encuentran la especie, variedad, el fotoperiodo, temperatura, edad de la planta, disponibilidad de agua en el suelo (Sinclair *et al.*, 2001; Pérez *et al.*, 2004; Arthington y Brown, 2005; Juárez-Hernández y Bolaños-Aguilar, 2007) y la fertilidad del suelo (Johnson *et al.*, 2001), entre otros. Los valores de degradabilidad de la MS de *B. humidicola* son menores a 65%<sup>2</sup>. Lopes *et al.* (2010) mostraron 56.6 % en promedio de degradabilidad de la MS en gramíneas del género *Brachiaria*. De igual forma Cuadrado *et al.* (2004) al evaluar el comportamiento productivo de cuatro ecotipos del género *Brachiaria* observaron una degradabilidad promedio del 62.9 % en época de lluvias. Reyes-Purata *et al.* (2009), en la época de secas, al evaluar la calidad forrajera de genotipos de *B. humidicola*, reportan una degradabilidad promedio de 63.3 % a edad de 35 días, y Jiménez *et al.* (2010) de 56.5, 60.8 y 50.2 % de degradabilidad de la materia seca del Humidicola a edad de 35 días en las tres diferentes épocas climáticas del año (sequía, lluvias y nortes), respectivamente, en un suelo ácido de sabana. Por su parte, Brito *et al.* (2003) determinaron la composición química y la degradabilidad de diferentes fracciones (hoja, tallo) y planta entera del *B. humidicola* a edad de 70 días de crecimiento después del corte de uniformidad; ellos encontraron una degradabilidad del 65.98 % para hoja, 42.20 % para tallo y 53.49 % para la planta entera.

#### **4.1.2.4.3. Necesidades nutrimentales del *B. humidicola***

Con la aplicación de fertilizantes fosfóricos a suelos ácidos de baja fertilidad y donde este elemento es una limitante, se busca suministrar a las gramíneas una fuente de

---

<sup>2</sup> Equivale a 650 g kg<sup>-1</sup> MS.

fósforo para mejorar la producción de materia seca. Romero y Márquez (2002), en un estudio realizado en Venezuela en un tipo de suelo franco-arenoso, evaluaron el efecto de la fertilización fosfatada sobre la producción de biomasa del pasto *B. humidicola* a edad de 35 días, evidenciando el efecto del fósforo sobre la producción de materia seca al pasar de 2.37 a 3.41 t MS ha<sup>-1</sup>. Resultados similares encontraron Costal *et al.*, (1997) al evaluar en un suelo Oxisol de Rondonia, Brasil, la respuesta de *B. humidicola* a la aplicación de fósforo en forma de roca fosfórica. Romero *et al.* (2003) en un experimento realizado en suelo de textura franco-limosa, pH ácido y bajo en fósforo, reportaron rendimientos de materia seca en *B. humidicola* a edad de seis semanas de 2.55 t MS ha<sup>-1</sup> sin fertilizar y de 3.74 t MS ha<sup>-1</sup> al fertilizar con roca fosfórica en dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup>. En diferentes trabajos se ha demostrado que el uso de fósforo para la producción de pastos en suelo ácidos incrementa el rendimiento de materia seca (Pereira *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2005; Yuji *et al.*, 2010).

Al igual que fósforo el potasio es un elemento limitante donde la producción de forraje es abundante y puede limitar el crecimiento del forraje (Coutinho *et al.*, 2014). Dosis combinada de 50 kg fósforo y de 50 kg de potasio ha<sup>-1</sup>, usando como fuentes superfosfato triple y cloruro de potasio, aumentó el rendimiento de materia seca del pasto *Panicum maximum* al pasar de 2.39 sin fertilizar a 4.57 kg ha<sup>-1</sup> fertilizado, y de igual forma un incremento en calidad nutricional se observó al pasar 9.27 a 11.93 % de proteína cruda cuando se fertilizó (Ahmed *et al.*, 2012). Deminicis *et al.* (2010) realizaron un estudio donde evaluaron la producción de materia seca y la concentración de proteína del *B. humidicola* sometido a diferentes dosis de fertilización de nitrógeno (N) y potasio (K) (kg ha<sup>-1</sup>: 0 N + 100 K, 100 N + 100 K, 200 N + 200 K), observando un efecto significativo al pasar de la primera dosis de fertilización a la tercera con un incremento de 1.0 a 2.5 t ha<sup>-1</sup> a edad de 42 días; la fertilización no influyó en la concentración de proteína en ninguna de las tres dosis al obtener un promedio de 6.5 % en cada una de las tres dosis de fertilización.

#### **4. 1. 3. Origen del *Stylosanthes guianensis* (Aul.) Sw.**

*Stylosanthes guianensis* es una leguminosa originaria de Mesoamérica, reportada en los países de Belice, Costa Rica (noreste), Guatemala, Honduras, México (Sur), Nicaragua (Este), Panamá. Sudamérica: Bolivia (Norte), Brasil, Colombia, Perú, y Venezuela, pero se encuentra actualmente distribuida en muchos países del mundo en zonas que incluyen regiones climáticas como el trópico y subtrópico (Tang *et al.*, 2009; Quecini *et al.*, 2002).

##### **4. 1. 3. 1. Descripción morfológica**

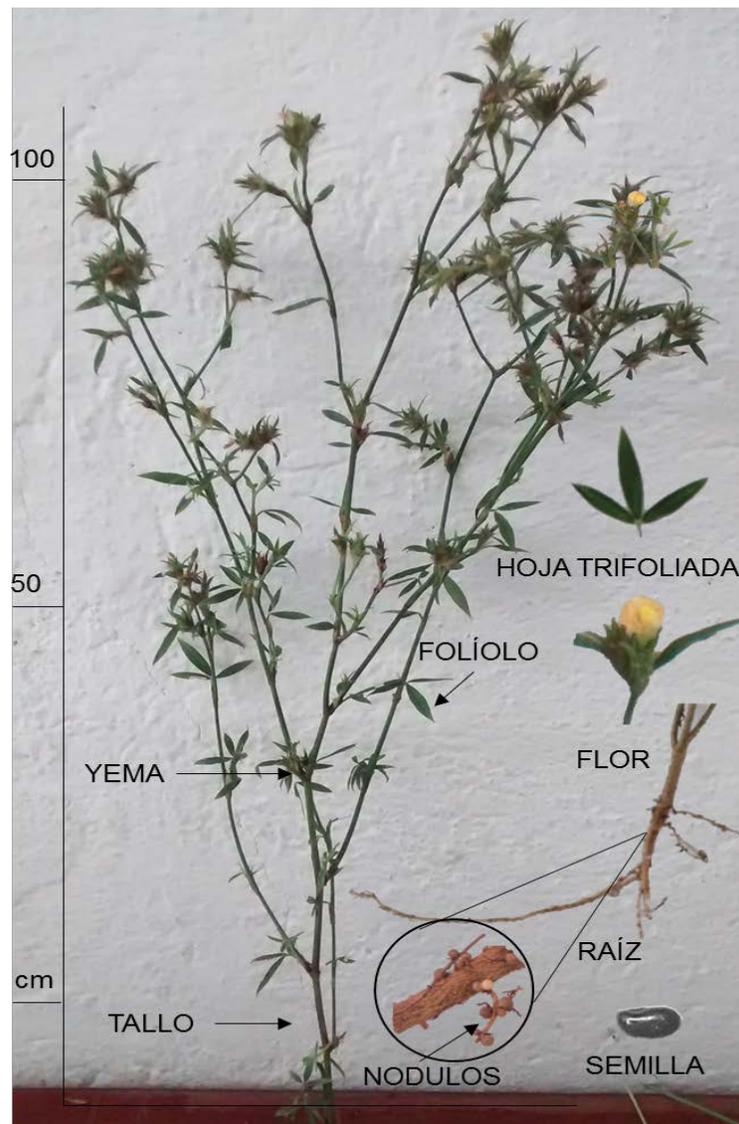
Es una planta perenne, de crecimiento decumbente y semi-erecta, aunque existe mucha variación en su forma de crecimiento, variando desde esta forma hasta postrado y semi-trepador, con una altura de 60 – 90 cm. Los tallos son cilíndricos, leñosos y duros a la madurez; sus hojas son trifoliadas con folíolos u hojuelas lineales, lanceoladas y pequeñas. El haz de la hoja es áspero y el envés algo pubescente de color más claro. La inflorescencia es terminal, dispuesta en cabezuelas con pequeñas flores amarillas, presenta floración y fructificación escalonadas extendiéndose desde mediados de marzo hasta fines de junio, produce semilla de buena calidad (Ciotti *et al.*, 2003). La raíz, al igual que la mayoría de las leguminosas, es pivotante y bien ramificada, con nódulos pequeños donde se localizan las bacterias fijadoras de nitrógeno.

##### **4.1.3.2. Adaptabilidad**

El *Stylosanthes*, es considerada como una leguminosa de clima tropical, cuya adaptación varía con el ecotipo, tolera el estrés hídrico, se adapta bien a suelos ácidos de baja fertilidad y tolera el pastoreo intenso pero no la alta salinidad. Puede extraer de manera eficiente el fósforo del suelo. El rango de precipitación en que muestra adaptación es de 700 a 2,500 mm al año, con tolerancia a inundaciones de corto plazo, y puede sobrevivir largos periodos de sequía. Tolerancia a temperaturas consideradas bajas para el trópico por debajo de los 19°C.

#### 4.1.3.2.1. Suelo de adaptación

El género *Stylosanthes* es importante como productor de forraje pues incluye especies de gran plasticidad, rusticidad, adaptadas a suelos de baja fertilidad, moderadamente ácidos (Ciotti *et al.*, 2003). La especie *S. guianensis* se puede encontrar en ecosistemas semiáridos hasta lugares de trópico húmedo, en los lugares donde predominan los suelos ácidos y de baja fertilidad, livianos, friables, bien drenados, y de arenosos a franco-arenosos (Costa y Schultze-Kraft, 1993).



**Figura 3.** Morfología de la leguminosa *Stylosanthes guianensis*.

Torres *et al.* (1994) al evaluar la adaptabilidad de 14 leguminosas (*Stylosanthes guianensis*, *Stylosanthes capitata*, *Centrosema brasilianum*, *Centrosema macrocarpum*, *Centrosema acutifolium*, *Centrosema arenarium*, *Pueraria phaseloides*, *Desmodium ovalifolium*, *Desmodium strigillosum*, *Desmodium velutinum*, *Zornia glabra*, *Arachis pintoi*, *Tadehagi triquetrum*, *Flamingia macrophylla*) en un suelo de sabana de Venezuela de tipo arenoso, pH ácido 3.9, de baja fertilidad natural y alta toxicidad de aluminio, encontraron que solo las de los géneros *Stylosanthes* y *Centrosema* se adaptaron a este tipo de suelo y dentro de ellos *Stylosanthes guianensis* y *Stylosanthes capitata*, quienes presentaron mayor producción de materia seca con 2439.2 y 2401.7 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

#### **4.1.3.3 Rendimiento de materia seca**

El rendimiento de materia seca de *S. guianensis* es muy variable según el tipo de manejo, la fertilización, el clima, suelo y la disponibilidad de los nutrientes (Mezquita *et al.*, 2002). Investigación realizada en Argentina por Ciotti *et al.* (2002) reportaron rendimientos de MS de 14.0 t ha<sup>-1</sup> en un suelo arenoso con muy baja disponibilidad de nutrientes; de igual forma, en Japón Kaensombath (2012) obtuvo rendimientos de MS 11.7 t ha<sup>-1</sup> al año en suelos de muy baja calidad.

En Argentina se reportaron rendimientos desde 8.9 hasta 12.3 de MS (t ha<sup>-1</sup>) a diferentes fechas de corte en un mismo año, así de igual forma en un estudio realizado en Brasil por Magalhaes (2005) en un periodo de un año, reportó que la producción de MS varía de 400 a 1800 kg ha<sup>-1</sup>.

#### **4. 1. 3. 4. Valor nutritivo**

##### **4.1.3.4.1. Proteína y minerales**

Investigación realizada por García-Ferrer *et al.* (2015) donde caracterizaron el valor nutritivo del *S. guianensis*, muestran valores promedios de 18.3 % de proteína, 36 % fibra cruda y 7.9 % de cenizas a 21 días de edad en época seca. Phengsavanh *et al.* (2013), encontraron valores de 18.1 % de proteína y 29.4 % de fibra cruda en la misma leguminosa. Los resultados de Nicodemo (2015) al evaluar el valor nutritivo de nueve leguminosas tropicales confirma la calidad de *S. guianensis* reportando valores de 19.9 % de proteína a edad de 30 días. En un estudio realizado por Paciullo *et al.* (2003) donde evaluaron la calidad del *S. guianensis*, observaron contenidos de proteína de 14.2 %. Mao Li *et al.* (2014) evaluaron el valor nutritivo de diez variedades de *S. guianensis*, y reportan valores promedios de 10.5 % de proteína. En Brasil, Mejías (2009) al suplementar terneras que consumían pasto a voluntad con forraje de *S. guianensis*, encontró que el *Stylosanthes* presentó valores de 18.68 % de proteína, P y Ca fueron 0.15%, 0.58% respectivamente.

Ciotti *et al.* (2003) en Argentina evaluaron la concentración de minerales en cuatro especies de *Stylosanthes* procedentes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Las etapas fenológicas consideradas fueron la vegetativa y reproductiva, y encontraron que la mayor concentración de minerales la presentó en *S. guianensis*. En orden decreciente le siguió *S. hamata*, *S. macrocephala* y *S. scabra*, como se muestra en el Cuadro 2.

##### **4.1.3.4.2. Degradabilidad**

Los resultados de Nicodemo (2015) al evaluar de nueve leguminosas tropicales entre ellas el de *S. guianensis* reportó valores de degradabilidad de 62.1 % a edad de 30 días. De igual Paciullo *et al.* (2003) evaluaron la degradabilidad del *S. guianensis*, y observaron valores de 61.5 % en época de Seca. Correa *et al.* (2014) incubaron muestras de dos cultivares de *Stylosanthes* (*S. guianensis* y *Stylosanthes ssp.*) en hembras adultas bovinas fistuladas, encontrando una degradabilidad

efectiva de la materia seca del 75.70 % para el *S. guianensis* y 68.39 % para el *Stylosanthes ssp.*

**Cuadro 2.** Concentración de proteína y minerales de diferentes especies de *Stylosanthes* sin fertilización y durante la fase vegetativa y reproductiva. Argentina.

<b>Especie</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Potasio</b>	<b>Calcio</b>	<b>Proteína</b>	<b>Degradabilidad</b>
	------(%)-----				
<b>Etapa vegetativa</b>					
<i>S. guianensis</i>	0.26 a	1.51 a	1.13 a	15.9 a	
<i>S. hamata</i>	0.24 a	0.82 d	1.13 a	11.2 a	69.88
<i>S. macrocephala</i>	0.18 b	1.41 b	1.13 a	9.7 b	
<i>S. scabra</i>	0.14 c	1.14 c	1.13 a	10.0 b	
<b>Etapa reproductiva</b>					
<i>S. guianensis</i>	0.33 a	0.81 a	1.07 a	14.7 a	69.37
<i>S. hamata</i>	0.40 a	0.89 a	1.07 a	14.2 a	
<i>S. macrocephala</i>	0.24 b	0.33 b	1.07 a	7.9 b	
<i>S. scabra</i>	0.18 c	1.08 a	1.07 a	9.3 b	

Ciotti *et al.* (2003). Literales distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey <0.05).

Mao Li *et al.* (2014) evaluaron el valor nutritivo de diez variedades de *S. guianensis*, ellos reportan valores promedios de 61.4 % de degradabilidad para las distintas variedades. En Brasil, Mejías (2009) al suplementar terneras que consumían pasto a voluntad con forraje de *S. guianensis*, encontró consumos medios de 12.7 kg MS/100 kg de peso vivo.

De acuerdo con estos antecedentes es evidente que *S. guianensis* presenta un alto valor nutritivo, tanto por su degradabilidad como por su contenido de nutrientes para el ganado bovino en las regiones tropicales.

#### **4.1.3.4.3. Necesidades nutrimentales del *S. guianensis***

Investigaciones sobre requerimientos de fósforo en *S. guianensis* demuestran que esta especie hace una eficiente utilización de este mineral, siendo capaz de remover del suelo una alta cantidad (Tomei *et al.*, 2005), necesitando de dosis generalmente bajas para equilibrar síntomas de deficiencia. En varios experimentos hechos en diferentes países se encontró respuesta a la fertilización fosfatada (Akinola *et al.*, 2010; Mezquita *et al.*, 2002; Lopes *et al.*, 2011; Rechcigl *et al.*, 2002). En otros trabajos de investigación realizados en Argentina y Brasil se ha determinado como la mejor dosis la cantidad de 100 kg de P/ha<sup>-1</sup> (Otsubo *et al.*, 2011; Tomei *et al.*, 2005).

Los requerimientos de potasio (K) se comportan de manera similar al del P. Ciotti *et al.*, (2005) encontraron respuesta a la fertilización potásica al obtener mayores rendimientos de producción de semilla de *Stylosanthes* al fertilizar con K. Investigación realizada por Mezquita *et al.* (2002) al evaluar dosis de fertilización de P en una asociación de *Brachiaria* y *Stylosanthes* encontraron incrementos en dos y tres veces mayor concentración K en *Brachiaria* y calcio (Ca) en *Stylosanthes*.

## **4. 2. Asociación gramínea: leguminosa**

### **4. 2.1. Característica de la asociación gramínea: leguminosa**

El empleo de leguminosas forrajeras asociadas con gramíneas es una forma por la cual se puede aumentar la producción de materia seca de una pradera y de igual forma mejorar la fertilidad del suelo respecto a los monocultivos (Cab *et al.*, 2008; Castro *et al.*, 2012). Esto se debe al mayor aporte de nitrógeno atmosférico fijado por la leguminosa al suelo mejorando su fertilidad (Vence, 2001). La ventaja de usar leguminosas en asociación con gramíneas es porque se tiene un mayor rendimiento de materia seca y se presume mejora el valor nutritivo de la gramínea (Moreno, *et al.*, 2015). Estudios realizados con leguminosas tropicales (Chacón, 2005; Kyriazopoulos *et al.*, 2012) demuestran que la asociación de leguminosas y

gramíneas es más productiva que la gramínea o la leguminosa sembrada separadamente.

#### **4.2.2. Efecto de la proporción gramínea: leguminosa sobre la producción animal**

La tasa de crecimiento de una especie forrajera es muy sensible a la temperatura ambiental y a la precipitación. La asociación de especies forrajeras con leguminosas también afecta al rendimiento total de la materia seca de la gramínea asociada, por lo que es necesario determinar la contribución de cada una de la especies para conocer su óptimo manejo (Karsten y Carllassare, 2002).

Jiménez *et al.* (2013) evaluaron el pasto señal (*Brachiaria decumbens*) asociado con clitoria (*Clitoria ternatea*) en la época de lluvias y reportan que el pasto señal representó el 44 % de la biomasa total al estar asociado con la leguminosa. Jones y Hu (2006) en dietas ofrecidas a novillos en pastoreo, encontraron que la asociación de la gramínea *Bothriochloa pertusa* y la leguminosa *Stylosanthes hamata* en proporción de 65 y 35 % respectivamente favoreció una mayor carga animal en la pradera y mejoró la calidad de la gramínea. De igual forma, Kyriazopoulos *et al.* (2012) al evaluar el rendimiento de materia seca y valor nutritivo de mezclas de *Dactylis glomerata* y *Trifolium subterraneum* (75:25, 50:50, 25:75 respectivamente) respectivamente, encontraron que la mayor producción de materia seca la obtuvieron con la mezcla 75:25 al igual que el contenido de proteína cruda.

#### **4.2.3. Producción de materia seca de la asociación**

Castillo *et al.* (2014) encontraron que la producción de materia seca de pasturas nativas en monocultivo tuvo una producción 3314 kg MS ha<sup>-1</sup>, mientras que la producción de la mezcla de estas gramíneas con *Arachis pintoii* fue de 4225 kg MS ha<sup>-1</sup>. Además, apuntan que este incremento de la mezcla fue debido a la producción de la leguminosa. Resultados similares fueron reportados por Andrade *et al.* (2003)

quienes informan que la producción de forraje de una mezcla *Brachiaria brizantha* y *Stylosanthes guianensis* fue de 4650 kg MS ha<sup>-1</sup>. En las praderas mixtas con más de dos especies, Sanderson *et al.* (2005) encontraron que en la época húmeda no hubo diferencia en producción de forraje entre asociaciones, con un promedio de 9800 kg de MS ha<sup>-1</sup>, pero durante la época de estiaje las praderas asociadas con dos especies produjeron menor cantidad de forraje que las asociaciones con más de seis especies (4800 vs. 7600 kg de MS ha<sup>-1</sup>).

En un estudio realizado por Baba *et al.* (2011) en Malasia para evaluar el rendimiento de materia seca entre *Panicum maximum* (guinea), *Stylosanthes guianensis* (stylo), *Macroptillium bracteatum* (frijol borgoña), *Arachis pintoii* y *Centrosema pubescens* (centro), a intervalos de corte de 6 semanas en época lluviosa, observaron valores de materia seca de las mezclas de 14.36, 10.98, 13.76, 14.52 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Se encontraron rendimientos de materia seca total igual al del testigo (Guinea en monocultivo); sin embargo, las gramíneas en la mezclas produjeron rendimientos menores (12.54, 8.91, 12.23, 12.91 t ha<sup>-1</sup> respectivamente) a las del testigo (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Rendimientos de materia seca de gramíneas de la asociación y rendimiento total.

Trat.	Materia seca (t ha <sup>-1</sup> )			
	Gramínea	Leguminosa	Total	Testigo
PS	12.54	1.82	14.36a	14.43
PM	8.91	2.07	10.98b	15.07
PA	12.23	1.53	13.76a	15.48
PC	12.91	1.61	14.52a	13.50

PS: *Panicum máximo* + *Stylosanthes guianensis*. PM: *Panicum máximo* + *Macroptillium bracteatum*, PA: *Panicum máximo* + *Arachis pintoii*, PC: *Panicum máximo* + *Centrosema pubescens*, MS: Materia Seca. Baba *et al.* (2011).

#### **4.2.4. Calidad de la asociación**

La inclusión de leguminosas forrajeras a las praderas aumenta el desarrollo de la gramínea y mejora su calidad nutritiva al estar en asociación (Saito, 2004), esencialmente en las concentraciones de proteína y minerales. Las gramíneas tropicales que se adaptan a suelos de muy baja calidad tienen contenidos de proteínas bajos, inferiores al 7 %, este aporte de nitrógeno deficiente, afecta el consumo voluntario y consecuentemente, la producción animal. Olanite *et al.* (2004) evaluaron diferentes gramíneas y leguminosas forrajeras tales como *Brachiaria ruziziensis* y *Cynodon nlemfuensis*, y las leguminosas *Stylosanthes guianensis*, *Aeschynomene histrix*, *Centrosema pubescens* y *Chamaecrista rotundifolia*. Ellos reportan que las gramíneas en época lluviosa, presentan entre 8.0 y 13.5 % para proteína total y entre 42 y 62 % para digestibilidad MS. Mejías *et al.* (2009) evaluaron la calidad del forraje de *Digitaria decumbens* y *Stylosanthes guianensis* en asociación reportando valores de proteína de la gramínea sola de 7.03 % y asociada de 9.73 %. Morales *et al.* (2012) al evaluar la leguminosa *Lotus uliginosus* como alternativa de introducción en asociación dentro de las praderas de las Sabanas de Bogotá, Colombia para mejorarlas, encontraron que los valores de proteína y digestibilidad *in situ* de MS del pasto *Pennisetum clandestinum* en monocultivo a periodos de cosecha de 14 días eran 17.2 y 58.6 %, respectivamente, pero cuando se le asociaba con *Lotus uliginosus* la mezcla presentaba 24.9 y 69.9 % respectivamente. Esto incrementa la calidad de la pradera.

#### **4.2.5. Persistencia**

Con la introducción de leguminosas forrajeras en las praderas para formar la asociación gramínea-leguminosa, se mejora la fertilidad del suelo respecto a los monocultivos; sin embargo, todavía no se ha aprovechado su potencial como especies forrajeras, principalmente por el desconocimiento de la contribución de estas ellas a la producción de forraje de buena calidad (Castro *et al.*, 2012). Las prácticas de manejo de las praderas son necesarias para un buen establecimiento y persistencia de las asociaciones, al igual de la utilización de forrajes adaptados al

ecosistema en el que se encuentre (Kretschmer, 1998). Bajo condiciones tropicales, la compatibilidad de gramíneas y leguminosas no es tarea fácil, pues la mayoría de las gramíneas poseen un ciclo fotosintético tipo C4, el cual resulta en mayores tasas de crecimiento que lo observado en las leguminosas, las cuales son de tipo C3 (Fulkerson *et al.*, 2007). Estos dos grupos difieren en cuanto a su relación entre la irradiación y la tasa de fotosíntesis y en la eficiencia de utilización del agua. La mayor eficiencia total que presentan las especies C4 se debe a su mayor capacidad fotosintética y tasa de crecimiento, las cuales son favorecidas por los altos niveles de radiación solar y de temperatura registrados en condiciones tropicales (Kyriazopoulos *et al.*, 2012). A través del manejo es posible regular las relaciones de competencia entre especies y consecuentemente la productividad y persistencia de las asociaciones gramínea-leguminosa (Andrade *et al.*, 2012).

En un ensayo realizado por Chacón (2005) donde seleccionó una pradera de tres hectáreas divididas en parcelas donde el *B. humidicola* en asociación con *Desmodium ovalifolium*, que inicialmente tenía una cobertura del 64 % de la gramínea y un 34 % de la leguminosa, se introdujeron 30 bovinos de 187 kg en promedio. Se observó que el *B. humidicola* disminuyó ligeramente su porcentaje de cobertura al final del periodo mostrando un 52%, mientras que la leguminosa incremento hasta 38 % al final del mismo.

#### **4.2.6. Aporte de nitrógeno al suelo**

Las plantas han adoptado estrategias que mejoran la adquisición y el uso del nitrógeno, donde la absorción de este elemento implica a la superficie del suelo donde se encuentran las raíces haciendo asociaciones simbióticas, formando nódulos para la fijación de nitrógeno (Vance, 2001). Una ventaja que tienen las leguminosas sobre las gramíneas, es su capacidad de mejorar la fertilidad del suelo, especialmente en nitrógeno, lo cual logran a través del proceso conocido como “fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico”, que se realiza entre bacterias del suelo del género *Rhizobium* y las raíces de las plantas leguminosas, formando nódulos en las raíces.

Es importante mencionar que las leguminosas sin la acción simbiótica de las bacterias nitrificantes, no son capaces de tomar de la atmosfera el nitrógeno, que representa el 80% de los gases que forman la atmósfera terrestre (Hernández, 2004).

#### **4.3. Conclusión de la Revisión de Literatura**

La información plasmada en la revisión de literatura, refleja que los forrajes son la alimentación base de los bovinos, y algunas de las especies que más se han difundido en los países tropicales corresponden al género de las *Brachiarias* (en particular el pasto *B. humidicola* en Tabasco) y han resultado de interés en las regiones ganaderas con suelos ácidos de baja fertilidad. Las *Brachiarias* como los demás pastos tropicales, son de bajo contenido en proteína, por ello hay suficiente información sobre la superioridad que tienen las leguminosas, con respecto a las gramíneas, en cuanto a concentración de proteína. Sin embargo, poco se ha investigado en el trópico húmedo de México sobre las posibles variaciones en concentración de proteína de la gramínea asociada o mezclada con la leguminosa. Por otra parte, la literatura muestra que se le ha dado poco énfasis a la concentración de minerales en leguminosas forrajeras y de las praderas asociadas, siendo los minerales elementos indispensables para el crecimiento y desarrollo animal. Finalmente, la fluctuación del rendimiento de materia seca de una asociación durante el año, ha sido poco evaluada. Lo anterior es importante si consideramos que las leguminosas presentan menor variación en biomasa a los cambios de clima, por lo que la introducción de una leguminosa en la pradera podría generar un efecto compensatorio en la pradera asociada en cuanto a la producción de materia seca durante el año. Esto último es de sumo interés para el ganadero, pues ayudaría a mantener una carga animal menos fluctuante a través del año.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Localización del área de estudio

El trabajo de investigación se desarrolló en condiciones de campo durante las tres épocas del año que prevalecen en Tabasco; en la época de Nortes de septiembre 2014 a febrero 2015, en la época Seca de Marzo a Mayo, y en Lluvias de Junio a Julio 2015. Se ubicó en el Rancho “KARIGA S.P.R. de R.L.”, en el Km 18 de la carretera Huimanguillo – Est. Chontalpa (93° 28 ' 19.34 " LW y 17° 41 ' 31.59 " LN), de la ranchería Chicoacán, Huimanguillo, Tabasco. Las características físicas y químicas del suelo se muestran en el Cuadro 4. Para la obtención de esta información edafológica, se tomaron varias muestras de suelo, de forma aleatoria en el sitio experimental, de 0 a 30 cm de profundidad con ayuda de una barrena de acero inoxidable, para formar una muestra compuesta. El análisis de fertilidad se realizó en el laboratorio de suelos, plantas y aguas del Colegio de Postgraduados.

**Cuadro 4.** Propiedades químicas y físicas del suelo en el sitio experimental.

pH	M.O (%)	Nt (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (cmol kg <sup>-1</sup> )	Arcilla	Limo	Arena	Textura
					%			
4.9	5	0.17	5.38	0.11	25	22	53	Franco arcillo arenoso
Fuertemente ácido	Rico	Rico	Bajo	Bajo				

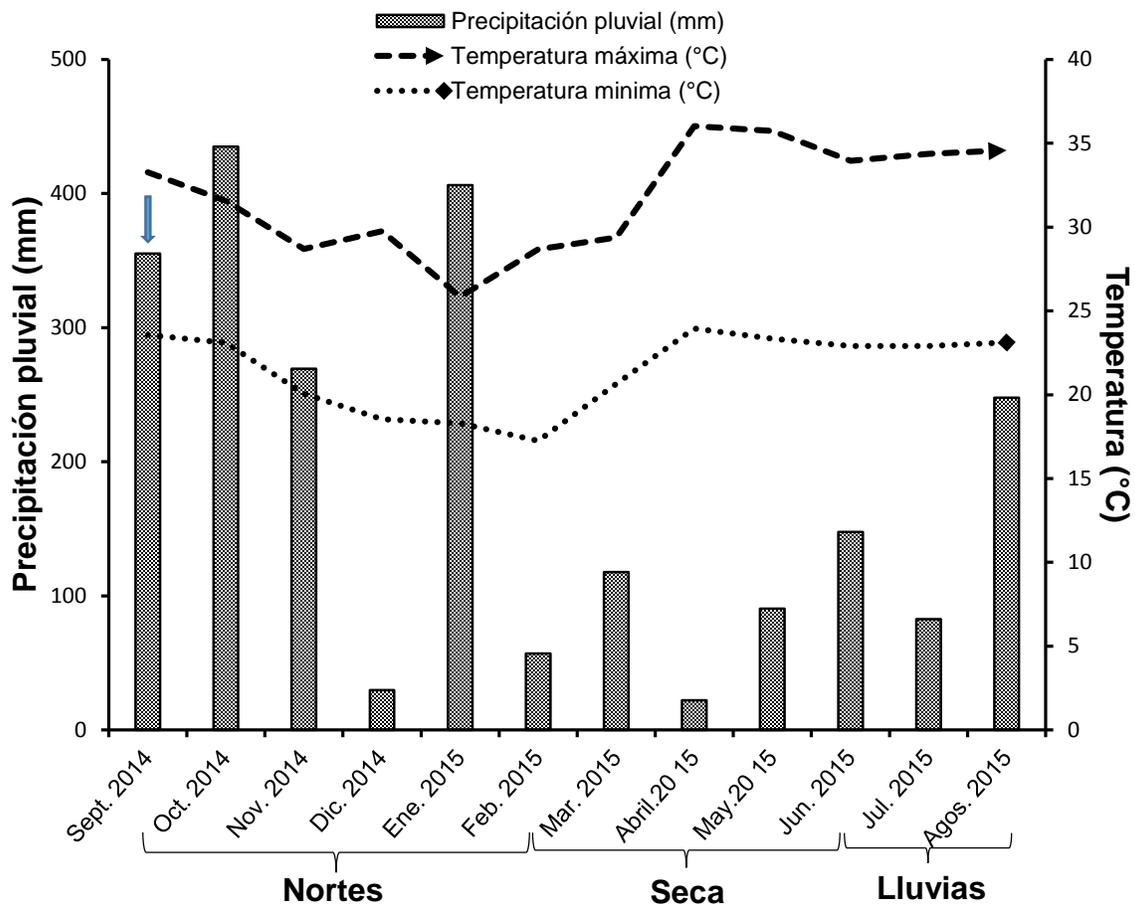
El análisis fue realizado con base a los métodos estándares: pH, 2.5:1 (agua/suelo); Materia orgánica (MO), método Walkley y Black; Nitrógeno total (Nt), método de micro-Kjeldahl; Fósforo disponible (P), método Olsen; Potasio disponible (K), extracción neutral NH<sub>4</sub>OAc 1 mol L<sup>-1</sup>; Textura, método Bouyoucos.

Los resultados del análisis de laboratorio, muestran una composición química representativa de suelos ácidos de baja fertilidad. Se caracteriza, por pH fuertemente ácido, con una relación C/N de 17 considerada como media, que indica que en el suelo ocurre el proceso de mineralización con la consecuente liberación de nitrógeno orgánico pero en cantidades insuficientes para el pasto *B. humidicola*. Es bajo en el contenido de fósforo y de potasio, lo que limita su disponibilidad para las plantas (Salgado-García *et al.*, 2013). A estos suelos también se les conoce como suelos de transición a Sabana, y es clasificado como Acrisol Úmbrico

Cutánico Endoarcílico Hiperdistrico Férrico. El calificador Endoarcílico se debe a que estos Acrisoles presentan una capa de 30 cm de espesor o más, con textura arcillosa. Así mismo, presenta un horizonte férrico donde la segregación de Fe, llega en ocasiones a formar grandes moteados dentro del perfil del suelo (Salgado-García *et al.*, 2010).

## 5.2. Datos climatológicos

Los datos de precipitación y temperatura que prevalecieron durante el periodo de evaluación fueron obtenidos de la estación meteorológica automática Paredón proporcionados por la CONAGUA Tabasco. La información está representada en la Figura 4.



**Figura 4.** Datos promedio de precipitación pluvial y de temperaturas máximas y mínimas del área de estudio. Huimanguillo, Tabasco. ↓ Inicio de experimento.

### 5.3. Establecimiento del Experimento

El experimento se ubicó sobre una pradera de *Brachiaria humidicola* establecida desde hace más de 10 años para su pastoreo rotacional con ganado bovino. El sitio experimental fue seleccionado dentro de un área topográficamente homogénea, y se delimitó con cerca de alambre de púas. Dentro de ésta área y sobre el pasto *B. humidicola*, se formaron pequeñas parcelas de 4 m de largo x 1.50 m de ancho, delimitadas con estacas colocadas en cada esquina (Figura 5). Todas las parcelas se cortaron a menos de 5 cm de altura, y para los tratamientos formados por las asociaciones gramínea-leguminosa, la leguminosa (*Stylosanthes guianensis*) se introdujo, después del corte de la parcela, sembrándola por semilla y a “chorrillo” en dosis de 6 kg ha<sup>-1</sup> y a distancias de 30 cm entre hileras.

### 5.4. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en parcelas formadas por la gramínea en monocultivo con y sin fertilización fosfatada, y por parcelas formadas por la asociación gramínea: leguminosa con y sin fertilización fosfatada (Cuadro 5).

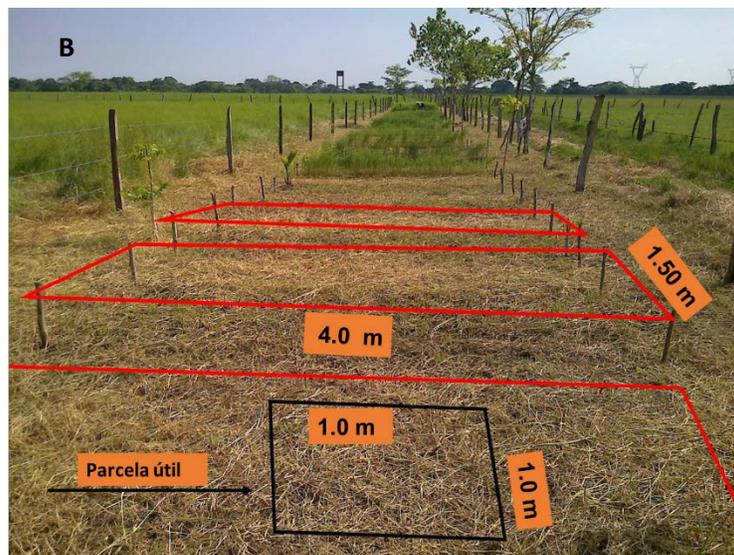
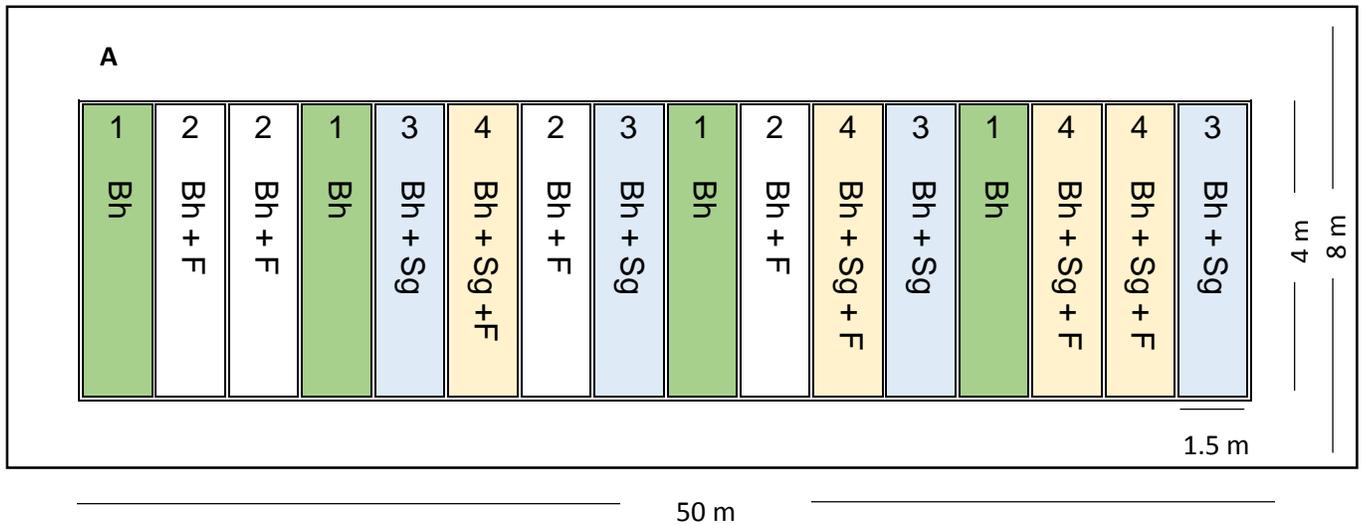
**Cuadro 5.** Tratamientos evaluados de una gramínea en monocultivo y en asociación con una leguminosa.

Número	Tratamientos	Abreviaturas
1	<i>B. humidicola</i>	Bh
2	<i>B. humidicola</i> + fertilización	Bh + F
3	<i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i>	Bh + Sg
4	<i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> + fertilización	Bh + Sg + F

Los cuatro tratamientos estudiados contaron con cuatro repeticiones, los cuales se distribuyeron en forma aleatoria dentro del área experimental (Figura 4).

Como fuente de fósforo se utilizó superfosfato triple con 46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> (Toledo y Schultze-Kraft, 1982). Dada la baja solubilidad del fósforo en el suelo, la fertilización de 100 kg ha<sup>-1</sup> se fraccionó en dos partes iguales,

aplicándose los primeros 50 kg ha<sup>-1</sup> el 20 de agosto 2014, y la segunda mitad el 8 de Febrero 2015. La fertilización se realizó de manera manual al voleo.



**Figura 5.** Distribución de las unidades experimentales en el sitio experimental (A). 1: Bh= *B.humidicola* en monocultivo; 2: Bh+F, *B. humidicola* + fertilización; 3: Bh+Sg, *B. humidicola* + *S. guianensis*; 4: Bh+Sg+F, *B. humidicola* + *S. guianensis* + fertilización. (B) Foto de la distribución de unidades experimentales en campo.

## 5. 5. Toma de datos

### 5.5.1. Cosecha de las parcelas

En día 1 de septiembre de 2014 se realizó el corte de uniformidad en las 16 parcelas experimentales, con este corte dando por comenzado el estudio. A partir de esta fecha, la toma de datos se realizó cada 35 días considerando las fechas de corte de *B. humidicola*, iniciando el 6 de octubre 2014 y finalizando el 13 de Julio 2015 (Cuadro 6). Los muestreos fueron cada 35 días, por ser el tiempo máximo requerido para que el pasto Humidicola conserve una concentración de proteína superior a 70 gr kg<sup>-1</sup> MS en la época de máximo crecimiento, que es la época de lluvias (Juárez *et al.*, 2011). La parcela útil se ubicó en el centro de cada parcela y presentaba un área de 2 m<sup>2</sup> (2 x 1m). Para la toma de las muestras se requirió de machetes, bolsas de polietileno, marcadores y etiquetas.

**Cuadro 6.** Fechas de los cortes de uniformidad y de la toma de datos dentro de cada época del año evaluada.

Épocas del Año	Corte de uniformidad	Cosecha y toma de datos
Nortes (2014 – 2015)	01 Sept	06 Oct
	06 Oct	10 Nov
	10 Nov	15 Dic
	15 Dic	19 Ene
	19 Ene	23 Feb
Seca (2015)	23 Feb	30 Mar
	30 Mar	4 May
	4 May	8 Jun
Lluvias (2015)	8 Jun	13 Jul

## 5.6. Variables evaluadas

### 5.6.1. Rendimiento de Materia Seca (RMS)

El RMS se determinó con el método del cuadrante con área de 1m<sup>2</sup> (100 x 100 cm). El cuadrante se colocó en el centro de cada parcela experimental (Figura 5), y la biomasa dentro del cuadrante se cosechaba a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo para la gramínea y a 20 cm para la leguminosa. De cada parcela se obtenía el peso fresco del cuadrante, y de esta biomasa se tomaba una submuestra de 200 g. Las submuestras por tratamiento y repetición se depositaban en bolsas de papel de peso conocido, previamente marcadas, y puestas a secar en una estufa de aire forzado, durante 72 h a 60 °C. Posterior al secado, se obtenía el peso seco de los 200 g de la submuestra con la ayuda de una balanza analítica. De los datos del peso fresco del cuadrante, y del peso seco de los 200 g, se obtenía el cálculo del rendimiento de materia seca, en t ha<sup>-1</sup>, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{RMS} = [\text{PF} \times \text{ps} / \text{pf}] / 100$$

Donde:

RMS: Rendimiento de materia seca, (t ha<sup>-1</sup>)

PF: Peso fresco de la muestra del m<sup>2</sup>, (g de MV)

ps: Peso seco de la submuestra, (g de MS)

pf: Peso fresco de la submuestra (g de MV)



**Figura 6.** Colocación del cuadrante para el corte de la biomasa.

### **5.6.2. Composición botánica**

En forma paralela a la toma de muestras para el cálculo del RMS, se tomó una segunda submuestra de 200 g para la determinación de composición botánica. De los tratamientos formados por Humidicola en monocultivo, se separaron hojas de tallos de la gramínea y material muerto de la muestra. En los tratamientos formados por la asociación se separó la gramínea de la leguminosa, y estas especies también eran separadas en hoja, tallos y material seco de la muestra. Los diferentes componentes se pesaron y secaron en la estufa de aire forzado por 72 h a 60 °C para obtener el RMS por componente, con la ayuda de una balanza analítica, y con estos rendimientos se determinó la composición botánica.

### **5.6.3. Valor Nutritivo**

Los contenidos de proteína ( $\text{g kg}^{-1}$  MS), fósforo ( $\text{g kg}^{-1}$  MS), potasio ( $\text{g kg}^{-1}$  MS) y calcio ( $\text{g kg}^{-1}$  MS) se cuantificaron de las muestras secas provenientes de 200 g de Materia Verde (MV), que fueron previamente molidas a un tamaño de partícula de 2 mm. Primero se obtuvo Nitrógeno total (N) mediante el método micro Kjeldahl, de acuerdo al método propuesto por la AOAC (2000). El contenido de proteína se determinó multiplicando  $\text{N} \times 6.25$ . La concentración de fósforo fue determinada por el método de Olsen descrito en NOM-021-RECNAT (2000), por digestión húmeda con mezcla ácido nítrico-perclórico, y el extracto analizado por colorimetría para todos los tratamientos. La determinación de potasio y calcio se realizó con la solución extractante de Olsen y la lectura se determinó con el espectrofotómetro de absorción atómica. Estas determinaciones se efectuaron también por separado en la gramínea y en la leguminosa para los tratamientos formados por la asociación Humidicola + *S. guianensis* con y sin fertilización.

#### 5.6.4. Degradabilidad *in situ* de la Materia Seca (DMS)

La degradabilidad *in situ* de la MS fue determinada a las 36 h de incubación en rumen de acuerdo a la técnica de las bolsas de nylon (Orskov, 1992) con las recomendaciones de Villalobos *et al.* (2000) y Ayala *et al.* (2003), con toros de cruza *Bos taurus* x *Bos indicus* con fístula ruminal. Esta técnica consistió en pesar 5 g de muestra con tamaño de partícula de 2 mm previamente secadas en estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C para obtener el peso constante. Estas se colocaron en bolsas de poliseda de 10 x 20 cm y se incubaron por duplicado en dos toros fistulados en rumen. Una vez finalizadas las 36 h de incubación, las muestras fueron retiradas y lavadas con abundante agua fría hasta eliminar todo el residuo (cuando el agua del lavado salía clara). Posteriormente, las bolsas fueron colocadas en charolas y depositadas en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas para obtener el peso constante. Al concluir las 48 horas de secado y por diferencia de peso se determinó la DMS, mediante la siguiente fórmula:

$$DMS = \frac{PI - PF}{PI} \times 100$$

Donde:

DMS: Degradabilidad de la materia seca

PI: gramos de MS inicial de la muestra

PF: gramos de MS final de la muestra

#### 5.6.5. Peso de raíces y número de nódulos de *Stylosanthes guianensis*

A final de cada época de Nortes, Seca y Lluvias, se colectaron raíces de *S. guianensis*, con y sin fertilización fosfatada. La colecta se hizo por tratamiento con sus cuatro repeticiones a una profundidad de 25 cm, con ayuda de una pala recta, y a lo largo de 0.3 m lineales. El muestreo se realizó con sumo cuidado para evitar daño de nódulos. Se contabilizó el número total de nódulos tomando diez plantas por tratamiento. Asimismo, de cada tratamiento se obtenía el peso fresco de la raíz. Las muestras de raíz por tratamiento y repetición se depositaban en bolsas de papel

de peso conocido, adecuadamente marcadas y puestas a secar en una estufa de aire forzado, durante 72 h a 60 °C. Posterior al secado, se obtenía el peso seco de las raíces con la ayuda de una balanza analítica. De los datos del peso fresco y el peso seco de la raíz, se obtuvo el cálculo de rendimiento de materia seca de raíces en  $\text{g kg}^{-1}$  MS.

### **5.7. Diseño experimental**

El experimento fue analizado como medidas repetidas mediante el uso del procesador MIXED (SAS, 2010). Se compararon los cuatro tratamientos usando una estructura unifactorial de los tratamientos (Londoño, 2004), siendo la fecha de cosecha el factor de medida repetida. En el análisis de varianza para cada variable de respuesta, se usó un modelo que incluyera los efectos de: tratamiento, fecha de cosecha y sus interacciones. El esquema de aleatorización de los tratamientos sobre las unidades experimentales fue mediante un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.

## **VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1. Comportamiento de la precipitación y temperatura**

En el mes de septiembre (etapa final de la época de lluvias) se registró una temperatura promedio de 28.5 °C y 208 mm de precipitación pluvial (ver Figura 4). Posteriormente, de octubre a febrero (época de Nortes) se tuvo un descenso de la temperatura promedio, pasando de 28.5 a 22 °C, registrándose las más altas precipitaciones del período de estudio en los meses de octubre (476 mm) y enero (335 mm), siendo el mes de diciembre el menos lluvioso (26 mm). En ésta época de nortes (Oct. – Feb.) la precipitación pluvial acumulada fue de 1300 mm. En los meses de marzo, abril y mayo (época Seca) la temperatura promedio tuvo un ascenso de 22 a 30 °C, y la precipitación pluvial acumulada fue de 220 mm, siendo en el mes de marzo donde se registró la mayor precipitación (148 mm), y abril el mes menos lluvioso (15.9 mm).

### **6.2 Rendimiento de Materia Seca (RMS)**

#### **6.2.1 RMS de la Biomasa Aérea**

Se observaron diferencias significativas en RMS entre cosechas y entre tratamientos (Cuadro 7); y en la interacción tratamiento x cosecha. La interacción debida a los cruzamientos observados entre tratamientos al pasar de una fecha a otra de cosecha (Figura 7).

El patrón cronológico del RMS fue similar entre tratamientos (Figura 7), se observó una disminución al pasar del 7 de octubre al 16 de diciembre (inicio de la época de Nortes) en todos los tratamientos. Esta disminución del RMS fue más pronunciada en los tratamientos conformados por Humidicola en monocultivo (Bh y BhF), que en los tratamientos de las asociaciones (BhSg y BhSgF).

**Cuadro 7. Rendimiento de materia seca, proteína y degradabilidad de los tratamientos estudiados durante períodos de crecimiento de 35 días.**

Tratamientos	Cosechas	Rendimiento de Materia Seca (t ha <sup>-1</sup> )	Proteína (g kg <sup>-1</sup> MS)	Degradabilidad (g kg <sup>-1</sup> MS)
<i>B. humidicola</i> (Bh)	07 – Oct. 2014	2.028 a	51.75 d	521.59 e
	11 – Nov. 2014	1.046 b	75.80 c	576.81 cd
	16 – Dic. 2014	0.731 bc	78.34 c	528.84 de
	20 – Ene. 2015	0.532 c	106.38 a	545.6 cde
	24 – Feb. 2015	0.945 bc	102.93 ab	598.91 bc
	31 – Mar. 2015	1.032 b	97.17 b	652.89 a
	05 – May. 2015	0.751 bc	73.14 c	633.62 ab
	09 – Jun. 2015	0.797 bc	68.81 c	594.63 bc
	14 – Jul. 2015	2.081 a	53.86 d	567.7 cde
	<b>Media</b>	<b>1.105</b>	<b>78.68</b>	<b>581.06</b>
<i>B. humidicola</i> + fertilización con fósforo (BhF)	07 – Oct. 2014	1.839 a	55.70 d	518.83 a
	11 – Nov. 2014	1.171 ab	78.21 bc	590.29 a
	16 – Dic. 2014	0.804 b	85.71 b	529.16 a
	20 – Ene. 2015	0.630 b	110.51 a	579.80 a
	24 – Feb. 2015	0.908 b	106.76 a	616.36 a
	31 – Mar. 2015	1.511 ab	100.19 a	601.21 a
	05 – May. 2015	0.917 b	76.64 bc	601.87 a
	09 – Jun. 2015	1.192 ab	70.68 c	564.19 a
	14 – Jul. 2015	1.958 a	56.01 d	573.88 a
	<b>Media</b>	<b>1.215</b>	<b>82.27</b>	<b>575.07</b>
<i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> (BhSg)	07 – Oct. 2014	1.299 a	95.29 d	574.72 cd
	11 – Nov. 2014	0.657 bc	121.47 c	638.66 b
	16 – Dic. 2014	0.668 bc	137.57 bc	649.94 b
	20 – Ene. 2015	0.588 c	146.82 ab	642.81 b
	24 – Feb. 2015	0.671 bc	164.07 a	652.04 b
	31 – Mar. 2015	1.133 ab	164.86 a	714.44 a
	05 – May. 2015	0.752 bc	118.19 c	626.27 bc
	09 – Jun. 2015	0.563 c	88.89 d	561.45 d
	14 – Jul. 2015	0.868 bc	79.26 d	575.74 cd
	<b>Media</b>	<b>0.786</b>	<b>124.87</b>	<b>629.23</b>
<i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> + fertilización con fósforo (BhSgF)	07 – Oct. 2014	1.428 ab	99.81 e	586.14 c
	11 – Nov. 2014	1.117 abc	146.44 bc	661.38 bc
	16 – Dic. 2014	0.923 c	117.96 de	704.58 ab
	20 – Ene. 2015	0.884 c	158.33 b	672.3 abc
	24 – Feb. 2015	0.887 c	192.45 a	690.90 ab
	31 – Mar. 2015	1.512 a	197.67 a	754.73 a
	05 – May. 2015	1.333 abc	150.50 bc	644.19 bc
	09 – Jun. 2015	1.015 bc	132.46 cd	641.33 bc
	14 – Jul. 2015	1.438 ab	106.57 e	581.10 c
	<b>Media</b>	<b>1.17</b>	<b>144.69</b>	<b>659.63</b>
<b>Nivel de Significancia:</b>				
Tratamiento ( T )		***	***	***
Cosecha ( C )		***	***	***
T x C		***	***	***

\*\*\* p<0.0001; promedios con letras distintas en la misma columna, difieren significativamente (p<0.05). Dosis de fósforo= 100 kg ha<sup>-1</sup>.

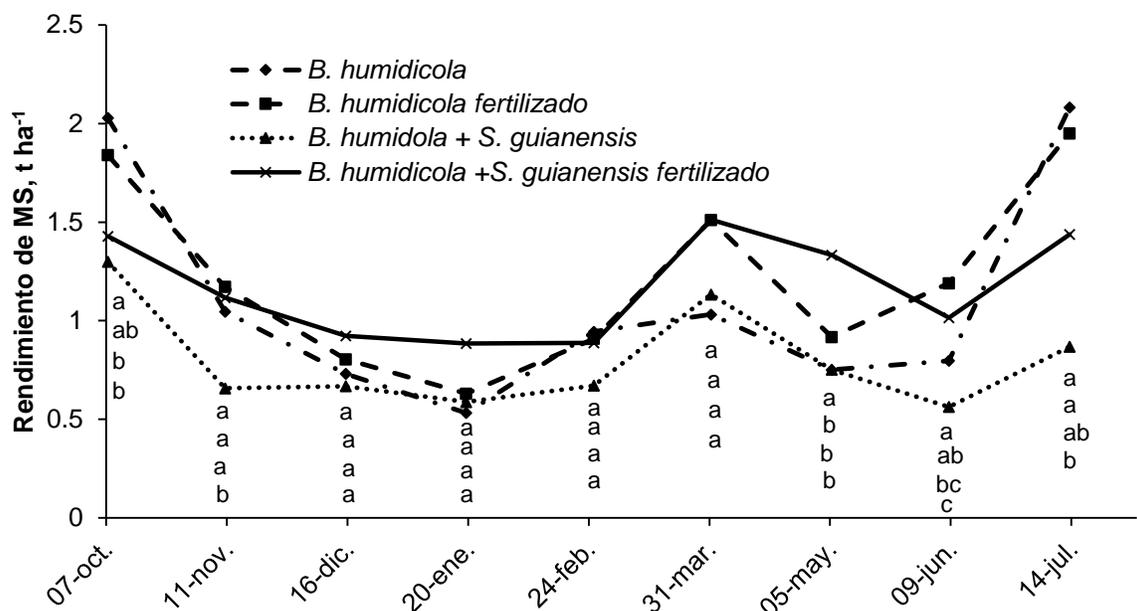


Figura 7. Valores promedio de rendimientos de materia seca de *B. humidicola* en monocultivo (Bh), *B. humidicola* + fertilización (BhF), *B. humidicola* + *S. guianensis* (BhSg) y *B. humidicola* + *S. guianensis* + fertilización (BhSgF), durante períodos de crecimiento de 35 días. Dentro de cada fecha de muestreo, promedios con letras distintas difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

Ambos tratamientos de Humidicola en monocultivo registraron un RMS promedio en la primera cosecha (que corresponde a la etapa final de la época de Lluvias 2014) de  $1.93 \text{ t ha}^{-1}$ , y los tratamientos de las asociaciones de  $1.36 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 7). Como se observa, los tratamientos de Humidicola en monocultivo registraron mayor RMS que las asociaciones, pero el Humidicola en monocultivo decrece en mayor cantidad que las asociaciones. Efectivamente, Bh y BhF en promedio registraron  $1.16 \text{ t ha}^{-1}$  menos de RMS al pasar del 07 de octubre al 16 de diciembre, mientras que en este mismo período BhSg y BhSgF disminuyeron sólo en  $0.63$  y  $0.50 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente. Lo anterior significó una tasa de rendimiento de  $16.47 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  para los tratamientos de Humidicola en monocultivo, y de  $9 \text{ kg}$  y  $7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , para BhSg y BhSgF, respectivamente.

Esta disminución de biomasa, coincidió con el descenso promedio de temperatura en  $5^\circ\text{C}$  sucedido durante este período (Figura 4). BhSgF fue el tratamiento que menor disminución registró. Posteriormente, del 16 de diciembre al 24 de febrero

(período correspondiente a la época de Nortes), todos los tratamientos mantuvieron estable su RMS, por no existir diferencias ( $p > 0.05$ ) de este carácter entre fechas de cosecha (Cuadro 7). El RMS tampoco fue diferente ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos dentro de cada fecha de cosecha en ésta época de Nortes (Figura 7). El RMS de los cuatro tratamientos promedio mensual de este período de Nortes, fue de  $0.805 \text{ t ha}^{-1}$ .

A partir del 24 de febrero, todos los tratamientos mostraron un ligero incremento en su RMS, excepto Humidicola en monocultivo sin fertilizar (Bh) el cual se mantuvo estable. Los incrementos fueron del orden de  $0.60$ ,  $0.462$  y  $0.625 \text{ t ha}^{-1}$ , con respecto a BhF, BhSg y BhSgF, al pasar del 24 de febrero a 31 de marzo, lo que coincidió con un incremento en  $3^{\circ}\text{C}$  la temperatura ambiental (Figura 4). Durante los meses secos del año (abril y mayo) en el que la precipitación promedio fue de  $36.2 \text{ mm}$  vs  $235.9 \text{ mm}$  promedio de los ocho meses restantes (Figura 4), todos los tratamientos disminuyeron su RMS en  $0.235$ ,  $0.319$ ,  $0.57$  y  $0.497 \text{ t ha}^{-1}$ , (cálculos considerando el 9 de junio, por aún no existir precipitaciones en esta fecha) con respecto a Bh, BhF, BhSg y BhSgF (Cuadro 7). En el mes de mayo correspondiente al mes más seco, el BhSgF registró el mayor RMS  $0.52 \text{ t ha}^{-1}$  más de RMS con respecto al promedio de los tres tratamientos restantes (Figura 7).

Los tratamientos referentes a las asociaciones fueron los que presentaron mayor decrecimiento en este período de estiaje con respecto a los tratamientos de humidicola en monocultivo; sin embargo, los tratamientos que recibieron fertilización (BhF, BhSgF) fueron los que mantuvieron el mayor RMS promedio durante esta época, con valores de  $1.24$  y  $0.83 \text{ t ha}^{-1}$  con respecto a los tratamientos sin fertilizar (Bh, BhSg). Al mejorar las condiciones de clima por registrarse  $90$  y  $26 \text{ mm}$  más de lluvia en los meses de junio y julio, con respecto al mes de mayo (Figura 4), todos los tratamientos mejoraron su RMS. Los tratamientos de Humidicola en monocultivo (Bh, BhF) registraron el mayor crecimiento, alcanzando ambos en el mes de julio (época de lluvias)  $0.581$  y  $1.15 \text{ t ha}^{-1}$  más de RMS promedio con respecto a BhSgF y BhSg (Figura 7).

**Cuadro 8. Rendimiento de materia seca (t ha<sup>-1</sup>) de *Brachiaria humidicola* (Bh) y de *Stylosanthes guianensis* (Sg) creciendo en asociación con y sin fertilización fosfatada (100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), de octubre 2014 a julio 2015.**

Especie	Cosechas									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Bh – Sg										
Gramínea	0.580 <sup>a</sup>	0.347 <sup>abc</sup>	0.257 <sup>bc</sup>	0.191 <sup>bc</sup>	0.059 <sup>c</sup>	0.436 <sup>ab</sup>	0.301 <sup>abc</sup>	0.363 <sup>abc</sup>	0.491 <sup>ab</sup>	<b>3.025</b>
DE ±	0.14	0.09	0.03	0.18	0.005	0.02	0.14	0.10	0.24	
Leguminosa	0.718 <sup>a</sup>	0.347 <sup>ab</sup>	0.453 <sup>ab</sup>	0.484 <sup>ab</sup>	0.623 <sup>a</sup>	0.696 <sup>a</sup>	0.451 <sup>ab</sup>	0.199 <sup>b</sup>	0.377 <sup>ab</sup>	<b>4.348</b>
DE ±	0.21	0.04	0.02	0.15	0.15	0.28	0.15	0.05	0.23	
Bh - Sg Fertilizados										
Gramínea	0.413 <sup>bc</sup>	0.452 <sup>bc</sup>	0.160 <sup>c</sup>	0.241 <sup>c</sup>	0.202	0.312 <sup>bc</sup>	0.441 <sup>bc</sup>	0.606 <sup>ab</sup>	0.761 <sup>a</sup>	<b>3.588</b>
DE ±	0.06	0.29	0.07	0.09	0.04 <sup>c</sup>	0.08	0.19	0.15	0.14	
Leguminosa	1.015 <sup>ab</sup>	0.664 <sup>abc</sup>	0.820 <sup>abc</sup>	0.586 <sup>bc</sup>	0.565 <sup>bc</sup>	1.199 <sup>a</sup>	0.891 <sup>abc</sup>	0.409 <sup>c</sup>	0.676 <sup>abc</sup>	<b>6.825</b>
DE ±	0.17	0.35	0.26	0.19	0.24	0.21	0.23	0.20	0.33	

Promedios con letras distintas sobre la misma hilera indican diferencias significativas (p<0.05)

1= 7 de octubre, 2= 11 de noviembre, 3= 16 de diciembre, 4= 20 de enero, 5= 24 de febrero, 6= 31 de marzo, 7= 5 de mayo, 8= 9 de junio, 9= 14 de julio. DE= desviación estándar

La rápida recuperación del Humidicola al situarlo en condiciones favorables de crecimiento, ha sido observada también en estudios realizados en suelos de Sabana de Colombia, al ser evaluada esta gramínea con las leguminosas *Stylosanthes guianensis*, *Arachis pintoi* y *Stylosanthes capitata* (Saito, 2004).

A diferencia de otros estudios (Sleugh *et al.*, 2000; Gierus *et al.*, 2012; Rassmussen *et al.*, 2012; Albayrak y Turk, 2013) en los que se ha demostrado un mayor RMS de las asociaciones gramínea:leguminosa, con respecto a gramíneas en monocultivo, la asociación BhSg fue el tratamiento que registró el menor RMS acumulado ( $p < 0.05$ ) durante los 280 días de crecimiento (del 7 de octubre al 14 de julio) con 7.20 t ha<sup>-1</sup> vs 9.9, 10.9 y 10.5 t ha<sup>-1</sup> de los tratamientos Bh, BhF y BhSg F, respectivamente (Cuadro 7). Los anteriores resultados pudieron deberse a las diferencias en altura de corte de las cosechas, dentro de las asociaciones, realizadas al Humidicola (a 5 cm del nivel del suelo) y a *Stylosanthes* (20 cm). Este manejo ocasionó un menor RMS del Humidicola asociado en todas las cosechas con respecto a *Stylosanthes*.

Al observar los RMS de la gramínea y leguminosa por separado dentro de las asociaciones (Cuadro 8), la leguminosa mantiene una mayor proporción a lo largo de todas las cosechas, excepto en las dos últimas del 9 de junio y 14 de julio, en donde la leguminosa presenta menor proporción que la gramínea en ambos tratamientos (BhSg, BhSgF). La mayor proporción de las leguminosas va del orden de más de 50% de RMS en la mayoría de las cosechas en el tratamiento BhSg, y en más del 70% en BhSgF. En la asociación BhSg, la leguminosa no presenta cambios importantes ( $p > 0.05$ ) entre las diferentes fechas de cosecha, manteniendo su estabilidad de rendimiento a lo largo de todo el período de evaluación, excepto el 9 de junio, fecha en el que registra su menor RMS. Por el contrario, Humidicola presenta mayor variación por disminuir su RMS del 16 de diciembre al 24 de febrero (época de Nortes), para posteriormente volver a incrementarlo.

En BhSgF, *Stylosanthes* presenta sus menores rendimientos en las fechas del 20 de enero, 24 de febrero (época de Nortes) y 9 de junio (inicio de Lluvias); sin embargo, en siete de los nueve muestreos (excepto el 9 de junio y 14 de julio), registra más del 70% de RMS con respecto al Humidicola. Por ello, el *Stylosanthes* al término del período de evaluación registró  $3.23 \text{ t ha}^{-1}$  más de RMS acumulado que Humidicola dentro de la mezcla este tratamiento (BhSgF), y fue superior en  $2.4 \text{ t ha}^{-1}$  en RMS con respecto al *Stylosanthes* del tratamiento BhSg. El *Stylosanthes* dentro del tratamiento BhSg, fue superior al Humidicola en solo  $1.3 \text{ t ha}^{-1}$  de RMS acumulado (Cuadro 8).

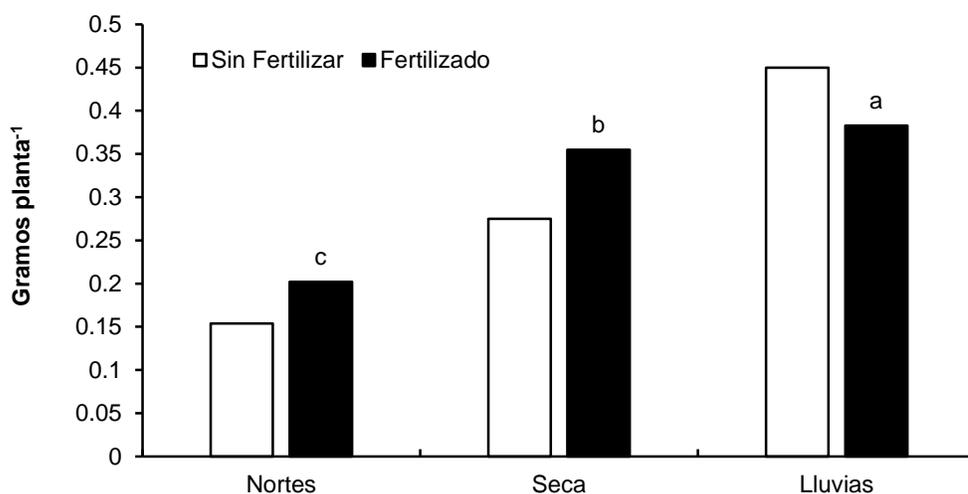
El comportamiento del *Stylosanthes* y del Humidicola de manera individual dentro de las asociaciones, explica la lenta disminución del RMS de la asociación con respecto al Humidicola en monocultivo, al pasar del período final de Lluvias a la época de Nortes, o explica el lento crecimiento de la asociación con respecto al Humidicola en monocultivo, al pasar de la época Seca a la época de Lluvias. Lo anterior, debido a la estabilidad de producción que manifiesta el *Stylosanthes* durante el año, y a la inestabilidad de producción que manifiesta el Humidicola, al tener decrecimientos más elevados que el *Stylosanthes* en períodos de estrés ambiental, y crecimientos acelerados al presentarse condiciones favorables de clima. La estabilidad de la leguminosa conlleva a un efecto complementario del RMS dentro de una asociación, principalmente en épocas de difícil crecimiento de la planta, como ha sido observado en otros estudios (Prieto *et al.*, 2015).

Por otra parte, el mayor RMS de la asociación BhSgF en períodos de estrés ambiental, se debieron al mayor RMS de la leguminosa (Cuadro 8). Estos resultados indican que la fertilización fosfatada tuvo un mayor efecto en la leguminosa que en la gramínea. De hecho, *Stylosanthes guianensis* ha sido reportada como una de las leguminosas con mayor habilidad de adaptación a suelos ácidos y particularmente en el aprovechamiento del uso del fósforo en estos suelos (Yang y Yan, 1998; Du *et al.*, 2009). La mayor vigorosidad, expresada a través de su mayor RMS del *Stylosanthes* fertilizado, pudiera ser la razón de un posible mayor desarrollo de sus

raíces, mejorándose la eficiencia de extracción de agua del suelo en el mes de mayo que es el período más seco del año. Por ello, el tratamiento BhSgF registró mayor RMS en ésta época, con respecto al resto de los tratamientos.

### 6.2.2 RMS de Raíces

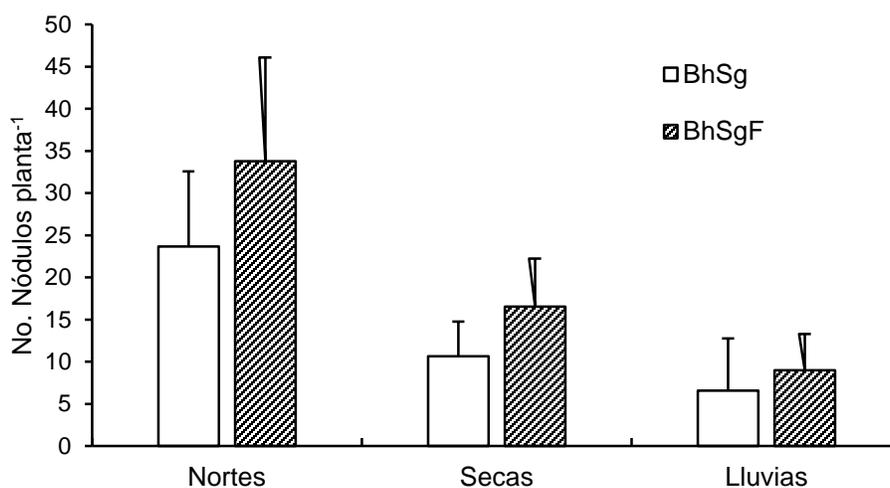
Hubo un efecto de época (Figura 8;  $p < 0.0001$ ), no así para tratamiento ( $p > 0.05$ ) y una interacción época x tratamiento ( $p < 0.05$ ) para el RMS en raíces. El RMS promedio fue de  $0.303 \text{ g planta}^{-1}$  con una variación de  $0.154$  a  $0.450 \text{ g pl}^{-1}$ , registrados en el tratamiento BhSg en las épocas de Nortes y de Lluvias, respectivamente. Al pasar de la época de Nortes a la época de Lluvias, las raíces incrementaron ( $p < 0.05$ ) su RMS, con valores promedio de  $0.178$ ,  $0.306$  y  $0.419 \text{ g pl}^{-1}$  con respecto a las épocas de Nortes, Seca y Lluvias.



**Figura 8. Peso de raíces en *Stylosanthes guianensis* al asociarse con *Brachiaria humidicola*, y con *Brachiaria humidicola* + fertilización con fósforo en tres épocas del año. Letras diferentes significan diferencia entre épocas.**

La fertilización fosfatada no tuvo efecto ( $p > 0.05$ ) en el RMS de las raíces dado que los RMS entre los tratamientos BhSg y BhSgF fueron semejantes con un valor promedio de  $0.295 \text{ g pl}^{-1}$ . Sin embargo, la fertilización fosfatada tuvo un efecto

( $p < 0.05$ ) en el número de nódulos de la planta (Figura 9), registrándose un promedio del período de evaluación de 18.8 nódulos en el tratamiento BhSgF, mientras que en BhSg el promedio fue de 13.9. El aumento del número de nódulos con la fertilización fosfatada, coincide con los resultados obtenidos por Lopes *et al.* (2011). Empero, el número de nódulos registrados en el presente estudio, está muy por debajo del número encontrado (más de 100 nódulos) por Rincón *et al.* (1997) en *Stylosanthes hamata*. Esta gran diferencia posiblemente se deba al pH del suelo el cual en nuestro estudio fue de 4.6, mientras que Rincón *et al.* (1997) reportan un pH mayor a 5.6. Este incremento coincide también, con el mayor número de nódulos registrado en la época de Nortes, disminuyendo dicho promedio con el tiempo. Así, el número de nódulos registrado fueron de 28.1, 13.6 y 7.8 con respecto a la época de Nortes, Seca y Lluvias (Figura 9).



**Figura 9.** Número de nódulos en *Stylosanthes guianensis* al asociarse con *Brachiaria humidicola* (BhSg), y con *Brachiaria humidicola* + fertilización con fósforo (BhSgF) en tres épocas del año. Las barras de error representan la media  $\pm$  desviación estándar.

### 6.3. Concentración de Proteína Cruda

Se encontraron diferencias significativas en concentración de proteína entre fechas de muestreo, tratamientos y la interacción tratamiento x cosecha (Cuadro 7), dados

los cambios en posicionamiento de los tratamientos, en particular por la asociación BhSgF al pasar de una fecha a otra de cosecha (Figura 10). El patrón cronológico en la concentración de proteína cruda, del 7 de octubre al 14 de julio, fue similar entre tratamientos, observándose una mayor concentración en proteína en las asociaciones, con respecto a los tratamientos de Humidicola en monocultivo (Bh, BhF), en todas las fechas de muestreo (Figura 10). La fecha de cosecha tuvo un efecto significativo en las variaciones de concentración de proteína (Cuadro 7). Del 7 de octubre al 11 de noviembre, la proteína se incrementó en 25.79 g kg<sup>-1</sup>MS en promedio de los tratamientos de Humidicola en monocultivo (Bh, BhF), y en 33.31 g kg<sup>-1</sup>MS en promedio de las asociaciones (BhS, BhSgF).

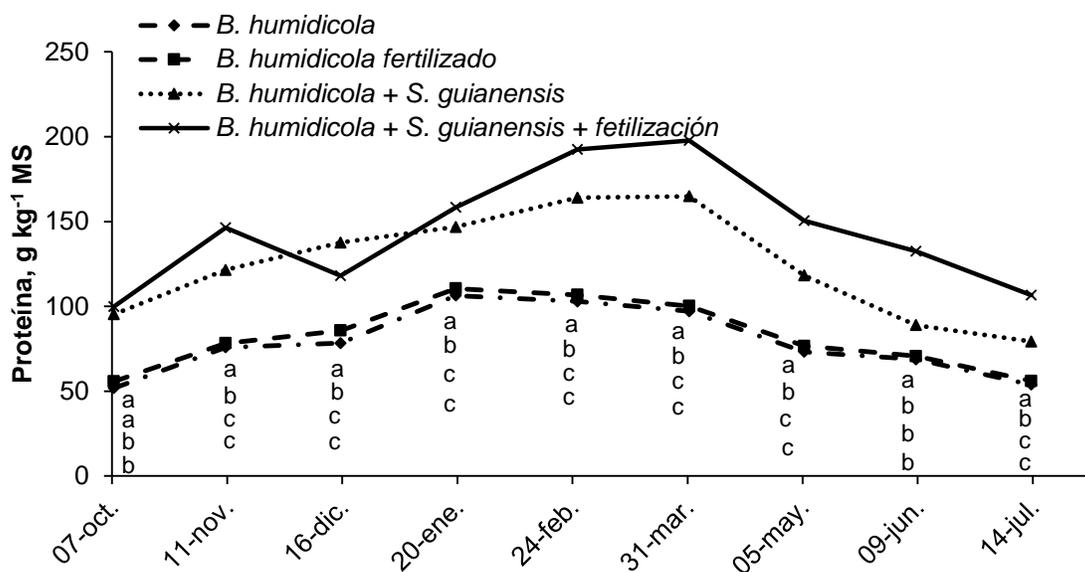


Figura 10. Valores promedio en concentración de proteína de *B. humidicola* en monocultivo (Bh), *B. humidicola* + fertilización (BhF), *B. humidicola* + *S. guianensis* (BhSg) y *B. humidicola* + *S. guianensis* + fertilización (BhSgF), durante períodos de crecimiento de 35 días. Dentro de cada fecha de muestreo, promedios con letras distintas difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

Del 11 de noviembre al 16 de diciembre la concentración de proteína cruda se mantuvo en 79.5 g kg<sup>-1</sup> MS para los tratamientos de Humidicola en monocultivo, y en 130.8 g kg<sup>-1</sup> MS para las asociaciones. En los meses siguientes la proteína se incrementó ( $p < 0.05$ ) nuevamente y BhSgF fue el tratamiento que mantiene la mayor concentración de proteína cruda hasta el final del estudio (Figura 10) seguido por

BhSg, y por los tratamientos de Humidicola en monocultivo (Bh, BhF), sin presentar diferencias éstos dos últimos ( $p > 0.05$ ) entre ellos. Aunque con especies diferentes, estos resultados coinciden con los reportados por Dasci *et al.* (2010), quienes observaron un incremento de proteína en praderas formadas por *Trifolium hybridum* con algunas gramíneas de zonas frías como *Alopecurus pratensis* y *Poa pratensis*, al aplicárseles fertilización fosfatada en dosis de 0 hasta 44 kg ha<sup>-1</sup>. Así, en los meses de enero, febrero y marzo (época de Nortes e inicio de la época Seca), se registraron las mayores concentraciones de proteína del período de estudio, lo cual coincidió con los menores RMS de los diferentes tratamientos. En este período la proteína cruda alcanzó una concentración del orden de 105.2 g kg<sup>-1</sup>MS en promedio para Bh y BhF, dado que entre estos dos tratamientos no hubo diferencias, y de 158.6 g y 195.0 g kg<sup>-1</sup>MS para BhSg y BhSgF, respectivamente. Los resultados anteriores muestran un incremento en la proteína de las especies al presentarse un decremento en su RMS, y un no efecto ( $p > 0.05$ ) de la fertilización fosfatada del Humidicola en monocultivo en las variaciones de la concentración de proteína. Por el contrario, hubo efecto ( $p < 0.05$ ) de la fertilización en el incrementando de la proteína en la asociación Humidicola - Stylosanthes.

En los meses de abril, mayo y principios de junio (época Seca del año), se observó que todos los tratamientos disminuyen la concentración de proteína, se encontró concentraciones de 72.32 g kg<sup>-1</sup>MS en promedio de los tratamientos de Humidicola en monocultivo (Bh, BhF), de 118.2 g y de 141.5 g kg<sup>-1</sup>MS para BhSg y BhSgF, respectivamente. Para el mes de julio (época de Lluvias), la concentración de proteína cruda disminuyó aún más, y coincidió con los RMS más elevados del período de estudio. En la época de Lluvias el Humidicola en monocultivo (Bh, BhF), BhSg y BhSgF registraron 17.0, 34.0 y 35.0 g kg<sup>-1</sup>MS menos proteína con respecto a la época Seca del año (Cuadro 7). Estos resultados coinciden con estudios anteriores en gramíneas forrajeras (Reyes *et al.* 2009; Juárez *et al.*, 2011), realizados dentro de la misma zona de estudio del presente trabajo; en estos estudios, se registraron también mayores concentraciones de proteína cruda en la época de Nortes. A este fenómeno se le conoce como proceso de dilución de

nitrógeno, en el que existe una disminución en la concentración de N conforme aumenta la biomasa en la planta (Greenwood *et al.*, 1990; Cruz y Lemaire, 1996). Efectivamente en el presente estudio se registró un menor RMS en la época de Nortes, lo que ayudó a la concentración o aumento de la proteína en la planta, y un mayor RMS en Lluvias, lo que generó una “dilución” de proteína dentro de los pastos. En promedio de las 9 cosechas, BhSgF fue el tratamiento con la mayor concentración, registrando 19.8 g kg<sup>-1</sup>MS más proteína que BhSg, y 64.2 g kg<sup>-1</sup>MS más proteína que el promedio de Bh y BhF (Cuadro 7).

Al analizar las variaciones de la concentración de proteína dentro de las asociaciones a través de las cosechas (Cuadro 9), los cambios ocurrieron tanto en la gramínea como en la leguminosa de manera semejante ( $p > 0.05$ ). No obstante, se observó un beneficio mayor para la leguminosa del tratamiento BhSgF (tratamiento fertilizado con fósforo), por presentar mayor concentración de proteína en todas las cosechas con respecto a la leguminosa sin fertilizar del tratamiento BhSg. Así se tuvo en la leguminosa del tratamiento BhSgF 29.0 g kg<sup>-1</sup>MS más proteína que en la leguminosa de BhSg (Cuadro 9). En cambio, el Humidicola del tratamiento BhSgF no presentó superioridad proteica con respecto al Humidicola del tratamiento BhSg sin fertilizar, registrando ambos un promedio de 93.5 g kg<sup>-1</sup>MS. Los resultados anteriores indican que la fertilización fosfatada afecta ( $p < 0.05$ ) la concentración de proteína en la leguminosa, pero no en la gramínea.

Al comparar la concentración de proteína del Humidicola en monocultivo, de los dos tratamientos (Bh, BhF), con la concentración de proteína del Humidicola de la asociación BhSg (Bh-BhSg), y con el Humidicola de la asociación BhSgF (Bh-BhSgF), se observó mayor concentración de proteína ( $p < 0.05$ ) en el Humidicola de las asociaciones, pero entre los Humidicolas de las asociaciones no hubo ( $p > 0.05$ ) diferencias (Figura 10).

**Cuadro 9. Concentración de proteína (g kg<sup>-1</sup>MS) de *Brachiaria humidicola* (Bh) y de *Stylosanthes guianensis* (Sg) creciendo en asociación con y sin fertilización fosfatada (100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), durante períodos de crecimiento de 35 días de octubre 2014 a julio 2015.**

Especie	Cosechas									Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Bh – Sg										
Gramínea	74.91 <sup>c</sup>	88.76 <sup>c</sup>	98.69 <sup>b</sup>	114.22 <sup>a</sup>	118.59 <sup>a</sup>	103.80 <sup>ab</sup>	87.25 <sup>bc</sup>	89.59 <sup>bc</sup>	74.12 <sup>c</sup>	<b>94.43</b>
DE ±	5.26	9.76	10.57	6.47	9.23	2.47	8.84	11.48	8.12	
Leguminosa	112.86 <sup>d</sup>	161.42 <sup>abc</sup>	156.08 <sup>abc</sup>	163.99 <sup>abc</sup>	171.31 <sup>a</sup>	168.35 <sup>ab</sup>	142.20 <sup>c</sup>	145.25 <sup>bc</sup>	145.69 <sup>bc</sup>	<b>151.91</b>
DE ±	12.07	5.46	11.91	7.19	2.11	3.87	7.89	13.32	10.12	
Bh - Sg Fertilizados										
Gramínea	72.72 <sup>c</sup>	91.11 <sup>b</sup>	101.56 <sup>a</sup>	111.79 <sup>a</sup>	108.22 <sup>a</sup>	109.20 <sup>a</sup>	86.62 <sup>b</sup>	86.82 <sup>b</sup>	66.26 <sup>c</sup>	<b>92.70</b>
DE ±	4.45	5.22	2.86	5.45	10.23	9.29	4.15	2.12	9.86	
Leguminosa	152.62 <sup>c</sup>	186.95 <sup>bc</sup>	179.10 <sup>bc</sup>	171.00 <sup>bc</sup>	220.31 <sup>a</sup>	208.10 <sup>ab</sup>	151.45 <sup>c</sup>	184.19 <sup>bc</sup>	174.56 <sup>bc</sup>	<b>180.92</b>
DE ±	17.59	13.29	7.54	16.20	12.82	11.57	40.02	6.37	6.22	

Promedios con letras distintas sobre la misma hilera indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

1= 7 de octubre, 2= 11 de noviembre, 3= 16 de diciembre, 4= 20 de enero, 5= 24 de febrero, 6= 31 de marzo, 7= 5 de mayo, 8= 9 de junio, 9= 14 de julio. DE= desviación estándar.

Dado los resultados presentados, la superioridad en concentración de proteína de las asociaciones se debió no sólo a la superioridad en proteína cruda del *Stylosanthes*, sino también al incremento en concentración de proteína cruda de *Humidicola* asociado con *Stylosanthes*, con respecto al *Humidicola* en monocultivo. Efectivamente, la fijación de nitrógeno al suelo por *Stylosanthes*, el cual está calculado para esta leguminosa en  $124 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , (Schroeder, 2001), al parecer benefició a la gramínea acompañante, como ha sido demostrado en otros estudios (Johansen y Kerridge, 1979; Ramussen *et al.*, 2007; Marty *et al.*, 2009). Sin embargo, en un trabajo anterior realizado por Gil *et al.* (1997) en el que midieron, con la técnica de dilución isotópica de  $^{15}\text{N}$ , la transferencia de  $\text{N}_2$  fijado al suelo por las leguminosas *Centrosema pubescens*, *Stylosanthes hamata* y *Pueraria phaseoloides* hacia la gramínea acompañante *B. humidicola*, no pudieron constatar dicha transferencia, a pesar de que el *Humidicola* de la asociación registró mayor concentración de nitrógeno que el *Humidicola* en monocultivo. Esta mayor concentración de N en el *Humidicola* acompañante, lo atribuyeron a una mayor exploración de las raíces del *Humidicola* al competir con las raíces de las leguminosas por los nutrientes.

Luego entonces, no podemos asegurar que la mayor concentración de proteína en el *Humidicola* asociado de nuestro estudio, haya sido producto de transferencia del  $\text{N}_2$  fijado al suelo por la leguminosa, o por una mayor eficiencia de exploración de raíces del *Humidicola*, a través del perfil del suelo, cuando se encuentra en competencia con la leguminosa. Otro factor que pudo incrementar la concentración de proteína de la gramínea pudo haber sido el sombreado ejercido por la leguminosa durante los primeros días después del corte. Al respecto, en pasto Guinea (*Panicum maximum*) y en los de los género *Urochloa* y *Megathyrus* se observó una mayor actividad fotosintética en hojas de plantas bajo sombra que incrementó su concentración de nitrógeno (Wong y Wilson, 1980; Santiago-Hernández *et al.*, 2015). Kyriazopoulos *et al.* (2012) en asociaciones de *Dactylis glomerata* con *Trifolium subterraneum* observaron un incremento en concentración de proteína de la mezcla cuando se les aplicaba sombra. En otras gramíneas (*Paspalum notatum*,

*P. dilatatum*) y leguminosas (*Arachis pinto*) también se han visto favorecidos en la concentración de proteína al aplicárseles sombra de hasta un 50% (Santiago *et al.*, 2012).

El mejoramiento de la nutrición nitrogenada de las plantas bajo sombra es atribuido a una mayor mineralización de la materia orgánica del suelo, dado a las mejores condiciones térmicas del suelo y status de humedad lo que fomenta la acción de los organismos nitrificadores, o por la reducción de biomasa de la planta dado al sombreado lo que puede resultar en una mayor concentración de N, comparado con plantas bajo completa luz (Wilson *et al.*, 1990; Lemaire y Gastal, 2009). En este estudio, el Humidicola aumentó su concentración de proteína al asociarse con *Stylosanthes guianensis*, la cual es una interacción positiva para la ganadería.

#### **6.4. Degradabilidad de la Materia Seca (DMS)**

Diferencias significativas en DMS ocurrieron entre fechas de muestreo y tratamientos, y la interacción tratamiento x cosecha (Cuadro 7) también fue registrada, dado los cambios en posicionamiento de los tratamientos al pasar de una a otra fecha de cosecha (Figura 11).

El patrón cronológico de la DMS durante el período de evaluación fue similar entre tratamientos (Figura 11), excepto para BhF el cual mantuvo una degradabilidad estable, por no registrar diferencias ( $p > 0.05$ ) entre fechas de cosecha (Cuadro 7), siendo su DMS promedio de las nueve cosechas de 575.07 g kg<sup>-1</sup>MS. Por el contrario, los tres tratamientos restantes registraron una variación en su DMS por aumentarla al pasar del primer al segundo muestreo (7 de octubre – 11 de noviembre). Estos incrementos fueron del orden de 40.9, 71.1 y 119.4 g kg<sup>-1</sup> MS más de DMS para Bh, BhSg y BhSgF, respectivamente.

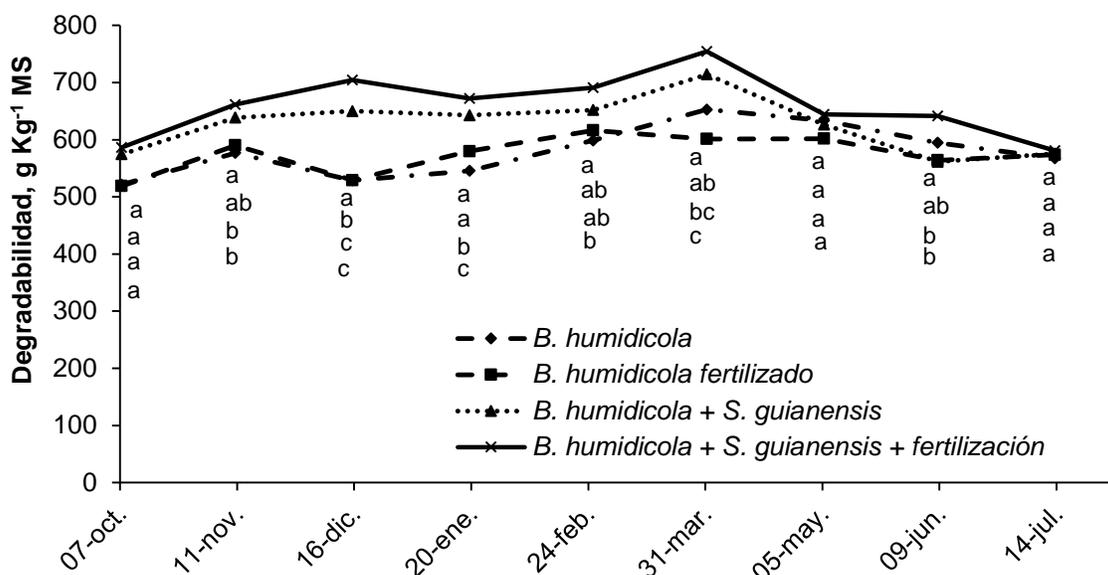


Figura 11. Valores promedio en degradabilidad de *B. humidicola* en monocultivo (Bh), *B. humidicola* + fertilización (BhF), *B. humidicola* + *S. guianensis* (BhSg) y *B. humidicola* + *S. guianensis* + fertilización (BhSgF), durante períodos de crecimiento de 35 días. Dentro de cada fecha de muestreo, promedios con letras distintas son diferentes ( $p < 0.05$ ).

De noviembre a febrero, Bh y BhSg registraron una DMS de 562.5 y 645.8 g kg<sup>-1</sup>MS, en su orden, para posteriormente incrementar en 90.35 y 68.1 g kg<sup>-1</sup>MS la DMS de Bh y BhSg en el mes de marzo. BhSgF, mantuvo una DMS de 705.6 g kg<sup>-1</sup>MS de diciembre a marzo. Estos resultados muestran que todos los tratamientos (excepto BhF el cual mantuvo semejante DMS en las nueve fechas de cosecha) mejoraron su DMS en la época de Nortes, época en la cual también los tratamientos registraron las mayores concentraciones de proteína.

Esta relación positiva entre la concentración de proteína y degradabilidad, fue también observada por García *et al.* (2015) en un estudio realizado sobre cuatro leguminosas forrajeras, entre ellas el *Stylosanthes guianensis*, encontrando una correlación de 0.62 entre estos dos caracteres. Posterior al mes de marzo, para las dos asociaciones, y mayo para Humidicola en monocultivo sin fertilizar (época Seca y de Lluvias), la DMS disminuyó, a 581.1 g kg<sup>-1</sup>MS para Bh, y a 587.8 y 625.0 g kg<sup>-1</sup>MS para BhSg y BhSgF, respectivamente (Cuadro 7). Durante todo el período de muestreo los tratamientos de las asociaciones (BhSg y BhSgF), excedieron los 600 g kg<sup>-1</sup>MS en la mayoría de las cosechas, siendo entonces las asociaciones

superiores en DMS al Humidicola en monocultivo (Bh y BhF) (Figura 11). La DMS promedio de las nueve cosechas de las dos asociaciones fue de 644.4 g kg<sup>-1</sup>MS, y de 578.06 g kg<sup>-1</sup>MS para los dos tratamientos de Humidicola en monocultivo.

Al analizar las variaciones de la DMS del Humidicola y del Stylosanthes dentro de las asociaciones (Cuadro 10), se observa que tanto el Humidicola como el Stylosanthes mantienen estabilidad durante todo el período de muestreo, por no registrar cambios al pasar de una fecha a otra de muestreo, siendo superior la DMS en la leguminosa que en la gramínea en todas las fechas de muestreo. Así, Stylosanthes fue 90.8 y 139.3 g kg<sup>-1</sup>MS más degradable que Humidicola, lo anterior dentro de las asociaciones BhSg y BhSgF, respectivamente (Cuadro 10).

Esta mayor diferencia entre Stylosanthes y Humidicola en la asociación BhSgF, se debe a la mayor degradabilidad adquirida por el Stylosanthes al ser fertilizado con fósforo (Sg-BhSgF), en comparación con el Stylosanthes de la asociación BhSg donde no hubo fertilización (Bh-BhSg) (Figura 12).

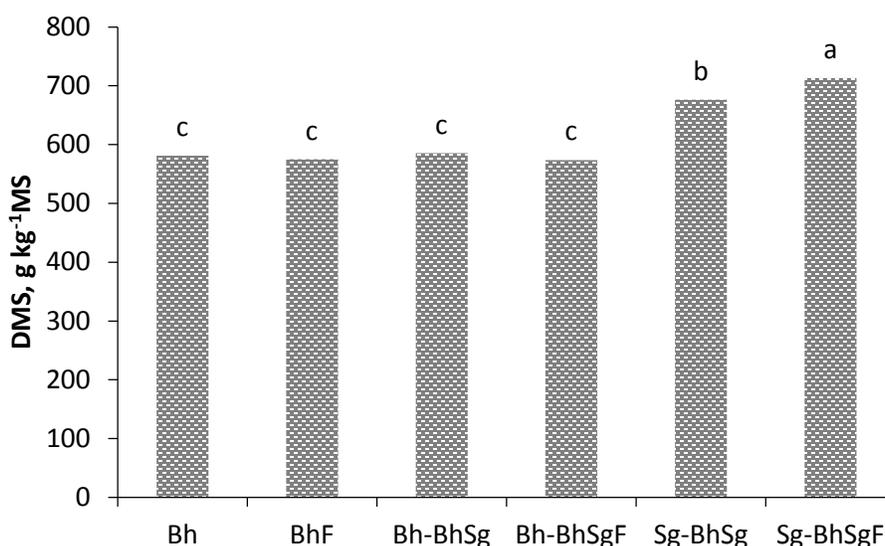


Figura 12. Degradabilidad del *B. humidicola* en monocultivo sin fertilización (Bh), fertilizado (BhF), del *B. humidicola* dentro de la asociación con *S. guianensis* sin fertilizar (Bh-BhSg), fertilizado (Bh-BhSgF), del *S. guianensis* dentro de la asociación con *B. humidicola* sin fertilizar (Sg-BhSg) y fertilizado (Sg-BhSgF). Dentro de cada fecha de muestreo, promedios con letras distintas son diferentes ( $p < 0.05$ ).

**Cuadro 10. Degradabilidad (g kg<sup>-1</sup>MS) de *Brachiaria humidicola* (Bh) y de *Stylosanthes guianensis* (Sg) creciendo en asociación con y sin fertilización fosfatada (100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), en períodos de crecimiento de 35 días, de octubre 2014 a julio 2015.**

Especie	Cosechas									Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Bh – Sg										
Gramínea	595.62 <sup>a</sup>	566.30 <sup>a</sup>	-----	-----	-----	627.43 <sup>a</sup>	564.61 <sup>a</sup>	560.27 <sup>a</sup>	581.93 <sup>a</sup>	<b>585.41</b>
DE ±	6.94	0.00				40.28	90.25	31.28	41.62	
Leguminosa	583.14 <sup>a</sup>	-----	668.23 <sup>a</sup>	701.48 <sup>a</sup>	674.12 <sup>a</sup>	705.82 <sup>a</sup>	649.09 <sup>a</sup>	646.00 <sup>a</sup>	709.47 <sup>a</sup>	<b>676.25</b>
DE ±	0.00		17.43 a	0.26	25.43	19.17	80.97	0.00	15.94	
Bh – Sg Fertilizados										
Gramínea	586.46 <sup>a</sup>	562.69 <sup>a</sup>	-----	-----	-----	626.14 <sup>a</sup>	518.13 <sup>a</sup>	596.50 <sup>a</sup>	559.69 <sup>a</sup>	<b>573.83</b>
DE ±	32.46	36.78				21.82	39.61	8.43	15.51	
Leguminosa	689.09 <sup>a</sup>	710.20 <sup>a</sup>	729.55 <sup>a</sup>	694.10 <sup>a</sup>	740.03 <sup>a</sup>	761.94 <sup>a</sup>	661.52 <sup>a</sup>	704.14 <sup>a</sup>	705.93 <sup>a</sup>	<b>713.12</b>
DE ±	0.00	49.49	26.07	59.36	9.75	27.29	42.21	11.93	25.80	

Promedios con letras distintas sobre la misma hilera indican diferencias significativas (p<0.05)

1= 7 de octubre, 2= 11 de noviembre, 3= 16 de diciembre, 4= 20 de enero, 5= 24 de febrero, 6= 31 de marzo, 7= 5 de mayo, 8= 9 de junio, 9= 14 de julio. DE= desviación estándar.

La fertilización con P reduce las concentraciones de fibra detergente neutro (FDN) en la leguminosa *Trifolium hybridum*, lo que mejora la DMS del forraje dado que la FDN es el principal constituyente de las paredes celulares de la planta (Dasci *et al.*, 2010). Por tanto, estos resultados dejan en evidencia el efecto benéfico que tiene la fertilización fosfatada en la leguminosa. En trabajos anteriores realizados en suelos fértiles y sin fertilización, se observó que el Humidicola alcanza una DMS de 630 g kg<sup>-1</sup>MS medida cada 35 días (Reyes *et al.*, 2009), y el Stylosanthes valores de 670 g kg<sup>-1</sup>MS medida cada 42 días (García *et al.*, 2015). Estos estudios también demuestran que el Stylosanthes tiene mayor DMS que el Humidicola, aun teniendo la leguminosa mayor edad al rebrote.

### 6.5. Concentración de Fósforo (P)

Diferencias altamente significativas en concentración de P se observaron entre tratamientos, cosechas y la interacción tratamiento x cosecha (Cuadro 11). El patrón cronológico de la concentración de fósforo durante el período de evaluación fue similar entre tratamientos (Figura 13).

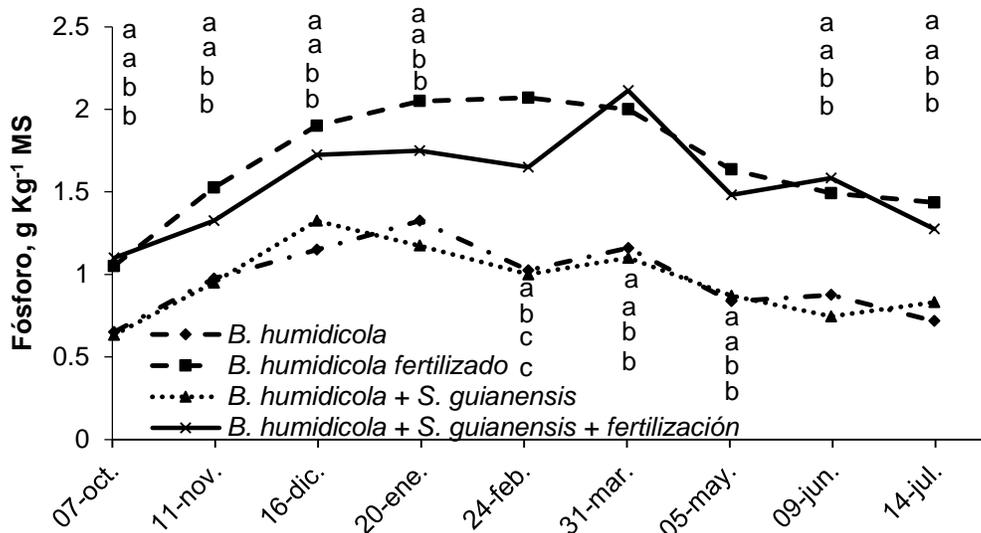


Figura 13. Valores promedio en concentración de fósforo de *B. humidicola* en monocultivo (Bh), *B. humidicola* + fertilización (BhF), *B. humidicola* + *S. guianensis* (BhSg) y *B. humidicola* + *S. guianensis* + fertilización (BhSgF), durante períodos de crecimiento de 35 días. Dentro de cada fecha de muestreo, promedios con letras distintas son diferentes ( $p < 0.05$ ).

**Cuadro 11. Concentraciones de Fósforo, Calcio y Potasio de *B. humidicola* de los tratamientos estudiados durante periodos de crecimientos de 35 días.**

Tratamientos	Cosechas	Fósforo (g kg <sup>-1</sup> MS)	Calcio (g kg <sup>-1</sup> MS)	Potasio (g kg <sup>-1</sup> MS)
<i>B. humidicola</i> (Bh)	07 – Oct. 2014	0.650 d	--	8.80 a
	11 – Nov. 2014	0.975 bc	--	9.85 a
	16 – Dic. 2014	1.150 ab	--	7.02 a
	20 – Ene. 2015	1.325 a	--	10.3 a
	24 – Feb. 2015	1.025 bc	1.244 a	9.80 a
	31 – Mar. 2015	1.160 ab	--	8.12 a
	05 – May. 2015	0.837 bcd	1.261 a	8.70 a
	09 – Jun. 2015	0.876 bcd	--	9.27 a
	14 – Jul. 2015	0.718 cd	1.076 a	8.03 a
	<b>Media</b>	<b>0.968</b>	<b>1.194</b>	<b>8.8</b>
<i>B. humidicola</i> + Fertilizante (BhF)	07 – Oct. 2014	1.050 d	--	6.72 a
	11 – Nov. 2014	1.525 bcd	--	7.32 a
	16 – Dic. 2014	1.900 abc	--	6.22 a
	20 – Ene. 2015	2.050 ab	--	9.20 a
	24 – Feb. 2015	2.075 a	1.480 a	7.81 a
	31 – Mar. 2015	2.000 ab	--	7.85 a
	05 – May. 2015	1.635 abc	1.248 a	7.90 a
	09 – Jun. 2015	1.492 bcd	--	7.08 a
	14 – Jul. 2015	1.436 cd	1.279 a	6.39 a
	<b>Media</b>	<b>1.676</b>	<b>1.336</b>	<b>7.39</b>
<i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> (BhSg)	07 – Oct. 2014	0.633 e	--	11.23 a
	11 – Nov. 2014	0.950 bcd	--	13.40 a
	16 – Dic. 2014	1.325 a	--	8.67 a
	20 – Ene. 2015	1.175 ab	--	10.85 a
	24 – Feb. 2015	1.000 bcd	14.102 a	12.97 a
	31 – Mar. 2015	1.100 abc	--	10.75 a
	05 – May. 2015	0.871 cde	8.709 b	9.99 a
	09 – Jun. 2015	0.746 de	--	10.39 a
	14 – Jul. 2015	0.832 cde	3.59 c	9.28 a
	<b>Media</b>	<b>0.968</b>	<b>8.802</b>	<b>10.82</b>
<i>B. humidicola</i> + <i>S. guianensis</i> + Fertilizante (BhSgF)	07 – Oct. 2014	1.100 e	--	11.32 b
	11 – Nov. 2014	1.325 cde	--	13.55 a
	16 – Dic. 2014	1.725 b	--	7.52 cd
	20 – Ene. 2015	1.750 b	--	9.57 bc
	24 – Feb. 2015	1.650 b	14.016 a	10.70 bc
	31 – Mar. 2015	2.113 a	--	9.73 bc
	05 – May. 2015	1.482 bcd	9.441 b	7.59 cd
	09 – Jun. 2015	1.583 bc	--	7.51 cd
	14 – Jul. 2015	1.275 de	7.012 b	6.44 d
	<b>Media</b>	<b>1.556</b>	<b>10.156</b>	<b>9.35</b>
<b>Nivel de Significancia:</b>				
Tratamiento ( T )		***	***	***
Cosecha ( C )		***	***	***
T x C		***	***	***

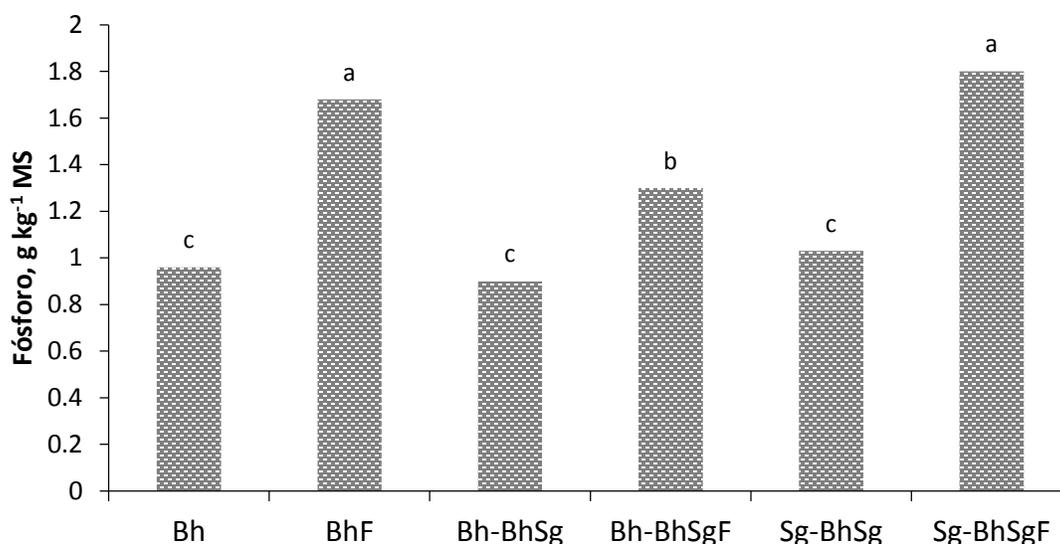
\*\*\* p<0.0001; promedios con letras distintas en la misma columna, difieren significativamente (p<0.05). Dosis de fósforo= 100 kg ha<sup>-1</sup>.

Como promedio de las nueve cosechas, los niveles de concentración de fósforo se separaron en dos grupos ( $p < 0.05$ ); el grupo de los tratamientos fertilizados y el grupo de los tratamientos sin fertilizar (Figura 13). Dentro de cada grupo los tratamientos no difirieron. BhF y BhSgF registraron la mayor concentración de fósforo promediando  $1.62 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$ , seguido por los tratamientos sin fertilizar (Bh y BhSg) con  $0.96 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$  en ambos (Cuadro 11). Fluctuaciones en la concentración de éste elemento fueron evidentes a través de las cosechas, manteniendo las mayores concentraciones los tratamientos BhF y BhSgF en todas las cosechas (Figura 12), con un incremento marcado en los cuatro tratamientos a partir del 16 de diciembre al 31 de marzo (época de Nortes), para posteriormente disminuir y mantener una concentración semejante a los meses de octubre y noviembre (Cuadro 11).

En Nortes, la concentración promedio de fósforo en los tratamientos fertilizados (BhF, BhSgF) fue de  $1.9$  vs  $1.38 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$  de la concentración promedio de las cosechas restantes de las épocas seca y de lluvias. Los tratamientos sin fertilizar, en Nortes registraron una concentración de  $1.2$  vs  $0.8 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$  de las épocas restantes. El incremento de concentración de P en los tratamientos fertilizados, deriva de un incremento de la disponibilidad de P en el suelo como consecuencia de la aplicación de este elemento con la fertilización, dado que la absorción de un nutriente por las plantas aumenta cuando ese nutriente es abundante (Kulik, 2009).

Al analizar la concentración de fósforo en Humidicola y en Stylosanthes de las asociaciones (Cuadro 12), se observa que al no haber fertilización fosfatada, existe una mayor ( $p < 0.05$ ) concentración en Stylosanthes que en Humidicola. La mayor concentración de P en leguminosas que en gramíneas, ya ha sido reportada en otros estudios (Dasci *et al.*, 2010; Ramírez–Orduna *et al.*, 2005). Esta diferencia se incrementa al haber fertilización, adquiriendo el Stylosanthes aún una mayor concentración con  $0.43 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$  más de fósforo que Humidicola fertilizado (Cuadro 12), mientras que la diferencia entre Stylosanthes y Humidicola sin fertilizar es menor con  $0.12 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$ . Lo anterior indica que Stylosanthes es más eficiente en

la toma del fósforo que el Humidicola al haber fertilización fosfatada. La Figura 14 muestra una competencia por el fósforo entre la gramínea y la leguminosa, al registrar el Humidicola en monocultivo fertilizado (BhF) igual concentración de fósforo ( $p>0.05$ ) que el Stylosanthes fertilizado (Sg-BhSgF), pero el Humidicola registra menor concentración cuando está fertilizado y asociado con la leguminosa (Bh-BhSgF) (Figura 14). Esto indica una mayor eficiencia del Stylosanthes en la captación del P, que el Humidicola. Resultados semejantes fueron encontrados por Tomei *et al.* (2005), quienes observaron que el *Stylosanthes guianensis* incrementó sustancialmente su concentración de fósforo con fertilización fosfatada, registrándose mayor concentración de P en la planta a mayor dosis de fertilización.



**Figura 14. Concentración de fósforo del *B. humidicola* en monocultivo sin fertilización (Bh), fertilizado (BhF), del *B. humidicola* dentro de la asociación con *S. guianensis* sin fertilizar (Bh-BhSg), fertilizado (Bh-BhSgF), del *S. guianensis* dentro de la asociación con *B. humidicola* sin fertilizar (Sg-BhSg) y fertilizado (Sg-BhSgF). Dentro de cada fecha de muestreo, promedios con letras distintas son diferentes ( $p<0.05$ ).**

Sin embargo, los niveles mínimos de P para mantenimiento de rumiantes (2.1 g kg<sup>-1</sup> MS), según NRC (2001), no fueron alcanzados con estos tratamientos, por lo que el suplementar al ganado con sales minerales ricas en P en esta zona, es muy necesario.

**Cuadro 12. Concentración de fósforo (g kg<sup>-1</sup>MS) de *Brachiaria humidicola* (Bh) y de *Stylosanthes guianensis* (Sg) creciendo en asociación con y sin fertilización fosfatada (100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), en períodos de crecimiento de 35 días de octubre 2014 a julio 2015.**

Especie	Cosechas									Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Bh – Sg										
Gramínea	0.750 <sup>c</sup>	0.850 <sup>bc</sup>	1.125 <sup>a</sup>	1.125 <sup>a</sup>	1.000 <sup>ab</sup>	0.953 <sup>abc</sup>	0.777 <sup>c</sup>	0.759 <sup>c</sup>	0.839 <sup>bc</sup>	<b>0.906</b>
DE ±	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.08	0.11	0.17	
Leguminosa	0.675 <sup>b</sup>	1.150 <sup>a</sup>	1.175 <sup>a</sup>	1.150 <sup>a</sup>	1.050 <sup>a</sup>	1.126 <sup>a</sup>	0.930 <sup>a</sup>	1.001 <sup>a</sup>	1.013 <sup>a</sup>	<b>1.030</b>
DE ±	0.09	0.17	0.22	0.10	0.10	0.9	0.07	0.10	0.12	
Bh - Sg Fertilizados										
Gramínea	1.050 <sup>c</sup>	1.200 <sup>abc</sup>	1.525 <sup>a</sup>	1.475 <sup>ab</sup>	1.375 <sup>abc</sup>	1.506 <sup>a</sup>	1.190 <sup>bc</sup>	1.256 <sup>abc</sup>	1.130 <sup>bc</sup>	<b>1.300</b>
DE ±	0.12	0.14	0.15	0.22	0.15	0.26	0.076	0.09	0.15	
Leguminosa	1.375 <sup>c</sup>	1.625 <sup>bc</sup>	1.850 <sup>b</sup>	1.775 <sup>b</sup>	1.825 <sup>b</sup>	2.153 <sup>a</sup>	1.602 <sup>bc</sup>	1.708 <sup>bc</sup>	1.688 <sup>bc</sup>	<b>1.733</b>
DE ±	0.12	0.09	0.17	0.17	0.18	0.30	0.04	0.11	0.11	

Promedios con letras distintas sobre la misma hilera indican diferencias significativas (p<0.05)

1= 7 de octubre, 2= 11 de noviembre, 3= 16 de diciembre, 4= 20 de enero, 5= 24 de febrero, 6= 31 de marzo, 7= 5 de mayo, 8= 9 de junio, 9= 14 de julio. DE= desviación estándar.

Otra opción es incrementar la dosis de fósforo a 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, usando una fuente de efecto residual como roca fosfórica y aplicada al suelo cada tres años (Logan *et al.*, 2000).

## 6.6. Concentración de Calcio (Ca)

Diferencias ( $p < 0.05$ ) en concentración de Ca ocurrió entre tratamientos (Figura 15). Entre cosechas, las diferencias fueron únicamente para los tratamientos de las asociaciones BhSg y BhSgF. La interacción tratamiento x cosecha también fue observada ( $p < 0.001$ ; Cuadro 11). Las asociaciones fueron muy superiores en concentración de Ca que los tratamientos de Humidicola en monocultivo, con 8.9 g kg<sup>-1</sup>MS más de Ca en la asociación BhSgF con respecto al promedio (1.26 g kg<sup>-1</sup>MS) registrado por los tratamientos Bh y BhF. La asociación BhSg fue superior en 7.5 g kg<sup>-1</sup>MS (Cuadro 11).

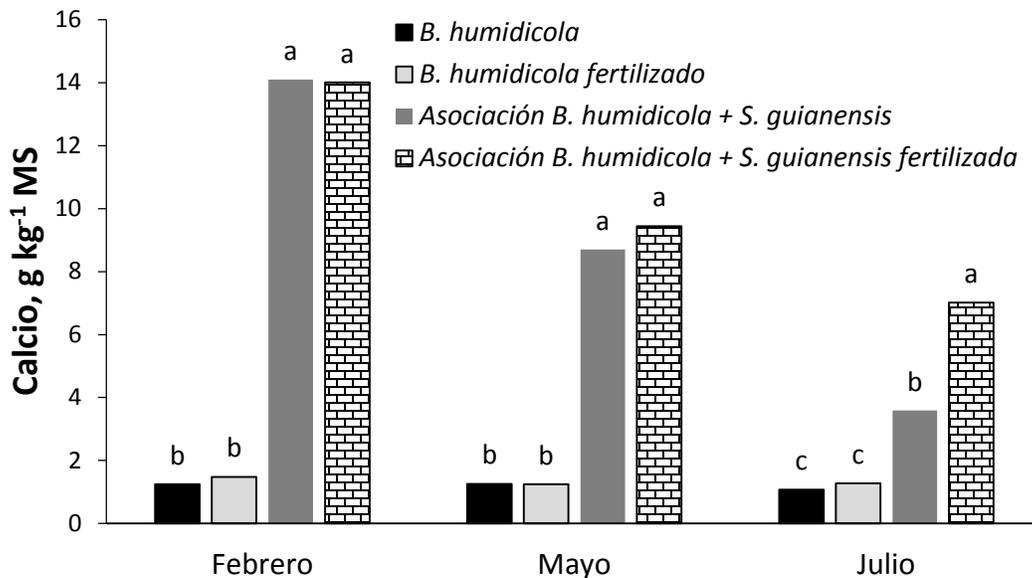


Figura 15. Concentración de calcio del *B. humidicola* en monocultivo sin fertilización (Bh), fertilizado (BhF), del *B. humidicola* dentro de la asociación con *S. guianensis* sin fertilizar (Bh-BhSg), fertilizado (Bh-BhSgF), del *S. guianensis* dentro de la asociación con *B. humidicola* sin fertilizar (Sg-BhSg) y fertilizado (Sg-BhSgF), en los meses representativos de las épocas de Nortes (Febrero), Seca (mayo) y Lluvias (Julio).

Dentro de cada fecha de muestreo, no hubo diferencias en concentración de Ca entre las asociaciones, ni entre los tratamientos de Humidicola en monocultivo (Figura 15). Sin embargo, las asociaciones disminuyen ( $p < 0.05$ ) su concentración de Ca al pasar de la época de Nortes a la época de Lluvias, en proporciones de 10.5 y 7.0 g kg<sup>-1</sup>MS con respecto a BhSg y BhSgF al pasar del 24 de febrero (época de Nortes) al 14 de julio (época de lluvias). Mientras que los tratamientos de Humidicola en monocultivo (Bh, BhF), no registraron diferencias ( $p > 0.05$ ) en concentración de Ca entre fechas de muestreo (Cuadro 11).

Al analizar los valores de Ca del Humidicola y del Stylosanthes dentro de cada asociación (Cuadro 13), se observa la superioridad de la leguminosa en cuanto a concentración de Ca con respecto a la gramínea. Por lo anterior, el Stylosanthes es el responsable de la mayor concentración de Ca en las asociaciones con respecto al Humidicola en monocultivo. La mayor concentración de calcio en Stylosanthes se debe a la mayor capacidad de esta leguminosa para absorber Ca del suelo, el cual ha sido reportado de hasta 5 veces mayor que la capacidad del pasto *Brachiaria decumbens* (Pérez y Smyth, 2005), con lo cual se confirma.

**Cuadro 13. Concentración de calcio (g kg<sup>-1</sup>MS) de *Brachiaria humidicola* (Bh) y de *Stylosanthes guianensis* (Sg) creciendo en asociación con y sin fertilización fosfatada (100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) en los meses de febrero, mayo y julio, en la Sabana de Huimanguillo.**

Especie	Cosechas			
	24 de Feb.	5 de Mayo	14 de Julio	Media
Bh – Sg				
Gramínea	1.823 a	1.068 b	1.125 b	<b>1.295</b>
DE ±	0.46	0.28	0.31	
Leguminosa	16.028 a	14.087 a	15.748 a	<b>15.287</b>
DE ±	1.56	0.75	2.23	
Bh – Sg Fertilizados				
Gramínea	1.763 a	1.418 b	1.511 b	<b>1.564</b>
DE ±	0.15	0.14	0.14	
Leguminosa	16.744 a	13.732 b	17.135 a	<b>15.87</b>
DE ±	0.80	1.62	0.96	

Promedios con letras distintas sobre la misma hilera indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). DE= desviación estándar.

Por otra parte, *Stylosanthes* no disminuye su concentración de Ca como ocurre en la asociación al pasar de Nortes a Lluvias. Esto se explica por la mayor proporción de *Humidicola* en la muestra, tanto en HS (23% más RMS del *Humidicola* que *Stylosanthes*) y BhSgF (11.2% más RMS del *Humidicola*), en la época de lluvias (Cuadro 8), lo que se reflejó en una menor cuantificación de Ca en las asociaciones en la última fecha de muestreo. La fertilización fosfatada, no incrementó las concentraciones de Ca ( $p>0.05$ ) ni en la gramínea ni en la leguminosa formadoras de las mezclas fertilizadas con P. La marcada superioridad del *Stylosanthes* en concentración de Ca con respecto a *Humidicola*, es positivo para la ganadería ya que estos niveles de concentración de Ca en las leguminosas, ayudaría a disminuir el grado de descalcificación que sufre la vaca a partir de su sexto mes de gestación hasta el destete de su becerro. Esta descalcificación induce a que el ganadero realice gastos por compra de medicamentos ricos en calcio. Una asociación, es una alternativa para disminuir dichos gastos. Sin embargo, para asegurar la sustentabilidad del sistema es necesario realizar aplicaciones de cal dolomítica al suelo para reponer el calcio, a razón de  $1.0 \text{ t ha}^{-1}$ , cada siete años (Palma-López et al., 2015); por el bajo contenidos de calcio  $0.06 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  del suelo (Salgado-García et al., 2015).

### **6.7. Concentración en Potasio (K)**

Diferencias significativas en la concentración de K ocurrieron entre tratamientos, y entre cosechas solo fue evidente en el tratamiento BhSgF. La interacción tratamiento x cosecha también fue registrada ( $p< 0.001$ ; Cuadro 11). El patrón cronológico de las variaciones de K con el tiempo, es similar entre tratamientos, así como una concentración de K semejante ( $p>0.05$ ) entre fechas de cosechas para los tratamientos Bh, BhF y BhSg. Por el contrario, hubo diferencias ( $p<0.05$ ) entre fechas de cosechas para el tratamiento BhSgF, mostrando estabilidad a través del tiempo (Cuadro 11). Las diferencias registradas en BhSgF se debieron a las

mayores concentraciones de K en la época de Nortes (excepto en el mes de diciembre), en las que superaron los 9.5 g kg<sup>-1</sup>MS, mientras que en la época seca y de lluvias la concentración promedio de K fue de 7.2 g kg<sup>-1</sup>MS.

En cinco de nueve cosechas, no hubo diferencias ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos, siendo BhF el tratamiento con la menor concentración en los dos primeros muestreos (7 de octubre y 11 de noviembre), el 24 de febrero y en el último muestreo (Figura 16). En el último muestreo (14 de julio) perteneciente a la época de lluvias, los dos tratamientos fertilizados con fósforo (BhF, BhSgF), fueron los que registraron la menor concentración de K, ambos con un promedio de 6.4 g vs 8.6 g kg<sup>-1</sup>MS promedio de Bh y BhSg; sin embargo, en el resto de las fechas de muestreo, no existe un efecto claro de la fertilización con fósforo en las variaciones de la concentración de potasio. Las variaciones en el contenido de K se atribuyen a la precipitación (ver Figura 4) y a la reducción en el rendimiento de materia seca observado.

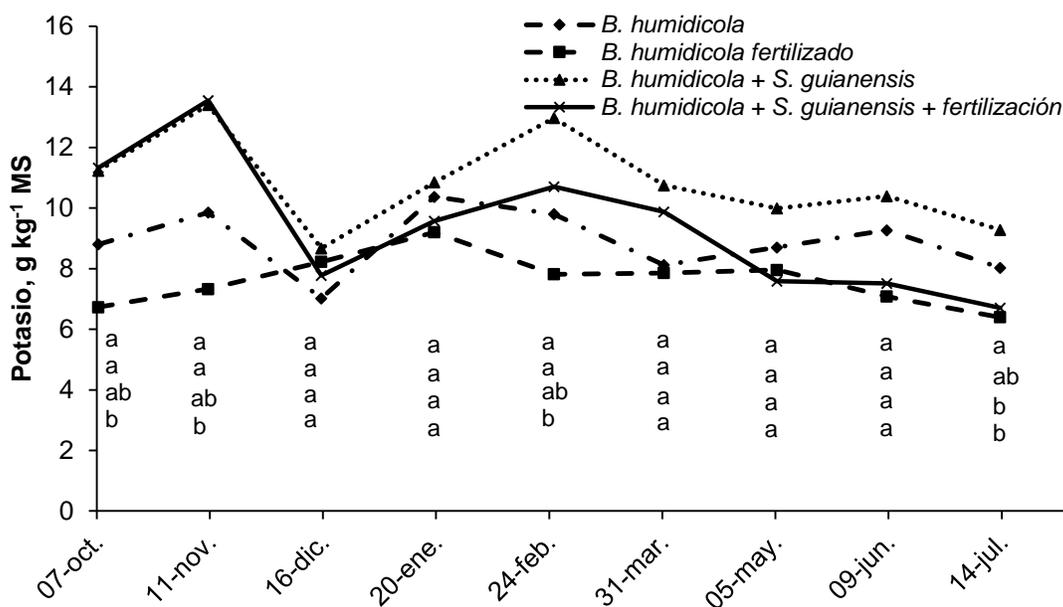


Figura 16. Valores promedio en concentración de potasio de *B. humidicola* en monocultivo (Bh), *B. humidicola* + fertilización (BhF), *B. humidicola* + *S. guianensis* (BhSg) y *B. humidicola* + *S. guianensis* + fertilización (BhSgF), durante períodos de crecimiento de 35 días. Dentro de cada fecha de muestreo, promedios con letras distintas son diferentes ( $p < 0.05$ ).

Al parecer, la disponibilidad del K se ve afectada por la fertilización fosfatada ya que como se aprecia en los resultados presentados, existe una tendencia a disminuir la concentración de K con la fertilización fosfatada. Dasci *et al.* (2010) en un estudio en el que evaluaron varias dosis de fertilización fosfatada en praderas formadas principalmente por *Trifolium hybridum*, observaron un incremento de K pero sólo al pasar de 0 a 11 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, dosis más altas a 11 kg inducían a una disminución de K en la planta.

Al analizar al Humidicola y Stylosanthes de manera separada dentro de las asociaciones (Cuadro 14), se observa que la leguminosa registra una mayor concentración del orden de 2.3 y 0.88 g kg<sup>-1</sup> MS más potasio dentro de los tratamientos BhSg y BhSgF, respectivamente. Dentro de la asociación BhSg sin fertilizar, tanto el Humidicola como el Stylosanthes no muestran variación en sus concentraciones de K entre cosechas, excepto el 11 de noviembre en Stylosanthes fecha en la que se registra la mayor concentración. Por el contrario, Stylosanthes muestra una disminución en su concentración de K con el tiempo, obteniendo las concentraciones más bajas en la época Seca y de Lluvias. Los datos confirman el efecto antagónico de la fertilización fosfatada sobre la absorción del potasio del suelo.

La concentración de K obtenida en Humidicola y Stylosantes, satisfacen los requerimientos establecidos para los rumiantes, cantidades que oscilan entre 5 y 8 g kg<sup>-1</sup> MS. En este caso, el pasto y la leguminosa tomaron el K del suelo, a pesar de su bajo contenido 0.11 cmol kg<sup>-1</sup> de suelo. El K es constituyente requerido en mayores cantidades en ganado bajo estrés, ya que la excitación incrementa las pérdidas de K a través de la orina (Mc Dowell *et al.*, 1984). Por ello, la presencia de este elemento en los pastos es importante, y la leguminosa lo aporta en mayor cantidad que la gramínea. Para asegurar la sustentabilidad del sistema es necesario aplicar 80 kg de K<sub>2</sub>O al suelo a través de la fertilización química.

**Cuadro 14. Concentración de potasio (g kg<sup>-1</sup>MS) de *Brachiaria humidicola* (Bh) y de *Stylosanthes guianensis* (Sg) creciendo en asociación con y sin fertilización fosfatada (100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), en períodos de crecimiento de 35 días de octubre 2014 a julio 2015.**

Especie	Cosechas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Media
Bh – Sg										
Gramínea	12.45 <sup>a</sup>	11.35 <sup>a</sup>	7.85 <sup>a</sup>	12.05 <sup>a</sup>	8.53 <sup>a</sup>	8.53 <sup>a</sup>	9.90 <sup>a</sup>	10.65 <sup>a</sup>	9.30 <sup>a</sup>	<b>10.11</b>
DE ±	2.88	2.79	1.08	3.27	0.79	2.23	2.44	3.03	3.30	
Leguminosa	14.60 <sup>b</sup>	18.35 <sup>a</sup>	9.77 <sup>b</sup>	12.37 <sup>b</sup>	13.28 <sup>b</sup>	11.66 <sup>b</sup>	10.94 <sup>b</sup>	10.24 <sup>b</sup>	10.53 <sup>b</sup>	<b>12.41</b>
DE ±	1.53	3.07	2.38	1.72	0.98	1.98	1.90	2.33	3.43	
Bh - Sg Fertilizados										
Gramínea	10.77 <sup>ab</sup>	13.42 <sup>a</sup>	6.45 <sup>c</sup>	9.85 <sup>bc</sup>	8.89 <sup>bc</sup>	7.87 <sup>bc</sup>	6.80 <sup>bc</sup>	7.59 <sup>bc</sup>	6.83 <sup>bc</sup>	<b>8.72</b>
DE ±	2.39	3.07	0.30	2.11	1.93	0.84	1.59	1.80	0.74	
Leguminosa	11.72 <sup>b</sup>	15.20 <sup>a</sup>	7.87 <sup>c</sup>	9.57 <sup>bc</sup>	11.27 <sup>b</sup>	9.33 <sup>bc</sup>	8.13 <sup>c</sup>	7.42 <sup>c</sup>	6.78 <sup>c</sup>	<b>9.70</b>
DE ±	2.11	1.37	1.62	0.61	1.56	0.61	1.60	1.45	0.81	

Promedios con letras distintas sobre la misma hilera indican diferencias significativas (p<0.05)

1= 7 de octubre, 2= 11 de noviembre, 3= 16 de diciembre, 4= 20 de enero, 5= 24 de febrero, 6= 31 de marzo, 7= 5 de mayo, 8= 9 de junio, 9= 14 de julio. DE= desviación estándar.

## VII. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye lo siguiente:

1. El rendimiento de materia seca de una asociación *Brachiaria humidicola* - *Stylosanthes guianensis*, es superior a la registrada en *B. humidicola* en monocultivo, principalmente cuando las condiciones ambientales son limitantes en humedad (época seca) y en temperatura (época de nortes).
2. El rendimiento de materia seca de la asociación *B. humidicola* - *S. guianensis* presenta mayor estabilidad que la registrada en *B. humidicola* en monocultivo durante el año.
3. El *B. humidicola* al asociarse con *S. guianensis* presenta mayor degradabilidad y valor nutritivo (proteína, P, K, y Ca) que cuando se encuentra en monocultivo.
4. La fertilización con fósforo no incrementó la concentración de proteína, ni la de calcio y disminuyó la del potasio en el monocultivo de *B. humidicola*.
5. Al fertilizar con fósforo, una asociación *B. humidicola* - *S. guianensis* mejora su rendimiento de MS, su estabilidad estacional, la degradabilidad y el valor nutritivo; pero disminuye la concentración de potasio en la pradera.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Evaluar el efecto de animales en pastoreo sobre el comportamiento de las asociaciones gramínea-leguminosa, para medir la productividad y calidad de las asociaciones a través del animal
2. Determinar los índices de compatibilidad y persistencia de las leguminosas al asociarlas con gramíneas.
3. Estudiar la interacción gramínea-leguminosa bajo diferentes condiciones ambientales.
4. Dado que los Acrisoles son suelos de baja fertilidad se recomienda establecer un programa de fertilización para adicionar fósforo, potasio, calcio y magnesio; y así asegurar la sustentabilidad del sistema de pastoreo.
5. Realizar estudios enfocados a los cambios en biomasa en raíces de las leguminosas dentro de las asociaciones y bajo tratamiento de fertilización fosfatada.

## IX. LITERATURA CITADA

- Ahmed, S. A., Halim, R. A., Ramlan, M. F. 2012. Evaluation of the use of farmyard manure on a Guinea grass (*Panicum maximum*) - Stylo (*Stylosanthes guianensis*) mixed pasture. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. 35(1): 55-65.
- Akinola, J.O., Iji, P.A., Onifade, O.S. 2010. Effects of seeding rate, row spacing and nitrogen and phosphorus fertiliser on forage yield and quality of *Stylosanthes scabra* cv. Seca and Fitzroy in south-western Nigeria. *Tropical grasslands*. 44: 282-288.
- Andrade, C.M.S., García, R., Couto, L., Pereira, G.O., Souza, L.A. 2003. Performance of six tropical grasses alone or associated with *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão and Eucalypt in silvopastoral system. *Revista Brasileira Zootecnia*. 32(6): 1845-1850.
- Andrade, C.M.S., García, R., Valentim, J. F., Pereira, G.O. 2012. Dynamics of sward condition and botanical composition in mixed pastures of marandugrass, forage peanut and tropical kudzu. *Revista Brasileira de Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science*. 41 (3): 501-511.
- Alves De Brito, C.J.F., Rodella, R.A., Deschamps, F.C. 2003. Chemical profile of cell wall and its implications on *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria humidicola* digestibility. *Revista Brasileira Zootecnia*. 32(6): 1835-1844.
- Albayrak S. y Turk M. 2013. Changes in the forage yield and quality of legume-grass mixtures throughout a vegetation period. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 37: 139-147.
- AOAC. Association of Official Analytical. 2000. *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Washington (USA): AOAC.
- Arthington, J.D. and Brown, W.F. 2005. Estimate of feeding value of four tropical forage species at two stages of maturity. *Journal Animal Science* 83: 1726 - 1731.
- Aroeira, M.L.J. Paciullo, C.D.S. Lopes, F.F.C. Morenz, F.M.J. Saliba, S.E.S. Silva, J.J. Ducatti, C. 2005. Disponibilidade, composição bromatológica e consumo de matéria seca em pastagem consorciada de *Brachiaria decumbens* com *Stylosanthes guianensis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(4): 413-418.
- Baba, M., Halim, R.A., Alimon, A.R., Abubakar, I. 2011. Grass-legume mixtures for enhanced forage production: Analysis of dry matter yield and competition indices. *African Journal of Agricultural Research*. 6(23): 5242-5250.

- Benitez, D., Ramirez, A., Diaz, M., Ray, J., Guerra, J., Vegas, A. 2007. Behavior of bulls in a rational grazing system in the Cauto Valley. Cuban Journal of Agricultural Science. 41(3): 217-220.
- Bolaños-Aguilar, E.-D., Emile, J.-C., Enríquez-Quiroz, J.-F. 2010. Les fourrages au Mexique: ressources, valorisation et perspectives de recherche. Fourrages. 204: 277-282.
- Cab, J.F.E., Enríquez, Q.J.F., Pérez, P.J., Hernández, G.A., Herrera, H.J.G., Ortega, J.E., Quero, C.A.R. 2008. Forage production in three *Brachiaria* species as a single crop or in association with *Arachis pintoii* in Isla, Veracruz. Técnica Pecuaria en México. 46 (3): 317-332.
- Castillo, G.E. Rascón, C.R. García, G.D., Rodríguez, Jaramillo, R.J. Aluja, A.S., Mannetjed, L. 2014. Comportamiento ingestivo de vacas en una asociación grama nativa/*Arachis pintoii* en el trópico húmedo veracruzano. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 5(4): 409-427.
- Castro, R.R., Hernández, G.A., Vaquera, H.H., Hernández, G.J., Quero, C.A.R., Enríquez, Q.J.F., Martínez, H.P.A. 2012. Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. Revista Fitotecnia Mexicana. 35(1): 87-95.
- Ciotti, E. M., Castelán, M. E., Tomei, C. E., Mónaco, I. P., Benítez, J. F. 2002. Response of *Stylosanthes guianensis* Ciat 184 with a low dose of phosphorus fertilization. Facultad de Cs. Agrarias - UNNE, Argentina. Revista de Investigaciones Agropecuarias. 32(2): 137-148.
- Ciotti, E. M., Castelán, M. E., Persoglia, A., Tomei, C. E. 2003. Valor nutritivo de *Stylosanthes* spp. en dos etapas fenológicas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE, Argentina. A-026 p.
- Chacón, C.A. 2005. Evaluación de pasturas de *Brachiaria humidicola* sola y en asociación con *Desmodium ovalifolium*, en sistemas de pastoreo rotativo, al norte del Estado Táchira. Pastos y Forrajes. AVPA, Venezuela. 138 p.
- Chobtang, J., Prajakboonjetsada, S., Watananawin, S., Isuwan, A. 2008. Change in dry matter and nutritive composition of *Brachiaria humidicola* grown in Ban Thon soil series. International Journal of Science and Technology. 2(3): 551-558.
- Cook, B.G., Pengelly, B.C., Brown, S.D., Donnelly, J.L., Eagles, D.A., Franco, M.A., Hanson, J., Mullen, B.F., Partridge, I.J., Peters, M., Schultze-Kraft, R. 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. [CD-ROM], CSIRO, DPI & F (Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia. Disponible en línea en <http://www.tropicalforages.info/index.htm>

- Correa, D.S., Magalhaes, R.T., Siqueira, D.C.B. 2014. Ruminal dry matter and fiber fraction degradability from two stylos cultivars. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 66(4): 1155-1162.
- Costa, N.M. de S. y Schultze-Kraft, R. 1993. Biogeografía de *Stylosanthes capitata* Vog. Y de *Stylosanthes guianensis* Sw. Var. *Pauciflora*. *Pasturas tropicales*. 15(1): 10-15.
- Costal, N.L., Costal, R.S.C., Leonidas, F.Ch. 1997. Response of *Brachiaria humidicola* to mycorrhiza inoculation and fertilization with rock phosphate. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Serie Botanica*. 11(1): 19-25.
- Cruz P., and Lemaire G. 1996. Diagnosis of the nitrogen status of grasslands. *Tropical Grasslands*. 30: 166 p.
- Cuadrado, H. Torregroza, L. Jiménez, N. 2004. Producción, composición química y digestibilidad de 4 ecotipos del género *Brachiaria*. *Revista Carta Fedegan*. 66: 19-24.
- Dasci M., Güllap M.K., Erkovan H.I., Koc A. 2010. Effects of phosphorus fertilizer and phosphorus solubilizing bacteria applications on clover dominant meadow: II. Chemical composition. *Turkish Journal of Field Crops*. 15(1): 18-24.
- Deminicis, B.B., Rodrigues, A.B.J. Vieira, D.H., Araújo, C.S.A. 2010. *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick in different cutting ages under nitrogen and potassium fertilization. *Ciencia e Agrotecnologia*. 34 (5): 1116-1123.
- Domínguez, P.F.D. 2009. Respuesta a diferentes niveles de humedad del suelo de genotipos de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. Tesis de Licenciatura. Universidad Popular de la Chontalpa. Cárdenas, Tabasco. México. 57.
- Du Y.M., Tian J., Liao H., Bai C.J., Yan C.J., Liu G.D. 2009. Aluminium tolerance and high phosphorus efficiency helps *Stylosanthes* better adapt to low-P acid soils. *Annals of Botany*. 103: 1239-1247.
- Enríquez, Q. J. F., Meléndez, N. F., Bolaños, A. E. D. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. Libro Técnico No. 7. Isla (Veracruz): Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Veracruz. 262.
- Fulkerson, W.J., Neal, J.S., Clark, C.F., Horadagoda, A., Nandra, K.S., Barchia, I. 2007. Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Grasses and legumes. *Livestock Science*. 107: 253-264.

- Gama-Costa Moreno, T., Volpe, E., Lempp, B., Galdeia, C.E. 2013. Recovery of pasture braquiaria grass with correction and fertilizing soil and establishment of legumes. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14(4): 635-647.
- García F.L., Bolaños A.E.D., Ramos J.J., Osorio A.M., Lagunes E.L.C. 2015. Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 6(4): 453-468.
- Gierus M., Kleen J., Loges R. y Taube F. 2012. Forage legume species determine the nutritional quality of binary mixtures with perennial ryegrass in the first production year. *Animal Feed Science and Technology*. 172: 150-161.
- Gil J.L., Guenni O., and Espinoza Y. 1997. Biological N<sub>2</sub>-fixation by three tropical forage legumes and its transfer to *Brachiaria humidicola* in mixed swards. *Soil Biology & Biochemistry*. 29: 999-1004.
- Greenwood D.J., Lemaire G., and Gosse G. 1990. Decline in percentage N of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> crops with increasing plant mass. *Annals of Botany*. 66: 425-436.
- INEGI. 2005. Cuaderno estadístico municipal de Huimanguillo. [www.inegi.gob.mx/est/contenido/espanol/sistemas/.../c27008\\_01.xls](http://www.inegi.gob.mx/est/contenido/espanol/sistemas/.../c27008_01.xls).
- Jiménez O.M.M., Granados L., Oliva J., Quiroz J., Barrón M. 2010. Calidad nutritiva de *Brachiaria humidicola* con fertilización orgánica e inorgánica en suelos ácidos. *Archivos de Zootecnia*. 59(228): 561-570.
- Jones, R.J. y Hu, F.D. 2006. Diet selection of steers grazing *Stylosanthes hamata* cv. Verano-grass pastures in north Queensland and its potential influence on botanical composition. *Tropical Grasslands*. 40: 65-69.
- Johansen, C. y Kerridge, P.C. 1979. Nitrogen fixation and transfer in tropical legume-grass swards in south-eastern Queensland. *Tropical Grasslands*. 13(3): 165-170.
- Juárez H.J. y Bolaños-Aguilar E.D. 2003. Contenido de proteína por unidad de materia seca acumulada. XVI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Tabasco pp. 194-201.
- Juárez H.J. y Bolaños-Aguilar E.D. 2004. Contenido de proteína por unidad de materia seca acumulada en pastos tropicales. Pp: 173-174. En: XX Congreso Nacional de Citogenética. Toluca, México, del 20 al 24 de Septiembre.
- Juárez H.J., Bolaños A.E.D., Vargas L.M., Medina S., Martínez H.P.A. 2011. Curvas de la dilución de la proteína en genotipos del pasto *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 45(3): 321-331.

- Kaensombath, L., Frankow-Lindberg, B.E. 2012. Effect of defoliation interval on biomass yield and chemical composition of stylo CIAT 184' (*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. var. *guianensis*). *Grassland Science*. 58 (4): 221 - 226.
- Karsten, H.D., Carllassare, M. 2002. Describing the botanical compositions of mixed species northeastern U. S. Pasture rotationally grazed by cattle. *Crop Science*. 42: 882-889.
- Keller-Grein G., Maass B.L. y Hanson J. 1998. Variación natural en *Brachiaria* y bancos de germoplasmas existentes. En: Miles J. W., Maass B. L. y Valle, C. B. (eds.) *Brachiaria: biología, agronomía y similares mejoramiento*. CIAT, Cali, Colombia. 116-135 p.
- Kretschmer, A.E. 1998. Consideraciones sobre factores que afectan la persistencia de leguminosas forrajeras tropicales. *Pasturas Tropicales*. 10(1): 28-32.
- Kulik M. 2009. Effect of different factor on chemical composition of grass-legumes sward. *Journal Elementology*. 14: 91-99.
- Kyriazopoulos, A.P., Abraham, E.M., Parissi, Z.M., Koukoura, Z., Nastis, A.S. 2012. Forage production and nutritive value of *Dactylis glomerata* and *Trifolium suterreaneum* mixtures under different shading treatments. *Grass and Forage Science*. 68: 72-82.
- Lessa de Assis, G. M., Dos Santos, C. F., Silva-Flores, P., Borges do Valle, C. 2014. Genetic divergence among *Brachiara humidicola* (Rendle) Schweick hybrids evaluated in the Western Brazilian Amazon. *Crop Breeding and Applied Biotechnnology*. 14: 224-231.
- Lemaire G. and Gastal F. 2009. Quantifying crop responses to nitrogen deficiency and avenue to improve nitrogen use efficiency. Pp: 171 – 199. In: Sadras, V.O.; Calderini D.F. (Eds.). *Crop Physiology. Applications for genetic improvement and agronomy*. Adelaide: Academic Press; Elsevier.
- Li Mao, Zi Xuejuan, Zhou Hanlin, Hou Guanyu, Cai Yimin. 2014. Chemical composition and in vitro digestibility of *Stylosanthes guianensis* varieties. *Grassland Science*. 60(2): 125-129.
- Logan, K. A. B., Thomas, R. J. Raven, J. A. 2000. Effect of ammonium and phosphorus supply on H<sup>+</sup> production in gel by two tropical forage grasses. *Journal of Plant Nutrition*. 23: 41-54.
- Lopes, J., Evangelista, R.A., Fortes, A.C., Pinto, C.J., Neto, F.A.E., Souza, M.R. 2011. Nodulation and root production of stylosanthes Mineirao under the effect of lime, silicate and phosphorus. *Ciencia. Agrotecnia Lavras*. 35(1): 99-107.

- Lopes, F.C.F., Paciullo, D.S.C., Mota, E.F., Pereira, J.C., Azambuja, A.A., Motta, A.C.S., Rodrigues, G.S., & Duque, A.C.A. 2010. Chemical composition and *in situ* ruminal degradability of four *Brachiaria* species. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 62(4): 883-888.
- Marty, Ch., Pornon, A., Escara, V.N., Winterton, P., Lamaze, T. 2009. Complex interactions between a legume and two grasses in a subalpine meadow. *American Journal of Botany*. 96(10): 1814-1820.
- McDowell L.R., Conrad J.H., Ellis G.L. y Loosli J.K. 1984. *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. Departamento de Ciencia Animal. Centro de Agricultura Tropical. Universidad de Florida, Gainesville. ISBN 0-916287-01-7. U.S.A. 92.
- Mejías, R., Michelena, J.B., Ruíz, T.E., Díaz, B., Rojas, Y., Gutiérrez, O., López, M.A., Crespo, G., Peraza, J.L. 2009. Evaluación del crecimiento y la reproducción de novillas lecheras, en pastoreo de leguminosas en condiciones de producción. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 43(2): 119-125.
- Mendes, C.E.L., Junqueira, F.H.C., Henrique, C., Orioli, J.V., Gomes, P.J.V., Pereira, L.S. 2014. Liming and potassium fertilization for Tifton 85 grass. *Bioscience Journal*. 30(3): 101-111.
- Mezquita, E. E. Fonseca, M. D. Nascimento, J. D. Pereira, Gomes, P. O. Pinto, C. J. 2002. Efeitos de métodos de estabelecimento de braquiária e estilosantes e de doses de calcário, fósforo e gesso sobre alguns componentes nutricionais da forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31(6): 2186-2196.
- Morales, A., León, J., Cárdenas, E., Afanador, G., Carulla, J. 2012. Milk chemical composition, matter dry *in vitro* digestibility and production in cows fed alone grasses or associated *Lotus uliginosus*. *Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 60(1): 32-48.
- Moreno, C.M.A., Hernández, G.A., Vaquera, H.H., Trejo, L.C., Escalante, E.J.A., Zaragoza, R.J.L., Joaquín, T.B.M. 2015. Productividad de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas en condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 38(1): 101-108.
- National Research Council 2001. *Nutrient requirements of beef cattle, seventh revised edition*. National Academy Press. Washington, D.C. 381 p.
- Norma Oficial Mexicana-021 RECNAT-2000, Que establece la especialidad de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. 73 p.

- Nicodemo, M.L.F., Souza, F.H.D., Pezzopane, J.R.M., Mendes, J.C.T., Tholon, P., Santos, P.M. 2015. Cutting frequencies of nine herbaceous tropical forage legumes cultivated under full sun light and under a forest plantation. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 67(3): 809-818.
- Olanite, J.A., Tarawali, S.A., Aken'Ova, M.E. 2004. Biomass yield, quality and acceptability of selected grass-legume mixtures in the moist savanna of west Africa. *Tropical Grasslands*. 38 (2): 117-128.
- Olivera, Y., Machado, R., Ramirez, J.F., Castañeda, L. 2012. Evaluación del establecimiento de una colección de accesiones de *Brachiaria brizantha* asociadas con *Stylosanthes guianensis* CIAT-184. *Pastos y Forrajes*. 35(2): 153-164.
- Orozco AJ, Angulo LM, Pérez AP, Liodoro JH. 2012. Aspectos fisiológicos y bromatológicos de *Brachiaria humidicola*. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 7: 87-98.
- Orskov, E. R. Hovell, F.D. y Mould. 1992. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical*. 5: 195-123.
- Otsubo, A.A., Brito, R.O., Schnitzer, A.J., Otsubo, N.V.H. 2011. Production of dry matter of *Stylosanthes capitata* submitted to phosphorus in soil with different textures. *Semina-ciencias agrárias*. 32(1): 1677-1685.
- Palma-López, D.J., Salgado-García, S., Martínez Sebastián, G., Zavala-Cruz, J., y Lagunes-Espinoza, L.C. 2015. Cambios en las propiedades del suelo en plantaciones de eucalipto de Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2(5): 163-172.
- Paciullo, D.S.C., Aroeira, L.J.M., Alvim, M.J., Carvalho, M.M. 2003. Productive and qualitative traits of *Brachiaria decumbes* pasture in monoculture and associated with *Stylosanthes guianensis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*. 38 (3): 421-426.
- Pereira, J. M., Tarre, R. M., Macedo, R., de Paula Rezende, C., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., Boddey, R.M. 2009. Productivity of *Brachiaria humidicola* pastures in the Atlantic forest region of Brazil as affected by stocking rate and the presence of a forage legume. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 83(2): 179-196.
- Pérez, J.A., García, E., Enríquez, J.F., Quero, A.R., Pérez, J., Hernández, A. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv.). *Técnica Pecuaria en México*. 42: 447-458.

- Pérez, M.J., Jot Smyth, T. 2005. Comparación del efecto de dos especies forrajeras sobre el pH de la rizosfera y la disolución de rocas fosfórica de diferente reactividad. *Revista Facultad de Agronomía*. 22: 142-154.
- Phengsavanh, P. Frankow-Lindberg, B. E. 2013. Effect of harvesting interval on biomass yield and nutritive value of five tropical forage legumes (*Aeschynomene histrix* 'BRA 9690', *Canavalia brasiliensis* 'CIAT 17009', *Stylosanthes guianensis* 'CIAT 184' and 'Composite' and *Vigna unguiculata* 'CIAT 1088-4') in Lao PDR. *Grassland Science*. 59(2): 80-86.
- Prieto, I., Violle, C., Barre, P., Durand, J.L., Ghesquiere, M., Litrico, I. 2015. Complementary effects of species and genetic diversity on productivity and stability of sown grasslands. *Nature Plants*. 10: 1038.
- Quecini, V.M., de Oliveira, C.A., Alves, A. C, Vieira, M.L.C. 2002. Factors influencing electroporation-mediated gene transfer to *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. protoplasts. *Genetics and Molecular Biology*. 25(1): 73-80.
- Ramussen J., Eriksen J., Jensen E.S., Esbensen K.H., Høgh-Jensen H. 2007. *In situ* carbon and nitrogen dynamics in ryegrass-clover mixtures: transfers, deposition and leaching. *Soil Biology & Biochemistry*. 39: 804-815.
- Rasmussen J., Soegaard K., Pirhofer-Walzl y Eriksen J. 2012. N<sub>2</sub>-fixation and residual N effect of four legumes species and four companion grass species. *European Journal of Agronomy*. 36: 66-74.
- Rechcigl, J.E., Kalmbacher, R.S., Martin, F.G. 2002. Phosphorus and potassium fertilization of *Aeschynomene* and *Stylosanthes*. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*. 61: 81-84.
- Reis, R. A., Silva, S. C. 2006. Consumo de forragens. In Berchielli TT, Pires AV, Oliveira SG (eds.) *Nutrição de ruminantes*. Funep, Jaboticabal, 79-103 p.
- Renvoize S.A., Clayton W.D., Kabuye C.H.S. 1996. Morphology, taxonomy, and natural distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In: Miles JW, Maass BL & Do Valle CB (editors). 1996. *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Cali: CIAT – EMBRAPA. 1 – 15 p.
- Reyes P.Q. Bolaños A.E.D, Hernández S.D., Aranda I.E.M., Izquierdo R.F., 2009. Producción de materia seca y contenido de proteína en 21 genotipos del pasto Humidicola *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Universidad y Ciencia*. 25(3): 213-224.
- Romero, C., Alfonzo, S., Medina, R., Flores, R. 2003. Evaluación inicial de la fertilización con roca fosfórica en tres especies del género *Brachiaria*. *Zootecnia Tropical*. 21(2): 183-196.

- Romero, C., Márquez, O. 2002. Effect of phosphorus in grass *Brachiaria humidicola* on the milky production of cow's double purpose. *Revista Científica*. 12: 578-580.
- Saito, Y. 2004. Compatibility of mixed seedings of tropical legumes and grasses on a South American tropical savanna. *Jarq-Japan Agricultural Research Quarterly*. 38: 61-67.
- Santiago B.R., Costa V.A., Lemaire G., Borges de M.R., Carlos de S.J., Nabinger C., Villamil B.F., Justin C.I. 2012. Forage yield and nitrogen nutrition dynamics of warm-season native forage genotypes under two shading levels and in full sunlight. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41(7): 1589-1597.
- Salgado-García S., D. J. Palma-López, M. Castelán-Estrada, L.C. Lagunes-Espinoza, H. Ortiz L. 2013. Manual para el muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 101 p.
- Salgado-García S, D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, C. F. Ortiz-García, M. Castelán-Estrada, L.C. Lagunes-Espinoza, A. Guerrero-Peña, A.I. Ortiz-Ceballos, y S. Córdova-Sánchez. 2010. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF): en la zona Piñera de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 81 p.
- Sanderson, M. A., Soder, K. J., Muller, L. D., Klement, K. D., Skinner, R. H., Goslee, S. C. 2005. Forage mixture productivity and botanical composition in pasture grazed by dairy cattle. *Agronomy Journal*. 97: 1465-1471.
- Santiago-Hernández, F., López-Ortiz, S., Ávila-Reséndiz, C., Jarillo-Rodríguez, J., Pérez-Hernández, P., Guerrero-Rodríguez, J. de D. 2015. Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrsus* to shade from *Melia azedarach* L. *Agroforestry Systems* 90(2): 339-349.
- Schroeder E.C. 2001. Importance of symbiotic nitrogen fixation in tropical forage legume production. In: Sotomayor-Rios A., Pitman W.D. (Editors). pp: 251 – 267. *Tropical forage plants: Development and use*. CRC Press LLC.
- Sinclair, T.R., Mislevy, P. and Ray, J.D. 2001. Short photoperiod inhibits winter growth of subtropical grasses. *Planta*. 213(3): 488-491.
- Silva, A.R., Sanabria, D., Marcano, M., Rivas, E., Barrios, R., Navas, M. 2005. Physical and chemistry properties changes of a well drained savanna soil, with three tillage systems, in a degraded pasture of *Brachiaria humidicola*. *Zootecnia Tropical*. 23(4): 373-392.

- Sleugh B., Moore K.J., George R., Brummer E. C. 2000. Binary legume-grass mixture improve forage yield, quality and seasonal distribution. *Agronomy Journal*. 92: 24-29.
- Sosa, R. E. E., Cabrera, T. E., Pérez, R. D., Ortega, R. L. 2008. Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo, México. *Técnica Pecuaria en México*. 46(4): 413-426.
- Tang, Y.Q., Wu, Z.Y., Liu, G.D., Xi, K.X., 2009. Research advances in germplasm resources of *Stylosanthes*. (In Chinese). *Chinese Bull. Bot.* 44: 752-762.
- Tomei C.E., Brito M.N., Hack C.M. Castelán M.E. y Ciotti E.M. 2005. Efecto del agregado de fósforo sobre el rendimiento de *Stylosanthes guianensis* C.V. CIAT 184. INTA, Argentina. *Revista de Investigación Agropecuaria*. 34(1): 19-27.
- Torres, R., Aparicio, R., García, E., Astudillo, L. Adaptabilidad de gramíneas y leguminosas forrajeras en el paisaje ecológico de sabana eólica del cunaviche, estado Apure. *Zootecnia Tropical*., 12(1): 133-147.
- Velásquez, J. M., Muñoz, E. A. A. 2006. Producción de forraje de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II solo y asociado con *Arachis pintoi* en suelos de terraza y mesón en el Piedemonte Amazónico. *Pasturas Tropicales*. 28(2): 26.
- Vence C.P. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. *Plant nutrition in a world of declining renewable resources*. *Plant Physiology*. 127: 390-397.
- Vergara, L.J., Araujo, F.O. 2006. Producción, composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de *Brachiaria Humidicola* (Rendle) Schweick en el bosque seco tropical. *Revista Facultad de Agronomía*. (LUZ). 16(3): 236-248.
- Wilson J.R., Hill K., Cameron D.M., Shelton H.M., 1990. The growth of *Paspalum notatum* under the shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. *Tropical grassland*. 24: 24-28.
- Wong C.C. and Wilson J.R. 1980. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and *Siratro* in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. *Crop and Pasture Science*. 31(2): 269-285.
- Yang M., Yan X.L. 1998. Preliminary studies on morphological and physiological mechanisms of *Stylosanthes* for P efficiency on acid soils. *Acta Agrestia Sinica*. 6: 212-220.