



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**“CULTIVO MIXTO MAÍZ (*Zea mays* L.) - LEGUMINOSA  
[*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw] EN UN SUELO VERTISOL  
DEL ESTADO DE TABASCO”**

**MARÍA REYNA RAMOS HERNÁNDEZ**

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

H. CÁRDENAS, TABASCO MÉXICO

2014

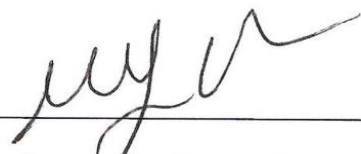
La presente tesis, titulada: “**CULTIVO MIXTO (*Zea mays* L.) – LEGUMINOSA [*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw] EN UN SUELO VERTISOL EN EL ESTADO DE TABASCO**”, realizada por la alumna: **María Reyna Ramos Hernández**, bajo la Dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO:**



---

**DR. JOSÉ JESÚS OBRADOR OLÁN**

**ASESOR:**



---

**DR. EUGENIO CARRILLO ÁVILA**

**ASESOR:**



---

**DR. JESÚS ALBERTO RAMOS JUÁREZ**

**ASESOR:**



---

**M.C. FRANCISCO MELÉNDEZ NAVA**

H. Cárdenas, Tabasco, México, 10 Julio del 2014.

## **“CULTIVO MIXTO MAÍZ (*Zea mays* L.) - LEGUMINOSA [*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw] EN UN SUELO VERTISOL DEL ESTADO DE TABASCO”**

María Reyna Ramos Hernández

Colegio de Posgraduados, 2014.

La utilización de cultivos mixtos maíz-leguminosa tiene como finalidad incrementar la sustentabilidad en todos sus aspectos; se favorece la estabilidad de los suelos, se reduce el uso de insumos y se incrementa el ingreso al productor; La utilización de éstos los cultivos en la nutrición pecuaria, ayuda a mejorar la calidad nutricional de los forrajes lo que repercute en la mejoría de las ganancias de peso o de producción de leche en los animales. Los cultivos mixtos son estrategias utilizadas por el hombre para retomar localmente la diversidad en el tiempo y el espacio con la utilización de asociaciones de cultivos tales como: maíz y canavalia (*Canavalia ensiformis*) (Treto *et al.*, 1997), maíz y *Arachis pintoii* (Nieto, 2004), maíz y frijol vigna (*Vigna sinensis*) (Olivares y Kees, 2004) entre otros. En la presente investigación se estimó en un cultivo mixto de maíz y *S. guianensis* en franjas y relevos: El rendimiento de la biomasa aérea de *S. guianensis* con y sin fertilización nitrogenada, el valor nutritivo de la biomasa aérea de *S. guianensis* con y sin fertilización nitrogenada y el mejoramiento del valor nutritivo del silo de maíz mediante la inclusión de *S. guianensis* en diferentes niveles (25, 50 y 75%). El estudio se estableció en el lote D6, del Campo Experimental del Campus Tabasco del Colegio de Postgraduados, km-21 carretera federal de Cárdenas-Coatzacoalcos, y tuvo una duración de ochenta días. Se utilizó un arreglo factorial alojado en un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; Los factores evaluados fueron: tipo de siembra y dosis de fertilización, con dos niveles cada uno: siembra en franja y siembra en relevo: [T1: *S. guianensis* en franja con dosis 100-60-60 (N-P-K), T2: *S. guianensis* en franja con dosis 00-60-60(P-K), T3: *S. guianensis* en relevo 100-60-60 (N-P-K), T4: *S. guianensis* en relevo 00-60-60 (P-K)]. Para complementar el estudio se realizaron muestreos del suelo con el fin de conocer

la fertilidad al inicio y al final de un ciclo de cultivo; el rendimiento  $t\ ha^{-1}$  de materia seca (MS) y el valor nutritivo: proteína, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y cenizas. El tratamiento en relevo del *S. guianensis* mostró significativamente mayor producción de materia seca. Los resultados de proteína, FDN, FDA y cenizas independientemente de la condición en la que se encontraron (relevo o en franjas), fueron mejores en los tratamientos con fertilización N-P-K que en los fertilizados únicamente con P-K. En la elaboración del ensilaje se obtuvieron mejores ganancias a medida que se incrementaron las inclusiones de *S. guianensis* en el silo de maíz; La calidad proteica aumentó de 9.35 a 12.77%, y la producción del maíz resultó con rendimientos de 22.98  $t\ ha^{-1}$  de MS y 85.30  $t\ ha^{-1}$  de materia verde.

Palabras clave: silo, materia seca (MS), proteína, fertilidad de suelo.

"MIXED CROP CORN (*Zea mays* L.) - legume [*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw] IN A VERTISOL SOIL OF TABASCO STATE "

María Reyna Ramos Hernández

Colegio de Posgraduados, 2014.

The use of intercropping maize-legume aims to increase sustainability in all its aspects; stability of soils is favored, reducing the use of inputs and producer income increases; The use of the crops mentioned in livestock nutrition helps improve the nutritional quality of forages which impacts in improving weight gains or milk production in animals. Mixed cultures are strategies used by man to locally resume diversity in time and space with the use of crop associations such as (Treto *et al.*, 1997) and maize canavalia (*Canavalia ensiformis*), corn and *Arachis pintoii* (Nieto, 2004), maize and cowpea beans (*Vigna sinensis*) (Olivares and Kees, 2004) among others. In the present investigation was estimated in a mixed culture of *S. guianensis* in corn and stripes and relays: performance aboveground biomass of *S. guianensis* it with and without nitrogen fertilization, the nutritional value of the aboveground biomass of *S. guianensis* with and without nitrogen fertilization and improving the nutritional value of corn silage by including *S. guianensis* at different levels (25, 50 and 75%). The study was established on the lot D6, the Experimental Field Campus Tabasco Postgraduate College, km -21 federal highway Cardenas - Coatzacoalcos, and lasted eighty days. A hosted factorial design in randomized complete block design with four treatments and four replications; The factors evaluated were: type of planting and fertilization, with two levels each: sowing and planting strip relay: [T1: *S. guianensis* in Gaza dose 100-60-60 (NPK), T2: *S. guianensis* in Gaza 00-60-60 dose (PK), T3: *S. guianensis* in relief 100-60-60 (NPK), T4: *S. guianensis* in relief 00-60-60 (PK)]. To complement the study soil samples were performed in order to know the fertility at the beginning and end of a growing season; performance was also estimated t ha<sup>-1</sup> dry matter (MS) and nutritive value: protein, neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA) and ash. Treatment in relay of

*S. guianensis* showed significantly higher dry matter production. The results of protein, FDN, FDA and ash regardless of the condition in which (relay or stripes) were found, they were better in treatments with NPK fertilization in fertilized only with PK. In developing the best silage gains as *S. guianensis* inclusions increased corn silage were obtained; The protein quality increased from 9.35 to 12.77 %, and maize production resulted in yields of 22.98 t ha<sup>-1</sup> MS and 85.30 t ha<sup>-1</sup> of green matter.

Keywords: silo, dry matter (MS), protein, soil fertility.

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien me dio entendimiento para la realización de todo en mi vida, por darme todo lo que tengo y todo lo que soy; por hacerme saber que no estado, ni estaré sola nunca y por amarme a pesar de todo.

A mi esposo y mi cómplice de vida, el Ing. Roberto Rodríguez Balcázar por amarme, por su paciencia y entrega, por estar siempre a mi lado, dándome apoyo y comprensión; por hacerme sentir inmensamente feliz a tu lado, simplemente porque Te Amo.

A mi hija Laila Valentina Rodríguez Ramos, quien me hizo sentir el amor más puro y noble, siempre lucharé por verte feliz, y le pido a Dios la sabiduría y paciencia para enseñarte lo correcto y no equivocarme. Mi niña hermosa: Te amo con todo mi Corazón.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); por el financiamiento otorgado para realizar los estudios de Maestría en Ciencias y Producción Agroalimentaria en el Trópico, la cual forma parte de mi formación académica.

Al Colegio de Posgraduados por abrirme la puertas y darme una oportunidad en el Campus Tabasco.

A la Línea Prioritaria de Investigación 2, Agroecosistemas Sustentables por todo el apoyo

A mi consejero el Dr. José Jesús Obrador Olán por aceptarme como estudiante y confiar en mí; Además, de su amistad, consejos, paciencia, apoyo y dedicación en el planteamiento y realización de este proyecto.

A mis asesores los Drs. Jesús A. Ramos Juárez y Eugenio Carrillo Ávila por apoyarme y ayudarme con sus observaciones para la terminación de este trabajo.

Al M.C. Francisco Meléndez Nava, por ser un amigo incondicional, sus consejos, paciencia y dedicación para poder culminar este proyecto.

Al Mt. Sergio Muñoz Corro, por su dedicación y esfuerzo para que todo lo realizado en el Km 21 Campus Tabasco.

Al Técnico Esteban Osorio Gamas del laboratorio LASPA del Campus Tabasco, quien me enseñó y ayudó con su paciencia en mis análisis de laboratorio.

A los profesores que con su tenacidad y enseñanza me formaron a la disciplina, ética y el valor de la profesión.

A todas aquellas personas que con su confianza, cariño y apoyo me han convertido en persona de provecho; ayudándome en el logro de una meta más, mi carrera profesional, por compartir mis alegrías, por todo lo que me han brindado durante mi vida como estudiante y hacer de mi lo que soy.

Mil gracias



## CONTENIDO

COLEGIO DE POSTGRADUADOS.....	i
I.- INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
1.1.- REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
1.1.1.- Leguminosas, una fuente de proteínas .....	3
1.1.2.- Las leguminosas como mejoradoras de la fertilidad del suelo .....	4
1.1.3.- <i>Stylosanthes</i> ( <i>Stylosanthes guianensis</i> ).....	4
1.1.4.- Requerimientos Edafoclimáticos .....	5
1.1.5.- Uso Potencial .....	6
1.1.6.- Importancia del maíz forrajero.....	6
1.1.7.- Rendimientos del maíz ensilado.....	6
1.1.8.- Factores importantes para un buen silo .....	7
1.1.9.- Capacidad de asociación del maíz y leguminosas .....	7
1.1.10.- Importancia de los cultivos mixtos.....	8
1.1.11.- Cultivos mixtos en franjas y relevos.....	8
1.1.12.- Degradación de la materia seca a nivel rumen .....	9
1.2.- BIBLIOGRAFIA CITADA.....	10
CAPITULO II.- RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE LA BIOMASA DE MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.) y <i>STYLOSANTHES</i> ( <i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl) Sw.) CON Y SIN FERTILIZACIÓN NITROGENADA.....	22
2.1.- INTRODUCCIÓN .....	22
2.2.- OBJETIVOS .....	24
2.3.- HIPÓTESIS .....	24
2.4.- MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
2.4.1.- Localización geográfica .....	24
2.4.2.- Recolecta de muestras de suelo .....	24
2.4.3.- Establecimiento del Estudio: siembra del cultivo mixto (en franjas y relevos) .....	25
2.4.4.- Método de siembra del cultivo .....	25
2.4.5.- Diseño Experimental .....	26
2.4.6.- Control de malezas y plagas .....	27
2.4.7.- Muestreo de plantas de los cultivo de maíz y <i>S. guianensis</i> .....	27

2.5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
2.5.1.- Rendimientos de la materia seca (MS) del maíz.....	29
2.5.2.- Valor nutricional del maíz .....	30
2.5.3.- Rendimientos de la materia seca (MS) de <i>S. guianensis</i> .....	31
2.5.4.- Calidad nutritiva del <i>S. guianensis</i> .....	32
2.5.5.- Análisis del suelo .....	34
2.5.6.- Conclusión.....	36
2.6.- BIBLIOGRAFIA CITADA.....	37
CAPITULO III.- EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE ( <i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl) Sw.) EN EL VALOR NUTRITIVO DEL SILO DE MAÍZ.....	43
3.1.- INTRODUCCIÓN .....	43
3.2.- OBJETIVO .....	45
3.3.- HIPÓTESIS .....	45
3.4.- MATERIALES Y MÉTODOS .....	45
3.4.1.- Localización geográfica .....	45
3.4.2.- Establecimiento del Estudio: siembra del cultivo mixto (en franjas y relevo) .....	45
3.4.3.- Método de siembra del cultivo .....	46
3.4.4.- Colecta de muestras del cultivo y cosecha del forraje.....	46
3.4.5.- Elaboración del ensilado.....	46
3.4.6.- Degradación “ <i>in situ</i> ” .....	47
3.5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	49
3.5.1.- Valor nutricional del maíz con diversos niveles de inclusión de <i>S.</i> <i>guianensis</i> .....	49
3.5.3.- Degradación de la materia seca (MS) de los silos.....	51
3.5.4.- Degradación de la materia seca (MS) del <i>S. guianensis</i> sin ensilar. 52	
3.5.5.- Conclusión.....	54
3.6.- BIBLIOGRÁFIA CITADA.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPITULO II. RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE LA BIOMASA DE MAÍZ (*Zea mays L.*) Y *STYLOSANTHES* (*Stylosanthes guianensis (Aubl) Sw.*) CON Y SIN FERTILIZACIÓN NITROGENADA.

Figura 1. Diseño Experimental.....	27
Figura 2. Producción de materia seca en maíz en 80 días.....	31
Figura 3. Resultados de medias del valor nutritivo del maíz en dos condiciones (la parcela uno en franjas y las parcelas dos, tres y cuatro en relevos), a los 80 días de crecimiento.....	32
Figura 4. Rendimientos de <i>S. guianensis</i> (kg de MS há <sup>-1</sup> ), a los 80 días de crecimiento.....	33
Figura 5. Valor de la proteína con diferentes dosis de fertilización y condición.....	34
Figura 6. Valor de FDN, FDA y cenizas con diferentes condiciones y aplicación de dosis de fertilización de NPK y PK.....	35

### CAPITULO III. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE (*Stylosanthes guianensis (Aubl) Sw.*) CON EL VALOR NUTRITIVO DEL SILO DE MAÍZ.

Figura 1. Calidad nutricional en las diferentes inclusiones de niveles de <i>Stylosanthes guianensis</i> en el valor nutritivo del silo de maíz.....	51
Figura 2. Degradación de nivel ruminal de cuatro tratamientos de ensilado de maíz con diferentes inclusiones de <i>Stylosanthes guianensis</i> .....	53
Figura 3. Degradación a nivel ruminal de la MS de la leguminosa <i>S. guianensis</i> sin ensilar, forraje con diferente fertilización y condición.....	54

## ÍNDICE DE CUADRO

### CAPITULO II. RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE LA BIOMASA DE MAÍZ (*Zea mays L.*) Y *STYLOSANTHES* (*Stylosanthes guianensis (Aubl) Sw.*) CON Y SIN FERTILIZACIÓN NITROGENADA.

Cuadro 1. Propiedades Químicas del suelo Vertisol de 0-30 cm de profundidad al inicio y al final (PK, NPK <i>S. guianensis</i> y maíz) del estudio.....	36
---	----

## I.- INTRODUCCIÓN GENERAL

Ante la creciente demanda de alimentos y la necesidad actual de practicar una agricultura sostenible, los cultivos mixtos constituyen una alternativa viable por su potencial de producción y el uso eficiente de los recursos (Francis, 1986). En el estado de Tabasco existen 957,760 cabezas de ganado bovino que ocupan una superficie total de 1,734,545 ha, las cuales cuentan están cultivadas mayormente con pastos nativos (INEGI, 2009) sin embargo, la suplementación juega un papel muy importante ya que hay épocas en que las pasturas escasean o bien, por su naturaleza, éstas no tienen un alto nutritivo para aportar al animal una buena nutrición (Van Soest, 1994). Existen diferentes gramíneas y leguminosas que representan una alternativa importante para mantener y mejorar el ganado (Sosa *et al.*, 2008), son el alimento natural de los rumiantes y representan la fuente de mayor abundancia y de menor costo (Cáceres *et al.*, 2006). No obstante ha faltado darles un mayor seguimiento o bien el probar especies con características que puedan parecer más atractiva a los ganaderos, tal es el caso del maíz y la leguminosa *Stylosanthes guianensis* (Lovato y Martins, 1997). Las leguminosas pueden emplearse con doble propósito: para la alimentación animal con altos contenidos de proteína y gran producción de biomasa aérea (Lascano *et al.*, 1996) y para el mejoramiento de la fertilidad química de los suelos por ser buenas fijadoras del N atmosférico (Baumer, 1992), física al disminuir la erosión de suelos (Peoples y Herridge, 1990; Allan y Graham, 2002; Parsons, 2004) y biológica al verse incrementada la biomasa microbiana (Álvarez *et al.*, 2012). Actualmente en Tabasco varios productores innovadores utilizan como fuente de forraje al maíz y la leguminosa estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) (Williams *et al.*, 1995).

El maíz es un cultivo que puede aportar una alta cantidad energética, aproximadamente el 70% de almidón y entre 8 y 10% de proteínas (Tinoco *et al.*, 2002), aunado a su capacidad de producir forraje (Núñez *et al.*, 2003); sin embargo la calidad de proteína no ha sido tan satisfactoria y por ello la necesidad

de buscar alternativas que compensen la calidad nutritiva del maíz (Núñez *et al.*, 2003; Allen *et al.*, 1995).

Para suministrar alimentos en tiempos de escasez de pasturas (Ramírez-Orduña *et al.*, 2008), los silos han sido de mucha importancia ya que presentan una forma de conservación y almacenamiento de los alimentos con contenidos favorables en la alimentación animal (Mühlbach, 2001; Sánchez *et al.*, 2008).

La utilización de los cultivos mixtos y su ensilaje, pretende mejorar la fertilidad del suelo y establecer una estrategia para la consecución de alimentos altamente nutritivos en tiempos de escasez de pasturas (Steiner, 1984; Gooding y Davies, 1997; Monzon *et al.*, 2005).

## **1.1.- REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1.1.1.- Leguminosas, una fuente de proteínas**

El nitrógeno es necesario para la composición de proteínas y otros componentes celulares (Mayz, 2004). La utilización de concentrados y forrajes de corte, son las prácticas más utilizadas por los productores para disminuir los efectos negativos del déficit forrajero, que llega a prolongarse por periodos de cinco a siete meses en algunas regiones tropicales (Ramírez-Orduña *et al.*, 2008). Los forrajes deben contener suficiente proteína para el crecimiento de los animales y una cantidad limitada de fibra, ya que mucha fibra reduce el consumo de los animales y la digestibilidad de los alimentos (Stanogias y Pearce, 1985; Van Wieren, 2000). Con estas características, la ganadería bovina resulta cada vez menos rentable por altos costos de producción y dependencia en alto grado de insumos externos. Por lo tanto, es necesario incorporar tecnologías sostenibles y competitivas, basadas en la utilización racional de los recursos biológicos locales, con potencial para incrementar la producción de leche y carne (Gómez *et al.*, 1990).

Las leguminosas forrajeras han sido muy poco aprovechadas en la alimentación animal en las regiones tropicales, pero también gracias a sus características han sido una de las bases principales para la producción de leche y carne durante siglos en otras regiones no tropicales (Russelle, 2001). Son plantas que se encuentran de manera abundante en la mayor parte de los ecosistemas tropicales de México. Tienen como atributo principal su alto contenido de proteína que varía del 14 al 28% y contenidos de fibra menores al 40%, lo que permite un mayor consumo voluntario y digestibilidad, obteniendo incrementos en los rendimientos productivos de carne y leche hasta de un 50% o más (Lascano y Avila, 1991). Sus contenidos de proteína tienden a disminuir gradualmente conforme la edad de la planta se incrementa. La concentración de minerales es también diferente en las leguminosas; normalmente éstas tienen mayores contenidos de Ca y P que las gramíneas (Ara, 1987).

### **1.1.2.- Las leguminosas como mejoradoras de la fertilidad del suelo**

Las leguminosas tropicales favorecen el contenido de nitrógeno del suelo (Rowland *et al.*, 1988) a través de su fijación desde la atmósfera. Este proceso es importantes para mantener la vida en el planeta, ya que proporciona alrededor del 70% de todo el nitrógeno requerido en los ecosistemas naturales y agroecosistemas (Carámbula, 2002). Pueden fijar desde 100 hasta 500 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Thomas, 1995, Sawchik, 2001) y de 60 a 180 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno a las gramíneas asociadas (Henzell, 1962), además de un rápido recambio del fósforo (Oberson *et al.*, 1995) y un incremento en la actividad biológica del suelo (Decaens *et al.*, 1994) controlando la severa erosión de los suelos tropicales (Pala *et al.*, 2000); otro atributo de las leguminosas forrajeras es su calidad y adaptación creciendo en zonas marginales, pueden estar disponibles durante la temporada de sequía, periodo donde los pastos producen hasta un 75% menos de forraje. El proceso de fijación biológica de nitrógeno puede ser llevado a cabo por los microorganismos en vida libre o en simbiosis con plantas, lo que no sólo permite usar el nitrógeno atmosférico sino también revertir o reducir la degradación del suelo (Allan y Graham, 2002; Parsons, 2004).

La pérdida de la fertilidad de los suelos es un problema generalizado en suelos tropicales de uso agrícola o pecuario y en los que la disminución del pH es común (McBride, 1994), donde la concentración de iones H, la toxicidad generada por el Al y Mn a las plantas y las deficiencias de P, Mo y bases intercambiables contribuyen a causar problemas (Graham y Vance, 2000).

### **1.1.3.- Stylosanthes (Stylosanthes guianensis)**

El *Stylosanthes ssp* es originario de América, África y Asia, y comprende 41 especies, de las cuales 37 son originarias de América (Williams *et al.*, 1984). En Brasil se encuentran casi todas las especies (Ferreira y Costa, 1979); está compuesta por seis variedades botánicas: *guianensis*, *gracilis*, *intermedia*, *robusta*, *dissitiflora* y *longiseta* ('t Mannelje, 1977). La leguminosa *S. guianensis*, es una planta forrajera (Duke *et al.*, 1977; Ciotti *et al.*, 1999), perenne y



herbácea, con una raíz principal que puede alcanzar un metro de profundidad, es considerada tolerante a inundación (Mc Ivor, 1976; Whiteman *et al.*, 1983) y según Brolmann, (1977); Peacock y Smith, (1992) se desarrolla bien en ambientes con anegamientos temporales, y es resistente al frío (Lu *et al.*, 2003; Zhou *et al.*, 2005). Sus tallos son pubescentes en forma de ramas y se tornan postrados bajo pastoreo, gran rusticidad y adaptación a diversos climas (Bogdan, 1977). Gregor, (1972) identificó al *S. guianensis* como una especie tolerante a la sombra, tras ensayos de comprobación con un 46 % de sombra artificial. Ludlows, (1980), Eriksen y Whitney, (1982) han indicado que los rendimientos del *S. guianensis* se ven reducidos por la sombra clasificando la leguminosa como la menos tolerante a la sombra al compararla con siete leguminosas. Además esta leguminosa tiene la capacidad de reproducirse en diferentes tipos de suelos pobres (Reyes y Ordóñez, 1985). Ha sido introducida en diversos países con excelentes resultados (Keoboualapheth y Mikled, 2003) y es muy tolerante a la enfermedad de antracnosis (Cameron *et al.*, 1997), además de ser palatable (Williams *et al.*, 1984).

#### **1.1.4.- Requerimientos Edafoclimáticos**

*Stylosanthes ssp.*, es moderadamente tolerante a la presencia de Al y Mn, aunque no tolera la salinidad, se adapta a los trópicos cálidos y húmedos, aunque algunos ecotipos crecen de manera satisfactoria en lugares subtropicales (Skerman *et al.*, 1991).

Puede establecerse y mantener su productividad por más de cuatro años en suelos arenosos, tolerando bajas temperaturas y extensos períodos de sequía (Ciotti *et al.*, 1999). Según Paretas (1990) se adapta bien a diferentes suelos, incluyendo suelos arcillosos o de baja fertilidad y ácidos (pH 3.5 a 6.5) y es eficiente en la extracción de fosforo. Puede prosperar con una precipitación anual de 500 a 4000 mm. Esta leguminosa es preferente de suelos con buen drenaje y textura arenosa, tolera fuego y sequía, no tolera humedad excesiva, crece desde el nivel del mar hasta 1200 mm pero varía según el ecotipo (Binder, 1997).

### **1.1.5.-Uso Potencial**

Algunos usos potenciales que pueden darse a *S. guianensis*: son el pastoreo, forraje verde, heno, banco de proteína, abono verde y en asociación con gramíneas (Meléndez, 2012; González y Chow, 2008; Lovato y Martins, 1997), cultivo de cobertura y barbecho (Bogdan, 1977, 't Mannelje, 1992). Esta leguminosa puede soportar muy bien el pastoreo continuo y rotacional cuando se asocia con gramíneas de porte erecto, de igual forma se emplea bien en sistemas de rotación de cultivos.

### **1.1.6.- Importancia del maíz forrajero**

En México, el maíz siempre ha sido de gran interés, ya que como cultivo es un sistema dinámico, continuo y básico en la alimentación humana (Malvar *et al.*, 2008; Madamombe *et al.*, 2009), donde se consumen cerca de 130 kg per capita (Perales y Golicher, 2011); Mientras el consumo del maíz a nivel mundial ha disminuido un 0.75 % por la alza de precio del grano (Regmi *et al.*, 2001; Von Braun, 2005); en la nutrición animal ha incrementado (Antolín *et al.*, 2009; Edalat *et al.*, 2009; Reta *et al.*, 2010), se emplean 4.8 kg de materia seca de ensilado de maíz 17,6 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (Améndola, 2002), principalmente por su alto rendimiento de forraje verde y también por su rendimiento de materia seca y calidad nutritiva (Núñez *et al.*, 2003), tales como la proteína, energía, fibra detergente neutra y acida principalmente (Paliwal, 2001).

### **1.1.7.- Rendimientos del maíz ensilado**

El maíz forrajero conservado como ensilaje es un componente sumamente importante en la dieta del ganado debido a su elevado contenido de energía por la gran cantidad de almidón, el cual es digerido de manera más eficiente en el intestino delgado (Mc Donald *et al.*, 1995). En la alimentación en rumiantes el aprovechamiento del ensilado depende de factores como del tamaño de las partículas y el tiempo de masticación (Lundvall *et al.*, 1994; Bal *et al.*, 2000; Johnson *et al.*, 2002). El ensilaje se realiza para la conservación del forraje el

cual se ve favorecido por la disminución del pH y el forraje se conserva (McDonald *et al.*, 1991; Reiber *et al.*, 2005).

Los productores de maíz forrajero usualmente siembran plantas híbridas con alto potencial de rendimiento de grano, que es altamente digerible. El rendimiento y la alta calidad del forraje del maíz pueden ser sacrificados cuando se tienen mayor énfasis en la alta producción de grano, porque la cantidad del grano representa cerca de la mitad del total del rendimiento de la materia seca cosechada (Irlbeck *et al.*, 1993). En zonas tropicales de México se han reportado rendimientos en promedio de 49 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde y de 17 t ha<sup>-1</sup> de materia seca (Cueto *et al.*, 2006). SIAP-SAGARPA (2008) reporta con rendimientos de forraje verde de 46.37 tha<sup>-1</sup> y en condiciones de temporal de 20.16 tha<sup>-1</sup>.

#### **1.1.8.- Factores importantes para un buen silo**

Según Jobim *et al.* (2007), los factores más importantes en la calidad del silo son la resistencia a la compactación y el tamaño de partícula; para Paziani (2004), la altura de corte, el nivel de humedad, el tamaño de las partículas, la porosidad del forraje; y para Santana (2004), la calidad fermentativa, determinada por la concentración de ácidos orgánicos, nitrógeno amoniacal y pH.

#### **1.1.9.-Capacidad de asociación del maíz y leguminosas**

Las leguminosas *Mucuna pruriens* y *Canavalia ensiformis* se asocian bien con maíz, pueden ser manejadas en rotación con este cultivo, cultivadas como abono verde o cobertura del suelo contra erosión y tienen utilidad como forraje y alimento humano (Duke, 1981). En México, la etnia Popoluca de Veracruz desarrolló barbechos con mucuna para restaurar la fertilidad, mejorar la estructura del suelo y eliminar malezas; los Chontales integraron la especie al maíz y la calabaza en intercultivo, y los Mixe la aprovechan para el control de malezas (Buckles *et al.*, 1998). En Yucatán se ha demostrado la capacidad de *Mucuna pruriens* y *Canavalia ensiformis* para reducir las malezas cuando se asocian o rotan al cultivo de maíz, pero sus efectos sobre el mejoramiento de la

calidad del suelo y el aumento de los rendimientos de maíz no están del todo claros, debido en parte, al corto período de tiempo en que se ha dado seguimiento a los estudios realizados (Caamal *et al.*, 2001). En cultivos asociados se producen menores cantidades de materia seca que en los monocultivos de gramíneas, pero las asociaciones han mostrado una fermentación más rápida a nivel ruminal, acelerando así el pasaje por el tracto digestivo en el animal (Carámbula, 1984).

#### **1.1.10- Importancia de los cultivos mixtos**

La progresiva degradación de los suelos se debe a una serie de factores, entre los que destacan, el mal manejo de la fertilidad orgánica del suelo (Senra, 2007), y el uso de monocultivos, que favorecen la disminución gradual de los rendimientos (Renda, 2006; Senra, 2007). Cuando se logra hacer una rotación de los cultivos se favorece el rendimiento y la sostenibilidad de la fertilidad del suelo (Senra, 2007). En cultivos en franjas de maíz y soya se ha encontrado que a medida que se incrementó la interacción de ambas especies, los rendimientos se ven favorecidos (Monzon *et al.*, 2005). Las asociaciones de cultivos múltiples con periodos prolongados de coexistencia favorecen la expresión de sus rendimientos potenciales a través de la interacción de sus componentes, relaciones básicas de la agricultura sustentable (Steiner 1984; Caviglia *et al.*, 2004).

#### **1.1.11.- Cultivos mixtos en franjas y relevos**

Los Cultivos mixtos son dos o más especies de siembras con proximidad espacial y/o asociación temporal tienen un arreglo sistemático con sistemas de alternancias con el objetivo de proteger y dar beneficios al suelo; en franjas es aquel en el que existe suficiente proximidad, de tal manera que, al menos uno de los dos cultivos ejerce algún efecto sobre el otro (posible competencias por recursos). Cultivo en relevo, es utilizado bajo un sistema que está sujeto a rotaciones; como resultado una competencia inter-específica y/o complementaria (Calviño *et al.*, 2005; Monzon *et al.*, 2005). Además, de lograr

con este tipo de cultivos (franjas y relevos) una interacción que sin duda puede tener efectos favorables en el rendimiento del suelo y la producción forrajera (Steiner, 1984).

#### **1.1.12.- Degradación de la materia seca a nivel rumen**

En forrajes, la degradación depende del tamaño de las partículas del alimento (Relling y Mattioli, 2003; Lund *et al.*, 2006) y puede estar influenciada por el nivel de la fertilización y la madurez del pasto (Van Straalen y Tamminga, 1990); de la conservación del alimento, del tipo de pastoreo y la edad del pasto (Cornu *et al.*, 1994); de las paredes celulares, tipo y características intrínsecas del forraje (Jones y Theodorou, 2000; Ramírez *et al.*, 2002), de la época del año (Demarquilly, 1982; Le Goffe *et al.*, 1993). La lignificación es uno de los factores que más afecta la degradación en forrajes (Sederoff *et al.*, 2002; Moore y Jung, 2001; Ramírez *et al.*, 2000), la altura de pasto que inciden sobre la degradación ruminal (Salcedo y Sarmiento, 1997; Rook, 2000); Además, otro factor muy importante que afecta la degradación del forraje son las características anatómicas del animal (Rook, 2000).

Para conocer la cantidad de nutrientes degradados de manera efectiva en el rumen de cada animal y la tasa de flujo de salida de los alimentos desde el rumen, se tiene que dar una buena degradación de la materia seca a nivel ruminal (Susmel *et al.*, 1990), y habrá una reducción de la materia seca al aumentar la velocidad del paso de las partículas del forraje (McDonald, 1981).

Es importante mencionar que la degradación “*in situ*” es una técnica que ha sido ampliamente adoptada para evaluar la tasa y la extensión de la degradación de los alimentos en el rumen (Posada y Rosero, 2007).

## 1.2.-BIBLIOGRAFIA CITADA

- Allan D., Graham P. (2002). Soil Biology and Fertility: Symbiotic Nitrogen Fixation, other N<sub>2</sub>-fixing symbiosis. Dep. of Soil, Water, and Climate. University of Minnesota.
- Allen M., Ford S., Harrison J., Hunt J., Lauer J., Muck R., Soderlund S. (1995). Corn Silage Production, Management and Feeding. G Roth, D Undersander, M Allen, DJ Undersander (eds). American Soc. of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Sci. Of America. Madison, WI. 42 pp.
- Álvarez S. J. D., Díaz P. E., León M. N. S., Guillén V. J. (2010) Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. vol. 28, núm. 3, pp. 239-245, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. ISSN 1870-9982.
- Améndola M.R. (2002). A dairy system based on forages and grazing in temperate México. Ani- mal Science Department. Chapingo University México.
- Antolín D.M., González R.M., Goñi C.S., Domínguez V. I.A., Ariciaga G.C. (2009). Rendimiento y producción de gas in vitro de maíces híbridos conservados por ensilaje o henifi cado. Técnica Pecuaria en México 47(4):413-423.
- Ara M. (1987). El rol de las leguminosas en pasturas tropicales. In: Durán, C.V., Salinas, J.G. y Schaus, R. (eds.). Curso Taller sobre Establecimiento, Mantenimiento y Producción de Pasturas en la Selva Peruana, Pucallpa, Perú. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 93-115.
- Bal M.A., Shaver R.D., Jirovec A.G., Shinnors K.J., Coors J.G. (2000). Crop processing and chop length of corn silage: Effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. J. Dairy Sci. 83, 1264–1273.
- Baumer M. (1992). Trees as browse to support animal production. En A. Speedy y P.-L. Pugliese, eds. Legume trees and other fodder trees as protein

- sources for livestock. Actas de una Consulta de Expertos de la FAO, Kuala Lumpur, Malasia, p. 1-10. FAO, Roma Italia.
- Binder U. (1997). Manual de leguminosas de Nicaragua, PASOLAC. Estelí. p. 191.
- Brolmann J.B. (1977). Flood tolerance in *Stylosanthes*, a tropical legume. Soil and Crop Soc of Florida Proceedings. 37:37-39 p.
- Bogdan A.V. (1977). Tropical pasture and fodder plants. Grasses and legumes. Tropical Agriculture Series, Longman Inc., Nueva York. 475 p.
- Buckles D., Eteka A., Osiname O., Galiba M., Gailiano N. (1998). Cover crops in West Africa: Contributing to Sustainable Agriculture/Plantes de Couverture en Afrique de l'Quest: Une Contribution al'agriculture durable. IDRC/IITA/SG2000. p. 316
- Caamal-Maldonado J.J., Jiménez-Osornio A., Torres-Barragán., Anaya A. (2001). The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. Agron. J. p. 93, 27-36.
- Cáceres O.F., Ojeda E., González J., Arece L., Simón L., Lameda M., Milera J., Iglesias M., Esperance I., Montejo Soca M. (2006). Valor nutritivo de los principales recursos forrajeros en el trópico. En Recursos Forrajeros Herbáceas y arbóreos. Editorial Universitaria. Estación Experimental de pastos y forrajes Indio Hatuey y Universidad de San Carlos de Guatemala. 459 p.
- Calviño P., Cirilo A., Caviglia O.P., Monzón J.P. (2005). Resultados de intersembra de maíz y soja en tres regiones maiceras argentinas. Actas VII Congreso Nacional de Maíz. 16 al 18 de Noviembre de 2005. Rosario, Argentina. pp. 83-85.
- Cameron D.F., Charchar M. J.D'A., Fernández C.D., Kelemu S., Chakraborty S. (1997). Biodiversity, epidemiology and virulence of *Colletotrichum gloeosporioides*. III. Field evaluation of *Stylosanthes* species for antracnosis resistance in their centre of diversity. Tropical Grasslands p. 31: 402-407.

- Carámbula M. (1984). Producción y manejo de pasturas sembradas. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. 26-43 p.
- Carámbula M. (2002). Pasturas y forrajes, potenciales y alternativas para producir forrajes. Tomo 1. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. 128-136p.
- Caviglia O.P., Sadras V.O., Andrade F.H. (2004). Intensification of agriculture in the south - eastern Pampas. I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double cropped wheat-soybean. *Field Crops Research* 87, p. 117-129.
- Ciotti E.M., Tomei C.E., Castelán M.E. (1999). The adaptation and production of some *Stylosanthes spp* in Corrientes, Argentina. *Tropical Grasslands*. Vol. 33, p. 165-169.
- Cornu A., Besle J.M., Mosoni P., Grenet E. (1994). Lignin carbohydrate complexes in forage: Structure and consequences in the ruminal degradation of cell wall carbohydrates. *Reprod. Nutr. Dev.* 34: 385.
- Cueto W.J.A., Reta S.D.G., Barrientos R.J.L., González C.G., Salazar S.E. (2006). Rendimiento de maíz forrajero en respuesta a fertilización nitrogenada y densidad de población. *Rev. Fitote. Méx.* Vol. 29 (núm. especial 2): 97-101.
- Decaens T., Lavelle P., Jiménez Jaen J.J., Escobar G., Rippstein G. (1994). Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *Eur. J. Soil Biol.* 30 (4):157.
- Demarquilly C. (1982). Influence des facteurs climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l'herbe. In: *Actions du climat sur l'animal au pâturage*. INRA, Versailles, 49-63.
- Duke J.A., Hopkinson J.M., Kretschmer A.E., Lenne J.M.,'t Mannetje L., Reed C.F. (1977). *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw., in: J.A. Duke (Ed.), *Handbook of legumes of world economic importance*, Plenum Press, New York, p. 224.
- Duke J.A. (1981). *Handbook of legumes of world economic importance*. New York and London, Plenum Press. p. 56.



- Edalat M., Kazemeine S.A., Bijanzadeh E., Naderi R. (2009). Impact of irrigation and nitrogen on determining the contribution of yield components and morphological traits on corn kernel yield. *Journal of Agronomy* 8(2):84-88.
- Eriksen F.I., Whitney A.S. (1982). Growth and N fixation of some tropical forage legumes as influenced by solar radiation regimes. *Agron. J.* 74: 703-709.
- Ferreira M.B., Costa N.M. (1979). Genero *Stylosanthes Sw.* No Brasil empresa de Pesquisa Agropecuaria de minas Gerais (EPAMIG), Belo horizontes Brasil 59 p.
- Francis C.A. (1986). Distribution and importance of multiple cropping. pp. 1-19. In: Francis C.A. (ed.). Multiple cropping systems. MacMillan. New York.
- Gómez M.E., Molina C.H., Molina E.J., Murgueitio E. (1990). Producción de biomasa de seis ecotipos de Matarraton (*Gliricidia sepium*); *Livestock Research for Rural Development*; 2(2).
- González C.J.A., Chow M.L.R. (2008). Tesis: Comportamiento agronómico y productivo de nueve leguminosas herbáceas forrajeras, en el municipio de muy muy, Matagalpa. Managua Nicaragua. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. 84 p.
- Gooding M.J., Davies W.P. (1997). *Wheat Production and Utilization; Systems, Quality and the Environment.* 355 p. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- Graham P. H., Vance C. P. (2000). Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. *Field Crops Res* 65:93-106. La fijación de nitrógeno en perspectiva: un panorama general de las necesidades de investigación y extensión de los cultivos de campo *Res* 65: 93-106.
- Gregor E.W. (1972). Integration of grazing in tropical forestry. Seventh World Forestry Congress. Buenos Aires. p. 3551-3555
- Henzell E.F. (1962). The use of nitrogenous fertilizers on pastures in the subtropics and tropics. *Commonw. Bur. Pastures Field Crops Bull.*, 46: 161-172.

- INEGI. (2009). Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags.
- Irlbeck N.A.J., Russell A.R., Hallauer R., Buxton D.R. (1993). Nutritive value and ensiling characteristics of maize stover as influenced by hybrid maturity and generation, plant density and harvest date. *Animal Feed Science and Technology*. 41:51-64.
- Jobim C.C., Nussio L., Reis R., Schmidt P. (2007). Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem canservada. *Revista brasileira de zootecnia*, v. 36, suplemento especial, p. 101-119.
- Johnson L.M., Harrison J.H., Davidson D., Robutti J.L., Swift M., Mahanna W. C., Shinnors K. (2002). Corn silage management I: effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *J. Dairy Sci.* 85, 833–853.
- Jones D.J.H., Theodorou M.K. (2000). Enzyme technique for estimating digestibility. En: *Forage evaluation in Ruminant Nutrition*. Eds. Given, D.J.; Owen, E.; Axford, R.F.E.; Omed, A.M. CAB International.
- Keoboualapheth C.H., Mikled C.H. (2003). Growth performance of indogenous pigs fed with *Stylosanthes guianensis* CIAT-184 as replacement for rice bran. *Livestock Research for Rural Development*. 15:9.
- Lascano C.E., Avila P. (1991). Potencial de producción de leche en pasturas solas y Asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. *Pasturas Tropicales* 13(3):2-10 p.
- Lascano C.E., Ávila P., Ramírez G., (1996). Aspectos metodológicos en la evaluación de pasturas en fincas de ganado de doble propósito. *Pasturas Tropicales* 18, 65-70 p.
- Lovato M.B., Martins P.S. (1997). Genetic variability in salt tolerance during germination of *Stylosanthes humilis* H.B.K. and association between salt tolerance and isozimes. *Brazilian Journal of Genetics*. 20:435 p.
- Ludlows M.M. (1980). Stress physiology of tropical pasture plants. *Trop. Grasslands*. 14(3):136-145 p.

- Lund P., Weisbjerg M. R., Hvelplund T. (2006). Passage kinetics of fibre in dairy cows obtained from duodenal and faecal ytterbium excretion. Effect of forage type. *Animal Feed Science and Technology*. 128:229-252.
- Lu S., Guo Z., Peng X. (2003). Effects of ABA and S-3307 on drought resistance and antioxidative enzyme activity of turfgrass. *Journal of Horticulture Science and Biotechnology* 78, 663–666 p.
- Lundvall J.P., Buxton D.R., Hallauer A.R., George J.R. (1994). Forage quality variation among maize inbreds: In vitro and cell wall components. *Crop Sci.* 34 1672-1678 p.
- Madamombe M., Vibrans H., López M.L. (2009). Diversity of coevolved weeds in smallholder maize fields of Mexico and Zimbabwe. *Biodiversity and Conservation* 18:1589-1610.
- Malvar R.A., Revilla P., Moreno G.J., Butron A., Sotelo J., Ordás A. (2008). White maize: genetics of quality and agronomic performance. *Crop Science* 48:1373-1381.
- Mayz F. J. (2004). Fijación Biológica de Nitrogeno. *Revista UDO Agrícola* 4 (1): 1-20 p.
- McBride M.B. (1994). *Environmental chemistry of soils*. Wiley Interscience New York.
- McDonald I. (1981). A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, 96: 251-252 p.
- McDonald P., Henderson A.R., Heron S.J.E. (1991). Microorganisms. In: McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E. (Eds.). *The Biochemistry of Silage*, 2nd ed. Chalcombe Publications, Abersytwyth, UK, pp. 81–151.
- McDonald P., Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D., Morgan C.A. (1995). *Animal Nutrition*. Longman, Essex.
- McIvor J.G. (1976). The effect of waterlogging on the growth of *Stylosanthes guianensis*. *Tropical Grasslands* 10: 173-178 p.
- Meléndez N.F. (2012). *Principales Forrajes para el Trópico*. Primera edición. Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca de Tabasco y Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas Tabasco. 459-468 p.

- Monzon J.P., Carrozzo T.J., Calviño P., Andrade F.H. (2005). Efectos del Intercultivo en franjas de maíz y soja sobre el rendimiento. Actas VII Congreso Nacional de Maíz. 16 al 18 de Noviembre de 2005. Rosario, Argentina. 64-66 p.
- Moore K.J., Jung H.J.G. (2001). Lignin and fiber digestion. *Journal of Range Management*. 54: 420.
- Mühlbach P. (2001). Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales (en línea). Consultado 11 de Febrero del 2013. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s0b.htm>.
- Nieto J. (2004). Caracterización nutricional y productiva de material fresco y ensilado de maní forrajero (*Arachis pinto*) cultivado en asocio con maíz (*Zea mays*), a tres densidades de siembra. Tesis de maestría. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 68 p.
- Núñez H.G., Contreras G.E.F., Faz C.R. (2003). Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc Pecu Méx.* 41 (1): 37-48 p.
- Oberson A., Friensen D.K., Tiessen H., Moir J.O., Borrego G. (1995). Phosphorus transformations in improved pastures. En CIAT, ed tropical lowlands program annual report 1994. Document de trabajo no. 148. CIAT, Cali Colombia, p 182-187.
- Olivares R., Kees M. (2004). Técnicas de manejo y conservación de suelos y aguas para pequeños productores de la provincia de Chaco. Dirección de suelos y agua rural. Subsecretaría de recursos naturales y medio ambiente. Secretaría de producción primaria. Ministerio de la producción. Argentina. 12-14 p.
- Pala M., Armstrong E., Johansen C. (2000). The role of legumes in sustainable cereal production in rainfed areas. p. 323-334 In R Knight (ed) *Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century*. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

- Paliwal R. L. (2001). Usos del maíz. In Paliwal R., L., G. Granados H., R. Lafitte y A. D. Violic. (eds). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción, Departamento agrícola. FAO, Roma, Italia.
- Paretas J.J. (1990). Ecosistemas y regionalización de pastos. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. La Habana, Cuba. 168 p.
- Paziani S.F. (2004). Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim Tanzânia. (Tese Doutorado). ESALQ/USP. Piracicaba-SP.
- Peoples M.B., Herridge D.F. (1990). Nitrogen fixation by legumes in tropical and subtropical agriculture. *Adv. in Agronomy* 44:155-223 p.
- Perales R.H., Golicher D. (2011). Modelos de distribución para las razas de maíz en México y propuesta de centros de diversidad. Informe técnico preparado para la CONABIO. ECOSUR. Chiapas. México. 108 p. Manuscrito.
- Parsons R. (2004). "Plant - Microbe Metabolism." *Revista Científica UDO Agrícola* 4(1): 1-20 p.
- Peacock A., Smith F.T. (1992). Evaluation of pasture legumes on a seasonal flooded heavy clay soil in South East Queensland Austr. *Plant. Introd. Rev.* 23: 20-31 p.
- Posada S.L., Rosero R. (2007). Comparación de modelos matemáticos: una aplicación en la evaluación de alimentos para animales. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 20:141.
- Ramírez R.G., Neira-Morales R.R., Ledezma R.A., Garibaldi-González C.A. (2000). Ruminal digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern México. *Small Ruminant Research.* 36: 49.
- Ramírez R., Ramírez R.G., López F. (2002). Factores estructurales de la pared celular que afectan su digestibilidad. *CIENCIA UANL.*5:180.
- Ramírez-Orduña R., Ramírez R.G., Romero-Vadillo E., González- Rodríguez H., Armenta-Quintana J.A., Avalos-Castro R. (2008). Diet and nutrition of

- range goats on a sarcocaulous shrubland from Baja California Sur, Mexico. *Small Ruminant Research* 76:166 p.
- Regmi A. M. S., Deepak J. L., Seale Jr., Bernstein J. (2001). Cross-country analysis of food consumption patterns. En *Changing structure of global food consumption and trade*, ed.A. Regmi. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture Economic Research Service.
- Reiber C. H., Cruz E., Peters M. (2005). El ensilaje alternativa para conservar forrajes. Plegable. Programa de Forrajes Tropicales. Centro de Agricultura Tropical. Colombia. 108 pp.
- Relling A. E., Mattioli G. A. (2003). *Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes*. Cátedra de Fisiología Facultad de Ciencias Veterinarias U.N.L.P. Editorial EDULP., 72 p.
- Renda A. (2006). Papel de los sistemas agroforestales en el escenario agrario de las cuencas hidrográficas de Cuba. *Pastos y Forrajes*. 29:351 p.
- Reta S.D.G., Cruz C.S., Palomo G.A., Serrato C.S.J., Cueto W.J.A. (2010). Rendimiento y calidad de forraje de kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) en tres edades en comparación con maíz y sorgo x Sudán nevadura café. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1(1):13-23.
- Reyes C., Ordoñez H. (1985). Establecimiento y producción de leguminosas forrajeras en Pucallpa, Perú. En: Pizarro, E.A. (ed). *Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales*. 3ra Cali, Colombia. V. 1 p. 647-656.
- Rook A.J. (2000). Principles of foraging and grazing behaviour. Age 229. in *Grass: Its Production and Utilization*. A Hopkins, ed. Blackwell Science, Boston, MA.
- Rowland I.C., Mason M.G., Hamblin J. (1988). Effect of *lupins* and wheat on the yield of subsequent wheat crops grown at several rates of applied nitrogen. *Aust. J. Exp. Agric.* 28:91-97.
- Russelle M. (2001) Alfalfa. *Am Sci* 89:252 -259. *Alfalfa Am Sci*. 89: 252-259 p.

- Salcedo G., Sarmiento M. (1997). Degradabilidad ruminal de la alfalfa según el tipo de conservación. Actas de la XXXVII R.C. de la SEEP. Sevilla 463-468.
- Sánchez H.M.A., Valenzuela J.N., Aguilar M.C.U., Jiménez R.M.C., Sánchez H.C., Hernández B.J., Joaquín T.B.M. (2008). Rendimiento de maíces forrajeros en Loma Bonita, Oaxaca, México. XXII Congreso Nacional y II Internacional de Fitogenética. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Santana L.D.R. (2004). Enzimas fibrolíticas e emurchecimiento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de Capim Tanzania. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Doutor em Ciencia Animal e Pastagens, p. 1-64.
- Sawchik J. (2001). Dinámica del nitrógeno en la rotación cultivo-pastura bajo laboreo convencional y siembra directa. En: Díaz-Rosello, R. (Ed) Siembra Directa en el Cono Sur. PROCISUR. 2001.
- Senra A. (2007). Reflexiones con relación a factores decisivos en la sostenibilidad y eficiencia de la ganadería en Latinoamérica. Rev. Avances de Investigación Agropecuaria. 11 (1):15 p.
- Servicio de información y Estadística Agropecuaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA) (2008). Avances de siembra y cosecha primavera-verano y otoño-invierno. Disponible en: <http://www.siap.sagarapa.gob.mx>.
- Skerman P.J., Cameron D.G., Riveros F. (1991). Leguminosas forrajeras tropicales. Colección FAO: Producción y protección vegetal N° 2, 707 pp.
- 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. Técnica Pecuaria en México 46, 413-426 p.
- Stanogias G., Pearce G.R. (1985). The digestion of fibre by pigs: the effect of amount and type of fibre on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. Br J Nutr 53: 513-530 p.

- Steiner A.A. (1984). The Universal Nutrient Solution. 6th Int. Cong. Soilless Cult. pp. 633-649 p.
- Susmel P., Stefanon B., Mills C.R., Spanghero M. (1990). Rumen degradability of organic matter, nitrogen and fibre fractions in forages. *Anim. Prod.*, 51: 515-536 p.
- Tamminga S. (1983). Recent advances in our knowledge on protein digestion and absorption in ruminants. 14th Int. Symp. Protein metabolism and nutrition, Clermont-Ferrand (France). 5-9 septembre. p. 263-287. De. INRA Publ. Vol 1 (Les Colloques de l'INRA, n.º 16).
- 't Mannetje L. (1977). The effect of photoperiod on flowering growth habit and dry matter production in four species of genus *Stylosanthes*. *Sw. Aust. J. Agric. Res.* 16 (5): 767-771.
- 't Mannetje L. (1992). *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz. In: 't Mannetje L., Jones RM (Editors): Plant Resources of South-East Asia No.4. Forages Pudoc- DLO, Wageningen, The Netherlands pp: 211-213.
- Tinoco A. C. A., F. A. Rodríguez M., J. A. Sandoval R., S. Barrón F., A. Palafox C., V. A. Esqueda E., M. Sierra M., J. Romero M. (2002). Manual de producción de maíz para los estados de Veracruz y Tabasco. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico Núm. 9. Veracruz México. 113 p.
- Thomas R.J. (1995). Requerimientos de *rhizobium*, fijación de nitrógeno y reciclaje de nutrientes en *Arachis* forrajero. En: Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT, Cali, Colombia. 227 p.
- Treto E.N.P., Fundora A.O., Casanova L.A., Funes F. (1997). Algunos resultados del proyecto SANE-Cuba (1995-1997) En: III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Universidad de Las Villas. Cuba: p5-81.
- Van Soest J.P. (1994). Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N. Y. U. S. A. 476 p.



- Van Straalen W.M., Tamminga S. (1990). Protein degradation of ruminant diest. In: WISEMAN COLE, D. J. A. (Eds.). Feedstuff evaluation. London: Butterworths. p 55 -72.
- Van Wieren S.E. (2000). Digestibility and voluntary intake of roughages by wild boar and Meishan pigs. Anim Sci J 71: 149–156.
- Von Braun, J. 2005. The world food situation: An overview. Elaborado para la Reunión General del CGIAR, Marrakech, Marruecos, 6 de diciembre de 2005.
- Wallace R.J., Broderick G.A., Brammal M.L. (1987). Protein degradation by ruminal microorganisms from sheep fed dietary supplements of urea, casein, or albumin. Appl. Environ. Microbial, 53, 751-753.
- Williams R.J., Reid R., Schultze-Kraft R., Sousa Costa N.M., Thomas B.D. (1984). Natural distribution of *Stylosanthes*. En: Stace H. M.y Edye L. A. (eds). The biology any agronomy of *Stylosanthes*. Academic Press, Sydney. Australia p 73-102.
- Williams M.J., Chambliss C.G., Brolmann J.B. (1995). Dry matter partitioning in a true vs. facultative annual forage legume. Agronomy Journal 87:1216-1220.
- Whiteman P.C., Seithheko M., Siregar M.E. (1983). Comparative Flooding Tolerance of Tropical Pasture Legumes Proceed. XV International Grassland Congress. Kentucky USA: 393-395.
- Zhou B., Guo Z., Liu Z. (2005). Effects of abscisic acid on antioxidant systems of *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Sw. under chilling stress. Crop Science 45, 599–605.

**CAPITULO II.- RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE LA BIOMASA DE MAÍZ (*Zea mays L.*) y *STYLOSANTHES* (*Stylosanthes guianensis* (Aubl) Sw.) CON Y SIN FERTILIZACIÓN NITROGENADA.**

**2.1.- INTRODUCCIÓN**

En Tabasco, México la producción de ganado bovino es de gran importancia y su alimentación se basa principalmente en el consumo de pastos y forrajes bajo pastoreo extensivo, sistema en el que el suministro de pasto depende de la distribución de las lluvias a lo largo del año. En las épocas de secas o de lluvias excesivas existe una marcada escasez de este alimento (Lascano y Avila 1991; González, 1992; Decaens *et al.*, 1994; Van Soest 1994), por ello existe la necesidad de buscar cultivos que puedan abastecer la demanda de alimentos sobre todo en épocas de escasas (Holmann *et al.*, 2004; Araya y Boschini, 2005) así como la implementación de sistemas agropecuarios productivos y eficientes; tal es el caso de los cultivos mixtos que son una opción para producir mayor cantidad de biomasa y un mejor balance, por el uso más eficiente de los recursos disponibles (Anil *et al.*, 1998; Jeranyama *et al.*, 2000). El maíz (*Zea mays L.*) es un cultivo estratégico por su adaptabilidad y uso en la alimentación humana y animal, es una excelente opción forrajera por sus características productivas, ésta gramínea tiene rendimientos que varían en el orden de 8 a 10 t ha<sup>-1</sup> de materia seca por ciclo (Fuentes *et al.*, 2000; Weiss, 2004). Los cultivos mixtos de gramíneas y leguminosas son de gran importancia ya que son razonablemente sustentables, incrementan la fertilidad del suelo y presentan una estrategia importante para incrementar la nutrición animal (Contrera-Govea *et al.*, 2008). La leguminosa *S. guianensis* presenta contenidos de proteína entre los 12 al 20%, y de 52 al 60% de digestibilidad de la materia seca (Consoli *et al.*, 1996; Meléndez, 2012). Es eficiente en la extracción de fósforo, puede establecerse y mantener su productividad por más de cuatro años en suelos arenosos, tolerando bajas temperaturas y prolongados períodos de sequía (Ciotti *et al.*, 1999). Se ha caracterizado por poseer vigoroso hábito de crecimiento y

habilidades para enraizar, es muy utilizada en la agricultura tropical y subtropical como banco de proteína, abono verde, y fundamentalmente como cultivo forrajero en asociaciones con gramíneas (Lovato y Martins, 1997). Se ha introducido en varios países con excelentes resultados y ha sido seleccionada como cultivar promisorio para desarrollar la ganadería en suelos ácidos y poco fértiles (Keoboualapheth y Mikled, 2003). Algunas especies de esta leguminosa, pueden ser utilizadas como una alternativa para el control biológico de la garrapata del ganado, la secreción de sustancias por los tricomas glandulares de tallos y hojas viscosas, repelen a las larvas de garrapata, evitando así que éstas asciendan a las partes altas de las plantas durante la etapa de encuentro garrapata-hospedero (Fernández, 2003; Olivera, 2004; Canchila *et al.*, 2011).

*Stylosanthes guianensis* es una leguminosa aún, no muy conocida, pero en un estudio realizado por Ciotti *et al.*, (2003) encontraron que en comparación con otras especies evaluadas ésta tuvo mejores resultados con contenidos de proteína de 15.5%, fibra de 21.6%, contenido de P de 0.26% y digestibilidad de 69.88% de materia seca.

## **2.2.- OBJETIVOS**

### **Estimar en cultivo mixto en franja y relevo:**

- ≈ El rendimiento de la biomasa aérea de *S. guianensis* con y sin fertilización nitrogenada.
- ≈ El valor nutritivo de la biomasa aérea de *S. guianensis* con y sin fertilización nitrogenada.

## **2.3.- HIPOTESIS**

- ≈ Con fertilización NPK, *S. guianensis* presenta rendimientos más altos en el cultivo mixto en relevo.
- ≈ Con fertilización NPK, *S. guianensis* mejora su calidad nutritiva.

## **2.4.- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.4.1.- Localización geográfica**

El trabajo de campo se realizó en el lote D6 del campo experimental del Colegio de Postgraduados del Campus Tabasco, con ubicación geográfica 18° 01´ latitud norte y 93° 03´ longitud oeste, “km-21 de la carretera federal Cárdenas-Coatzacoalcos”. El clima es tropical (cálido-húmedo) con lluvias en verano (García, 1988), con una temperatura media anual de 26.7° C y mínima de 23° C, la precipitación y evaporación anual es de 2240.3 y 1400 mm respectivamente; el suelo es un Vertisol (Palma *et al.*, 2007).

### **2.4.2.- Recolección de muestras de suelo**

Previo a la siembra se preparó el suelo con un arado y dos rastreos cruzados. Para estimar la fertilidad edáfica se tomaron 15 submuestras por una muestra compuesta de suelo a 30 cm de profundidad, al inicio y al final del estudio y considerando solo las parcelas en estudio con fertilización distinta, se utilizó una barrena tipo holandesa, recipientes amplios y bolsas, con el fin de homogenizar y separar las muestras (Doran y Parkin, 1996), que fueron llevadas al Laboratorio

de Análisis Químicos de Suelos, Aguas y Plantas (LASPA) del Campus Tabasco, para su preparación (secado y molienda), determinándose: pH (1:2.5 agua), materia orgánica del suelo (MOS) (por el método de Walkley y Black), nitrógeno total (Micro Kjeldahl), P disponible (método Olsen), capacidad de intercambio catiónico (acetato de amonio 1.0 M, pH 7.0) y bases intercambiables (con extracción de acetato de amonio 1.0 M; el sodio (Na) y el potasio (K) se cuantificaron por espectrometría de emisión de flama y el calcio (Ca) y magnesio (Mg) por espectrometría de absorción atómica), nitrógeno inorgánico (Ni) a través del NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (extracción con KCL 2N por FIAS), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (con extracción con KCl 2N por FIAS con columna de reducción de Cd), según los métodos químicos para el diagnóstico nutrimental de suelos (NOM-021-RECNAT-2000).

#### **2.4.3.- Establecimiento del Estudio: siembra del cultivo mixto (en franjas y relevo)**

El maíz (*Z. mays*) de la variedad VS 536 y el *S. guianensis* se establecieron en el año 2012, durante el ciclo de temporal, en el mes de mayo, en un suelo Vertisol (Palma *et al.*, 2007), la preparación del terreno consistió en un paso de arado y a los siete días se dieron dos pasos de rastra de forma cruzada para desmoronar los terrones.

Posteriormente se efectuó la siembra de maíz-leguminosa para combinarlas en el sistema mixto de franjas y en relevo; A partir de los siete días después de la germinación se aplicó el fertilizante correspondiente (T1: 100-60-60 N-P-K en franja, T2: 00-60-60 P-K en franja, T3: 100-60-60 N-P-K en relevo, T4: 00-60-60 P-K en relevo) a cada cultivo con el objetivo de lograr un mayor rendimiento de forraje y mejorar su valor nutritivo.

#### **2.4.4.- Método de siembra del cultivo**

La siembra del maíz VS-536, se realizó de forma mecánica a una distancia entre surcos de 90 cm y 20 cm entre plantas, el tamaño de la parcela útil fue de 33 x

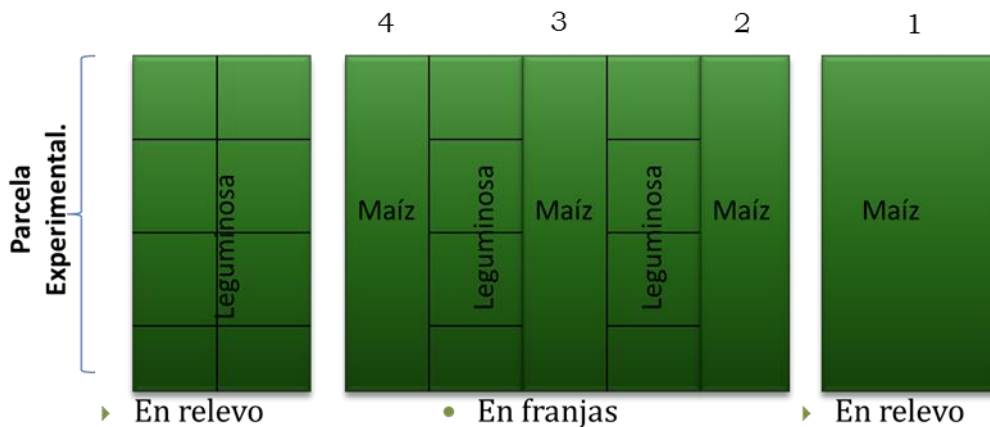
60 m. El *S. guianensis* solo, se sembró de forma manual al chorrillo a una distancia entre surco de 45 cm. Se consideraron 16 parcelas (ocho parcelas en franjas y ocho en relevos) de 9 x 15 m, cada una.

### 2.4.5.- Diseño Experimental

Se utilizó un arreglo factorial de 2 x 2 alojado en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones cada una (Figura 1). Los factores evaluados fueron: tipo de siembra (Cultivo mixto en franjas y relevo), y dosis de fertilización, con dos niveles cada uno: siembra en franja y siembra en relevo; dosis 00-60-60 y dosis 100-60-60, respectivamente. Se realizó el análisis de varianza del experimento factorial y para las variables en las que se detectaron efectos significativos de los tratamientos se realizó la comparación múltiple de media con pruebas de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Tratamientos:

- ≈ T1: *S. guianensis* en franja con dosis 100-60-60 (N-P-K).
- ≈ T2: *S. guianensis* en franja con dosis 00-60-60(P-K).
- ≈ T3: *S. guianensis* en relevo 100-60-60 (N-P-K).
- ≈ T4: *S. guianensis* en relevo 00-60-60 (P-K).



Al maíz se le aplicó una dosis de fertilización de 100-40-60 (N-P-K), y fue manejado de acuerdo a las recomendaciones generales hechas por Rivera *et al.* (2009). El maíz proporciono sombreado a la leguminosa *S. guianensis*,

pretendiendo ver así su comportamiento en rendimiento (kg de MS ha<sup>-1</sup>). A los resultados obtenidos en las parcelas del maíz se les realizó una estadística descriptiva, ya que no les fueron aplicados tratamientos específicos como tal, aunque el maíz fue el factor que le provocó la condición de sombra (en franjas) a la leguminosa *S. guianensis*, uno de los motivos por lo cual fue colocado de esa forma, y así poder conocer el comportamiento en crecimiento y calidad de *S. guianensis* bajo dos condiciones (franja y relevo).

#### **2.4.6.- Control de malezas y plagas**

Las malezas que se presentaron en la leguminosa *S. guianensis* se eliminaron de forma manual durante un mes aproximadamente mientras cerraba la leguminosa. Cuando el maíz tenía alrededor de 30 cm y las arvenses menos de 10 cm, se aplicó el herbicida selectivo Gesaprim calibre 90 (atrazina) de igual forma se aplicó solo una vez Cipermetrina para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

#### **2.4.7.- Muestreo de plantas de los cultivo de maíz y *S. guianensis***

Una vez que las parcelas estaban establecidas, se seleccionaron aleatoriamente 32 plantas de maíz a las cuales se les dio seguimiento en sus etapas fenológicas cada semana, en las que se registró el crecimiento y desarrollo durante todo el ciclo (desde la germinación a la aparición del grano). De cada planta se registró la altura, diámetro (a 30 cm), altura de mazorca; en etapa de elote éstos se cortaron para estimar su peso fresco y seco (t ha<sup>-1</sup>), pero solo 12 de las 32 plantas escogidas al azar se tomaron para hacer los análisis correspondientes. En la leguminosa se tomó aleatoriamente un área de 1.35 m<sup>2</sup> de *S. guianensis* (3 x 0.45 m) en cada parcela, con el fin de conocer la calidad nutricional de la leguminosa, así como el rendimiento de ella (t ha<sup>-1</sup>). Las muestras tanto de maíz (tallos y hojas) como de *S. guianensis* (tallos y hojas) se cosecharon a los 80 días, las cuales fueron pesadas en fresco y secadas en una estufa a 60°C, hasta que las muestras llegaran a un peso constante. Para conocer la calidad del forraje se

molieron las muestras en un molino “Willey” con una criba de 2 mm de diámetro, determinando los análisis bromatológicos de materia seca (MS), proteína, cenizas (AOAC, 2001), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991). Los análisis se realizaron en los laboratorios de Análisis químicos de suelos, aguas y plantas (LASPA) y el laboratorio animal del Campus Tabasco del Colegio de Postgraduados.



## 2.5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.5.1.- Rendimientos de la materia seca (MS) del maíz

El rendimiento de forraje obtenido con una densidad de población de 55,500 plantas ha<sup>-1</sup> en materia verde fue, de 84.04 t ha<sup>-1</sup> y 22.98 t ha<sup>-1</sup> de MS con un coeficiente de variación de 20.16% de MS (Figura 2); Estos rendimientos de materia verde y seca superan los reportados por Sánchez *et al.* (2011) que obtuvieron rendimientos de 57 t ha<sup>-1</sup> de materia verde con una densidad de población de 83,333 plantas ha<sup>-1</sup>. Núñez *et al.* (2001) y Montemayor-Trejo *et al.* (2012) tuvieron rendimientos con riego de 22 t ha<sup>-1</sup> MS y 22.36 t ha<sup>-1</sup> MS respectivamente. Los resultados obtenidos en este trabajo pueden atribuirse a la densidad de siembra, la dosis aplicada y al manejo, aunado a un buen ciclo. El maíz es una muy buena opción forrajera dado que tiene un excelente rendimiento por unidad de área (Fuentes *et al.*, 2000; Quirós y Marín, 2003; Weiss, 2004). Wang-Yeong *et al.*, (1995) reportaron desde 40 a 95 t ha<sup>-1</sup> rendimiento de biomasa por unidad de área e indican que los rendimientos del maíz forrajero son altamente dependiente de la radiación solar, días con horas luz altas, favorecen la actividad fotosintética y la acumulación de biomasa (Strieder *et al.*, 2008). La densidad óptima en maíz para rendimiento de forraje depende del genotipo, la fertilidad y el manejo agronómico del cultivo (Cano *et al.*, 2001; Subedi *et al.*, 2006).

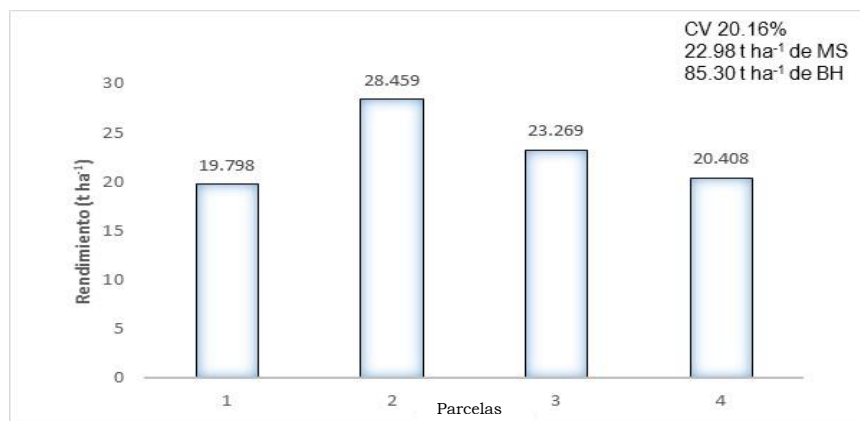


Figura 2: Producción de materia seca de Maíz (la parcela uno en franjas y las parcelas dos, tres y cuatro en relevos) en 80 días.

### 2.5.2.- Valor nutricional del maíz

Los análisis realizados para determinar la calidad nutricional del cultivo del maíz mostraron valores promedios de proteína de 9.48%, FDN 40.08%, FDA 25.91% y cenizas 13.55%, de manera individual por parcela se puede apreciar en la figura 3, Núñez *et al.*, (2004); Olague *et al.*, (2006), Flores y Sánchez, (2010) trabajando con diversas variedades de maíz encontraron valores de proteína y FDN de 8.5%, 10% y 8%, y de 40%, 54.4% y 48%, respectivamente. Olague *et al.*, (2006), Flores y Sánchez; (2010) encontraron valores de FDA de 28.56% y de 28%, respectivamente. La variedad de maíz VS-536 mostró un buen potencial forrajero, por su calidad nutricional y altos rendimientos que son dependientes principalmente de la variedad, fertilidad de suelo, edad de corte y densidad de siembra (De la Cruz *et al.*, 2009).

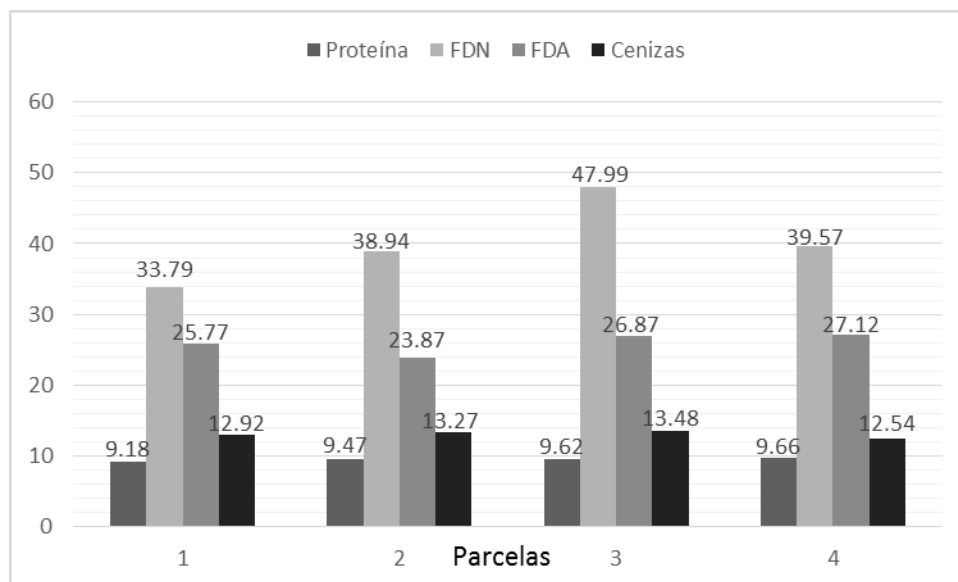


Figura 3: Resultados de las medias del valor nutritivo del maíz en dos condiciones (la parcela uno en franjas y las parcelas dos, tres y cuatro en relevos), a los 80 días de crecimiento.

### 2.5.3.- Rendimientos de la materia seca (MS) de *S. guianensis*

El rendimiento de la biomasa seca del *S. guianensis* de las parcelas en condiciones de relevo ( $6702 \text{ kg ha}^{-1}$ ), fue mayor y estadísticamente diferente ( $p < 0.05$ ) que el del cultivo mixto en franja ( $3264 \text{ kg ha}^{-1}$ ), independientemente de la dosis de fertilización aplicada (Fig. 4).

El efecto provocado por un mayor número de horas luz favoreció incremento del rendimiento ( $\text{t ha}^{-1}$ ) de la leguminosa. Estos resultados son coincidentes con los reportados por otros autores (Ludlows1980; Eriksen y Whitney, 1982) que señalan que los rendimientos del *S. guianensis* se ven reducidos por la sombra al disminuir la actividad fotosintética.

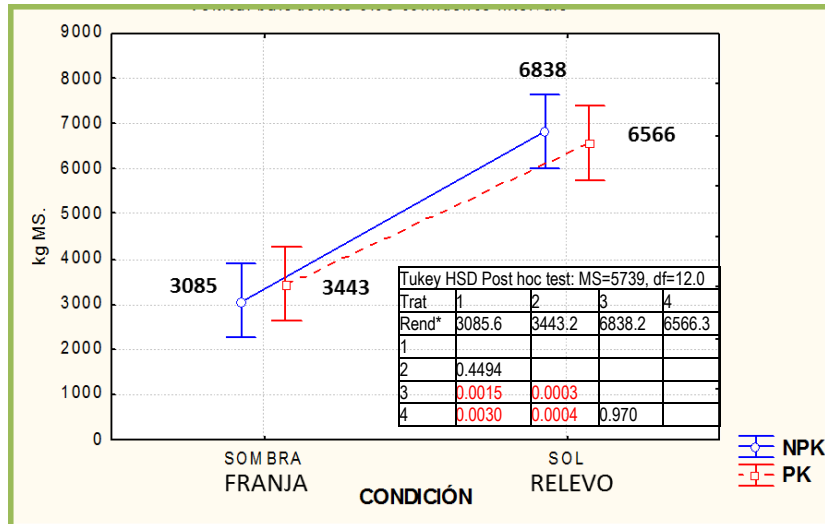


Figura 4: Rendimiento de *S. guianensis* (kg de MS ha<sup>-1</sup>) a los 80 días de crecimiento.

Cook *et al.*, (2005) reportaron rendimientos para *S. guianensis* que van de 5 a 10 tha<sup>-1</sup> de MS año<sup>-1</sup>; Tomei *et al.*, (2005) y Lagunes, (2011) encontraron rendimientos de 16,816 y 17,723 kg ha<sup>-1</sup> de MS año<sup>-1</sup>, respectivamente; Ho Thi, (2012), en el 1<sup>er</sup> año cosecharon 49.9 a 59.2 t ha<sup>-1</sup> con fertilización, en el 2<sup>do</sup> año 27.40 a 36.05 t ha<sup>-1</sup> sin fertilización. Los rendimientos de *S. guianensis* obtenidos en este trabajo sobre todo en relevo fueron altos, considerando que la duración del cultivo fue de ochenta días.

#### 2.5.4.- Calidad nutritiva del *S. guianensis*

La calidad nutricional sobre todo en los contenidos de proteína (14.72%) de la leguminosa *S. guianensis* fue mejor cuando se aplicó N-P-K con diferencias estadísticas significativas e independientemente de la condición (franja o relevo) (Figura 5), resultado que coincide con lo reportado por Osorio, (2007) quién obtuvo valores de proteína de 14.5%, FDN 49.13%, FDA 34.49% y cenizas 10.89%. Los contenidos de proteína en este experimento son inferiores a lo reportado por Lagunes (2011) y Ciotti *et al.* (2003) quienes obtuvieron 21.5% y 15.5%, respectivamente, otros trabajos (Ho Thi, 2012; Kopinski *et al.*, 2011; Kiythong *et al.*, 2002) con duración de 105 y 60 días, reportan contenidos de

proteína entre 13.06% y 19.87%. Sin embargo hace falta considerar evaluaciones a lo largo del año, para conocer la variación nutrimental de esta leguminosa en las diferentes épocas ya que puede proporcionar cantidades adecuadas a lo largo de todo un año y en épocas de seca.

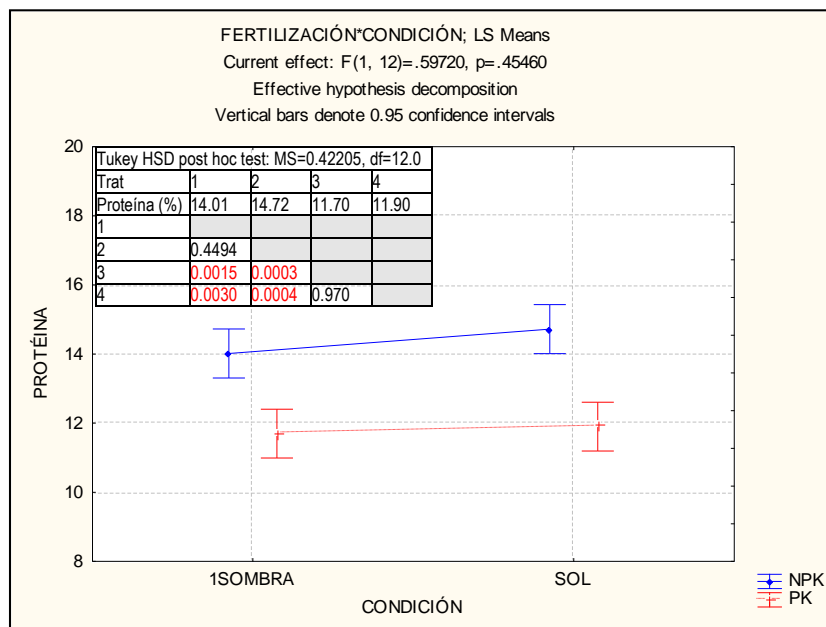


Figura 5: Valor de la Proteína con diferentes dosis de fertilización y condición.

Para FDN, FDA y cenizas no se encontraron diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos (Fig. 6), aunque si hubo interacción. Los valores de FDN encontrados en este estudio fueron menores a los obtenidos por Lagunes (2011) y Silva *et al.* (2010) 64.6% y 63.7%, respectivamente. Los de FDA se ubican en el intervalo de lo reportado por Lagunes (2011) y Tomei *et al.* (2005), los cuales oscilan entre 33.3 y 50.1%, Los porcentajes de cenizas detectados en esta investigación fueron inferiores a los reportados por Kopinski *et al.* (2008), quienes reporta valores promedio de 7.6%.

Un buen forraje es aquel que presenta valores de FDA de 25 a 32% y FDN de 40 a 56%; cuanto más bajas son la FDA y la FDN, mayor será la digestibilidad; valores altos están relacionados con altas cantidades de lignina y la madurez de los pastos (Herrera, 1999).

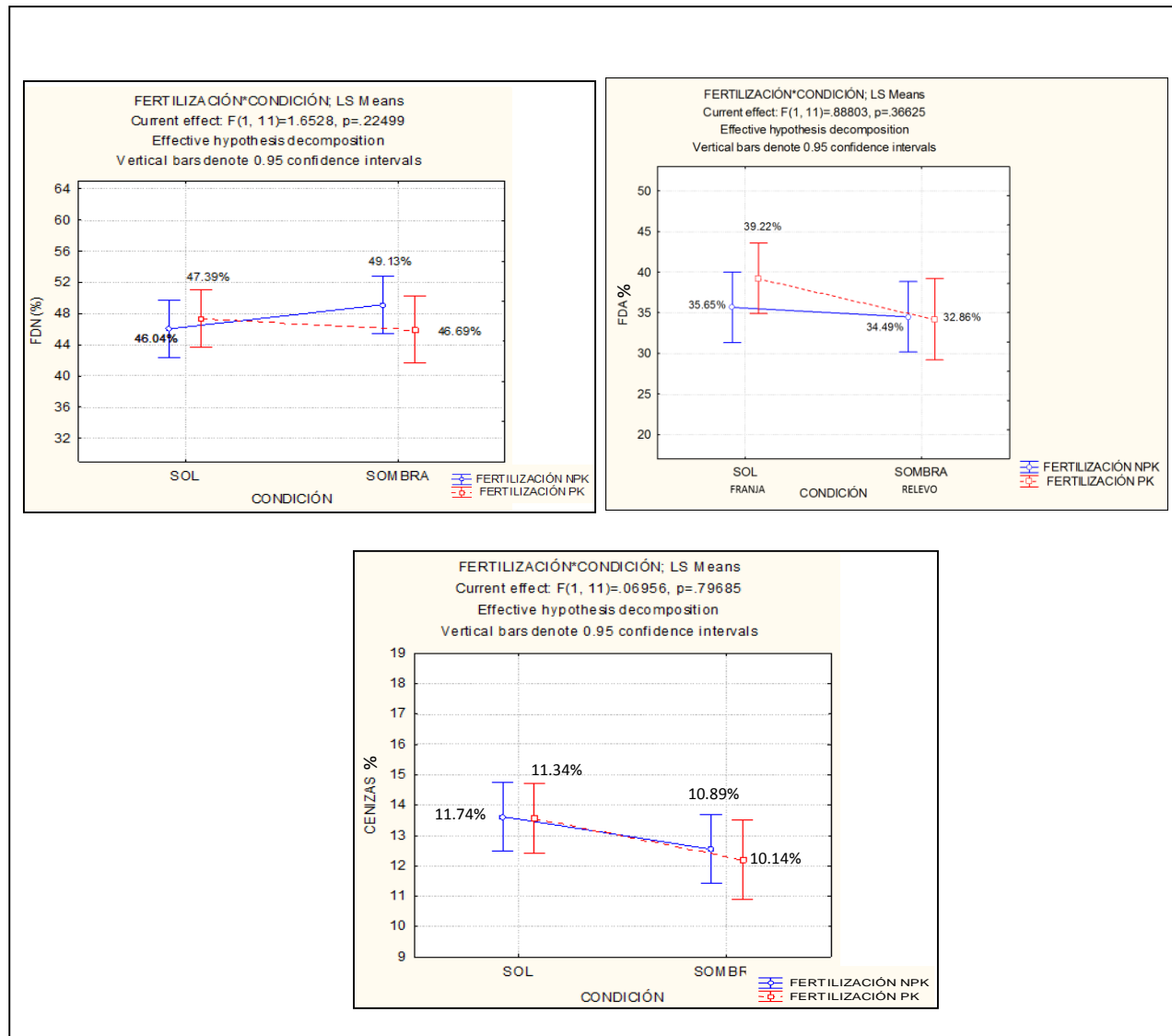


Figura 6: Valor de FDN, FDA y Cenizas con diferentes condiciones y aplicación de dosis de fertilización NPK y PK.

### 2.5.5.- Análisis del suelo

El suelo es un recurso muy importante (Hillel, 1998), por lo que es necesario darle un uso óptimo (Palma-López y Triano, 2007). Los suelos de la unidad Vertisoles son, por lo general, naturalmente ricos, con pH de ligeramente ácido a neutro, con contenidos de arcilla de alrededor de 30% al menos en los primeros 50 cm de profundidad (Palma-López et al., 2007). Su alto contenido de material fino (arcillas montmorinólicas) los hace compactos y masivos al estar secos,

adhesivos y expandibles cuando se humedecen, lo que provoca cambios estructurales como la formación de grietas en su superficie, de por lo menos un centímetro de ancho.

En el cuadro 1 se presentan las características químicas del suelo Vertisol al inicio y final del experimento. De manera general no se observaron cambios drásticos en los parámetros químicos en estudio: el pH del suelo fue moderadamente ácido (5.89-5.64) valor en el cual los cultivos estudiados prosperaron bien, el porcentaje de materia orgánica fue medio (1.5 a 2.23 %) coinciden con algunos datos reportados por Palma-López *et al.*, (2007); La CIC mostró valores medios (21.45 a 19.50 cmolc kg<sup>-1</sup>) (NOM-021-RECNAT, 2001), y en el caso de Nt se observaron valores (de bajo a medio %) y Ni de valores de medio a alto (mg kg<sup>-1</sup>) estos valores fueron mejorando de inicio al final del estudio. El P Olsen varió de 5.89 a 8.53 mg kg<sup>-1</sup> valor se encuentra en intervalos medio de acuerdo a la (NOM-021-RECNAT, 2001), estos cambios pudieron darse por el efecto de fertilización al final del estudio. Se pueden apreciar cambios notables entre el inicio y el final del estudio en MOS, P y Nt, cambios que se le pueden atribuir a la aportación de nitrógeno por la leguminosa al suelo y por la aplicación de fertilización química.

Cuadro 1: Propiedades Químicas del suelo Vertisol de 0-30 cm de profundidad al inicio y al final (PK, NPK *S. guianensis* y maíz) del estudio.

0-30		p H	CIC	COS	MOS	FOSFOR O	Nt	Ni
		Relación 1:2	(Cmol (+) kg <sup>-1</sup> )	nm	%	Ppm	%	mg kg- 1
Inicio	1	5.89	21.45	0.18 2	1.577	5.96	0.085 3	49.528
PK	2	5.64	19.99	0.20 6	1.904 9	8.53	0.119 4	11.429
NPK	3	5.66	19.50	0.21 2	2.233	6.45	0.119 4	30.479
Maíz	4	5.63	19.50	0.17 5	1.740 6	5.89	0.102 4	41.908

### **2.5.6.- Conclusión**

Los rendimientos del *S. guianensis* fueron estadísticamente ( $P < 0.05$ ) más altos en el cultivo mixto en relevo, no obstante donde se aplicó nitrógeno, se incrementó con diferencias estadísticas, la cantidad de proteína con contenidos de 14.72% y 14.01% en condición de relevo-sol y franjas-sombra, respectivamente. En FDN, FDA y cenizas no hubo diferencias estadísticas en los diferentes manejos (fertilización y relevo-sol). Los resultados del presente estudio indican que es recomendable hacer una fertilización completa con los fertilizantes mayores (N, P y K) y manejar preferentemente a la leguminosa sin efecto del sombreado.



## 2.6.- BIBLIOGRAFIA CITADA

- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). (2001). Official methods of analysis. 15th ed. Arlington V.A. USA. Association of Oficial Agricultural Chemist. 1140 p.
- Anil L., Park R., Phipps R.H., Miller F.A. (1998). Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass and Forage Science*, Vol. 53, pp. 301-317, ISSN 1365-2494.
- Araya M., Boschini C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum Purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agron Mesoam* 16(1):37-43 p.
- Canchila E. R. *et al.*, (2011). Comportamiento agronómico de siete accesiones de *Brachiaria humidicola* durante la fase de establecimiento. *Pastos y Forrajes*. 34:155 p.
- Cano O., Tosquy O.H., Sierra M., Rodríguez F.A. (2001) Fertilización y densidad de población en genotipos de maíz cultivados bajo condiciones de temporal. *Agronomía Mesoamericana* 12: 199-2003.
- Ciotti E.M., Tomei C.E., Castelán M. E. (1999). The adaptation and production of some *Stylosanthes* species in Corrientes, Argentina. *Tropical Grasslands* 33:165- 169 p.
- Ciotti E.M., Castelán M.E., Tomei C.E., Mónaco I.P., Benitez F.J. (2003). Respuesta de *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 a la fertilización con una baja dosis de fósforo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 32p.
- Ciotti E.M., Castelán M.E., Persoglia A., Tomei C.E. (2003). Valor nutritivo de *Stylosanthes spp* en dos etapas fenológicas. Facultad de Cs. Agrarias - UNNE. Sargento Cabral 2131 - (3400) Corrientes - Argentina.
- Consoli L., Vieira M.L.C., López de Souza C. Jr., Garcia A.A.F. (1996). Tissue culture effects on quantitative traits in *Stylosanthes guianensis* (Leguminosae). *Brazilian Journal of Genetics*. 19: 3, 469-474 p.

- Contreras-Govea F.E., Muck R.E., Russell J.B. (2008). *Streptococcus bovis* as a silage inoculant, a second chance. J. Dairy Sci. 91(E-Supplement 1): 31p.
- Cook B., Pengelly B., Brown S., Donnelly J., Eagles D., Franco A., Hanson J., Mullen B., Partridge I., Peters M., Schultze-Kraft R. (2005). Tropical Forages, An interactive selection tool (CD-ROM). CSIRO Sustainable Ecosystems (CSIRO), Department of Primary Industries and Fisheries (DPI&F Queensland), Centro Internacional de Agric. Tropical (CIAT) and Int. Livestock Research Inst. (ILRI).
- Chaverra G., Bernal E. (2000). Ensilaje en la alimentación de ganado vacuno. IICA. Tercer Mundo Editores. Bogotá, Colombia. p. 65-123.
- Decaens T., Lavelle P., Jiménez Jaen J.J., Escobar G., Rippstein G. (1994). Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. Eur. J. Soil Biol. 30 (4):157p.
- De la Cruz L.E., Córdova O. H., Estrada B.M.A., Mendoza P.J.D., Gomez V.A., Brito M.N.P (2009). Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 98 p.
- Doran J. W., Parkin T. B. (1996). Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In J.W. Doran and A.J. Jones, eds. Methods for Assessing Soil Quality. SSSA, Inc., Madison, Wisconsin, USA. 25 p.
- Eriksen F.I., Whitney A.S. (1982). Growth and N fixation of some tropical forage legumes as influenced by solar radiation regimes. Agron. J. 74: 703 – 709 p.
- Fuentes J., Cruz A., Castro L., Gloria G., Rodríguez S., Ortiz B. (2000). Evaluación de variedades de híbridos de maíz (*Zea mays L.*) para ensilado. En prensa en agronomía Mesoamericana.
- Fernández C.M. (2003). Manual de nodulación. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 53 p.
- Flores O.M.A., Sánchez G.R.A. (2010). Producción y calidad de forraje de cereales menores. En: Memorias del 1er Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Tuxtla Gutierrez Chiapas, del 13 al 15 de Octubre del 2010.

- García E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ta. Edic. Edit. Indianápolis. D. F. México. 246 p.
- González M.S. (1992). Selectividad y productividad de leche en pasturas de estrella (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con la leguminosa forrajera *Arachis pintoii* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Tesis Mag. Sc. Centro Agronómico Tropical y de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba Costa Rica 142 p.
- Herrera S.R. (1999). La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de ensilaje. 2° Taller nacional de especialidades del maíz. UAAAN Saltillo. Coahuila, México. 133-137 p.
- Hillel D. (1998). Environmental Soil Physics. San Diego. Academic Press. 771 p.
- Ho Thi Bich Ngoc (2012). Research plantation, stored processing and use of *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 grass meal for broiler and parent stocks of luong phuong. Agricultura Doctoral Thesis summary, 24 p.
- Holmann F., Rivas L., Argel P., Pérez E. (2004). Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria*: Centroamérica y México. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Documento de Trabajo No. 197.
- Jeranyama P.O., Hesterman B., Waddington S.R., Harwood R.R. (2000). Relay-intercropping of sunnhemp and cowpea into a smallholder maize system in Zimbabwe. *Agron. J.* 92:239–244.
- Keoboualapheth Ch., Mikled Ch. (2003). Growth performance of indigenous pigs fed with *Stylosanthes guianensis* CIAT-184 as replacement for rice bran. *Livestock Research for Rural Development.* 15:9 p.
- Kiythong K., Satjipanon C., Pholsen, P. (2002). Effect of cutting height and time on seed yield and seed quality of *Thapra Stylo* (*Stylosanthes guianensis* CIAT 184). Annual report on research finding - 2545. Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperative, Bangkok, Thailand. 98-111 p.

- Kopinski J.S., Keonouchanh S., Cox K., Stur W. (2008) Nutritive value for pigs of the forage legume *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 (Stylo). L4PP. Final Project Workshop The use of forage legumes to improve village pig production in Lao PDR Luang Prabang, December.
- Lagunes R.S.A. (2011). Evaluación productiva y de calidad de leguminosas tropicales en el estado de Puebla. Tesis presentada en opción al título de Maestro Tecnológico. Puebla, Puebla 88 p.
- Lascano C.E., Avila P. (1991). Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. *Pasturas Tropicales* 13(3):2-10.
- Lovato M.B., Martins P.S. (1997). Genetic variability in salt tolerance during germination of *Stylosanthes humilis* H.B.K. and association between salt tolerance and isozymes. *Brazilian Journal of Genetics*. 20:435.
- Ludlows M.M. (1980). Stress physiology of tropical pasture plants. *Trop. Grasslands*. 14(3):136-145 p.
- Meléndez N.F. (2012). Principales Forrajes para el Trópico. Primera edición. Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca. 459-468 p.
- Montemayor-Trejo J. A., Lara-Míreles J.L., Woo-Reza J. L.s, Munguía-López Juan, Rivera-González M., Trucíos-Caciano R. (2012). Forage Maize (*Zea Mays L.*) Production In Three Irrigation Systems In The Comarca Lagunera Of Coahuila And Durango, México. *Agrociencia*, Volumen 46, Número 3 278 p.
- NOM-021-RECNAT-2001. (2001). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Primera versión corregida. Diario Oficial de la Federación. México, D. F.
- Núñez H.G., Faz C.R., Tovar G.R., Zavala G.A. (2001) Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Téc. Pecu. Mex.* 39(2): 77-88 p.

- Núñez H.G., Contreras G.F., Faz C.R. (2004). Producción, composición química y digestibilidad *in vitro* de híbridos de maíz de origen tropical y templado en la región árida de México. Revista de Investigación, Difusión Científica y Agropecuaria. AIA. 8 (1): 63-72 p.
- Olague R.J., Montemayor T.J.A., Bravo S.S.R., Fortis H.M., Aldaco N.R.A., Ruíz C.E. (2006). Características agronómicas y calidad de maíz forrajero con riego sub-superficial. Tec. Pecu. Méx. 44(3): 351-357 p.
- Olivera Yuseika (2004). Evaluación y selección inicial de accesiones de *Brachiaria* spp para suelos ácidos. Tesis presentada en opción al título de Mastér en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 105 p.
- Osorio G. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas B.P.A. y Buenas prácticas de Manufacturas B.P.M. En la producción de caña y panela corpoica MANA-Gobernación de Antioquia, FAO. CTP. Print Ltda. Colombia 199 p.
- Palma-López D.J., Triano S. A. (2007). Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. Vol. II. Ed. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 180 p.
- Palma-López D.J., Cisneros D.J., Moreno C.E., Rincón-Ramírez J.A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Instituto del Trópico Húmedo, Colegio de Postgraduados, Fundación Produce Tabasco A.C. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Quirós A., Marín D. (2003). Rendimiento en granos y eficiencia de una asociación maíz (*Zea mays*) y quinchoncho (*Cajanus cajan*) con o sin fertilización. Bioagro 15(2):121-128.
- Rivera H.B., Carrillo A.E., Obrador O.J.J., Juárez L. J.F., Aceves N. L.A., García L.E. (2009). Soil moisture tension and phosphate fertilization on yield components of A-7573 sweet corn (*Zea mays* L.) hybrid, in Campeche, Mexico. Agricultural water management 96:1285-1292.

- Sánchez H.M.Á., Aguilar M.C.U., Valenzuela J.N., Sánchez H.C., Jiménez R.M.C., Villanueva V.C. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agron. Mesoam.* vol.22, n.1 pp. 281- 295.
- Silva P.V., De Almeida Q.F., Morgado D.S.E., Rodrigues L.M., Marques D.S.T., Torres V.H. (2010). *In situ* caecal degradation of roughages in horses. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39, 349-355 p.
- Strieder L.M., Ferreira S.P.R., Rambo L., Sangoi L., Alves S.A., Endrigo P.C., Batista J.D. (2008). Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. *Scientia Agricola* (Piracicaba, Braz.) 65(4):346-353.
- Subedi K.D., Ma B.L., Smith D.L. (2006). Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Science* 46:1860 - 1869.
- Tomei C.E., Brito M.N., Hack C.M., Castelan M.E., Ciotti E.M. (2005). Efecto del agregado de fosforo sobre el rendimiento de *Stylosanthes guianensis* CV CIAT 184. *INTA, Argentina* 34, 19-27 p.
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non - starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.
- Van Soest J.P. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N. Y. U. S. A. 476 p.
- Wang-Yeong C.H., Lee-Mian L., Cheng W., Wang Y.C., Lee M., Cheng W. (1995). Effect of planting density and nitrogen application rates on growth characteristics, grass yield and quality of forage maize. *Journal of Taiwan Livestock Research* 28(2): 125-132.
- Weiss W.P. (2004). Silage for dairy cattle. IN: *Curso de Nutrición de Ganado Lechero*. Balsa, Atenas. Costa Rica. 1-10p.

## **CAPITULO III.- EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE (*Stylosanthes guianensis* (Aubl) Sw.) EN EL VALOR NUTRITIVO DEL SILO DE MAÍZ.**

### **3.1.- INTRODUCCIÓN**

En el Estado de Tabasco, la alimentación de los bovinos se basa en el uso de pastos, principalmente gramíneas, a través de una ganadería extensiva, como la principal fuente de alimentación (Cáceres *et al.*, 2006; Ojeda *et al.*, 2006). Sin embargo, la producción de los pastos es estacional, en la época de sequía y cuando se presentan inundaciones escasea la pastura y los animales generalmente pierden peso y en algunos casos mueren (Kass *et al.*, 1995). Esta situación ha llevado gradualmente a los ganaderos al uso del silo de especies forrajeras, principalmente gramíneas. El ensilaje es una técnica de conservación de forraje que se logra por medio de una fermentación láctica (ácida) espontánea en condiciones anaerobias (De La Roza, 2005), en la que se conservan los nutrientes del material vegetal original (pasto, maíz, etc) para el animal. Mientras más natural se encuentre el forraje es mínima la pérdida de materia seca y menos perjudicial para el animal (Betancourt y Caraballo, 2005). Es una alternativa de conservación de alimentos de gran importancia para las épocas de escasez de forraje (Caraballo *et al.*, 2007).

El trópico de México cuenta con aproximadamente 50 millones de hectáreas, de las cuales se estima que 13% se encuentra cubierta con pastos cultivados y el 26% con pastos nativos, para un total de 19.6 millones de hectáreas dedicadas a la ganadería. Existen diferentes gramíneas y leguminosas en México, que representan una alternativa para mejorar la alimentación del ganado. Su manejo ha involucrado de manera empírica un proceso dinámico de selección antrópica, y se han conservado aquellas plantas que mejor se adaptan a condiciones ambientales; en el caso de las leguminosas básicamente por ser mejoradoras del suelo y por ser seleccionadas por los animales por su palatabilidad. Aunado a lo anterior, los cultivos mixtos de gramíneas y leguminosas han mostrado resultados eficientes, ya que a través de esa técnica hay un aporte importante

de nutrientes al suelo y se aumenta el aporte de proteína al sistema ruminal y sobre todo, se genera un sistema espacio-temporal sustentable (Contrera-Govea *et al.*, 2008). La leguminosa *S. guianensis* tiene contenidos de proteína en un rango de 12 al 18.1% (Sukkasem *et al.*, 2002); en hojas puede alcanzar hasta 20% (Meléndez, 2012; Huy *et al.*, 2000), y de 52 al 60% de digestibilidad de la materia seca (Meléndez, 2012). Por otra parte; el maíz, como planta forrajera, es considerado como una excelente opción por su rendimiento, ya que se pueden obtener de 8 a 10 t de materia (MS) por hectárea; además, de que el uso del grano para alimentos balanceados se incrementó de 5.9 millones de toneladas en 1994 y de 6.6 millones de toneladas en el 2000 (Cámara Nacional del Maíz Industrializado, 2001). Su contenido de carbohidratos es altamente fermentable, lo que permite producir ensilajes de muy buena calidad (Weiss, 2004), además de reunir características muy importantes como alto valor nutritivo, alto contenido de azúcares y mayor rendimiento por unidad de área (Peñagaricano *et al.*, 1986).

La inclusión de *S. guianensis* en el ensilado de maíz es una alternativa para mejorar la calidad del ensilado (Somarribas, 2007). Su consumo por el ganado contribuye al aumento de proteínas a nivel del rumen, lo que mejora el aprovechamiento del alimento por parte del animal (Contrera- Govea *et al.*, 2008). Además, la leguminosa aporta grandes beneficios al suelo (Higuera *et al.*, 2003; Nicolás *et al.*, 1999) y se considera de bajo costo (Santos *et al.*, 2009). Las tierras de pastoreo de manera general cubren una gran parte del estado, pero raramente proporcionan forraje de buena calidad y de cantidades adecuadas a lo largo de todo el año como para mantener animales altamente productivos, por ello la necesidad de seguir produciendo silos buscando que sean cada día de mejor calidad y sobre todo de bajo costo.



### **3.2.- OBJETIVO**

- ≈ Estudiar el efecto de la inclusión de niveles de (*Stylosanthes guianensis* (Aubl) Sw.) en el valor nutritivo del silo de maíz.

### **3.3.- HIPOTESIS**

- ≈ La inclusión de la leguminosa *S. guianensis* en el ensilaje de maíz mejora su valor nutritivo.

### **3.4.- MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.4.1.- Localización geográfica**

El trabajo de campo se realizó en el lote D6 del campo experimental del Campus Tabasco, con ubicación geográfica 18° 01´ latitud norte y 93° 03´ longitud oeste, “km-21 de la carretera federal Cárdenas-Coatzacoalcos”. El clima es tropical (cálido-húmedo) con lluvias en verano (García, 1988), con una temperatura media anual de 26.7° C y mínima de 23° C; La precipitación y evaporación anual son de 2240.3 y 1400 mm respectivamente; el suelo es un Vertisol (Palma *et al.*, 2007).

#### **3.4.2.- Establecimiento del Estudio: siembra del cultivo mixto (en franjas y relevo)**

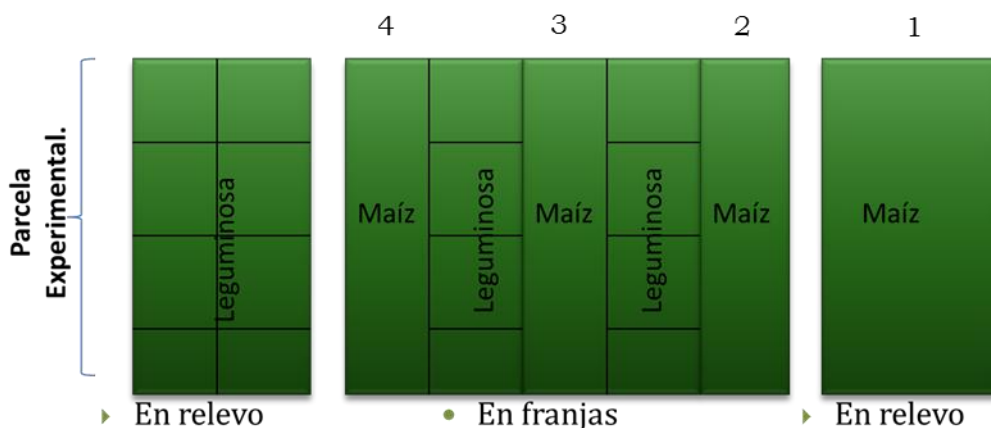
El maíz (*Zea mays L.*) de la variedad VS 536 y el *S. guianensis* se establecieron en el año 2012, durante el ciclo de temporal, al inicio del mes de mayo, en un suelo Vertisol (Palma *et al.*, 2007); La preparación del suelo consistió de un paso de arado y dos pasos de rastra de forma cruzada para desmoronar los terrones.

Posteriormente se sembraron el maíz y la leguminosa para combinarlas en el sistema mixto de franjas y en relevo, a partir de los siete días después de la germinación se aplicó el fertilizante correspondiente a cada cultivo: al *S. guianensis* en condición de franjas y relevos (dosis 00-60-60 y dosis 100-60-60,

respectivamente), al maíz (dosis de 100-40-60); con el objetivo de lograr un mayor rendimiento de forraje y mejorar su valor nutritivo.

### 3.4.3.- Método de siembra del cultivo

La siembra del maíz se realizó de forma mecánica a una distancia entre surcos de 90 cm con 20 cm entre plantas. El tamaño de la parcela útil fue 33 x 60 m. El *S. guianensis* se sembró de forma manual al chorrillo a una distancia entre surco de 45 cm. Se consideraron 16 parcelas de 9 x 15 m, cada una.



### 3.4.4.- Colecta de muestras del cultivo y cosecha del forraje

En el mes de Julio del 2012 se colectó todo el material verde de las parcelas estudiadas. El maíz se cosechó en la etapa de grano lechoso-masoso; el forraje se picó en trozos de 2 cm utilizando una picadora unida al tractor que cortó las plantas al ras del suelo y las subió al remolque; En la leguminosa *S. guianensis* la colecta se realizó de forma manual al machete al ras del suelo, la cual se picaron en un molino tipo *chetumal*.

### 3.4.5.- Elaboración del ensilado

El maíz y el *S. guianensis* (gramíneas y leguminosas) fueron cosechados, picados y pesados en campo; En el laboratorio se estimó la materia seca (AOAC, 2001). El forraje ya picado se depositó en bolsas en las que se aplicaron diferentes cantidades de maíz y *S. guianensis* con base en su materia seca de acuerdo a los

tratamientos evaluados (T1: 100% Maíz, T2: 75% Maíz y 25% *S. guianensis* T3: 50% Maíz y 50% *S. guianensis*, T4: 25% Maíz y 75% *S. guianensis*), elaboración de silos y la MS del *S. guianensis* con tres repeticiones cada uno. Se procedió a apisonarlo bien a modo de que no quedara aire en su interior.

Todos los silos fueron de 50 kg cada uno; se realizó el apisonado o compactado del silo para extraer todo el oxígeno y evitar la entrada de aire; ya que las células de las plantas después de ser cortadas siguen respirando y produciendo CO<sub>2</sub>, lo que sin la extracción correcta del oxígeno provoca descomposición y la presencia de hongos, levaduras y bacterias perjudiciales para los silos (Bravo, 2008).

Los silos se dejaron en reposo durante 30 días, pero durante todo este tiempo se revisaron para que ninguna bolsa fuera adulterada, picada por aves o roídas por ratas, lo que puede cambiar el estado del ensilaje por la entrada del aire al mismo. Tampoco se utilizaron aditivos para proporcionar así un alimento lo más natural posible. Después de ese tiempo se tomaron muestras de los silos para la determinación de los análisis químicos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA); estas determinaciones se realizaron según la técnica de Van Soest *et al.*, (1991). Las cenizas fueron cuantificadas por el método de incineración en seco (AOAC, 2001), que representa el contenido de minerales totales o material inorgánico en la muestra. El contenido de proteína se determinó con la técnica de Kjeldahl usando el factor N x 6.25 (AOAC, 2001).

#### **3.4.6.- Degradación “*in situ*”**

La determinación de la degradación “*in situ*” ruminal se hizo mediante la técnica propuesta por Mehrez y Orskov, (1977), con bolsas de polyseda (20 x 10 cm) que fueron introducidas en animales fistulados de dos años de edad de 450 kg de peso vivo (Orskov *et al.*, 1980).

Se midieron un total 48 bolsitas (24 de materia seca de silos y 24 de materia seca de *S. guianensis* sin ensilar); que fueron introducidas en animales fistulados con un tiempo de incubación de 24 h. Estas bolsas de polyseda, se pesaron por

triplicado (3 repeticiones de cada tratamiento), conteniendo 5 g de muestra de forraje seco, que consistió en forraje de los silos de maíz con diferentes inclusiones del *S. guianensis* y forraje de *S. guianensis* sin ensilar, las cuales fueron depositadas en el rumen del animal. Ya una vez extraídas, se lavaron manualmente hasta que el agua quedó clara y transparente.

Después del lavado se introdujeron en una estufa con circulación de aire a 60°C durante 48 h pasado este tiempo se pesaron para poder conocer su peso actual determinando así las diferencias entre el peso inicial de la muestra y el peso final de cada bolsita, con el fin de determinar la materia seca degradada a nivel rumen.

### 3.5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.5.1.- Valor nutricional del maíz con diversos niveles de inclusión de *S. guianensis*

La inclusión de *S. guianensis* en el maíz forrajero mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ , Figura 1); a medida que se incrementó el contenido de la leguminosa *S. guianensis*, aumentaron estadísticamente los contenidos de proteína (T1: 9.35%, T2: 9.62%, T3: 9.9% y T4: 12.77%), estos resultados son positivos para la alimentación animal ya que al aportar inclusiones de *S. guianensis* al maíz, aumentó el contenido de proteína; Además, de aportar un mejor aprovechamiento por una mejor relación energía - proteína., esencial para los requerimientos a nivel ruminal. Los valores obtenidos en algunos casos fueron superiores a los reportados por Chaverra y Bernal, (2000). Jiménez *et al.*, (2005) y Castillo *et al.*, (2009) en asociación de maíz y canavalia (8,7%), de maíz-forraje (6,9%) y de maíz-vigna (9.7%), también encontraron aumentos en el contenido de FDA (T1: 32.08%, T2: 30.05%, T3: 36.55%, T4: 37.81%) y FDN (T1: 34.59%, T2: 33.8%, T3: 40.49%, T4: 43.06%). Al respecto, Herrera, (1999) indica que un forraje de calidad es aquel que presenta valores de FDA de 25 a 32% y de FDN de 40 a 53%. Los valores obtenidos en el presente estudio fueron buenos, ya que se encuentran en este rango; Además, de que estos silos presentaron mejor degradación a nivel ruminal. También son mayores que los reportados por Sandoval, (2007); Castillo *et al.*, (2009) de una asociación entre maíz y mucuna (*M. pruriens*) reportan valores desde 59,2% y 45,5%, y de entre 53% y 30,5% para FDN y FDA respectivamente. Fernández, (2002), señala que a mayor porcentaje de FDN hay mayor retención del alimento a nivel ruminal y menor aprovechamiento, ya que provoca un efecto de llenado físico a nivel del rumen. En cenizas los resultados por tratamientos fueron (T1: 9.01%, T2:9.09%, T3:8.63% y T4:9.69%).

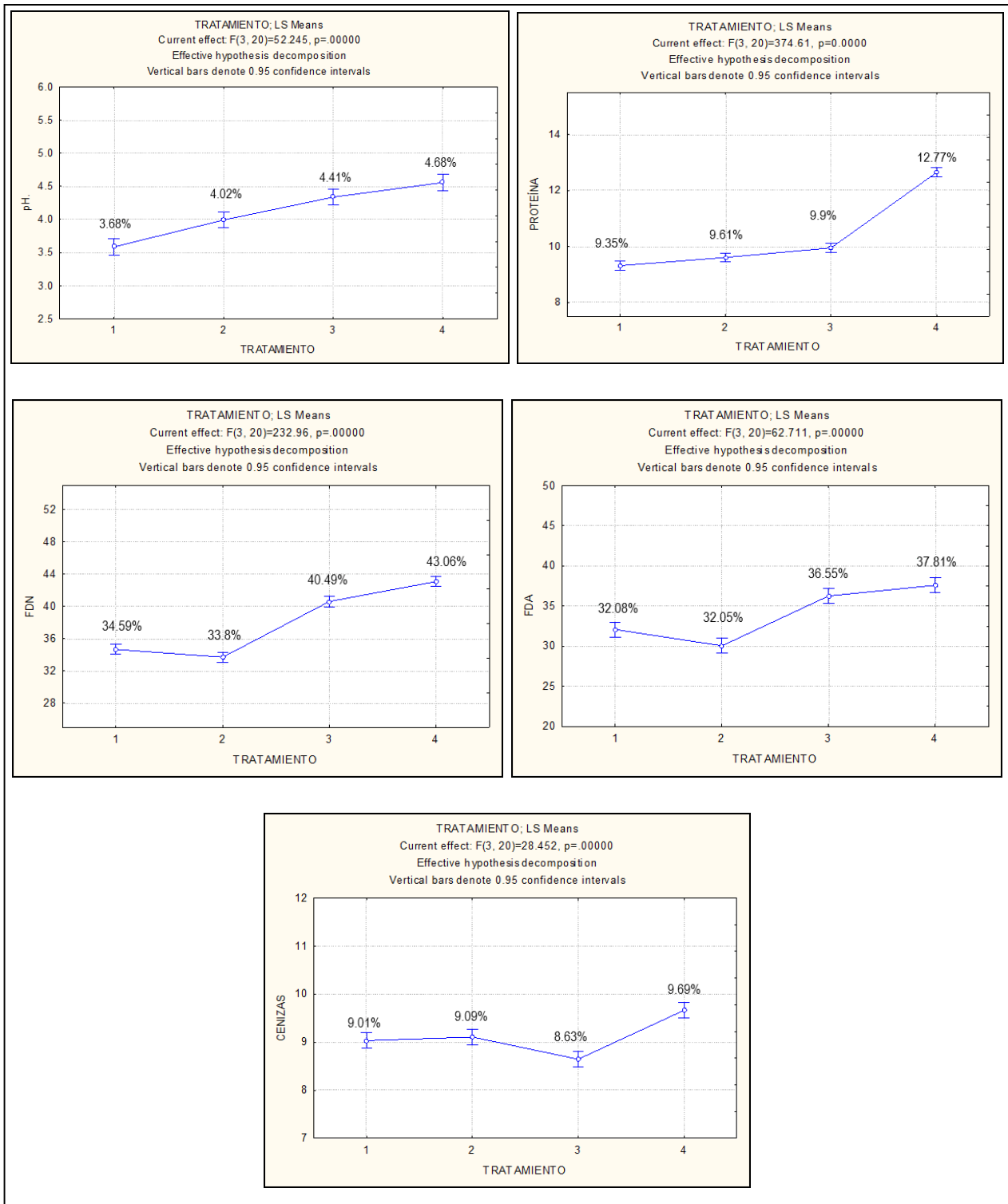


Figura 1: Calidad nutricional en las diferentes inclusiones de niveles de *Stylosanthes guianensis* en el valor nutritivo del silo de maíz (T1: 100% Maíz, T2: 75% Maíz y 25% *S. guianensis* T3: 50% Maíz y 50% *S. guianensis*, T4: 25% Maíz y 75% *S. guianensis*).

Betancourt y Caraballo (2005), recomiendan que todo aquel ensilaje de buena calidad es aquel que cuenta con un pH de 4.0, con sabor y olor agradable; el de mala calidad tiene un pH de 5.5, con sabor no aceptado por el ganado y olor pútrido, fecal o avinagrado. Muck, (1988) concluyó que los valores adecuados de pH para un ensilaje van de 3.9 a 4.2. Mientras menor sean las partículas del forraje menor será el valor del pH. El valor de pH aumentó conforme los niveles de inclusión de la leguminosa *S. guianensis* (T1:3.68%, T2:4.02%, T3:4.41% y T4:4.68%), pero en ningún caso se rebasaron los valores para ensilaje de mala calidad; el olor fue agradable en todos los tratamientos. Los contenidos de proteína, FDN y FDA fueron mejorando conforme los niveles de inclusión de la leguminosa. En ambos casos la inclusión de la leguminosa *S. guianensis* influyó en los resultados obtenidos, lo que permite dar a este tipo de alimentación la capacidad de garantizar exigencias nutritivas de los animales para su mantenimiento, crecimiento y reproducción.

### **3.5.3.- Degradación de la materia seca (MS) de los silos**

Los resultados obtenidos de todos los tratamientos en la degradación “*in situ*” de la materia seca de los silos mostraron efectos significativos ( $p \leq 0,05$ ), así como buena degradación del material en el rumen. La combinación de ambos forrajes (maíz- *S. guianensis*) mejoró de alguna manera la calidad del maíz forrajero, aunque el porcentaje de inclusión al 25% del *S. guianensis* (Tratamiento 2) produjo significativamente mejores resultados en la degradación de la materia seca en el rumen quizás por la cantidad de energía aportada por el maíz, que el 75% *S. guianensis*, seguido de 50% *S. guianensis* y al final 100% maíz (Figura 2). La calidad de los forrajes depende de diferentes factores, los cuales condicionan la capacidad de degradación a nivel ruminal (Van Straalen y Tamminga, 1990).

Los valores de degradabilidad de la materia seca (Figura 2) no tuvieron un comportamiento similar en todos los materiales vegetales y oscilaron desde 52.40 hasta 60.06 %, resultados que están entre el intervalo de muy buenos ya que

presentan una buena degradación ruminal del forraje. Kamalati *et al.*, (1992), Wilson y Hatfield (1997), indican que los forrajes, que tienen paredes celulares que se degradan más rápidamente pueden dar como resultado una mayor digestión ruminal y pasaje (mejor tránsito del alimento), lo que permite al animal consumir mayor cantidad de alimentos.

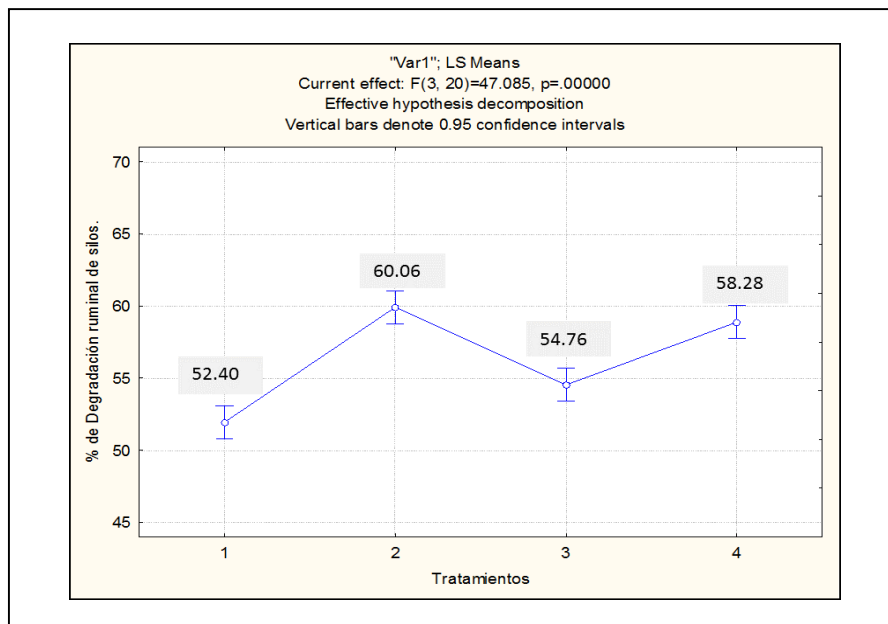


Figura 2: Degradación ruminal de la MS de cuatro tratamientos de ensilado de maíz con diferentes inclusiones del *Stylosanthes guianensis* (T1: 100% Maíz, T2: 75% Maíz y 25% *S. guianensis* T3: 50% Maíz y 50% *S. guianensis*, T4: 25% Maíz y 75% *S. guianensis*).

### 3.5.4.- Degradación de la materia seca (MS) del *S. guianensis* sin ensilar

En la figura 3, aunque no hubo diferencias significativas, se puede apreciar cómo la degradación de MS a las 24 h de la leguminosa *Stylosanthes guianensis* sin ensilar y con la fertilización P y K, fue la que mostró un valor más alto (62.97%), si bien es cierto en esta parcela los rendimientos fueron los más bajos por estar bajo el efecto de sombreado y no por la aplicación de nitrógeno, ya que de manera



general, las leguminosas tiene la capacidad de fijar nitrógeno al suelo (Ochoa, 2011; Pizarro, 2010; Sánchez-Yáñez, 2010). La degradación obtenida en los tratamientos considerados en el presente estudio (T1: 54.68%; T2: 62.97%, T3: 54% y T4: 55.09%), son similares a lo reportado por Aina *et al*; (2002) en *Stylosanthes hamata* quienes obtuvieron un 59.1%; también son similares a los encontrados por Chamorro *et al*; (2005) donde *Stylosanthes scabra* presentó valores de degradación de 70,4% y 65,1% pero a las 72 h. La leguminosa *Stylosanthes guianensis* tiene tan buena degradación a nivel rumen que los ecotipos mencionados.

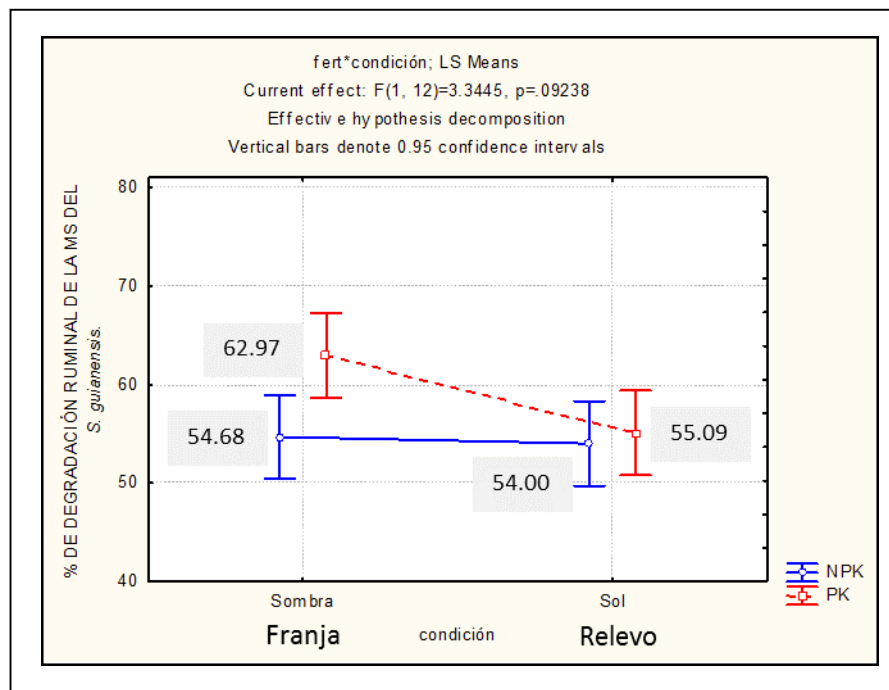


Figura 3: Degradación ruminal de la MS de la leguminosa *S. guianensis* sin ensilar, forraje con diferente fertilización y condición (T1: 100-60-60 N-P-K en franja, T2: 00-60-60 P-K en franja, T3: 100-60-60 N-P-K en relevo, T4: 00-60-60 P-K en relevo).

### **3.5.5.- Conclusión**

La inclusión de la leguminosa *Stylosanthes guianensis* en el silo mejoró la calidad del maíz ensilado en cuanto al de proteínas, cenizas, FDN y FDA. En el tratamiento dos con 75% maíz y 25% de la leguminosa se encontraron valores significativamente mayores en la degradación del ensilado, dentro de los rangos establecidos para un buen silo. Sin embargo, la combinación de ambos forrajes aportan un porcentaje bueno de calidad nutritiva al animal, también presenta una alta degradación de la materia seca.

### 3.6.- BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). (2001). Official methods of analysis. 15th ed. Arlington V.A. USA. Association of Official Agricultural Chemist. 1140 p.
- Aina A.B.J., Oluwasanmi O.R., Oyesanya N.K., Farinde A.O., Akanbi O.E., Fadipe T.A., Sowand O.S. (2002). Comparative rumen degradability of forages, agricultural by-products and baobab bark in sheep. Dept. of Animal Production and Health. Univ. of Agriculture. P.M.B. 2240, Abeokuta. Ogun State. Nigeria. Arch. Zootec. 53: 321-324 p.
- Betancourt M., Caraballo A. (2005). Henificación y ensilaje: aspectos operativos y tecnológicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Zulia. Manual de Ganadería doble propósito.
- Bravo Q. F. (2008). Manejo, conservación y utilización del ensilaje de maíz forrajero. Instituto de Investigación y capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del estado de México, ICAMEX. Primera edición.
- Cáceres O. F., Ojeda E., González J., Arece L., Simón L., Lameda M., Milera, J., Iglesias M., Esperanc I., Montejo., Soca M. (2006). Valor nutritivo de los principales recursos forrajeros en el trópico. En Recursos Forrajeros Herbáceas y arbóreos. Editorial Universitaria. Estación Experimental de pastos y forrajes Indio Hatuey y Universidad de San Carlos de Guatemala. 459 p.
- Cámara Nacional del Maíz Industrializado (2001). En México, 16 de octubre de 2001.
- Caraballo A., Betancourt M., Florio J. (2007). Efecto de la melaza, estado fisiológico del pasto y tamaño del material cosechado sobre el ensilado de pasto guinea (*Panicum maximum*, Jacq.). Ciencia, mar, vol.15, no.1, p.35-46.
- Castillo J. M., Rojas B. A., WingChing J. R. (2009). Valor nutritivo de ensilaje de maíz cultivado en asocio con Vigna (*Vigna radiata*). Facultad de Ciencias

- Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica, San José. Centro de Investigación y Nutrición animal, p 33 (1): 133-146.
- Chamorro D., Evangelista C.J., Cuesta P. (2005). Degradación microbiana *in situ* de tejidos foliares de gramíneas y leguminosas y su relación con indicadores de calidad nutricional. REVISTA CORPOICA VOL 6 N°1. 100-116 p.
- Chaverra G., Bernal E. (2000). Ensilaje en la alimentación de ganado vacuno. IICA. Tercer Mundo Editores. Bogotá, Colombia. p. 65-123.
- Contrera-Govea F., Muck R., Armstrong K., Albrecht K. (2008). Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. Animal Feed Science and Technology. doi:10.1016/j. anifeedsci.2008.07.001.
- Contreras-Govea F.E., Muck R.E., Russell J. B. (2008). *Streptococcus bovis* as a silage inoculant, a second chance. J. Dairy Sci. 91(E-Supplement 1):31.
- De la Roza B. (2005). El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de Alimentación Animal. Laboratorio de Mouriscade. Lalín (Pontevedra), p. 1-20.
- Fernández M. A. (2002). Manejo y calidad de la dieta. La Mañana. Suplemento INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.
- García E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ta. Edic. Edit. Indianápolis. D. F. México. 246 p.
- Herrera S. R. (1999). La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de ensilaje. 2° Taller nacional de especialidades del maíz. UAAAN Saltillo. Coahuila, México. 133-137 p.
- Higuera A., Fontalvo J., Niño L., Sánchez J., Delgado A., Villalobos R., Montiel M. (2003). Crecimiento de *Macrophomina phaseolina* o *Fusarium oxysporum* en medios de cultivo de harina de semillas de frijol *Vigna unguiculata* (L.) Walp., frijol chino (*Vigna radiata* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). Ciencia. Maracaibo, Venezuela 11(1):14-21.

- Huy L.K., An L.V., Ly N.T.H., Phoung D.T., Toan N.H., (2000). Leguminous forages as a protein source for livestock animals in upland farming systems. SEAFRED, Forages for smallholders Project.
- Jiménez P., Cortés H., Ortiz S. (2005). Rendimiento forrajero y calidad del ensilaje de canavalia en monocultivo y asociada con maíz. Acta Agronómica 54(2). Universidad Nacional de Colombia ISSN: 0120-2812 Colombia.
- Kamalati P., Teller E., Vanbette M., Collingnon G., Foulon M. (1992). In situ of organic matter, crude protein and cell wall of various tree forages. Anim. Prod. 55:29.
- Kass M., Pezo D., Romero F., Benavides J. (1995). Las leguminosas arbóreas como suplemento proteico para rumiantes. Curso “Leguminosas forrajeras arbóreas en la ganadería doble propósito”. Programa de leguminosas forrajeras arbóreas. La Villa del Rosario, Venezuela.
- Mehrez A. A., Orskov E.R. (1977). A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. journal Agricultural Science, Cambridge 88:645-650.
- Meléndez N. F. (2012). Principales Forrajes para el Trópico. Primera edición. Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca. 459-468 p.
- Muck R. (1988). Factors influencing silage quality and their implication for management. Journal of Animal Science 71:2992-3002.
- Nicolás N., Uribe S., López E., Camacho R., Turrent A. (1999). Sistema maíz-leguminosa- frijol y la fertilización mineral en terrazas de muro vivo. Agronomía Mesoamericana 10(2):59-67.
- Ochoa O.E. (2011). Implementación de un banco mixto de forraje proteico en un sistema de producción de ganadería Brahman puro. Corporación Universitaria Lasallista Ciencias Administrativas y Agropecuarias Industrias Pecuarias Caldas – Antioquia. 68 p.
- Ojeda F.M., Esperance M., Rodríguez O., Caceres (2006). Conservación de pasto y forrajes en zonas Tropicales. En Recursos Forrajeros Herbáceas y

- arbóreos. Editorial Universitaria. Estación Experimental de pastos y forrajes Indio Hatuey y Universidad de San Carlos de Guatemala. 459p.
- Orskov E.R., Hovell D., Mould F. (1980). The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.*, 5: 195-213
- Palma-López D. J., Cisneros Domínguez. J., Moreno Cáliz E., Rincón-Ramírez J.A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Instituto del Trópico Húmedo, Colegio de Postgraduados, Fundación Produce Tabasco A.C. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Peñagaricano J., Arias W., Llana N. (1986). Ensilaje: manejo y utilización de las reservas forrajeras Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay 345pp.
- Pizarro E.A. (2010). Important forage grasses, legumes and shrub legumes for tropical zones of Latin America. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/> (24 Febrero 2010).
- Sánchez-Yañez J.M. (2010). Inoculación de leguminosas con *Rhizobium*. Instituto de Investigaciones Químico Biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos16/rhizobium/rhizobium.shtml> (10 de Abril de 2010).
- Sandoval B. (2007). Características agronómicas y nutricionales de asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales. Tesis de maestría. Puerto Rico. 102 p.
- Santos M.V., Gomez A.G., Perez M., Perea J.M., Fernandez G.M., Garcia A., Ferreira R.L.C. (2009). Composição química de silagens obtidas em microsilos encobertos por plástico confeccionados com diferentes produtos- Resultados preliminares. XVIII Congreso de Zootecnia, UTAD-Vila Real Portugal, p. 462-465.
- Somarribas M. (2007). Efecto de diferentes densidades de maíz y diferentes agotamientos del agua disponible en el suelo sobre la producción de

forraje de maíz asociado con mucuna. Tesis de maestría. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 90 p.

Sukkasem P., Mungmecchai S., Bruakaew P., (2002). Effect of cutting interval and height on yield and chemical composition of *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 in Ban Thon Soil series. Research Project No. 44(1)-0514-018. Annual report 2002. Animal Nutrition Division, Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand, 59-73 p.

Van Straalen W.M., Tamminga S. (1990). Protein degradation of ruminant diest. In: WISEMAN COLE, D. J. A. (Eds.). Feedstuff evaluation. London: Butterworths. p 55 -72.

Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non – starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.

Weiss W. P. (2004). Silage for dairy cattle. IN: Curso de Nutrición de Ganado Lechero. Balsa, Atenas. Costa Rica. 1-10p.

Wilson J.R., Hatfield R.D. (1997). Structural and chemical changes of cell wall types during stem development: Consequences for fibre degradation by rumen microflora. *Aust. J. Agric. Res.* 48:165.