

**DENSIDAD Y ALTURA DE CORTE Y SU EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO Y
PERSISTENCIA DE UBON STYLO (*Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* x var.
pauciflora) EN UN OXISOL DE PUERTO RICO**

Por

Jorge Luis Olivares López

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

MAESTRO EN CIENCIAS

En

AGRONOMÍA

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ**

2009

Aprobado por:

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

Fecha

Julia O'Hallorans, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

James Beaver, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

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

Fecha

Anand D. Sharma, Ph.D.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Miguel A. Muñoz, Ph.D.
Director de Departamento

Fecha

Resumen

Información sobre el comportamiento de Ubon Stylo (*Stylosanthes guianensis*; var. *vulgaris* x var. *pauciflora*), (95 por ciento de germinación) durante el período de establecimiento es limitante en Puerto Rico. Se evaluó los efectos de cuatro niveles (5, 10, 15, 20 kg ha⁻¹) de semilla de Ubon Stylo sobre densidad de plantas emergidas por m², vigor (mediciones de altura cada tres semanas), rendimiento de materia seca (MS; kg ha⁻¹) y composición botánica (porcentaje de Ubon Stylo y malezas) en corte a los 98-d después de siembra (DDS). Se calibró una sembradora de tracción mecánica (Brillion) para cada nivel de siembra de Ubon Stylo. Se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre niveles de semilla sobre la densidad de plantas emergidas. Al incrementar los niveles de siembra de 5 a 20 kg ha⁻¹ la densidad poblacional emergida de Ubon Stylo se incrementó significativamente de 18 a 89 plantas por m². Además, no se encontró interacción significativa ($p > 0.05$) entre los niveles de semilla x semana sobre altura de la planta. Se observó un incremento cuadrático y logarítmico en altura al incrementarse el nivel de semilla. Se observó alturas de plantas superiores a los 80-cm entre los niveles de 10 a 20 kg ha⁻¹. Los niveles de semilla también tuvieron un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre rendimiento de MS y su composición botánica. Un incremento del 47 por ciento (2,900 kg ha⁻¹) se observó al aumentar el nivel de semilla de 5 a 10 kg ha⁻¹. La proporción de Ubon Stylo para los niveles de semilla de 10, 15, y 20 kg ha⁻¹ fueron de 84, 84 y 87 por ciento, respectivamente. La proporción de Ubon Stylo en el nivel de 5 kg ha⁻¹ fue la más baja con un 61 por ciento. En conclusión, el nivel de semilla de 10 kg ha⁻¹ de Ubon Stylo provee una densidad poblacional de 42 plantas por m², alturas de sobre 80-cm, composición de sobre 84 por ciento de Ubon Stylo la cual supera los 6,000 kg ha⁻¹ de MS a los 98 DDS.

Después de la fase de establecimiento, se estudió el efecto interactivo de los cuatro niveles de semilla de Ubon Stylo, tres alturas de corte y cuatro cosechas, sobre el rendimiento de materia seca (MS) y proteína bruta (PB). Los cuatro niveles de semilla correspondían al primer estudio (5, 10, 15 y 20 kg ha⁻¹) como la parcela principal, combinado con tres alturas de corte (10, 15 y 20 cm) como las sub-parcelas y cuatro cortes de rebrote cada 90-d como la sub-sub-parcela. El análisis demuestra que las diferencias en rendimiento de MS, obtenidos por influencia del factor principal altura de corte; así como las interacciones de densidad x altura de corte x cosecha, densidad x altura de corte, o altura de corte x cosecha no son significativas ($p > 0.05$). Se demuestra que las diferencias en rendimiento de MS, obtenido por efecto principal de densidad de siembra y de la interacción entre densidad x cosecha, son significativos, observándose los mayores rendimientos de MS con la densidad de 15 kg ha⁻¹ en la cosecha de junio (13,000 kg ha⁻¹). Se observó una tendencia ($p = 0.0630$) entre densidades y una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre periodos de cosecha sobre rendimiento de MS. Mayores rendimientos de MS fueron para las densidades 10 y 15 kg ha⁻¹. Rendimientos de MS en junio fueron superiores a los de marzo y diciembre, 47 por ciento y 32 por ciento respectivamente. No se encontró un efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de proteína bruta, promediando un 13 por ciento. Se concluye de este estudio que la altura de corte de Ubon Stylo debe estar entre 10-20 cm, y también se confirma que un nivel de semilla de 10 kg ha⁻¹ es la óptima para un buen rendimiento de MS. Además, los altos rendimientos en la época de verano indican que los días de rebrote se pueden acortar y así mejorar la concentración de PB.

Abstract

Information on the performance of Ubon Stylo (*Stylosanthes guianensis*; var. *vulgaris* x var. *pauciflora*), (95 percent of germination) during the establishment period is limited in Puerto Rico. The effect of four seeding rates (5, 10, 15, 20 kg ha⁻¹) of Ubon Stylo on seedling emergence per m², vigor (height every three weeks), dry matter yield (DM; kg ha⁻¹) and botanical composition (percent of Ubon Stylo and weeds) when harvested at 98 day after sowing (DAS) was evaluated. Seeding rates was achieved with a calibrated Brillion seeder. There were significant differences (p<0.05) between seeding rates on seedling emergence. There was an increase in seedling emergence 18 to 89 plants per m² as seeding rates increased from 5 to 20 kg ha⁻¹. There was no interaction between seeding rate x time of measurement (p>0.05) on plant height. A quadratic and logarithmic increase in plant height was observed with increasing seeding rates. Plant heights were greater than 80-cm for the 10 to 20 kg ha⁻¹ seeding rates. Seeding rates also had an effect on DM yield and botanical composition. An increase of 47 percent (2,900 kg ha⁻¹) was observed when the seeding rate increased from 5 to 10 kg ha⁻¹. The proportion of Ubon Stylo in the samples from the 10, 15, and 20 kg ha⁻¹ seeding rates were 84, 84 and 87 percent, respectively. The lowest proportion (61 percent) of Ubon Stylo was observed at the lowest seeding rate (5 kg ha⁻¹). In conclusion, a seeding rate of 10 kg ha⁻¹ of Ubon Stylo provides suitable plant populations (42 plants per m²), adequate plant heights ≥ 80-cm, and 84 percent composition of Ubon Stylo which surpassed the 6,000 kg of DM yield at 98 DAS.

After the establishment phase, DM yield and crude protein (CP) effects were evaluated for four seeding rates, three cutting heights (10, 15, and 20-cm), and four harvests. Four seeding rates were the main plots, and cutting heights were the sub-plots.

Ubon Stylo at 90 day regrowth was harvested four times during the year (harvest times were the sub-sub-plots). The analysis shows that the differences in the DM yield, obtained by influence of the mean effect of cutting height were not significant, moreover, these differences in DM yield were not significant to the interactive effects of seeding rate x cutting height x time of harvest, nor a seeding rate x cutting height, or cutting height x time of harvest interaction ($p>0.05$). There was, however, a significant interaction ($p<0.05$) between seeding rate x harvests time. A higher DM yield for the June harvest (13,000 kg ha⁻¹) at the 15 kg ha⁻¹ seeding rate was observed. There were seeding rate main effects ($p=0.0630$) and time of harvest effects ($p<0.05$) on DM. The highest DM yields were observed for the 10 and 15 kg ha⁻¹ seeding rates. Yields of DM in June were greater than those of March and December, 47 percent and 32 percent, respectively. There were no significant treatment effects on crude protein, averaging 13 percent. In conclusion, Ubon Stylo cutting height can range from 10 to 20-cm. This study also found that the 10 kg ha⁻¹ seeding rate resulted in the highest DM yield. In addition, the high DM yields observed during the summer months suggest that the harvest periods can be shortened during the summer season to improve crude protein concentration.

Dedicatoria

Mis padres

Luis Felipe Olivares

y

María Margarita López.

En memoria.

Agradecimientos

- Doy gracias a Dios, por la salud y la vida que me ha dado durante todo mi tiempo, porque sin estos privilegios, nada de estos logros serían posibles.
- Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, por darme la oportunidad de continuar mis estudios.
- Quiero agradecer al Ing. Octavio Menocal, por brindarme su confianza y servir de enlace entre el INTA y la UPRM, para realizar mis estudios.
- Agradezco al Dr. Elide Valencia, por su dedicación en mi aprendizaje en el contexto de la investigación, por sus buenos aportes científicos y críticas constructivas en el desarrollo de esta investigación.
- Al Dr. Abner Rodríguez Carías, por ser parte integrante de mi comité de evaluación y por su dedicación en la revisión de este documento.
- Dra. Julia O'Hallorans, por sus valiosos aportes en la revisión del documento y miembro de mi comité de evaluación.
- Mis agradecimientos al Dr. James Beaver, por su colaboración en esta investigación y revisión de este escrito como parte de mi comité.
- A Luz M. Serrato, por su apoyo moral.
- Mis reconocimientos al personal de la Sub-Estación Experimental de Isabela, quienes contribuyeron mucho en este experimento en la fase de campo.
- Al Departamento de Agronomía y Suelos de la UPRM, por sus facilidades y gestiones realizadas.
- A TSTAR “Improving the productivity of warm season legumes”, por el financiamiento de esta investigación.

Tabla de contenido

Resumen	ii
Abstract.....	iv
Dedicatoria.....	vi
Agradecimientos.....	vii
Tabla de contenido.....	viii
Lista de cuadros	x
Lista de figuras	xi
Lista de abreviaturas	xii
Revisión de literatura.....	1
Introducción.....	1
Generalidades sobre las leguminosas	3
Uso de las leguminosas	5
Cultivos de cobertura.....	5
Bancos de proteína.....	6
Beneficios de las leguminosas en praderas asociadas	8
Fijación biológica del nitrógeno	8
Aumento en la producción de biomasa vegetal	9
Protección y mejoramiento de la fertilidad de suelos degradados.....	10
Importancia del estilosantes para alimento de rumiantes	12
Incremento de la productividad animal	12
Uso potencial de estilosantes en países del trópico	13
Efecto de herbicidas sobre control de malezas	14
Efecto de la fertilización fosfórica sobre el rendimiento de materia seca	16
Efecto de momento de corte y densidad poblacional sobre el rendimiento de materia seca	18
Experimento 1	20
Efecto de niveles de siembra de semilla de Ubon Stylo (<i>Stylosanthes guianensis</i>) sobre la densidad poblacional y rendimiento de materia seca	20
Introducción.....	20
Materiales y Métodos	21
Localización del experimento.....	21
Preparación del terreno de siembra	22
Establecimiento y diseño experimental utilizado	22
Variables.....	24
Análisis estadístico	25
Resultados y Discusión.....	27
Efecto de densidad de siembra sobre el número de plántulas emergidas de Ubon Stylo y malezas por m ²	27
Efecto de la densidad de siembra de Ubon Stylo sobre la altura de crecimiento de la planta	29
Efecto de densidad de siembra de Ubon Stylo sobre el Rendimiento de materia seca (MS) y Composición botánica	31
Conclusiones.....	36
Implicaciones.....	36
Experimento 2	37

Efecto de diferentes niveles de semilla de siembra y altura de corte sobre el rendimiento de materia seca y contenido proteico de rebrote del cv Ubon Stylo	37
Introducción	37
Materiales y Métodos	38
Establecimiento del experimento y diseño utilizado	38
Análisis estadístico	40
Contenido proteico	42
Resultados y discusión	43
Efecto de la interacción de los factores densidad de siembra por altura de corte por cosecha sobre el contenido de proteína de Ubon Stylo 2008.	51
Conclusiones.....	53
Implicaciones.....	53
Literatura citada.....	54
Listado de Apéndices.....	61

Lista de cuadros

- Cuadro 1. Efecto de densidad de siembra de Ubon Stylo sobre el promedio de plántulas emergidas por m² a 21-d de establecido en un Oxisol, Isabela, P. R., 2007.....28
- Cuadro 2. Efecto de densidades de siembra de Ubon Stylo, sobre el rendimiento de materia seca en cosecha de catorce semanas en un Oxisol, Isabela, P.R., 2007.....32
- Cuadro 3. Efecto de interacción densidad de siembra por cosecha sobre el rendimiento de materia seca total de Ubon Stylo en cuatro cosechas de rebrote cada 13 semanas en Isabela, P.R., 2007-2008.47

Lista de figuras

Figura 1. Precipitación promedio mensual en (mm) de los últimos 20 años y la precipitación promedio mensual del año 2007 ocurridos en la sub-estación experimental de Isabela PR.....	23
Figura 2. Efecto de las densidades de siembra de Ubon Stylo, sobre el crecimiento de las plántulas en función de las semanas, Isabela, P.R., 2007.....	30
Figura 3. Efecto de las densidades de siembra de Ubon Stylo, sobre la altura de plantas alcanzada a los 98-d en un Oxisol, Isabela, P.R., 2007.	31
Figura 4. Efecto de densidad de siembra de Ubon Stylo, sobre el rendimiento de materia seca en un Oxisol, Isabela P.R., 2007.	33
Figura 5. Efecto de las densidades de siembra de cv. Ubon Stylo, sobre la proporción de especies en la composición botánica en un oxisol, Isabela P.R., 2007.	35
Figura 6. Precipitación promedio mensual en (mm) ocurridos durante el desarrollo del experimento en la sub-estación experimental de Isabela, P.R., 2008.	39
Figura 7. Efecto de la interacción densidad de siembra por cosecha de Ubon Stylo sobre el rendimiento de MS en un Oxisol Isabela, P.R., 2008.....	45
Figura 8. Efecto de cosecha sobre el rendimiento promedio de MS de Ubon Stylo, en cuatro cosechas de rebrote cada 13 semanas en Isabela, P.R., 2007-2008.	49
Figura 9. Efecto de densidad de siembra sobre el rendimiento de materia seca de Ubon Stylo en cuatro cosechas de rebrote cada 13 semanas en Isabela, P.R., 2007-2008.	51

Lista de abreviaturas

Calcio	Ca
Centímetros	cm
Centro Internacional de Agricultura Tropical	CIAT
Crude protein	CP
Cultivar	cv.
Day after sowing	DAS
Días	d
Días después de siembra	DDS
Dry matter	DM
Ejemplo	i.e.
Gramos	g
Ingrediente activo por hectárea	ia/ha
Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria	INTA
Kilogramos por hectárea	kg ha ⁻¹
Materia seca	MS
Metros sobre el nivel del mar	msnm
Milímetros	mm
Mililitros	mls
Nitrógeno	N
Potasio	K
Proteína bruta	PB
Fósforo	P
Rendimiento de materia seca	RMS
Toneladas por hectárea	t/ha
Universidad de Puerto Rico, Mayagüez	UPRM
Variedad	var.

© *Jorge Luis Olivares López, 2009*

Todos los derechos reservados

Revisión de literatura

Introducción

El *Stylosanthes*, es un género de la subtribu *Stylosanthinae*, tribu *Aeschynomeneae*, sub-familia *Papilionoideae*, familia *Fabaceae*. Tiene 25 géneros y aproximadamente 475 especies en la tribu *Aeschynomeneae* (Pizarro et al., 1995).

La historia del género *Stylosanthes* tiene su inicio en 1696 en Jamaica, cuando Sir Hans Sloane describió una planta con algunas características que aparentemente correspondían a ese género (Mohlenbrock, 1958). Como producto de múltiples reconocimientos de esta planta en los diferentes ambientes, se documenta que está distribuida entre los 23 °N y 27 °S (Williams et al., 1984).

El estilosantes común [*Stylosanthes guianensis* var. *guianensis* (Aubl.) Sw.], es una leguminosa con potencial para uso en suelos ácidos (i.e. Oxisoles y Ultisoles), (Vélez-Santiago et al., 1981; Arnold., 1988; Pizarro et al., 1995 y Arias-Pedraza et al., 1998), pero es susceptible al antracnosis, una enfermedad causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc., (Edye and Cameron 1984; Grof et al., 2001). “Ubon Stylo” es un cultivar nuevo que ha demostrado resistencia a la antracnosis en Brasil y Tailandia (Pizarro et al., 1995; Phaikaew and Hare, 1998; Grof et al., 2001 y Zhou et al., 2005). Es un híbrido (cruce de var. *vulgaris* x var. *pauciflora*), (Pizarro et al., 1995), proveniente de la mezcla de las líneas (GC1463, GC 1480, GC 1517) las cuales son producto de la selección de plantas realizada en las Filipinas de la población de híbridos de CIAT 11833 y la GC 1579 de CIAT 2340 (Hare, 2006). La variedad *vulgaris*, es una especie productiva bien adaptada a condiciones secas, pero susceptible a la antracnosis. En cambio la variedad *pauciflora* es una especie con atributos de la *vulgaris* en cuanto a productividad, pero mostrando resistencia a esa enfermedad (CIAT, 1992).

Ubon Stylo está ampliamente difundida en Centro, Sur y Norteamérica, Asia y Australia (Guodao et al., 2004; Pathak et al., 2004; Rao et al., 2004) lo que demuestra su adaptabilidad a diferentes ecosistemas (Grof et al., 2001). Se adapta a suelos ácidos y alcalinos (pH 4 a 8.3) e infértiles y períodos de sequías (6 a 7 meses), (Pizarro et al., 1995). Las temperaturas óptimas de crecimiento oscilan entre 23 a 27 °C, pudiendo establecerse en elevaciones de hasta 2000 msnm (metros sobre el nivel del mar) (Phaikaew and Hare, 1999; Pathak et al., 2004).

La importancia del estilosantes en la alimentación animal radica en su amplio rango de adaptación, buen rendimiento de materia seca (MS) y alta concentración de proteína bruta (PB). Estudios en la China reportan valores entre 15 a 22 t/ha de MS y entre 15 a 16 por ciento de PB (Guodao et al., 2004). Otros estudios en Argentina con la accesión CIAT 184 reportan rendimientos entre 8 a 18 t/ha de MS (Ciotti et al., 1995; Ciotti et al., 2003) y 10-12 por ciento de PB. Estudios previos en Puerto Rico con el cv. Endeavour reportaron rendimientos de MS de 10 t/ha y PB de 16.5 por ciento en los primeros 90-d de rebrote (Vélez-Santiago et al., 1981). Arias-Pedraza (1990) evaluó 40 accesiones de *S. guianensis* y reporto rendimientos promedios de 1,563 kg ha⁻¹ de MS en cortes de 60-d entre cosecha.

Se menciona que Ubon Stylo tiene un buen rebrote después del corte (Rao et al., 2004), sin embargo, la información de rebrote no está evaluada cuantitativamente. También existe poca información sobre prácticas agronómicas, densidades de siembra adecuada, alturas de corte, y persistencia en el tiempo del híbrido Ubon Stylo. Esto justifica diseñar investigaciones sobre niveles de semilla necesaria para un buen establecimiento. Por otro lado su alto rendimiento de MS y su alto porcentaje de PB lo hace un material promisorio para conservación (heno o henilaje), además para determinar su persistencia en el tiempo es importante determinar una altura de corte adecuada.

El objetivo de este estudio fue evaluar cuatro niveles (5, 10, 15, 20 kg ha⁻¹) de semilla de Ubon Stylo en una siembra convencional para medir su efecto sobre densidad de plantas germinadas por m² (número de plantas de estilosantes y malezas), composición botánica (porcentaje de Ubon Stylo, gramíneas y malezas de hoja ancha) y determinar el rendimiento de materia seca 98-d después de su siembra.

Generalidades sobre las leguminosas

Las leguminosas se encuentran ampliamente distribuidas en todo el mundo y juegan un papel preponderante en la agricultura y en la fertilidad de los suelos (Argel, 1996). Se utilizan para consumo humano, cultivos de cobertura y como forraje (Rao et al., 2004). Su habilidad para fijar N y su alta concentración de proteína bruta (PB) y minerales, las hacen indispensables en la mayor parte de las praderas. Su adaptación es muy amplia en lo que a clima y suelos se refiere, por lo que, es posible encontrar leguminosas forrajeras en casi todas las formaciones ecológicas existentes, ya sea en asociaciones con gramíneas, bancos de proteína, o cultivos en franjas (Becerra, 1986; Hare et al., 2004). La mayoría de las leguminosas de uso en el trópico tienen una historia relativamente corta de domesticación, al compararlas con leguminosas de zonas templadas como la alfalfa (*Medicago sativa*). Por tal razón el rango de adaptación y los rendimientos de forraje de las leguminosas tropicales en los diferentes ecosistemas, puede ser muy variables y a veces, errático (Argel, 1996). Sin embargo, se ha propuesto que es necesario evaluar otras especies forrajeras con características nutricionales similares a la alfalfa (Rodríguez et al., 2006).

Es difícil valorar la importancia de forrajes en la economía, la primera razón es que los forrajes han sido consumidos por los animales, antes que ellos fueran considerados aprovechables por los humanos (Crowder and Chheda, 1982). El mejoramiento de la producción animal requiere el mejoramiento de la cantidad y calidad de forrajes. La

producción de forrajes es un mecanismo complejo que toma la energía de la luz solar y la transforma dentro de la planta en proteínas, carbohidratos. Además envuelve los animales a la transformación de esa en producción de leche, carne o lana (Miller, 1984). Es por esto que se considera necesario expandir el uso de leguminosas en el trópico (Valencia et al., 1997). Asumiendo que la introducción de especies leguminosas, podría mejorar la calidad de la oferta forrajera y aumentar la producción de leche y carne (Tomei et al., 2005).

Se postula que la proteína contiene 22 aminoácidos en varias proporciones, con muchas funciones y su valor porcentual es de mucha importancia en los forrajes (Arnold, 1988). Minson (1990), asegura que la proteína es el mayor componente de todos los productos de rumiantes. La planta entera de las leguminosas posee una mejor fuente de proteína que las gramíneas, aun cuando se corta para heno. Estas características las hace importantes y eficientes en la nutrición animal, sabiendo que un balance nutricional en los animales se puede garantizar con el uso de pasturas de leguminosas de buena calidad y altos porcentajes de proteína (Giraldo, 1998).

El porcentaje de PB es a menudo usado como un criterio para adjudicar el valor nutricional de una plantación de pastura, particularmente de leguminosas forrajeras. Las leguminosas en general, tienden a retener sus niveles de PB en altas concentraciones, mejor que las gramíneas. El análisis del tejido determina el total de N en la planta del cual, aproximadamente de 60 a 80 por ciento es proteína verdadera (Arnold, 1988). Sin embargo el contenido de proteína y el valor de la digestibilidad de las gramíneas y leguminosas tropicales declinan rápidamente después de la floración a causa del proceso de lignificación. Las gramíneas disminuyen su valor nutritivo después de 3 meses de crecimiento (Titterton y Bareeba, 1999). En cambio la ventaja de las leguminosas respecto a las gramíneas radica en que sus niveles de proteína descienden con menor rapidez. Esto se

debe en parte a la habilidad de fijación de N de la bacteria *Rhizobium* en simbiosis con la leguminosa y la incorporación del nitrógeno en el suelo a través del reciclaje de materia orgánica (Arnold, 1988).

Las características morfológicas y fisiológicas que aumentan la producción, calidad y persistencia de las plantas deben ser usadas en la selección de plantas forrajeras para la siembra de leguminosas forrajeras tropicales y subtropicales que permite aumentar la calidad y cantidad de forraje. Sin embargo muchas veces esta resulta lenta o fracasa ocasionando grandes pérdidas de tiempo y dinero (Ciotti et al., 2006).

Uso de las leguminosas

Cultivos de cobertura

Una práctica para evitar la degradación de los suelos e incrementar los rendimientos de biomasa en algunos cultivos, [i.e. Maíz; *Zea mays* (L.)] es el uso de leguminosas como cobertura. Reportes en México muestran que al comparar un suelo sin cobertura con un suelo con cobertura durante nueve años se obtienen incrementos en biomasa de 1.7 t/ha y 6.4 t/ha respectivamente. Mientras el rendimiento de maíz bajo condiciones de suelo cubierto y no cubierto produce 2,158 kg ka⁻¹ y 4,424 kg ha⁻¹ respectivamente (Pool et al., 1998). Esta actividad, encamina a una agricultura de restauración de suelos degradados, conservación del agua, secuestro del carbono, y conservación de la biodiversidad (Urbano y Dávila, 2005). En Kenya, se reporta incrementos en los rendimientos del cultivo de maíz con la incorporación al suelo de la biomasa de leguminosas y su integración en cultivos de relevo, asociación con gramíneas y cobertura, estas prácticas promueven menos uso de fertilizantes (Mburu, 2003). Se documenta que en Argentina, utilizando *Stylosanthes guianensis* cv CIAT 184, se ha logrado una cobertura del 90 por ciento a los 4 meses de

establecido (Ciotti et al., 2000). En Venezuela, sin embargo, se reporta que el uso de *Stylosanthes capitata* en cultivo de palma aceitera como leguminosa de cobertura no presenta buena persistencia (Berrios et al., 2004).

Bancos de proteína

Se denominan bancos de proteína a la siembra de especies herbáceas o de árboles y arbustos, con follaje de alto contenido proteico, dispuestos en arreglos de altas densidades de plantas. El follaje de estos árboles puede cosecharse y darse a los animales mediante un sistema de corte y acarreo o bien puede ser pastoreados directamente, durante cortos periodos del día (Argel, 1996). Bajo otros términos, se definen como áreas compactas, cercanas a las instalaciones de manejo y alimentación de los animales (i.e. corrales y establos). Estas áreas están destinadas exclusivamente a la producción de forrajes de alta calidad y volumen, para su utilización en la suplementación animal, bien sea que se maneje bajo corte o bajo pastoreo (Rojas et al., 2005).

Desde el punto de vista de la alimentación ganadera, la producción bovina que predomina en el trópico se caracteriza por su sistema de pastoreo, este se basa en gramíneas de monocultivo o sistema agroforestal con la combinación de agricultura y árboles maderables. Este tipo de alimentación genera problemas tanto productivo como ambiental. Por un lado es común que las gramíneas del trópico presenten muy bajos contenidos de PB, particularmente en el período seco. Como también, no toda la ganadería de doble propósito bajo pastoreo se ubica en áreas aptas para dicha actividad, principalmente en América Latina donde la ganadería bajo este sistema, está en manos de pequeños y medianos productores que su origen ha sido agrícola (Holmann y Lascano 1998). En estas áreas, es donde se produce una degradación ambiental y proceso erosivo mayor que en áreas destinadas exclusivamente a la explotación ganadera bajo manejo intensivo. Ambos

problemas se han tratado de solucionar a través de la implementación de sistemas silvopastoriles, sistemas en los cuales se integran árboles forrajeros de especies leguminosas. Estos árboles también tienen la capacidad de fijar nitrógeno, promover el reciclaje de nutrientes y mejorar las condiciones físicas y biológicas del suelo por la deposición de materia orgánica de alta calidad (Navas et al., 2000). Además de mejorar las condiciones de suelo por el uso de estos árboles, otra de las ventajas es, que constituye una fuente de alimentación ganadera que provee incrementos en el peso del ganado bovino. En Colombia, se reportan ganancias de peso de 850 g/animal/día, con uso de estos forrajes como complemento a la alimentación (Rojas et al., 2005).

Si el banco forrajero se establece como banco de proteína, el nitrógeno que se fija y que debería ser aprovechado por otras especies forrajeras asociadas dentro del mismo banco es finalmente utilizado por especies vegetales no deseadas (malezas). Por ello uno de los componentes más apropiados en mezcla o como cobertura de los bancos forrajeros, son las gramíneas. Las gramíneas no fijan nitrógeno pero si lo demandan en alta cantidad ya sean utilizadas para corte (i.e. caña de azúcar, king grass, elefante) o para pastoreo (i.e. estrella, guinea, brachiarias). A este último sistema se le denomina actualmente como banco de energía (Rojas et al., 2005).

Estudios realizados durante cuatro años en el trópico húmedo muestran que un banco de *Erythrina berteroana* produce cerca 6.0 t/ha/año de PB, lo cual alcanzaría para aportar durante un año el 30 por ciento de los requerimientos de proteína de 46 vacas de 400 kg de peso y con una producción de 8.0 kg leche por vaca por día. En zonas con un período seco bien definido, los resultados del uso de leñosas en bancos forrajeros para suplementación animal han sido significativamente mejores en productividad. En América Central se esta promoviendo el uso de *Cratylia argentea* como banco de proteína en zonas

secas. Se espera que los bancos forrajeros sean más atractivos para los ganaderos de países como Nicaragua, Honduras y El Salvador, donde el costo de mano de obra es bajo (Ibrahim et al., 1999).

Beneficios de las leguminosas en praderas asociadas

Fijación biológica del nitrógeno

El nitrógeno es el constituyente más abundante de un gran número de compuestos esenciales que intervienen en el funcionamiento de múltiples organismos biológicos, y la deficiencia de este elemento en las plantas limita su productividad (Valles de la Mora et al., 2003). Las leguminosas noduladoras reciben la mayor parte del N a través de la fijación biológica de N_2 (Pérez, 2007). Se documenta que la fijación del N_2 por una efectiva nodulación de la leguminosa, está en función del crecimiento de la planta y la cantidad de fuentes de N disponible para la planta (Vincent, 1982). La efectiva nodulación de las leguminosas es considerada el mayor sistema biológico para la conversión de N_2 a NH_4 , una forma combinada de N utilizable por la planta (Beck and Materon, 1988).

Para que el proceso de fijación de N_2 ocurra, es necesario que exista una simbiosis entre la leguminosa y ciertas bacterias microscópicas, como la Rhizobium. Esta simbiosis Leguminosa-Rhizobium, favorece el crecimiento de la leguminosa (Paladines y Lascano, 1983). En este aspecto de la fijación de N_2 , se afirma que esta fijación de N_2 es efectiva, si la planta leguminosa en simbiosis tiene la habilidad de formar nódulos (Giller, 2001).

En particular la mayoría de las leguminosas, además de fijar N_2 , derivan N de otras fuentes como; el suelo, a través de la fertilización comercial o aplicación de estiércol, como también, obtienen N de la descomposición de la materia orgánica a través del proceso de mineralización (Crowder and Chheda, 1982). Los autores manifiestan que la

descomposición de los residuos de leguminosas, es una importante fuente de N para las plantas asociadas con leguminosas, y basan su teoría en que a partir de estos residuos surge una fuente de N, en la cual los órganos estructurales de las plantas, principalmente de hojas, adicionan considerable cantidad de material vegetal sobre la superficie del suelo, el cual posteriormente dará inicio a la descomposición dando lugar a la liberación del N entre el suelo (Crowder and Chheda, 1982).

Aumento en la producción de biomasa vegetal

Es ampliamente conocido que las gramíneas y leguminosas perennes tienen el potencial de producción de biomasa por ciclo anual de crecimiento. Su desarrollo está influenciado por el suministro de energía (luz), concentración de CO₂, agua, nutrientes disponibles y temperatura prevaleciente (Crowder and Chheda, 1982). La introducción de leguminosas arbustivas y/o arbóreas tolerantes al verano es una alternativa para aliviar las deficiencias nutricionales de bovinos en pastoreo durante las épocas de sequía en donde la cantidad de biomasa disponible para el consumo es escasa. El gran reto de los productores que practican una ganadería moderna consiste en incrementar la producción de carne y leche, en forma acelerada y constante además de garantizar la demanda de la población y debe también garantizar la conservación de los recursos naturales y el ambiente. En este aspecto, una alternativa para mejorar la calidad de las praderas tropicales, es la introducción de leguminosas persistentes y compatibles con gramíneas. La introducción de leguminosas en gramíneas funciona como fuente de nitrógeno promotor del crecimiento de la gramínea, además balancea la dieta animal (Hare et al., 2004). Se estipula que la forma de utilizar las leguminosas para mejorar la alimentación animal dependerá del programa de manejo y la disponibilidad de terreno en las unidades de producción, ya sea en asociación con gramíneas, banco de proteína o en franjas (Rojas et al., 2005). En Colombia, se ha utilizado

Stylosanthes capitata cv. Capitata en asociación con gramíneas bajo condiciones de pastoreo y ha mostrado persistencia por más de diez años, los datos sugieren que se incrementa el rendimiento de biomasa con 60-d de descanso, sin embargo no mejora la contribución porcentual de la leguminosa (Vera et al., 1997).

Protección y mejoramiento de la fertilidad de suelos degradados

La capa cultivable de un suelo típico consta de 50 por ciento de materiales sólidos, divididos en 45 por ciento de partículas minerales y 5 por ciento de materia orgánica. Además contiene 25 por ciento de agua y 25 por ciento de aire (Brady, 1974). Es bien conocido que las gramíneas forrajeras contribuyen a mejorar la materia orgánica y las condiciones físicas de los suelos por el desarrollo de una masa considerable de raíces en las capas superficiales de los mismos. Las lombrices (*Eisenia foetida*) contribuyen a formar agregados estables en las capas superficiales del suelo que mejoran; la infiltración, la aireación y la capacidad de retener agua lo que favorece la penetración de raíces a capas más profundas del perfil. Además, cambian la fertilidad del suelo mediante el consumo y traslado de residuos orgánicos a capas más profundas, ayudan en la acumulación de materia orgánica proveniente de sus excretas y favorecen el reciclaje de nutrientes en el sistema suelo-planta-animal. Por estas razones es de esperar que pasturas que favorezcan la población de lombrices sean saludables y productivas sin degradar los suelos bajo uso. Las áreas degradadas son aquellas donde la fertilidad de los suelos se encuentra disminuida a tal grado que los niveles de productividad están fuertemente afectados. Generalmente en el trópico húmedo el concepto de áreas degradadas esta relacionado con pasturas improductivas como consecuencia del sobre pastoreo, deficiente restitución de nutrientes y/o pasturas no adaptadas (Ordoñez et al., 1993). Además, el suministro de nutrimentos a las plantas puede ser modificado considerablemente por los microorganismos presentes en

el suelo (Paladines y Lascano, 1983). Los microorganismos actúan sobre los restos orgánicos, degradando las moléculas de la celulosa a formas más sencillas que contribuyen a mejorar las propiedades de los suelos. Schnitman y Lernoud (1992), sugieren que son las bacterias las que se encargan de crear la bioestructura en el suelo al descomponer la celulosa en sustancias que ligan las partículas del suelo y forman agregados.

La transformación de compuestos orgánicos es de gran significancia para las plantas superiores. La presencia de nitratos en el suelo, sulfatos y en menor grado iones fosfato es debido primeramente a la acción de los microorganismos (Brady, 1974). El autor asume que la influencia de los microorganismos en la producción de cosecha, son indispensables por los múltiples beneficios que efectúan sobre las plantas superiores. El nivel de fertilidad de los suelos es uno de los factores que determinan el comportamiento de los recursos forrajeros, especialmente de las leguminosas (Tomei et al., 2005).

Diferentes prácticas de manejo de suelos, como la incorporación de los residuos de cosechas y aplicación de efluentes de vaquerías mejoran las propiedades físicas del suelo como la infiltración de agua y estabilidad de agregados. Esta última determina mayormente la susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica, consistencia y compactación. Prieto (2007), en su evaluación de efluentes de vaquerías como fuente de fertilización en maíz, sugiere que las fuentes orgánicas son una alternativa viable, concluye que estos efluentes podrían reducir la entrada de insumos al sistema de producción. En estudios de diferentes prácticas de manejo de residuos al suelo y su efecto sobre la estabilidad de agregados en Kenya, se ha encontrado que la incorporación de residuos de especies leguminosas obtuvo el mayor nivel con un 50 por ciento seguido por cobertura del suelo con residuos de cosecha con 45.7 por ciento. El autor considera que este alto porcentaje proporcionado por las especies leguminosas se atribuye a un alto contenido de materia orgánica (Mburu, 2003)

Importancia del estilosantes para alimento de rumiantes

Incremento de la productividad animal

Se evidencia que los sistemas ganaderos de doble propósito representan el 78 por ciento del inventario ganadero en América Latina tropical. Esta ganadería contribuye con aproximadamente el 42 por ciento de la leche producida, pero se caracterizan por presentar baja productividad animal. La baja productividad es el resultado de una deficiente alimentación básicamente con forrajes de pobre calidad, mal manejados, y sumado a esto la baja calidad genética de los animales (Argel, 2005). Se atribuye que la baja cantidad y pobre calidad del forraje disponible, en combinación con el potencial genético de los animales y el manejo que se les proporciona, son las principales limitaciones para aumentar la productividad en sistema de producción de doble propósito (Holmann et al., 2005). Es necesario mejorar la eficiencia de aprovechamiento del pasto dado que se trata del recurso más barato y porque muchas de las tecnologías empleadas para su manejo son de costo cero. Además, con una alimentación animal mejorada sería posible aumentar la productividad y obtener mayor rentabilidad.

La creciente disponibilidad de especies forrajeras de mayor adaptación y producción de forraje, han permitido que el sector ganadero incremente progresivamente las áreas con pastos mejorados en sus fincas. Los incrementos en siembras con pastos mejorados sólo significaron 6.5 por ciento del área permanente con pastos en México, 12.5 por ciento en Honduras, 1.0 por ciento en Nicaragua, 18.7 por ciento en Costa Rica y 0.1 por ciento en Panamá (Holmann et al., 2005). Una de las prioridades del Proyecto de Forrajes Tropicales del CIAT desde sus inicios ha sido la evaluación y selección de leguminosas con potencial forrajero. Aunque, el uso comercial de leguminosas forrajeras es aún limitado (Argel, 2005). Estas plantas ofrecen la posibilidad de mejorar la dieta animal por sus altos

contenidos de proteína y minerales, además, de contribuir al incremento de la materia orgánica del suelo y estimular mayor actividad biológica dentro de los mismos.

Muchos países están usando como alternativa de evaluación el uso de pasturas con base en estilosantes para terneros pre-destete. Los resultados preliminares en Perú muestran que en terneros de 205 kg de 3.5 meses de edad las mayores ganancias de peso se obtuvieron con pastoreo en estilosantes y concentrado, además las vacas aumentaron en producción en un litro de leche por vaca por día. Sin embargo las mayores limitaciones para una adopción generalizada son la falta de información sobre la utilización e integración en los sistemas de alimentación existentes, y una demostración atrayente de su viabilidad económica. (Holmann et al., 2005), por otro lado en Tailandia, se ha logrado incrementos de más de 10 kg de leche por vaca por día en pastoreo en asocio de gramínea y estilosantes (Thummasaeng et al., 2004)

Uso potencial de estilosantes en países del trópico

Se documenta que en los trópicos la ganadería se ha caracterizado por el uso extensivo de los pastizales (i.e. México), (Urbano y Dávila, 2005) y que la mayoría de las veces no satisfacen los requerimientos nutricionales del animal (Tergas et al., 1988). Sin embargo la producción de materia seca y el consumo de las gramíneas asociadas depende del establecimiento de las mismas, fertilización, carga animal, manejo apropiado y el reciclaje de nutrientes (Urbano y Dávila, 2005).

Una posibilidad de mejorar la calidad de la dieta es mediante la utilización de leguminosas forrajeras, ya que son una fuente de alimento nutritivo y que puede aumentar la eficiencia de la producción pecuaria, y reducir la necesidad de suplementos alimenticios concentrados (Bustamante, 2004). Se documenta que al incluir estilosantes en la dieta de heno de gramíneas se produce un incremento en el consumo de MS por los ovinos, este

aumento en consumo debe incrementar la productividad del rumiante debido al mayor consumo de nutrimentos. Además, los niveles de selección son mayores cuando se incluye estilosantes en la dieta (Rodríguez et al., 1998).

Efecto de herbicidas sobre control de malezas

Las malezas provocan la reducción en el rendimiento de forraje por la competencia que ejercen con el cultivo principal por los factores agua, luz y nutrientes (Valencia et al., 1999). El desarrollo intensivo de las plantas indeseables hace que las posibilidades de pérdidas por su presencia en el cultivo principal sean mayores, estas pérdidas no se aprecia frecuentemente en toda su magnitud (Semidey et al., 1989). Está comprobado que el manejo de malezas en los forrajes es difícil y que esa dificultad en su manejo permite cosecharlas junto al forraje, provocando una mezcla en el heno que es capaz de reducir su valor nutritivo (Valencia et al., 1997). Sin embargo, no se consideran significativas hasta que se introducen ciertas prácticas agrícolas de manejo que tienen mucha importancia (i.e. abonamiento, el riego y el uso de semillas de calidad superior).

En la actualidad su control ha adquirido una importancia decisiva en la producción de cosecha en todo el mundo, siendo el control de malezas, una de las más costosas en agricultura. Se postula que una buena alternativa de control de malezas es integrar una combinación oportuna de diferentes métodos de control y comparar las ventajas de alguno de estos métodos que permita hacer arreglos flexibles adaptados a las condiciones ecológicas y socioeconómicas de los productores (Sánchez y Gamboa, 2004). Debido a lo costoso del control manual, el control químico resulta más efectivo y económico al promover un establecimiento más rápido del forraje y aumentar considerablemente su rendimiento. En Puerto Rico, no hay hasta la fecha registro local de herbicidas para el

control de malezas en cultivos forrajeros y los trabajos realizados en esta área son muy limitados (Semidey et al., 1989).

Existe información de otros países del trópico y subtropical sobre el uso del control químico de malezas utilizado como alternativa económica y efectiva para controlar malezas en alfalfa. Prowl[®] se encuentra entre los herbicidas registrados para el control de malezas en la alfalfa, este herbicida pertenece al grupo químico Difeniletos y se considera un excelente producto para el control de malezas (Ruíz, 2004). Reportes de estudios realizados en Chile en el control de malezas en alfalfa en dos temporadas indican que en ambas temporadas hubo un aumento de rendimiento de materia seca de alfalfa con aplicación de hexazinona. Este aumento superó el 50 y 40 por ciento en los períodos 2001-2002 y 2002-2003, respectivamente, llegando al 58 por ciento en el primer caso. Por otra parte, al mezclar hexazinona con glifosato y/o glufosinato de amonio, también hubo un aumento importante en la materia seca de alfalfa que, en la mayoría de los casos superó el 35 por ciento (Pedreros y Soto, 2003). En otras investigaciones sobre el control de malezas en Puerto Rico se encontró que la mezcla de Oxifluorfen a razón de 0.14 kg ia/ha con Fluazifop-P-butyl a 0.42 kg de ia/ha controla hasta el 100 por ciento de malezas de hoja ancha y gramíneas, sin embargo al combinarse con otro graminicida con Sethoxydín en dosis de 0.56 kg de ia/ha, el control de gramíneas es deficiente en un 7 por ciento (Semidey et al., 1989).

Se documenta que los herbicidas en pre-siembra de pasturas brindan una excelente solución para el control de malezas, prolongando la vida útil del recurso forrajero. Sin embargo, en Puerto Rico existe poca información sobre control químico de malezas en estilosantes. Estudios realizados en Argentina, demuestra que el estilosantes tiene una buena persistencia y buen rendimiento de materia seca por un periodo de 5 años, luego su

rendimiento disminuye (Ciotti et al., 2000). A pesar de estas evaluaciones positivas para la persistencia y rendimiento de MS, en un estudio realizado en Colombia, se encontró un efecto negativo del herbicida pre emergente (Linurex y Gramisso) sobre la germinación de plantas de estilosantes cv. Capitata (Berrios et al., 2004). El herbicida redujo la germinación del estilosantes.

Efecto de la fertilización fosfórica sobre el rendimiento de materia seca

Se postula que las pasturas nativas o naturalizadas y especies de forraje son susceptibles a la alta presión de pastoreo responden pobremente al incrementar la fertilidad en el suelo (Crowder and Chheda, 1982). Es de conocimiento que los requerimientos de fertilización varían con el tipo de suelo y valores de pH (Burt et al., 1983). Uno de los nutrientes esenciales requeridos por las leguminosas para su crecimiento en regiones tropicales es el fósforo, considerado el elemento más limitante en su desarrollo. Muchos suelos de los trópicos altamente meteorizados, especialmente, Oxisoles, Ultisoles, Andepts y Oxic Alfisoles, son capaces de fijar grandes cantidades del fósforo aplicado en el fertilizante. Esta fijación puede reducir el fósforo disponible para las plantas.

Un suelo se considera fértil si contiene y suministra a las raíces cantidades adecuadas de nutrientes y agua para que el cultivo crezca y produzca bien. La rectificación de una deficiencia nutricional se logra con la aplicación de fertilizante al suelo. Unido a esta práctica la fijación de nitrógeno por las leguminosas son consideradas una herramienta poderosas que contribuye al incremento en el crecimiento de la pastura (Sotomayor and Pitman, 2001). Una enmienda de aplicación de P puede estimular la actividad microbiana e incrementar la cantidad disponible de N (Burt et al., 1983). El fósforo no se pierde por lixiviación, se afirma que estimula la formación y el crecimiento temprano de las raíces, estimula la floración, acelera la madurez, y ayuda a la formación de la semilla, considerado

el elemento más importante y determinante para el rápido establecimiento y buen desarrollo radicular de las plantas (Tomei et al., 2005). La adición de fósforo en pasturas de leguminosas en niveles adecuados, ha provocado incrementos en la producción de forraje de hasta 8,000 kg ha⁻¹/año, encontrando respuestas en rangos de 150 a 200 kg de MS por cada kg de P aplicado (Quintero et al., 1997).

Las especies de estilosantes son conocidas por su habilidad para extraer el fósforo de suelos pobres (Burt et al., 1983) y son capaces de sobrevivir en suelos en condiciones marginales de este elemento (Pérez, 2007). Se documenta que el estilosantes responde a bajos niveles de fertilización fosfórica con incrementos en los rendimientos de MS (Burt et al., 1983; Pérez, 2007). En establecimientos de cultivo puro, esta leguminosa, puede persistir por más de 5 años y se atribuye que su persistencia se debe a la disponibilidad de nutrientes, principalmente del fósforo. Estudios en Argentina revelan respuesta de *Stylosanthes guianensis* cv. CIAT 184 a la aplicación de fósforo (Ciotti et al., 2003). Se ha determinado a través de trabajos de investigación sobre fertilización, que la fertilización fosfórica es importante en el primer año de establecimiento, la dosis recomendada son consideradas altas cuando se aplican 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅, y fertilización baja cuando se aplica 11 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sin embargo, con esa baja fertilización se ha logrado un 100 por ciento de incremento en la producción de MS, con respecto a ninguna aplicación de fertilizante (Ciotti et al., 2003). Esto indica que esta leguminosa es eficiente en la capacidad de utilización del P comparada con otras leguminosa [(i.e. Fríjol (*Vigna unguiculata*), Añil, (*Indigosfera lespedeziode*), Soya (*Glycine max* cv. Cristalina), Crotalaria (*Crotalaria júncea*) y Quinchoncho o Gandul (*Cajanus cajan* cv. Arorita)], (Pérez, 2007). En otros estudios en la región subhúmeda de Nigeria, se ha encontrado que adicionando superfosfato triple y formas de fertilizantes de potasio, zinc, magnesio y calcio para un suelo deficiente

en fósforo, incrementa el contenido de proteína cruda de *Stylosantes hamatas* cv. Verano. Sin embargo opuesto a esta información en ensayos realizados en Puerto Rico con *Stylosanthes guianensis* cv. Endeavour se encontró que el rendimiento de forraje seco y PB no respondieron a aplicaciones de fósforo y potasio (Vélez-Santiago et al., 1981).

Efecto de momento de corte y densidad poblacional sobre el rendimiento de materia seca

Existe muy poca información sobre el efecto de la densidad poblacional sobre el RMS, sin embargo, hay algunos reportes sobre el rendimiento de pasturas que refleja que con menos de 80 plantas leguminosas por m² no supera los 3,000 a 4,000 kg ha⁻¹ por año aunque el nivel de P disponible en el suelo sea alto (Quintero et al., 1997). Se reporta que con más de 80 plantas leguminosas por m² se ha logrado obtener 7,000 kg ha⁻¹ de forraje. Arnold (1988), en su evaluación de variedades de estilosantes usando dos densidades y momentos de corte a los 120, 140, y 160-d después de siembra (DDS), observó interacción en localidad por momentos de corte sobre RMS. Los resultados demostraron que la alta densidad poblacional (14,352pl/ha) fueron superiores a la baja densidad poblacional (7,176pl/ha) en el rendimiento de materia seca. No observó interacción en momento de corte por variedad sobre el RMS, pero encontró interacción entre densidad por corte por variedad sobre el rendimiento de forraje verde. Reportes en Puerto Rico documentan que el potencial de estilosantes ha sido evaluado a partir de los años 70. Las evaluaciones realizadas refieren a que esta leguminosa tolera cortes a 20 cm de altura y produce rendimientos desde 21.0 a 24.0 t/ha/año (Vélez-Santiago et al., 1981), otras investigaciones documentan que esta leguminosa se adapta a suelos ácidos de Puerto Rico (Arnold, 1988), y que alturas de corte a 25 cm producen rendimientos promedios de 1,563 kg ha⁻¹ de MS en cortes de 60-d (Arias-Pedraza et al., 1998).

La cantidad de semillas por hectárea y la altura de corte adecuadas del estilosantes no están determinadas. Estudios en Argentina han recomendado 3 kg ha^{-1} (Camero et al., 1999; Ciotti et al., 2003). Sin embargo, en Puerto Rico es limitada la información sobre las prácticas de manejo agronómico como densidad de plantas y persistencia. Estas limitantes obligan a las vaquerías de Puerto Rico a depender de una alimentación con heno de gramíneas de bajo contenido nutritivo y concentrado a base de granos lo cual no satisface los requerimientos nutricionales de los animales en producción.

El objetivo de este estudio fue evaluar cuatro niveles ($5, 10, 15, 20 \text{ kg ha}^{-1}$) de semilla de Ubon Stylo en una siembra convencional para medir su efecto sobre densidad de plantas germinadas por m^2 (número de plantas de estilosantes y malezas), composición botánica (porcentaje de Ubon Stylo, gramíneas y malezas de hoja ancha) y determinar el rendimiento de materia seca 98-d después de su siembra.

Experimento 1

Efecto de niveles de siembra de semilla de Ubon Stylo (*Stylosanthes guianensis*) sobre la densidad poblacional y rendimiento de materia seca

Introducción

La alimentación de la ganadería para la producción de leche en Puerto Rico se realiza a base de gramíneas de bajo valor nutritivo y concentrado de granos básicos para llenar los requerimientos nutricionales de vacas lecheras. En los últimos años, la industria lechera ha experimentado incrementos en los costos de alimentación por uso de concentrados, por lo cual es necesario identificar forrajes de alto valor nutritivo (i.e. Leguminosas tropicales) para bajar los costos de producción. En los trópicos, el éxito de las leguminosas en la alimentación de los rumiantes ha sido mínimo, esto se debe a falta de persistencia bajo pastoreo o como forraje de corte para heno, como también la limitada información sobre un manejo adecuado post-siembra. Recientemente se ha liberado un cultivar (cv.) de estilosantes “Ubon Stylo” (un híbrido; *Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* x var. *pauciflora*) en Tailandia (Grof et al., 2001). Este cv. se adapta a suelos ácidos y poco fértiles, además es de uso múltiples (i.e. pastoreo, heno y ensilaje) (Phaikaew and Hare, 1998). Estudios previos en Puerto Rico con otros ecotipos de estilosantes indican que se adaptan bien a suelos ácidos (Oxisoles) y se documenta que proporciona alto rendimiento de materia seca (MS sobre 7 t/ha) en cortes de 120 DDS (Arnold, 1988; Sotomayor-Ríos et al., 1990; Arias-Pedraza et al. 1998). En Argentina se han reportado rendimientos de MS 10 t en suelos pobres y 18 t en suelos fértiles (Ciotti et al., 2003). El estilosantes es de alto valor nutritivo con concentraciones de PB alrededor de 16 por ciento

en rebrotes de 60-d (Arias-Pedraza et al., 1998). Sin embargo, existe poca información en niveles de semillas necesarias para un buen establecimiento y tener una buena densidad de plantas. Algunos estudios por Camero et al. (1999) y Ciotti et al. (2003) recomiendan niveles de semilla de 3 kg ha⁻¹.

Ubon Stylo se considera material promisorio para conservación de forraje por lo cual es importante desarrollar sistemas de establecimiento. Información sobre prácticas de manejo agronómico como densidad de siembra necesaria para mejorar su persistencia no existe. El objetivo de este estudio, fue evaluar cuatro niveles de semilla (5, 10, 15, 20 kg ha⁻¹ de Ubon Stylo) en una siembra convencional y su efecto sobre población de plantas emergidas, vigor de crecimiento, composición botánica y rendimiento total de materia seca (MS) 98-d después de siembra en un suelo Oxisol en Puerto Rico.

Materiales y Métodos

Localización del experimento

El estudio se llevo a cabo en la Estación Experimental de Isabela (18° 30' Latitud norte y 67° 00' Longitud oeste) a una altura de 128 msnm, con precipitación pluvial anual de 1675 mm y temperatura media de 25°C, con fluctuaciones de 19° a 29°C. La siembra se llevo a cabo en un suelo Oxisol de la serie coto, (very-fine kaolinitic isohyperthermic Typic Eustrustox) con pH de 5.42, MO de 2.64 por ciento y con valores de (P, K y Ca presentes de; 9, 85 y 1107 mg/kg), respectivamente. La precipitación pluvial (ppt) en el 2007 y de los últimos 20 años se presenta en la Figura 1.

Preparación del terreno de siembra

La preparación del área de siembra fue mecanizada (labranza convencional) iniciando con la preparación del terreno 50-d antes de siembra. Se realizó un pase de arado a 45 cm de profundidad y dos pases de rastra (grada) a 25 cm de profundidad con 8-d de intervalo entre grada. Como preparación final del terreno de siembra se realizó un pase de pulverizador antes de siembra, esto con el fin de establecer una cama de siembra apropiada para la germinación y emergencia de la semilla. Se aplicó el herbicida pre-emergente Prowl® a razón de 1.6 kg ha⁻¹ de ia/ha con aspersion mecanizada sobre la superficie del suelo, esto se realizó antes del pase de rototiller para prevenir emergencia de malezas. También se aplicó el herbicida post-emergente Fusilade®, a razón de 0.48 kg ha⁻¹ de ia/ha, aplicado 50-d después de siembra para control del pasto Johnson [*Sorghum halepense* (L.)].

Establecimiento y diseño experimental utilizado

La fase de establecimiento del ensayo fue del 28 de agosto de 2007 al 8 de diciembre de 2007. Se utilizó semilla del híbrido Ubon Stylo (con 95 por ciento de germinación). Previo a su siembra se aleatorizaron los cuatro niveles de semilla a sembrar conforme al diseño a utilizar. Durante el período del ensayo se recopilaron datos mensuales de precipitación pluvial de la sub-estación experimental de Isabela, y se recopilaron los datos de precipitación mensual de los últimos 20 años (Figura 1).

El experimento fue de un diseño de bloques completos aleatorizados (DBCA), con cuatro repeticiones. En cada parcela experimental se realizó siembra directa a chorrillo continuo a lo ancho y largo de cada parcela utilizando una sembradora de tracción mecánica tipo Brillion, la cual fue calibrada antes de siembra. La calibración consistió en fijar las boquillas de salida de semilla de la sembradora en el número 2, este número marcado en la salida de la sembradora indica que deposita 5 kg ha⁻¹ de la semilla de alfalfa

(el estilosantes tiene un tamaño similar a la semilla de alfalfa). Seguidamente se llenó el contenedor de la sembradora con semilla de estilosantes y se sujeto un tubo pvc bajo las boquillas de salidas de la semilla de la sembradora. El tubo tenía 4 pulgadas de diámetro y 1.5 metros de ancho que cubría todas las salidas del contenedor de la semilla.

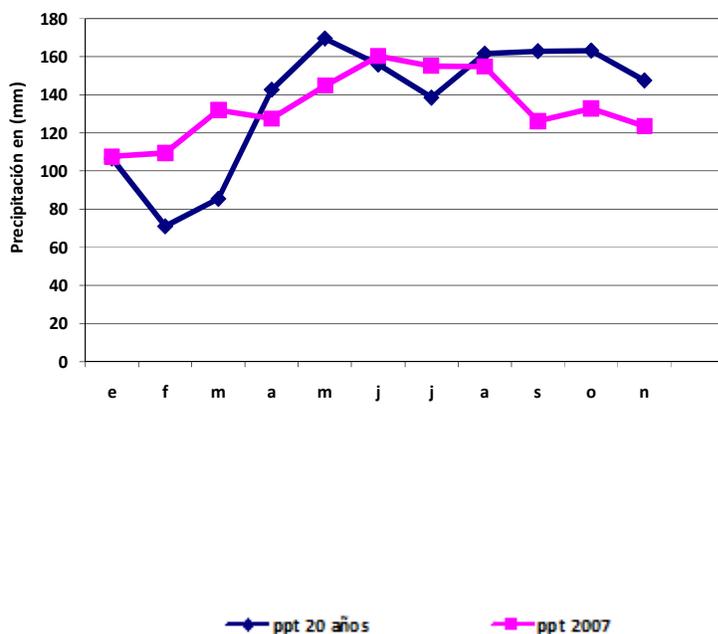


Figura 1. Precipitación promedio mensual en (mm) de los últimos 20 años y la precipitación promedio mensual del año 2007 ocurridos en la sub-estación experimental de Isabela PR.

Se midieron 20 metros lineales y se simuló la siembra permitiendo la caída de la semilla en el tubo, luego se pesó la semilla del tubo, se calculó el área que cubría la sembradora y se determinó la cantidad de semilla que deposita la sembradora en kg ha^{-1} . Calibrada la sembradora, se fijó en el número 2 para sembrar el nivel de 5 kg ha^{-1} de semilla y se sembraron las cuatro parcelas correspondientes a las cuatro repeticiones de este nivel de semilla. Para el nivel de semilla de 10 kg ha^{-1} se fijó la sembradora en el número 4 y se sembraron las 4 parcelas correspondientes a las cuatro repeticiones de este nivel. Seguidamente se fijaron en las graduaciones de los números 6 y 8 respectivamente,

correspondientes a los niveles 15 y 20 kg ha⁻¹ y se sembraron las cuatro parcelas correspondientes a las cuatro repeticiones de cada nivel de semilla. Cada parcela experimental donde se sembró cada nivel de semilla tenía dimensiones de 3 m de ancho por 78 m de largo formando parcelas rectangulares de 234 m² de área. Estas parcelas estaban separadas por 0.5 m entre parcelas y 1 m entre bloques, esto representaba un área experimental total de 4,680 m². La siembra del estilosantes fue el 28 de agosto del 2007 y la cosecha fue a los 98-d después de siembra (DDS).

Variables

Se seleccionó cada parcela útil para la medición de variables, la cual estaba conformada por parcelas de muestreo de 1 m² aleatorizados en tres sitios en el centro de cada unidad experimental dejando un metro de borde a cada lado. En cada uno de estos sitios de muestreo se contó el número de plántulas emergidas de Ubon Stylo y malezas a los 21 DDS. La cantidad de plántulas emergidas en el sitio de muestreo se contaron como sub-totales de emergencia, y a partir de estos sub-totales se promedió las plántulas emergidas por m² de cada una de las especies. Después del muestreo de plantas emergidas, se inició la evaluación del vigor de crecimiento del estilosantes a través de la medición de altura de plantas. Para la medición de esta variable se seleccionaron aleatoriamente cinco plantas en la parcela útil a las cuales se midió su altura en cm desde la superficie del suelo hasta el ápice de la hoja superior, iniciando las medidas a las seis semanas después de siembra. Esta medición se inició a los 42 DDS (seis semanas) debido a que a las (cuatro semanas) 28 DDS que inicialmente se había programado la primera medición, las plántulas no tenían una altura que permitirá ser medida. Las sub-siguientes mediciones de altura se realizaron cada 21-d hasta finalizar esta medición en la cosecha a las catorce semanas después de siembra (98-d).

Para determinar el rendimiento de materia seca (MS) se cosechó cada parcela de muestreo de 1 m², la cosecha se realizó manualmente con tijera de podar cortando todas las plantas presentes en el sitio de muestreo a una altura de 15 cm. Cada sub-muestra cortada de los tres sitios muestreados se pesaron para obtener el rendimiento promedio de biomasa producido. A partir de esa medición, se determinó el rendimiento promedio en kg ha⁻¹ de forraje verde, se separó una sub-muestra de 500 g de forraje verde, la cual se utilizó para determinar composición botánica a través de una separación manual de estilosantes y malezas. Las partes separadas de Ubon Stylo y malezas se pesaron separadamente, y estas fueron secadas al horno a 65 °C por 48 horas y después se determinó el porcentaje de MS de cada especie. A partir de este porcentaje se obtuvieron las proporciones de especies que conformaban la biomasa cosechada por m².

Análisis estadístico

Los datos recopilados se digitalizaron en base de datos Excel, los cuales se acondicionaron al modelo de DBCA y posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el modelo lineal general (GLM), mediante el programa estadístico (SAS, 1990). Las variables evaluadas fueron: Emergencia de plantas para la cual de ser significativa se realizó separación de medias por tukey (p=0.05). En el modelo se incluyeron los efectos de bloque y densidad de siembra. Solamente para las semanas de mediciones de altura de la planta, se incluyó en el modelo el efecto de interacción densidad por semanas, esto con el fin de probar si las densidades de siembra a través de las semanas de medición, tenían un efecto sobre la altura de la planta. Además se realizó regresión lineal para las variables; altura de planta en función del tiempo, rendimiento de MS en función de la densidad de siembra y composición botánica en función de la densidad de

siembra. Los promedios de los rendimientos de MS fueron comparados a base de contrastes a priori.

Los datos se analizaron mediante los modelos siguientes:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable dependiente (i.e. densidad de plantas, altura, RMS).

μ = Es el promedio general.

α_i = Efecto del tratamiento [densidad de siembra (5, 10, 15 y 20 kg ha⁻¹) de Ubon Stylo].

β_j = Es el efecto de bloque.

ε_{ij} = Error aleatorio correspondiente a la *i*-ésima densidad de siembra de la *j*-ésima observación.

Para la altura de planta por efecto de densidad x semanas se analizó mediante el siguiente modelo:

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

Donde:

Y_{ij} = Variable dependiente (i.e. altura).

μ = Es el promedio general.

α_i = Efecto del tratamiento [densidad de siembra (5, 10, 15 y 20 kg ha⁻¹) de Ubon Stylo].

β_j = Es el efecto de semana.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Es el efecto interactivos de densidad por semanas, sobre la altura de la planta.

ε_{ij} = Error aleatorio.

El modelo de regresión para las variables; altura de planta al corte, rendimiento de MS y composición botánica es el siguiente:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Variable dependiente (i.e. rendimiento de MS).

β_0 = rendimiento de MS con la densidad de siembra de 5 kg ha⁻¹ (Intercepto).

β_1 = Cambio en el rendimiento de MS por el incremento en la densidad de siembra (Pendiente).

ε_{ij} = Error aleatorio.

Resultados y Discusión

Efecto de densidad de siembra sobre el número de plántulas emergidas de Ubon Stylo y malezas por m²

La precipitación de agosto a diciembre durante el período del experimento fueron distribuidas de la siguiente manera; en septiembre 126 mm, en octubre 133 mm y en noviembre 123 mm, para un total de 382 mm. Esta ppt fue 92 mm menor que la precipitación de los últimos 20 años en ese mismo período en la estación experimental de Isabela (Figura 1). La precipitación pluvial en el mes de establecimiento no constituyó un factor limitante para la germinación de las plántulas, las cuales iniciaron su emergencia entre los 6-8 DDS.

Se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los niveles de semilla de Ubon Stylo sobre el promedio de plantas emergidas por m². Los análisis demuestran que a medida que se incrementó la densidad de semilla, el número de plantas emergidas también incrementó significativamente ($p < 0.05$), tal como era lo esperado (Cuadro 1). Se observó un incremento en el número de plantas de Ubon Stylo al aumentar los niveles de semilla

entre 5 a 20 kg ha⁻¹. El mayor número de plantas se observó entre los niveles de semilla de 15 y 20 kg ha⁻¹ (67 y 89) plantas emergidas, respectivamente. Sin embargo, independientemente del nivel de semilla, no se encontró diferencias significativas (P>0.05) en el número de malezas de hoja ancha y gramíneas o ciperáceas emergidas a los 21-d después de realizada la siembra. Cabe mencionar que entre las plántulas de hoja ancha se observaron *Amaranthus dubius* (Mart.), *Boerhavia erecta* (L.), *Portulaca oleracea* (L.), *Euphorbia hirta* (L.), *Euphorbia heterophylla* (L.) y *Emilia sonchifolia* (L.) y de las ciperáceas *Cyperus rotundus* (L.). Entre las gramíneas se identificaron *Digitaria sanguinalis* (L.), *Ecchinochloa colona* (L.) y *Sorghum halepense* (L.). Se puede atribuir que las prácticas agronómicas de preparación de suelo anticipadas a la siembra ejercieron un control mecánico de malezas disminuyendo su emergencia, como también la aplicación del herbicida pre-emergente Prowl[®] realizó un control químico sobre el número de plantas de malezas emergidas debido a su fitotoxicidad en las malezas, inhibiendo la elongación celular de los puntos de crecimiento, las cuales no emergen o mueren un poco después de su germinación.

Cuadro 1. Efecto de densidad de siembra de Ubon Stylo sobre el promedio de plántulas emergidas por m² a 21-d de establecido en un Oxisol, Isabela, P. R., 2007.

kg ha ⁻¹	Promedio de plantas emergidas por m ²		
	Ubon Stylo	Hoja ancha	Gramíneas/Ciperáceas
5	18 a	57 a	89 a
10	42 b	49 a	88 a
15	67 c	56 a	100 a
20	89 d	60 a	88 a
cv	37.60%	36.17%	36.12%

Promedios seguidos de letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes con un nivel de significancia de $\alpha= 0.05$

Efecto de la densidad de siembra de Ubon Stylo sobre la altura de crecimiento de la planta

No se encontró interacción ($p \geq 0.05$) entre densidad y semanas de mediciones sobre el crecimiento de las plantas de Ubon Stylo. El efecto de las densidades de siembra sobre el crecimiento de las plantas es el mismo en todas las semanas de medición, es decir el crecimiento de las plantas es aditivo a través de las semanas de edad de la planta. Las mediciones de altura cada 21-d muestra que el crecimiento de las plantas de Ubon Stylo tiene una tendencia de crecimiento logarítmica para las densidades 5 y 10 y cuadrática para 15 y 20 kg ha⁻¹ (Figura 2). Los promedios de altura estuvieron en rango de 24 a 30 cm a las seis semanas, 50 a 56 cm a las 9 semanas, 69 a 75 cm a las 12 semanas y 75 a 88 cm a las 14 semanas (98-d), respectivamente. El incremento en la altura de las plantas fue de 3 a 4 cm por semana.

Por otro lado la altura máxima alcanzada por las plantas de Ubon Stylo a la cosecha a 98-d fue de 88 cm. Arias-Pedraza et al. (1998) en su evaluación de 40 accesiones de estilosantes en Puerto Rico, encontró que 12 de las accesiones evaluadas superaron los 40 cm de altura a los 90-d, y 5 accesiones alcanzaron alturas de 85 cm a 120-d de establecido.

Sin embargo, se encontró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de densidad de siembra sobre la altura alcanzada de las plantas a cosecha de 98-d. La separación de medias por $t_{\text{tukey}}=0.05$, las separa en tres categorías estadísticas distintas, en primer lugar las densidades 15 y 20, con las mayores alturas, 86 y 89 cm respectivamente, siendo estas similares entre sí, en segundo lugar las densidades 10 y 15 con las alturas, 81 y 86 cm respectivamente, siendo estas similares entre sí, y finalmente las densidades 5 y 10 con las menores alturas, 76 y 81 cm respectivamente, siendo estas similares entre sí.

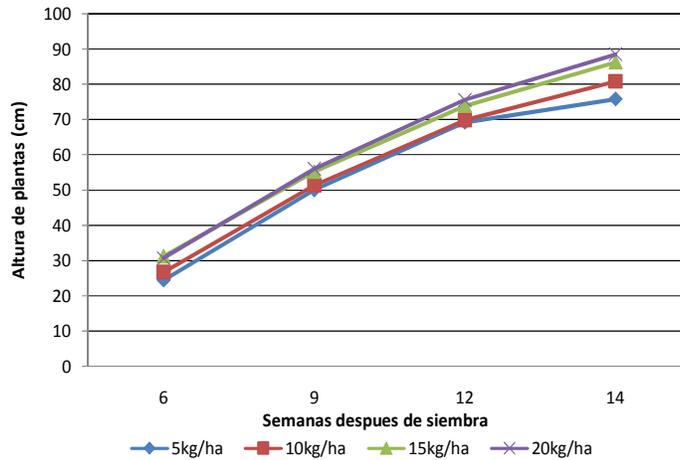


Figura 2. Efecto de las densidades de siembra de Ubon Stylo, sobre el crecimiento de las plántulas en función de las semanas, Isabela, P.R, 2007.

Densidad 5 kg ha⁻¹; $y = 38.203\text{Ln}(x) + 24.529$ $R^2 = 0.993$; Densidad 10 kg ha⁻¹; $y = 39.336\text{Ln}(x) + 25.897$ $R^2 = 0.9972$; Densidad 15 kg ha⁻¹; $y = -3.0824x^2 + 33.877x$, $R^2 = 0.9999$; Densidad 20 kg ha⁻¹; $y = -2.9173x^2 + 33.837x$, $R^2 = 0.9999$

La regresión lineal realizada de la altura de planta de Ubon Stylo al momento de corte en función densidad de siembra, muestra un efecto cuadrático, y demuestra una relación fuerte entre la densidad y la altura de planta con un $R^2= 0.99$ (Figura 3). Esto demuestra que a medida que las densidades se incrementaron, la altura de plantas también se incremento. Se puede atribuir que este incremento en la altura de plantas fue influenciado por efecto de competencia interespecífica, principalmente por el factor luz, la competencia por este factor es causado por el mayor número de plantas por unidad de área, como resultado de la densidad de siembra.

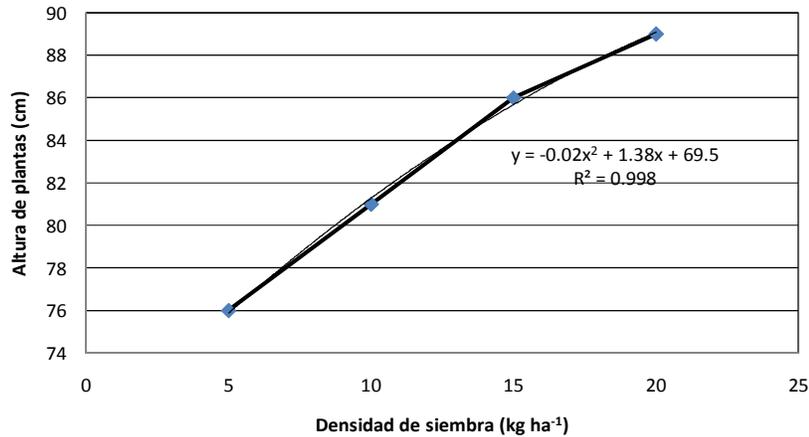


Figura 3. Efecto de las densidades de siembra de Ubon Stylo, sobre la altura de plantas alcanzada a los 98-d en un Oxisol, Isabela, P.R., 2007.

Efecto de densidad de siembra de Ubon Stylo sobre el Rendimiento de materia seca (MS) y Composición botánica

Se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre densidades de siembra para rendimiento de MS. El rendimiento promedio de MS fue de 3,199.6 kg ha⁻¹ para la densidad de 5 kg ha⁻¹ de semilla, siendo estadísticamente diferente a los rendimientos observados para las densidades de 10, 15 y 20 kg ha⁻¹. Los rendimientos promedios fueron de 6,127.1, 6,626.9, y 7,090 kg ha⁻¹ de MS para 10, 15 y 20 kg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 2).

Según los resultados obtenidos, las densidades de siembra provocaron incrementos de 47.8 por ciento (2,927.5) al incrementar el nivel de semilla de 5 a 10 kg ha⁻¹, 51.7 por ciento (3,427.3), de 5 a 15 y 54 por ciento (3,8919) kg ha⁻¹ de MS, respectivamente.

Cuadro 2. Efecto de densidades de siembra de Ubon Stylo, sobre el rendimiento de materia seca en cosecha de catorce semanas en un Oxisol, Isabela, P.R, 2007.

kg ha ⁻¹	RMS kg ha ⁻¹	%		
		Ubon Stylo	Hoja ancha	Gramíneas/Ciperáceas
20	7,090.0	86.97(6,166.2)	2.36(167.3)	10.67(756.5)
15	6,626.9	83.7 (5,546.7)	2.60(172.3)	13.73(909.9)
10	6,127.1	83.68(5,127.2)	1.81(110.9)	14.51(889.0)
5	3,199.6	60.76(1,670.7)	4.96(158.7)	34.28(1,096.8)
Contrastes				
5 vs 10, 15, 20	*	*	ns	*
10 y 15 vs 20	ns	ns	ns	ns
15 vs 20	ns	ns	ns	ns

*** Diferencia significativa con (p<0.05)**
ns No significativo

La regresión lineal realizada, nos muestra que existe un incremento en el rendimiento de la MS a medida que se incrementa el nivel de semilla de Ubon Stylo y la ecuación del modelo cuadrático es el que mejor se ajusta con ($R^2=0.97$), el cual explica que hay una fuerte relación entre el nivel de semilla y el rendimiento de MS (Figura 4). Se observó que con 20 kg ha¹ de semilla de Ubon Stylo se obtuvo el máximo rendimiento de MS (7,090 kg ha¹), sin embargo no fue estadísticamente diferente a los niveles de 10 y 15 kg ha¹.

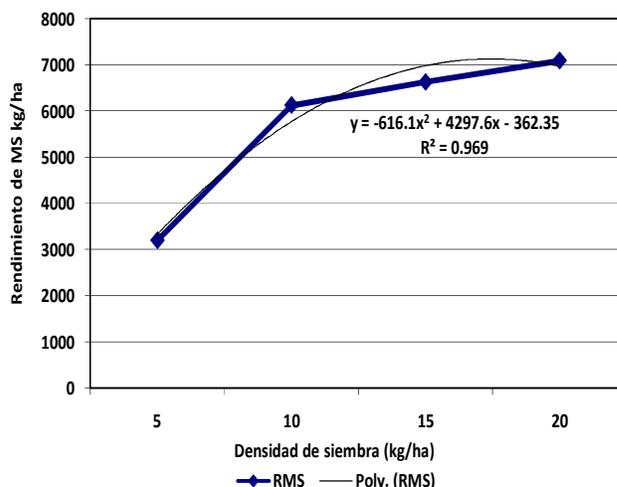


Figura 4. Efecto de densidad de siembra de Ubon Stylo, sobre el rendimiento de materia seca en un Oxisol, Isabela P.R., 2007.

Estos resultados coinciden con lo sustentado por Arnold (1988), quien encontró respuesta en el rendimiento de MS de estilosantes con la densidad de 14,352 plantas por ha con (6.0 t/ha) superior al rendimiento promedio con la densidad de 7,176 plantas por ha con (5.2 t/ha). Cabe mencionar que los rendimientos observados en la presente investigación son superiores a los reportados por Arnold (1988). Además, en este experimento los rendimientos promedios de MS de esta leguminosa con base en una densidad de siembra de 10 kg ha⁻¹ de semilla, son superiores a los rendimientos manifestados por Quintero et al. (1997), quien asegura que leguminosas con menos de 80 plantas por m² no superan los 3,000 a 4,000 kg ha⁻¹ por año. En esta investigación los rendimientos observados son superiores a esos rendimientos utilizando la densidad 5 kg ha⁻¹. Se observó además, que con menos de 60 plantas de Ubon Stylo por m² los rendimientos de MS fueron superiores a los 6,000 kg ha⁻¹ en un corte a 98-d después de establecido.

Se determinó la composición botánica de la biomasa cosechada separando por especies (Ubon Stylo, malezas de hoja ancha y gramínea). Además se analizó estadísticamente la proporción de las especies encontradas en la biomasa. Se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) de la densidad de siembra sobre el porcentaje de Ubon Stylo. Según los contrastes realizados, se demuestra que la densidad de 5 kg ha⁻¹ es estadísticamente inferior a las densidades 10, 15 y 20 kg ha⁻¹, siendo estas últimas similares entre sí (Cuadro 2). Al aumentar la densidad de siembra a 10 kg ha⁻¹ se observó que la proporción de Ubon Stylo incrementó en un 27 por ciento con una tendencia cuadrática con un $R^2 = 0.92$. En cuanto a las malezas gramíneas se observó una reducción en la proporción de esta especie con una tendencia cuadrática con un $R^2 = 0.93$, a medida que se incrementó la densidad de siembra. Se observó que la proporción inicial de malezas gramíneas y hoja ancha, 34 y 4.9 por ciento respectivamente sobre la densidad de 5 kg ha⁻¹, se vieron reducidas más del 50 por ciento al incrementar la densidad de siembra a 10 kg ha⁻¹, no así con las densidades de 15 a 20 kg ha⁻¹ donde se observó una tendencia de reducción en la proporción de esta especie pero de menor porcentaje. En relación a las malezas de hoja ancha, el modelo cuadrático es el que mejor se ajusta para explicar esa reducción con un $R^2 = 0.79$ (Figura 5). Estos resultados demuestran que la composición botánica no es independiente de la densidad de siembra, indicando que al haber incrementado la densidad a 10 kg ka⁻¹ de semilla provocó un incremento en la proporción de Ubon Stylo mientras se observó una reducción en la proporción de malezas en general.

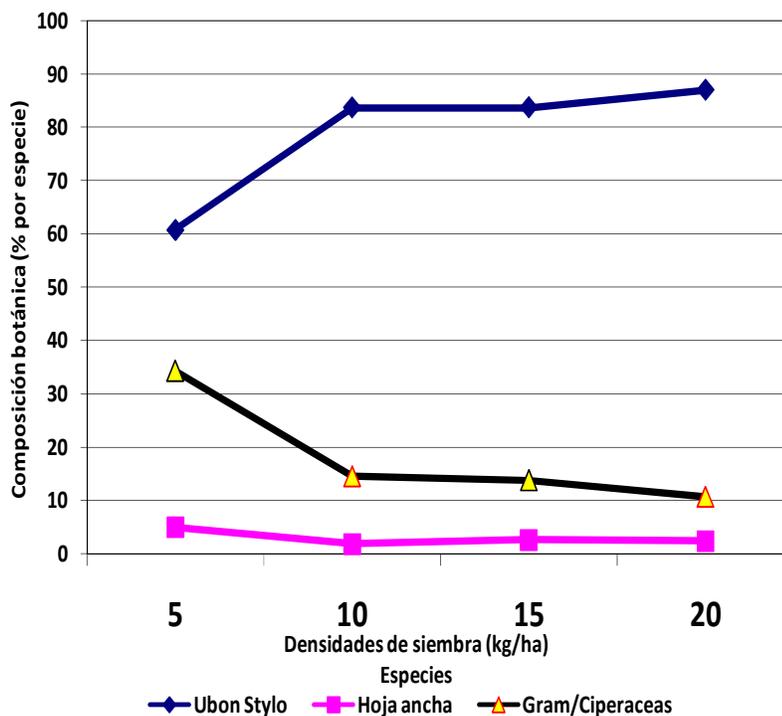


Figura 5. Efecto de las densidades de siembra de cv. Ubon Stylo, sobre la proporción de especies en la composición botánica en un oxisol, Isabela P.R., 2007.

Efecto; cuadrático para Ubon Stylo $y = -4.9125x^2 + 32.427x + 34.553$; $R^2 = 0.92$, cuadrático para gramíneas/ciperáceas $y = 4.1775x^2 - 28.049x + 57.088$; $R^2 = 0.9352$, cuadrático para hoja ancha $y = 0.7275x^2 - 4.3385x + 8.2225$; $R^2 = 0.79$

Relacionando la cantidad de plantas emergidas de gramíneas y ciperáceas por m^2 , con las proporciones de estas especies en la composición botánica, se observó que la cantidad de plantas emergidas no es directamente proporcional a la proporción de esta especie en la composición botánica. Esto se puede atribuir a que las plantas que se encontraron en el recuento, donde predominaban principalmente gramíneas y ciperáceas, no tenían al momento de la cosecha de Ubon Stylo, una altura superior a los 15 cm que les permitiera ser cortadas, por lo cual no se ve reflejada en la composición botánica.

Conclusiones

Los resultados de este estudio demuestran que niveles de semilla de 10 kg ha⁻¹ resulta en una densidad poblacional adecuada de plantas (>40 plantas por m²), una altura (>80 cm) ideal de corte, rendimientos de MS que sobrepasan los 6,000 kg ha⁻¹ con proporciones mayores de 80 por ciento de Ubon Stylo en la biomasa a los 98-d después de siembra. Esto indica que la siembra de 10 kg ha⁻¹ de esta leguminosa en condiciones de buena preparación del suelo, aplicación pre-emergente de Prowl[®] (1.6 kg ha⁻¹ de ia/ha) y aplicación post-emergente de Fusilade[®] (0.48 kg ha⁻¹ de ia/ha) en casos de problemas con gramíneas facilitan un buen establecimiento y la más recomendable.

Implicaciones

Este estudio provee información sobre prácticas de manejo agronómico del Ubon Stylo en un Oxisol de Puerto Rico. Queda demostrado que niveles de semilla de 5 kg ha⁻¹ son demasiado bajos y resultan en una baja densidad poblacional, alta competencia de malezas de hoja ancha y gramíneas y un rendimiento bajo de MS. No se recomienda siembra con niveles de semilla mayor de 10 kg ha⁻¹ pues no facilita mejor establecimiento ni mayores rendimientos de MS post-siembra. Sin embargo, es necesario evaluar estos niveles de semilla en otros tipos de suelos (Vertisoles) y de esta manera tener mayor información agronómica y promover su establecimiento a gran escala en Puerto Rico.

Experimento 2

Efecto de diferentes niveles de semilla de siembra y altura de corte sobre el rendimiento de materia seca y contenido proteico de rebrote del cv. Ubon Stylo

Introducción

La adopción del híbrido de Ubon Stylo (*Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* x var. *pauciflora*) en Puerto Rico es promisorio por sus múltiples usos, tanto en la alimentación animal como en el mejoramiento en la fertilidad de los suelos (Phaikaew and Hare, 1998). Esta leguminosa tropical es considerada buena productora de forraje, con altos rendimientos de materia seca (RMS), tolerancia a suelos moderadamente ácidos y de fácil establecimiento. Grof et al. (2001) propusieron teóricamente que esta leguminosa tiene una buena capacidad de rebrote después de corte.

En Puerto Rico, se postula que la utilización de esta leguminosa en sistemas de producción puede mejorar la disponibilidad de las reservas forrajeras y mejorar el valor nutritivo de dietas basadas en gramíneas tropicales. Esta leguminosa requiere bajos insumos (Arnold, 1988), aunque sus rendimientos de materia seca (MS) y proteína bruta (PB) se ven afectados por deficiencias de P y K (Vélez-Santiago et al., 1981). Arias-Pedraza et al. (1998), en su evaluación de adaptación de 40 accesiones de estilosantes, realizó cortes en intervalos de 60-d entre cosechas a 25 cm de altura de corte y reportó rendimientos promedios de MS de 1,563 kg ha⁻¹ con un promedio de 16.6 por ciento de PB, siendo la accesión CIAT 184 la más promisorio con rendimientos de MS de 1,400 kg ha⁻¹. Estudios realizados por Vélez-Santiago et al. (1981) reportaron rendimientos promedios de 3.2 t/ha. En contraste, Sotomayor-Ríos et al. (1990) en cortes de 60-d y 120-d reportaron

rendimientos promedios de 7.1 t/ha y 12.6 por ciento de PB. Sin embargo, carece información sobre altura de corte óptima, la cual permita una buena persistencia de esta leguminosa y que proporcione altos rendimientos de MS. El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de tres alturas de corte (10, 15, 20 cm) después del corte de estandarización de las cuatro densidades de semilla previamente establecido y medir su efecto sobre el rendimiento de MS y contenido proteico a 90-d después de rebrote.

Materiales y Métodos

El segundo experimento se realizó en las cuatro parcelas de un bloque del experimento 1 bajo similares condiciones de ppt. La Figura 6, presenta la precipitación pluvial durante el período que se realizó este estudio.

Establecimiento del experimento y diseño utilizado

Esta evaluación se llevo a cabo entre diciembre 2007 después del corte de estandarización del experimento 1 y diciembre 2008. Durante el período experimental se estuvo monitoreando la presencia de malezas con visitas periódicas cada 21-d, fue necesario la aplicación general de herbicida Fusilade[®], a razón de 0.48 kg de ia/ha, aplicado 52-d después de la cosecha de junio para el control de pasto Johnson [*Sorghum halepense* (L.)].

En este estudio se evaluaron el efecto cuatro densidades de siembra por tres alturas de corte por cuatro cortes. Es decir un factorial 4 x 3 x 4 con cuatro repeticiones en un diseño de parcelas sub-divididas donde la parcela grande correspondía a las densidades de siembra y la sub-parcela a las alturas de corte y las cuatro cosechas que se realizaron en el año correspondían a la sub-sub-parcela.

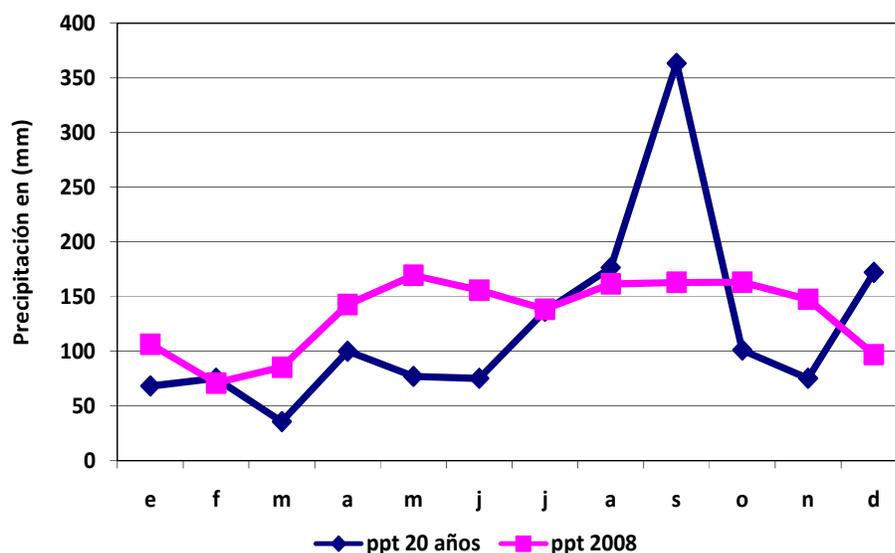


Figura 6. Precipitación promedio mensual en (mm) ocurridos durante el desarrollo del experimento en la sub-estación experimental de Isabela, P.R., 2008.

Se seleccionaron cuatro parcelas de un bloque del experimento uno con los cuatro niveles de densidades, las cuales conformaron los cuatro niveles del factor densidad de semilla para el presente experimento. Cada unidad experimental tenía dimensiones de 3 m de ancho por 78 m de largo las cuales fueron divididas en parcelas de 3 m de ancho por 12 m de largo cada una para formar parcelas experimentales de 36 m². A la parcela grande le comprendía los niveles del factor densidad, a su vez estas parcelas se dividieron en tres sub-parcelas de 3 m de ancho por 4 m de largo para formar 12 m² de área. En cada sub-parcela se asignó una altura de corte de rebrote, aleatorizados en cada nivel de densidad de siembra con cuatro repeticiones, las alturas de corte en estudio fueron (10, 15 y 20 cm) respectivamente.

En el centro de cada sub-parcela se marcó un m^2 y se identificó con un tubo pvc en el centro del mismo utilizado como parcela útil en la medición de variables. Para la medición de las alturas de corte, se utilizó un cuadrante de $1m^2$, graduado a la medida de las alturas de corte en estudio. Para la cosecha se realizaron cortes de las plantas manualmente con tijera de podar cada 13 semanas (90-d) después de rebrote, este intervalo entre cortes permitió realizar cuatro cortes en el año. El forraje cortado se pesó en balanza de campo (Pelouze[®] modelo 7820) y se determinó rendimiento de forraje fresco en cada parcela útil cosechada. Para determinar el rendimiento de MS, se separó una sub-muestra de 500 g las cuales se secaron al horno a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas y se midió el peso seco del forraje en balanza eléctrica (Denver Instrument[®] XP 600) para la estimación del porcentaje de MS. A partir del porcentaje de MS se determinó rendimiento total de MS en kg ha^{-1} en cada cosecha. Las muestras secas de las cosechas de junio y septiembre 2008, fueron molidas en molino eléctrico wiley mill (Thomas) del laboratorio de suelos del Departamento de Agronomía y Suelos del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico. El material vegetal molido se depositó en bolsas plásticas Nasco Whirl-Pak, las cuales fueron almacenadas en el laboratorio de nutrición de rumiantes y de ellas se determinó el contenido de nitrógeno en el tejido vegetal utilizando el procedimiento de micro-Kjeldahl (AOAC, 1990).

Análisis estadístico

Los datos de cosecha recopilados en libreta de campo se digitalizaron en base de datos Excel, los cuales se acondicionaron al modelo del diseño y posteriormente se analizaron estadísticamente mediante el modelo lineal general (GLM) en (SAS, 1990). El experimento fue en un diseño de parcelas sub-divididas en bloques completos aleatorizados

(BCA) con cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), modelo en el cual se incluyeron los efectos de bloque, densidad de siembra, altura de corte, cosecha, la interacción de los factores densidad x altura de corte, densidad x cosecha, altura de corte por cosecha y densidad de siembra x altura de corte x cosecha. Se encontró interacción ($p < 0.05$) de los factores densidad x cosecha, se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) de cosecha sobre el RMS y una tendencia para la densidad de siembra sobre el RMS. Lo que permite discutir de estos resultados, la interacción de los factores densidad x cosecha, el efecto principal de cosecha y la tendencia de un efecto de densidad. Fue utilizada una prueba de contrastes para comparar las medias del efecto interactivo densidad x cosecha y para las medias del efecto simple de cosecha sobre el rendimiento de materia seca. Se realizó regresión lineal para el efecto simple de densidad sobre el RMS. Los datos se analizaron mediante los siguientes modelos:

$$Y_{ijkl} = \mu + \rho_l \alpha_i + \epsilon_{il} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijl} + \delta_k + (\alpha\delta)_{ik} + (\beta\delta)_{jk} + (\alpha\beta\delta)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable dependiente (i.e. RMS, contenido de proteína).

μ = Es el promedio general.

ρ_l = Es el efecto del l -ésimo bloque.

α_i = Efecto de tratamiento del factor A (densidad de siembra (5, 10, 15 y 20 kg ha⁻¹ de Ubon Stylo).

β_j = Efecto de tratamientos del factor B (alturas de corte 10, 15 y 20 cm).

δ_k = Efecto de tratamientos del factor C (cosechas).

$\alpha\beta_{ij}$ = Es el efecto aleatorio de la interacción entre el nivel i -ésimo del factor A y el nivel j -ésimo del factor B (densidad de siembra por altura de corte).

$(\alpha\delta)_{ik}$ = Es el efecto aleatorio de la interacción entre el nivel *i-ésimo* del factor A y el nivel *k-ésimo* del factor C (densidad de siembra por cosecha).

$(\beta\delta)_{jk}$ = Es el efecto aleatorio de la interacción entre el nivel *j-ésimo* del factor B y el nivel *k-ésimo* del factor C (altura de corte por cosecha).

ϵ_{il} = Es el error del factor A.

ϵ_{ijl} = Es el error del factor B.

ϵ_{ijkl} = Es el error aleatorio correspondiente a la repetición *l-ésima* y al nivel *i-ésimo* del factor A y nivel *j-ésimo* del factor B, y nivel *k-ésimo* del factor C (error de la sub-sub-parcela).

Para el análisis de la densidad en función del RMS, se realizó regresión lineal mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Variable dependiente (RMS).

β_0 = rendimiento de MS con la densidad de siembra de 5 kg ha⁻¹ (Intercepto).

β_1 = Cambio en el rendimiento de MS por el incremento en la densidad de siembra (Pendiente).

ϵ_{ij} = Error aleatorio.

Contenido proteico

Este procedimiento consistió en determinar la proteína bruta (PB) del tejido de las muestras de Ubon Stylo de las cosechas de junio y septiembre 2008, señalando que solo este componente de la composición química fue evaluado en este experimento. Los resultados de la concentración de PB fueron analizados mediante análisis de varianza para un arreglo factorial de las cuatro densidades de siembra, (5, 10, 15 y 20 kg ha⁻¹); tres alturas

de corte, (10, 15 y 20 cm) y dos cosechas, (junio y septiembre) con cuatro repeticiones. Dado que no se encontró diferencias significativas para la proteína para las fuentes de variación evaluadas, se ha limitado a puntualizar el valor promedio encontrado y sus implicaciones en el momento de corte. El análisis de la concentración de proteína se realizó siguiendo modelo estadístico similar al modelo usado para el análisis de RMS.

Resultados y discusión

La precipitación pluvial del año 2008 desde el mes de enero a diciembre en la sub-estación experimental de Isabela fue en total 1457 mm, con irregularidades en los períodos de cosechas del experimento. La precipitación anual no constituyó una limitante para la persistencia en capacidad de rebrote de Ubon Stylo durante los períodos de cosecha, debido a que los requerimientos de lluvia para este forraje se documenta que oscilan entre los 900 y 1200 mm anuales (Sousa and Schultze-Kraft, 1993). Se destaca que las mayores precipitaciones ocurrieron en los periodos de cosecha de junio y septiembre, las cuales fueron de 310 y 552 mm, respectivamente (Figura 6).

Se encontró una tendencia ($p=0.0630$) de densidad de siembra sobre el rendimiento de MS. Sin embargo no se encontró diferencias significativas ($p>0.05$) del factor altura de corte sobre el rendimiento de MS. Esto nos indica que los rendimientos son independientes de la altura de corte y que cualquier de esas alturas de corte nos induce a obtener rendimientos similares. Se encontró diferencia significativa ($p<0.05$) por efecto de las cosechas sobre el rendimiento de MS de Ubon Stylo. Esto demuestra que los rendimientos no son independientes del mes de cosecha. Esto condujo a sortear las cosechas para determinar cuáles de ellas proporcionan los mejores rendimientos de MS. Este análisis de

varianza sugiere realizar comparaciones entre las medias. No se encontró interacción ($p>0.05$) de los factores densidad de siembra x altura de corte sobre el rendimiento de MS, pero si se encontró una interacción ($p<0.05$) de densidad x cosecha sobre el rendimiento de MS de Ubon Stylo (Figura 7). Esta interacción permite analizar y discutir la comparación de los efectos simples y principales de los factores evaluados. Sin embargo, no se encontró interacción ($p>0.05$) de los factores altura de corte por cosecha sobre el rendimiento de MS de Ubon Stylo, lo cual nos indica que estas fuentes de variación evaluados conjuntamente no ejercen efectos reales sobre el rendimiento de MS de Ubon Stylo. Tampoco se encontró un efecto triple interactivo ($p>0.05$) de los factores densidad de siembra x altura de corte x cosecha sobre el rendimiento de MS, indicando que estos factores son independientes entre sí.

Para la evaluación de los efectos principales de la variabilidad del rendimiento de MS para las cosechas por efecto de las diferentes densidades evaluadas, no se puede precisar un modelo matemático que se ajuste para explicar las tendencias que estos rendimientos tienen a través de las cosechas, sin embargo gráficamente se puede describir los efectos principales del factor densidad y cosecha evaluados (Figura 7).

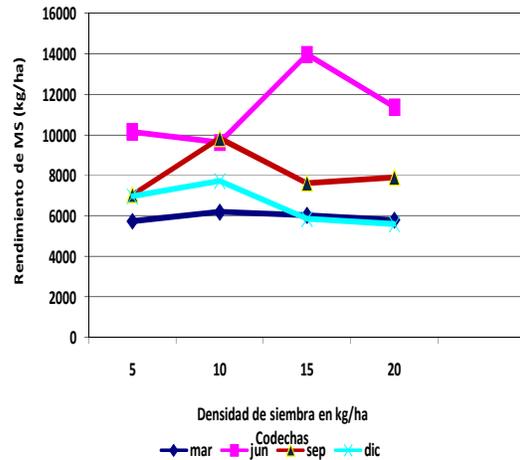


Figura 7. Efecto de la interacción densidad de siembra por cosecha de Ubon Stylo sobre el rendimiento de MS en un Oxisol Isabela, P.R., 2008

El efecto principal de densidad indica que con 5 kg ha⁻¹ de semilla ejerce un efecto en las cosechas, observando que en junio se obtuvieron los mayores rendimientos y en marzo los menores rendimientos de MS. Sin embargo, septiembre y diciembre proporcionaron rendimientos similares en esta densidad. En la densidad de 10 kg ha⁻¹, se observó que en junio el rendimiento disminuyó, pero no fue menor que en los otros meses de cosecha. En contraste en septiembre se proyectó un incremento mayor que el observado con la densidad 5, sin embargo, en esta densidad se observó que en la cosecha de junio y septiembre obtuvieron los rendimientos más altos. Con la densidad de 15 kg ha⁻¹, es con la cual se observó el mayor rendimiento de MS para la cosecha de junio, esto es contrario a lo que ocurrió en la cosecha de marzo cuyo rendimiento de MS fue similar al observado con la densidad de 10 kg ha⁻¹. En las cosechas de septiembre y diciembre los rendimientos tienen unas líneas paralelas que nos indican que la reducción en el rendimiento en las cosechas de estos meses en esta densidad es similar. En las cosechas realizadas en la densidad de 20 kg

ha⁻¹, se observó una reducción en el rendimiento de MS en el mes de junio pero siempre fue mayor que el observado en los otros meses y para estos otros meses la gráfica nos muestra que los rendimientos son similares a los observados en la densidad de 15 kg ha⁻¹.

En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de los efectos simples de la fuente de variación de cosechas a través de la prueba de contrastes donde la comparación entre los promedios de MS de la cosecha de marzo versus las cosechas de junio, septiembre y diciembre son significativamente diferentes ($p < 0.05$). De igual manera la comparación realizada de las cosechas de junio y septiembre versus el rendimiento promedio de la cosecha de diciembre, se encontró que existen diferencias significativas ($p < 0.05$). Al comparar la cosecha de septiembre versus cosecha de diciembre, se encontró que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) de estas cosechas sobre el rendimiento de MS. Estas comparaciones demuestran que el rendimiento de MS de la cosecha de junio superó en un 47 por ciento (5,335.7 kg ha⁻¹) al rendimiento observado en la cosecha de marzo. En la comparación de la cosecha de septiembre con los rendimientos promedios de la cosecha de marzo, demuestran que en la cosecha de septiembre los RMS fueron superiores en un 26 por ciento (2,155.7 kg ha⁻¹) a la cosecha de marzo.

Cuadro 3. Efecto de interacción densidad de siembra por cosecha sobre el rendimiento de materia seca total de Ubon Stylo en cuatro cosechas de rebrote cada 13 semanas en Isabela, P.R., 2007-2008.

kg ha ⁻¹	Cosechas				Promedio
	marzo	junio	septiembre	diciembre	
	Rendimiento de MS kg ha ⁻¹				
5	5,746.75	10,159.21	7,060.71	6,984.45	6,662.7
10	6,198.13	9,631.63	9,828.61	7,728.4	7,424.5
15	6,043.75	13,975.28	7,623.87	5,856.65	7,613.5
20	5,807.64	11,372.49	7,905.54	5,601.73	6,898.0
Contrastes					
Cosechas					
mar. vs jun. sept. y					
dic.	*				
jun. y sept. vs dic.					
sept. vs dic.	*				
Densidades					
5 vs 10, 15, 20					*
10 y 15 vs 20					*
15 vs 20					*
cv=27.18%					

***Significante con el nivel de (p=0.05) para las cosechas y (p≤0.0743) para las densidades**

El rendimiento promedio de MS de la cosecha de septiembre demuestra que es superior en un 19 por ciento (1,562 kg ha⁻¹) con respecto al rendimiento promedio de MS observado en diciembre. El promedio del rendimiento de MS de las cosechas de junio y septiembre son superiores en un 32 por ciento (3,152 kg ha⁻¹) con respecto al rendimiento promedio de MS de diciembre (Figura 8).

Sotomayor-Ríos et al. (1990) evaluaron el potencial de rendimiento de estilosantes, en cortes de 120-d con CIAT 184 (la cual es similar a Ubon Stylo) y reportaron rendimientos promedios de 5,064 kg ha⁻¹. Arias-Pedraza et al. (1998) evaluó la accesión CIAT 184 con diferentes resultados. La evaluación de MS de estos estudios anteriores al presente, se llevaron a cabo en los meses de noviembre, enero, marzo y mayo en rebrotes de 60-d. Ellos reportaron rendimientos promedios de MS de 2,340, 770, 1,120 y 1,360 kg ha⁻¹ para los meses de noviembre, enero, marzo y mayo, respectivamente. El promedio general fue de 1,400 kg ha⁻¹ de MS para la accesión CIAT 184. Comparando estos resultados con el presente experimento en cosechas de rebrotes de 90-d de marzo, junio, septiembre y diciembre, se observaron rendimientos promedios de 5,949, 11,285, 8,105 y 6,543, respectivamente para un promedio de 7,970. Estos rendimientos demuestran ser superiores a los rendimientos reportados en los dos estudios anteriores. A pesar de esta diferencia, las fluctuaciones de los rendimientos de MS respecto a los meses de cosecha, en ambos experimentos son similares.

Se puede atribuir que los rendimientos de MS observados en cada cosecha estuvieron influenciados por las precipitaciones ocurridas en el intervalo de cada cosecha. Es notorio que para la cosecha de marzo las precipitaciones registradas (71 mm) son consideradas bajas por lo que es probable que eso sea la causa de los bajos rendimientos de MS. No obstante, las subsiguientes cosechas (junio, septiembre y diciembre), fueron favorecidas con precipitaciones de (274, 303 y 497 mm) respectivamente. Sin embargo, a partir de junio las dos cosechas siguientes (septiembre y diciembre) se vieron reducidas como se ha descrito anteriormente. Es probable que los días cortos permitieran que las plantas entre junio y diciembre se prepararan para la floración y esto afectara la producción

de biomasa de esta leguminosa. Según Sotomayor-Ríos et al. (1990) el estilosantes es una planta sensitiva al fotoperiodo.

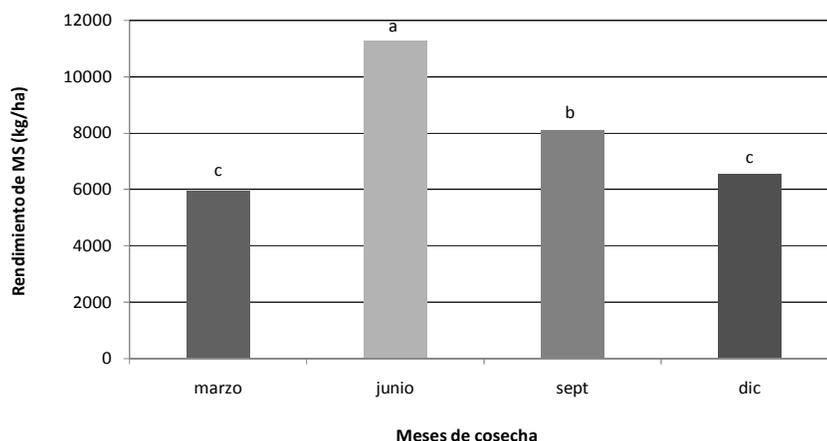


Figura 8. Efecto de cosecha sobre el rendimiento de MS de Ubon Stylo, en cuatro cosechas de rebrote cada 13 semanas en Isabela, P.R., 2007-2008.

En este experimento para la evaluación del efecto simple de la fuente de variación densidad de siembra se encontró que hay una tendencia con el nivel de significancia de ($p=0.0630$) de encontrar diferencias entre las medias de los rendimientos. Este nivel es bastante próximo a la prueba práctica de determinar diferencias con un nivel de significancia de ($p<0.05$), por lo que es justificable someter las medias a pruebas de contrastes a posteriori. Al someter las medias de los rendimientos obtenidos a este análisis de contrastes comparando el nivel de densidad de siembra de 5 kg ha^{-1} con las demás densidades en estudio, se demostró que existe diferencias significativas ($p<0.05$). Esto explica que la densidad de siembra ejerce un efecto real sobre el rendimiento de MS de Ubon Stylo y se afirma que el nivel de significancia de SAS $p=0.0630$ es razonable para

establecer diferencias. No se encontró diferencias significativas entre los rendimientos promedios de MS obtenidos con las densidades 10 y 15 versus 20 kg ha⁻¹ bajo el nivel de significancia de (p=0.05), sin embargo el nivel de significancia de (p=0.0734) de SAS para establecer una diferencia entre las medias, se puede considerar un nivel razonable para atribuirle una diferencia significativa por efecto de la densidad entre este contraste con el nivel de (p≤0.0734). Se encontró diferencia significativa (p≤0.0741) bajo el mismo contexto anterior, al comparar los rendimientos de las densidades 15 versus 20 kg ha⁻¹ de semilla de siembra (Cuadro 3).

Se realizó regresión lineal para la variable RMS por efecto de la densidad de siembra para analizar la respuesta del Ubon Stylo en la persistencia bajo cortes. Los resultados demuestran que los RMS por incremento de la densidad de siembra, tienen una tendencia cuadrática, modelo que explica mejor esta relación indicado por un R²=0.99 (Figura 9). Este modelo muestra que el máximo RMS se obtuvo con la densidad de siembra de 15 kg ha⁻¹. Sin embargo solo supera por 200 kg ha⁻¹ de MS a la densidad de siembra de 10 kg ha⁻¹. Esta diferencia en RMS por efecto de la densidad, no es económicamente rentable ya que no compensa el costo de la semilla.

No se encontró diferencias significativas (p>0.05) entre los factores densidad de siembra x altura de corte x cosecha sobre el contenido de PB de Ubon Stylo. Es decir los valores de PB encontrados en las plantas de Ubon Stylo en este experimento, no fueron influenciados por las diferentes combinaciones de los factores evaluados, indicando que los tratamientos evaluados son independientes entre sí.

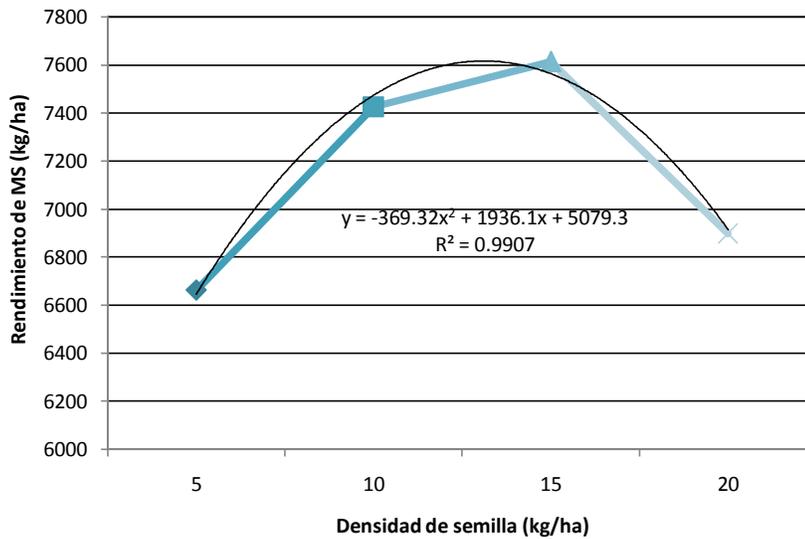


Figura 9. Efecto de densidad de siembra sobre el rendimiento de materia seca de Ubon Stylo en cuatro cosechas de rebrote cada 13 semanas en Isabela, P.R., 2007-2008.

Efecto de la interacción de los factores densidad de siembra por altura de corte por cosecha sobre el contenido de proteína de Ubon Stylo 2008.

Cualquier combinación de los niveles del factor densidad de siembra con cualquier nivel del factor altura de corte induce a obtener valores similares de proteína, independientemente que las cosechas sean en junio o septiembre. Esta evaluación proporciona evidencia que los factores en estudio actúan de forma independiente sobre el contenido de proteína de Ubon Stylo, por lo cual fue necesario evaluar el efecto de estos factores por separado. Sin embargo, los resultados demuestran que la densidad de siembra no ejerce efecto significativo ($p > 0.05$) sobre el contenido de proteína de Ubon Stylo y que el factor altura de corte tampoco ejerce efecto significativo ($p > 0.05$) sobre la concentración de proteína.

El promedio de PB en este estudio fue de 13.4 por ciento. Este valor es inferior a los valores promedios encontrados en esta leguminosa por Guodao et al., (2004) en China, quienes reportaron valores promedios de proteína de 15 a 16 por ciento en Ubon Stylo. También el valor promedio encontrado en el presente experimento es inferior a los valores promedios encontrados por Vélez-Santiago et al., (1981) en Puerto Rico, quienes reportaron valores promedios de 16.5 por ciento en el cv. Endeavour al los 90-d de rebrote. Sin embargo, el valor promedio del presente estudio es similar al valor promedio reportado por Arnold (1988) quien encontró 14 por ciento de PB en el cv. Pauciflora en Puerto Rico. Sin embargo, en comparación con otros estudios y otros ecotipos en otros países, el valor promedio en este estudio es superior al valor promedio reportado por Ciotti et al. (1995) y Ciotti et al. (2003) en Argentina, quienes reportan valores de 10-12 por ciento de PB. Es posible que disminuyendo la edad de rebrote de Ubon Stylo a 60-d resulte en valores más alto de PB.

Conclusiones

Este estudio demostró que existe una influencia de las densidades de siembra por cosecha sobre el rendimiento de MS, en la cual la mejor expresión de estos dos factores se determinó con la densidad de siembra de 15 kg ha⁻¹ para la cosecha de junio y la densidad de siembra de 10 kg ha⁻¹ para la cosecha del mes septiembre. Esto afirma los resultados de la primera evaluación del establecimiento convencional de Ubon Stylo, en la cual el nivel de semilla óptima es de 10 kg ha⁻¹. Además, hay evidencia que la altura de corte no influye sobre el rendimiento de MS de Ubon Stylo. Por tal razón, el Ubon Stylo debe someterse a una altura razonable de corte (entre 10-20 cm) que facilite el ajuste de la maquinas podadoras existentes en Puerto Rico. Los mayores rendimientos de MS se observaron en los meses de junio y septiembre. Esto indica que los días de rebrote en la época de verano pueden acortarse entre 45 a 60-d y así poder mejorar la PB del Ubon Stylo las cual son bajas en cosechas de 90-d de rebrote. El presente estudio también demostró que el Ubon Stylo persiste por más de un año bajo cortes de 90-d.

Implicaciones

El presente estudio provee importante información sobre la densidad de siembra óptima para manejar esta leguminosa, y la época en los cuales se obtienen los mayores rendimientos de MS. Queda demostrado que el Ubon Stylo es una leguminosa promisoría para uso en sistemas de conservación de forrajes en suelos ácidos de Puerto Rico. Sin embargo, es necesario evaluar intervalos menores de 90-d de rebrote, principalmente en la época de verano. Una mejora en el contenido proteico (PB) con intervalos menores de rebrote proveerá mayor PB y mejor fibra en sistemas de mezcla total de raciones en la industria lechera.

Literatura citada

AOAC, Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 15th edition. Washington, DC.

Argel, P. J. 1996. Contribución de las leguminosas forrajeras tropicales a la producción animal en sistemas semi-intensivos de pastoreo. Pastoreo intensivo en zonas tropicales, Primer Foro Internacional, Banco de México. FIRA. Veracruz, México del 7 al 9 de Noviembre.

Argel, P. J. 2005. Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 14(2): 65-72.

Arias-Pedraza, A. 1990. Adaptación y evaluación agronómica de *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. en un suelo oxisol de Puerto Rico. Tesis MSc. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. 54 p.

Arias-Pedraza, A., A. Sotomayor-Ríos and A. Quiles-Belén. 1998. Agronomic potential of Stylo [*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw.] in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P. R. 82 (1-2): 1-15

Arnold, B. B. 1988. Response of *Stylosanthes guianensis* varieties to two population densities and three cutting dates in Western Puerto Rico. MSc. Thesis. University of Puerto Rico, Mayagüez, 63 p.

Becerra, J. 1986. Leguminosas forrajeras tropicales. Actualización sobre producción de forrajes en la costa del Pacífico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México. pp. 1-19.

Beck, D. P. and L. A. Materon. 1988. Development in Plant and Soil Sciences. Nitrogen fixation by legumes in mediterranean agriculture. Martinus, Nijoff publishers, ISSN 90-247-3624-2 ICARDA. 379 p.

Berrios, R., J. Fariñas, A. Díaz y F. Barreto. 2004. Evaluación de 11 accesiones de leguminosas utilizadas como cobertura viva en palma aceitera en el estado Monagas, Venezuela. Bioagro, vol. 16(2): 113-119.

Brady, N. C. 1974. The Nature and Properties of Soils, 8th Edition. MacMillan Publishing Company, New York. 639 p.

Burt, R. L., D. G. Cameron, D. F. Cameron, L. 't Mannetje, and J. Lenne. 1983. The role of *Centrocema*, *Desmodium*, and *Stylosanthes* in Improving Tropical Pastures. In: Burt, R. L. Rotar, P. P. Walker, J. R. and Silvey, M.W. (eds). Westview Press. Boulder, Colorado. p. 141-181.

Bustamante, G. J. J. 2004. Utilización de heno de *Clitoria* en la Alimentación de becerras lactantes de propósito lechero. INIFAP. Folleto Científico (1): 3-30.

Camero, A., J.C. Camargo, M. Ibrahim y A. Schlönvoigt. 1999. Agroforestería y sistemas de producción animal en América Central. En: Sistemas agroforestales y la producción ganadera. SSP-FAO-doc. Intensificación de ganadería en Centroamérica.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1992. Pastures for the Tropical Lowlands: CIAT's Contribution. Cali, Colombia. 238 p.

Ciotti, E. M., C. E. Tomei, M. E. Castelan y R. M. Capurro. 1995. Evaluación Agronómica de *Stylosanthes guianensis* en el Nordeste de Corrientes, Argentina. Revista de Producción Animal. 15(1): 310-312.

Ciotti, E. M., M. E. Castelan, C. E. Tomei, D. Massat y O. D. Melgratti. 2000. Sistemas de labranza y métodos de siembra en la producción de materia seca de *Stylosanthes guianensis* CIAT 184. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Corrientes Argentina. pp. 35-37.

Ciotti, E. M., M. E. Castelan, A. Persoglia y C. E. Tomei. 2003. Respuesta de *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 a la fertilización con una baja dosis de fósforo. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 32(2): 137-148.

Ciotti, E. M., S. Altuve y F. Reyes. 2006. Calidad de semillas en *Stylosanthes guianensis* cv Graham. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Corrientes, Argentina.

Crowder, L. V. and H. R. Chheda. 1982. Tropical Grassland Husbandry. Tropical Agriculture Series. Publish in United States of America by Longman Inc. New York. 562 p.

Edye, L. A. and D. G. Cameron. 1984. Prospects for *Stylosanthes* Improvement and Utilization. In: Stace, H. M. and Edye, L. A. (eds.). The Biology and Agronomy of *Stylosanthes*. Academic Press, North Ryde, N. S. W., Australia. 636 p.

Giller, K. E. 2001. Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems. 2nd Edition. Department of Soil Science and Agricultural Engineering University of Zimbabwe. Harare, Zimbabwe. 423 p.

Giraldo, L. A. 1998. Potencial de la arbórea guácimo (*Guazuma ulmifolia*), como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Universidad Nacional de Colombia. Medellin, Colombia. Conferencia electrónica de la FAO.

Grof, B., C. D. Fernandes, and A. T. F. Fernandes. 2001. New *Stylosanthes guianensis* for tropical grasslands. Proceedings of XIX International Grassland Congress, Brazil, Session 13: 2-7.

Guodao, L., B. Changjun, W. Dongjin, and H. Huaxuan. 2004. Currently used *Stylosanthes* cultivars in China: their development and performance. In: Chakraborty, S. (ed.). Highyielding anthracnose-resistant *Stylosanthes* for agricultural systems. pp. 153–157. (ACIAR: Canberra, Australia).

Hare, M. D. 2006. Applied research leads to successful expert seed production of South American forages in Ubon Ratchathani province, Thailand. International Herbage Seed Group 6th Conference, United Kingdom No. 40.

Hare, M. D., I. E. Gruben, P. Tatsapong, A. Lumpha, M. Saengkam and K. Wongpichet. 2004. Inter-row planting of legumes to improve the crude protein concentration in *Paspalum atratum* cv. Ubon pastures in north-east Thailand. Tropical Grasslands. 38: 167-177.

Holmann, F. y C. Lascano. 1998. Una nueva estrategia para mejorar los sistemas de producción de doble propósito en los trópicos: El Consorcio Tropileche. En: Mejora de la ganadería mestiza de doble propósito. G. Gonzalez-Stagnaro, N. Madrid-Bury, y E. Soto Belloso (eds.). Maracaibo, Venezuela.

Holmann, F., L. Rivas, P. Argel y E. Pérez. 2005. Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria*: Centroamérica y México. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 197. 31 p.

Ibrahim M., A. Camero, J. C. Camargo y H. J. Andrade. 1999. Sistemas Silvopastoriles en América Central. Centro Virtual para investigación y desarrollo. Experiencias de CATIE. Costa Rica.

Mburu, M. 2003. Effects of Mucuna Planting Density and Time on Water and Light Use in a Maize-Legume Intercrop System. Legume Research Network Project Newsletter. Kenya Agricultural Research Institute. Nairobi. Issue No. 9.

Miller, D. A. 1984. Forage Crops. McGraw-Hill Book Company New York. 530 p.

Minson, J. D. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, Inc. San Diego, California, USA. 463 p.

Mohlenbrock, R. H. 1958. A revision of the genus *Stylosanthes*, Annals of the Missouri Botanical Garden 44: pp. 299.

Navas, A., H. Patiño, J. E. Vargas, y J. Estrada. 2000. Producción de Matarratón (*Gliricidia sepium*) en Bancos de alta densidad. Universidad de Caldas, Línea de Investigación Desarrollo de Sistemas Sostenibles de Alimentación Animal, Departamento de Sistemas de Producción, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

Ordoñez, J., M. De la Torre, y C. Reyez. 1993. Validación de establecimiento de pasturas tropicales en áreas degradadas. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. Lima, Perú. 6(1).

Paladines, O. y C. Lascano. 1983. Germoplasma forrajero bajo Pastoreo en Pequeñas Parcelas. *Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Memorias de la región de trabajo*. Cali, Colombia. CIAT. 11-49.

Pathak, P. S., C. R. Ramesh and R. K. Bhatt. 2004. *Stylosanthes* in the reclamation and development of degraded soils in India. In: Chakraborty, S. (ed.) High-yielding anthracnose-resistant *Stylosanthes* for agricultural systems. (ACIAR: Canberra, Australia). pp. 86–95.

Pedrerros, L. y Soto P. 2003. Control de Malezas en Alfalfa, Informativo Agropecuario, BIOLICHE - INIA Quilamapu, Chile.

Pérez, M. J. 2007. Eficiencia de algunas leguminosas en la utilización de fósforo proveniente de rocas fosfóricas. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia*. Maracaibo, Venezuela. 24(1): 76-88.

Phaikaew, C. and M. D. Hare. 1998. Thailand's experiences with forage seed supply. In: Horne, P. M., Phaikaew, C. and Stur, W. W. (eds) Forage Seed Supply Systems Proceedings of a workshop held at The Pra, Thailand, 7–14. (CIAT Working Document No. 175, Los Banos, Philippines).

Phaikaew, C. and M. D. Hare. 1999. *Stylo* adoption in Thailand: three decades of progress. Forage seed production in Northeast Thailand: A case history In: Loch, D. S. and Ferguson, J. E. (eds.). Forage Seed Production Volume 2: Tropical and Subtropical Species. pp. 435–443.

Pizarro, E. A., M. A. Ayarza, J. M. Spain, M. A. Carvalho y M. A. de Sousa. 1995. Efecto de la irrigación en la producción de semillas de *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão. *Pasturas Tropicales* 15(3): 27-28.

Pool, N. L., N. S. León M, C. González S y P. Figueroa. 1998. Fríjol terciopelo, cultivo de cobertura en la agricultura CHOL del valle de Tulija, Chiapas, México. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. 16(004): 359-369.

Prieto, R. J. 2007. Efecto del manejo de nitrógeno sobre características agronómicas, composición química y fermentativas de híbridos de maíz a diferentes edades de corte. Tesis MSc. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. 77 p.

Quintero, C. E., N. G. Boschetti and R. A. Benavidez. 1997. Efecto residual y refertilización fosfatada de pasturas implantadas en Entre Ríos, Argentina. *Ciencia del Suelo* 15: 1-5.

Rao, P. P., C. R. Ramesh, P. S. Pathak, Y. M. Rao and N. Biradar. 2004. Recent trends in *Stylosanthes* seed production by small holders in India. In: Chakraborty, S. (ed.) Highyielding anthracnose-resistant *Stylosanthes* for agricultural systems. (ACIAR: Canberra, Australia). pp. 235–242.

Rodríguez, A. A., E. O. Riquelme y P. Randel. 1998 Inclusión de leguminosas forrajeras en dietas basadas en gramíneas tropicales. I. Composición química y degradación invitro. J. Agric. Univ. P.R. 82(1-2): 25-38.

Rodríguez, A. A., H. L. Díaz y L. Rivera. 2006. Consumo y digestibilidad de nutrientes de heno de maní rizoma perenne y alfalfa comercial. J. Agric. Univ. P. R. 90 (3-4): 249-251.

Rojas, S., J. Olivares y R. Jiménez. 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. INIFAP, Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. México. 1(5).

Ruiz, V. C. 2004. Tiempos de aplicación de oxifluorfen y halosulfuron methyl y su control de malezas en cebollas (*Allium cepa* L.). Tesis MSc. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. 59 p.

Sánchez, F. L. y E. Gamboa 2004. Control de malezas con herbicidas y métodos mecánicos en plantaciones jóvenes de café. Bioagro, vol. 16(2): 133-136. ISSN 1316-3361.

SAS, 1990. SAS/STAT User's Guide. (v. 9.1). SAS Inst. Inc., Cary, N. C.

Schnitman, G. y P. Lernoud. 1992. Agricultura orgánica. Experiencias de cultivos ecológicos en la Argentina. Planeta Eco-Agro, Buenos Aires, 350 p.

Semidey, N., E. Caraballo and N. Acín. 1989. Broadleaf weed control in peppers with herbicides applied pre-transplant. J. Agric. Univ. P. R. 73 (1): 67-73.

Sotomayor-Ríos A. and W. D. Pitman. 2001. Tropical Forage Plants: Development and Use. Sotomayor-Ríos, A. and Pitman, W. D. (eds.). CRC, Press, Boca Raton. London, New York Washington, D.C. 391 p.

Sotomayor-Ríos, A., A. Arias-Pedraza and S. Torres Cardona. 1990. Forage Potential of *Stylosanthes guianensis* in Puerto Rico. Tropical Agriculture Research Station, and University of Puerto Rico, Mayaguez, PR. Proceedings of the 26th annual meeting. Caribbean Food Crops Society in cooperation with USDA-ARS-TARS Mayagüez, Puerto Rico. pp.753-764.

Sousa Costa, N. M., and R. Schultze-Kraft. 1993. Biografía de *Stylosanthes capitata* Vog. y de *Stylosanthes guianensis* Sw. var. *Pauciflora*. Publicado en forma parcial. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. Pasturas Tropicales, 15(1): 10-15.

Tergas, L. E., J. Vélez-Santiago and D. Vera de Saldaña. 1988. Forage production of nine alfalfa cultivars in the semiarid region of Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P. R.* 72(2): 221-230.

Thummasaeng, K., M. Hare, and P. Tasapong. 2004. A study on dairy cows grazing signal grass pastures, with or without legume and concentrates feed supplementation. *Proceedings of the 3rd Southern Animal Science Conference, Prince of Songkhla University, Thailand.* pp. 85-93.

Titterton, M. y F. B. Bareeba. 1999. Ensilaje de gramíneas y leguminosas en los trópicos. *Memorias de la conferencia electrónica del 1^{ro} de septiembre al 15 de diciembre.* Departamento de agricultura y protección del consumidor. Depósito de documentos de la FAO.

Tomei, C. E., M. N. Brito, C. M. Hack, M. E. Castelan y E. M. Ciotti. 2005. Efecto del agregado de fósforo sobre el rendimiento de *Stylosanthes guianensis* cv. CIAT 184. INTA Corrientes, Argentina. ISSN edición impresa 0325-8718 ISSN Edición en línea 1669-2314. *RIA.* 34(1): 19-27.

Urbano, D. y C. Dávila. 2005. Leguminosas arbóreas para optimizar la producción de leche y carne. *Manual de Ganadería Doble Propósito.* Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA). Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.

Valencia, E., A. Sotomayor Ríos and S. Torrez Cardona. 1997. Establishment and effect of cutting interval on yield and nutritive value of rhizoma perennial peanut in northwestern Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P. R.* 81(1-2): 19-30.

Valencia, E., M. J. Williams and L. E. Sollenberger. 1999. Yield and botanical composition of rhizoma peanut-grass swards treated with herbicides. *Agron. J.* 91: 956-961.

Valles de la Mora, B., G. Cadisch and Aluja-Schunemaun. 2003. Comparación de metodologías de isotopos para evaluar fijación de N atmosférico y su destino en suelos y plantas. *Agrociencia.* 37: 117-128.

Vélez-Santiago, J., A. Sotomayor-Ríos and M. A. Lugo López. 1981. Potential of *Stylosanthes guianensis* as a forage crop in the humid mountain region of Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P. R.* 65(3): 231-240.

Vera, R. R., P. Hoyos y G. Ramírez. 1997. *Stylosanthes capitata* en pasturas asociadas: Dinámica, persistencia y recuperación en los llanos orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales.* 19(2): 21-34.

Vincent, J. M. 1982. Nitrogen Fixation in Legumes: based on proceedings of an international seminar sponsored by the Australian Development Assistance Bureau and the University of Sydney. Edited by J. M. Vincent. Department of Microbiology University of Sydney. United States Edition. Published by Academic Press, New York. 288 p.

William, R. J., R. Reid, R. Schultze-Kraft, N. M. Sousa Costa and B. D. Thomas 1984. Natural Distribution of *Stylosanthes*. In: Stace, H. M. and Edey, L. A. (eds.). The Biology and Agronomy of *Stylosanthes*. Academic Press, North Ryde, N. S. W., Australia. 636 p.

Zhou, D. M., C. S. Jiang, X. R. Ma and Y. Z. Zhaug. 2005. Analysis of genetic variability among *Stylosanthes guianensis* accessions, resistant and susceptible to the Stylo anthracnose. Tropical Agricultural Science, Danzhou, China.

Listado de Apéndices

1. Apéndice A. Efecto de la densidad de siembra de Ubon Stylo sobre el número de planta emergidas por m² en un Oxisol, Isabela P. R., 2007.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>Cuadrados Medios</i>	<i>gl</i>	<i>F-value</i>	P≤F
Bloque	547.08	3	1.90	0.1444
Densidad	11538.47	3	40.11	0.0004
Residual	287.64			
cv=31.08%	287.64			

1. Apéndice B. Efecto de la densidad de siembra de Ubon Stylo, sobre la altura de plantas, cada tres semanas a partir de las seis semanas de establecido, Isabela, P.R., 2007.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>gl</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F-value</i>	P≤F
Bloque	3	1096.29	21.64	0.0001
Densidad	3	1085.11	21.24	0.0001
Semanas	3	45928.75	906.45	0.0001
Densidad*Semanas	2	43.19	0.85	0.5683
Residual	6	50.67		
cv=12.05%				

1. Apéndice C. Efecto de densidad de siembra de Ubon Stylo, sobre la proporción de especies en la composición botánica, Isabela, P.R., 2007.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>gl</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F-value</i>	P≤F
Bloque	3	396.55	3.84	0.0508
Densidad	3	586.39	6.73	0.0001
Residual	9	25.17		

cv=6.37%

1. Apéndice D. Efecto de densidad de siembra de Ubon Stylo, sobre el rendimiento de materia seca un Oxisol, Isabela, P.R., 2007.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>gl</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F-value</i>	P≤F
Bloque	3	1998909.8	1.31	0.3298
Densidad	3	12280667.14	8.06	0.0064
Residual	9			

cv=21.43%

2. Apéndice A. Análisis de varianza del rendimiento de materia seca de los factores densidad de siembra por altura de corte de Ubon Stylo en cuatro cosechas de rebrote cada 13 semanas en un Oxisol en Isabela, P.R., 2007-2008.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>gl</i>	<i>Cuadrados Medios</i>	<i>F-value</i>	<i>P≤F</i>
Bloque	3	21393539.7	5.66	0.0012
Densidad	3	9459024.4	2.50	0.0630
Error 1	9	992290.8	0.26	ns
Altura de corte	2	522836.8	0.14	ns
Densidad * Altura de corte	6	1865782.8	0.26	ns
Error 2	24	3574998.0	0.95	ns
Cosecha	3	229140339.0	60.67	0.0001
Densidad * Cosecha	9	19059477.4	5.05	0.0001
Altura de corte x Cosecha	6	1928291.6	0.51	ns
Densidad*Altura de corte* Cosecha	18	2028470.1	0.54	ns
Error 3	108	3776590.0		
cv=27.18%				

2. Apéndice B. Análisis de varianza de los factores densidad de siembra x altura de corte de Ubon Stylo, sobre el contenido de proteína en cortes de rebrote de 13 semanas para la cosecha de Junio y Septiembre en Isabela, P.R., 2007- 2008.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>gl</i>	<i>Cuadrados Medios</i>	<i>F-value</i>	<i>P≤F</i>
Bloque	3	15.48	4.72	0.0070
Densidad	3	2.04	0.62	ns
Error 1=Bloque *Densidad	9	6.16	1.88	ns
Altura de corte	2	6.67	2.04	ns
Cosecha	1	5.51	1.68	ns
Error 2	24	1.57	0.48	ns
Densidad x Altura de corte	6	3.54	1.08	ns
Densidad x Cosecha	3	3.76	1.15	ns
Altura de corte x Cosecha	2	1.27	0.39	ns
Densidad x Altura de corte x Cosecha	6	3.13	0.96	ns
Error 3	36	3.28		
cv= 13.46%				