

# Época de siembra y fecha de corte y su efecto en la producción de biomasa y la contribución de nitrógeno de *Crotalaria juncea* L. 'Tropic Sun' en el suroeste de Puerto Rico<sup>1,2</sup>

Ana Santos<sup>3</sup>, Elide Valencia<sup>4</sup>, Elvin Román-Paoli<sup>5</sup> y Rafael Ramos-Santana<sup>6</sup>

J. Agric. Univ. P.R. 95(3-4):169-178 (2011)

## RESUMEN

El sunn hemp o crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) es una leguminosa multiusos de rápido crecimiento y buena fijadora de N<sub>2</sub>, de posible uso en suelos degradados del trópico para mejorar su fertilidad. En este estudio se evaluó el efecto de dos épocas de siembra y tres fechas de corte en la producción de biomasa y acumulación de nitrógeno (N) de 'Tropic Sun' en la Subestación Experimental Agrícola de Lajas de la Universidad de Puerto Rico. Se sembró sunn hemp en un suelo Molisol (serie San Antón) a una densidad de 7 kg/ha en las dos épocas, mayo y octubre, con la intención de cosechar a tres fechas de corte: 84, 121 y 177 días después de la siembra (DDS). Sin embargo, la cosecha a los 177 DDS no resultó factible debido a previa senescencia de las plantas sembradas en octubre por lo que se excluyó del análisis. La siembra en mayo y la cosecha a 121 DDS resultaron en mayores rendimientos de materia seca (RMS, kg/ha) relativo a la siembra de octubre y la cosecha a 84 DDS (7,248 vs. 5,975 y 7,946 vs. 5,277, respectivamente). Solo la diferencia entre épocas de siembra fue significativa (P < 0.05). Iguales tendencias mostró la acumulación de N en el tejido vegetal (kg/ha), con respectivas medias de 126.55 vs. 105.09 y 120.65 vs. 110.99, pero sin diferencias (P > 0.05). No había efectos de interacción (P > 0.05) entre época de siembra y fecha de cosecha referente a las dos variables dependientes citadas. Se encontró diferencia (P < 0.05) en la concentración de N al comparar el dosel superior contra el inferior de las plantas (2.12 vs. 1.00%). Se obtuvo la mayor concentración de proteína bruta (PB) de 16.05% en el dosel superior al sembrar en mayo. Los datos de este

<sup>1</sup>Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 16 de septiembre de 2011.

<sup>2</sup>Esta investigación se realizó con fondos del proyecto Z-215.

<sup>3</sup>Ex-estudiante graduada, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Box 9000, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 00681.

<sup>4</sup>Catedrático, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Box 9000, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 00681. \*Autor para correspondencia, Tel.: 787-265-3851. E-mail: elide.valencia@upr.edu

<sup>5</sup>Catedrático, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, HC-02 Box 11656, Estación Experimental de Lajas, Universidad de Puerto Rico, Lajas, PR 00667-9801.

<sup>6</sup>Catedrático, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Estación Experimental de Corozal, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR.

estudio sugieren que sunn hemp tiene buen potencial para uso como cultivo de cobertura y abono verde en la región de Lajas, y que la siembra en verano es más favorable.

Palabras clave: crotalaria, *Crotalaria juncea*, cultivos de cobertura, biomasa

#### ABSTRACT

Planting season and date of harvest effect on biomass production and nitrogen contribution of *Crotalaria juncea* L. 'Tropic Sun' in southwestern Puerto Rico

Sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) is a fast-growing, multipurpose legume of high  $N_2$  fixation ability, and an option for use in improving the fertility of degraded tropical soils. The objective of this study was to compare the effects of two planting seasons and three harvest dates on biomass yield (DMY) and N accumulation in the vegetative material of sunn hemp 'Tropic Sun'. Sunn hemp was seeded at the Lajas Agricultural Experimental Substation of the University of Puerto Rico in a Mollisol soil (San Antón Series) at a density of 7 kg/ha in May and October, and harvested at 84, 121, and 177 days after planting (DAP). The 177 DAP date proved to be not feasible because of previous senescence of the plants from the October planting; therefore, it was excluded from the analysis. Planting in May rather than October and harvesting at 121 DAP rather than 84 DAP resulted in higher DMY (kg/ha) (7,248 vs. 5,975 and 7,946 vs. 5,277, respectively). However, only the difference between planting seasons was significant ( $P < 0.05$ ). The same tendencies were observed in N accumulation (kg/ha), means of 126.55 vs. 105.09 and 120.65 vs. 110.99, respectively, but without differences at  $P = 0.05$ . No interactions ( $P > 0.05$ ) were detected between seasons of planting and date of harvest in these two dependent variables. Differences ( $P < 0.05$ ) were found in N content of plant tissue, the upper canopy mean surpassing that of the lower canopy (2.12 vs. 1.00%). The highest crude protein content of 16.05% was found in the upper canopy for the May planting. These results suggest that sunn hemp has good potential as a cover crop and green manure in the Lajas region, and that summer planting is preferable.

Key words: sunn hemp, *Crotalaria juncea*, cover crops, biomass

#### INTRODUCCIÓN

En años recientes, la investigación relacionada al uso de cultivos de cobertura ha aumentado en importancia como parte de los esfuerzos por mejorar la estructura del suelo y disminuir el constante uso de agroquímicos. Las consideraciones económicas y ambientales han revivido el interés en estas prácticas que buscan mejorar la productividad de los cultivos y la salud del suelo, manteniendo así la sostenibilidad de los agroecosistemas (Fageria et al., 2005). Los cultivos de cobertura pueden proveer numerosos beneficios relacionados con mejoras a la fertilidad, estructura y retención de agua del suelo, y calidad de las aguas subterráneas, además de reducir la erosión y mejorar el manejo

de plagas (Fageria et al., 2005). En el trópico, la leguminosa *Crotalaria juncea* L. (sunn hemp o crotalaria) ha sido utilizada extensivamente para el mejoramiento de suelos o como abono verde (Mansoer et al., 1997). Además de sus aportaciones de N y biomasa, se caracteriza por ser supresora de nematodos y malezas. Contrario a otras especies dentro del género *Crotalaria*, 'Tropic Sun', cultivar liberado en 1983, no representa peligro de toxicidad para los animales. Según Joy (2003), 'Tropic Sun' figura como uno de los cultivos prometedores para uso como cobertura y abono verde. A pesar de los numerosos beneficios que pudieran obtenerse de esta leguminosa, el elevado costo y la dificultad para la producción de semilla a gran escala han impedido su adopción e incorporación en sistemas de manejo en regiones del occidente.

Es necesaria la identificación de cultivares de sunn hemp apropiados para servir como cultivos de cobertura y que sean capaces de producir biomasa en cantidad suficiente para cubrir la superficie del suelo y a la vez mejorar el rendimiento de los cultivos posteriores (Baligar y Fageria, 2007). La producción de biomasa, composición química de esta y acumulación de N varían grandemente dependiendo de la especie o cultivar, etapa de crecimiento, manejo de cultivo, y condiciones edáficas y ambientales (Mansoer et al., 1997).

En Puerto Rico, se ha estudiado poco el potencial productivo y valor nutritivo del sunn hemp 'Tropic Sun' y por tal razón es importante investigar su desempeño en distintos ecosistemas. Las estrategias efectivas de manejo pudieran facilitar su incorporación como cultivo de cobertura en sistemas agrícolas sostenibles. Se necesita información sobre fechas óptimas de siembra y corte y sobre la acumulación de nitrógeno, bajo condiciones de Puerto Rico.

A tales efectos se realizaron estudios en un suelo Molisol del valle de Lajas, en el suroeste de Puerto Rico, con el propósito de evaluar el efecto de épocas de siembra y fechas de corte de 'Tropic Sun' sobre la producción de biomasa y acumulación de nitrógeno en la misma.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Agrícola, Subestación de Lajas, Universidad de Puerto Rico. El suelo del área de siembra corresponde a un Molisol de la serie San Antón (Cumulic Haplustolls), con pH de 6.97; materia orgánica, 2.37%; nitrógeno Kjeldahl, 0.162%; y P disponible, 73.25 mg/kg.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones. Los tratamientos experimentales se basaron en dos factores: la época de siembra (parcela principal) y la fecha de corte (subparcela). Por último, dentro de cada subparcela se

tomó al azar una planta y se dividió entre dosel superior y dosel inferior, que para efectos de análisis se consideró como la sub-subparcela (tercer factor). La superficie total midió 25.5 m de ancho  $\times$  76 m de largo, dividida en seis parcelas completas (unidades experimentales) de 3 m de ancho con un espacio de 1.5 m entre parcelas. Las parcelas completas se dividieron en tres subparcelas de 25.3 m de largo.

La preparación del área de siembra fue por labranza mecanizada convencional. La siembra se realizó con una sembradora mecánica "Brillion"<sup>7</sup> calibrada a una densidad de siembra de 7 kg/ha. Las semillas de 'Tropic Sun' no se inocularon con *Rhizobium*. Tampoco se realizó fertilización, control de malezas o aplicación de plaguicidas durante el periodo de experimentación.

En cada una de las dos épocas de siembra, mayo y octubre, y a cada fecha de corte, 84, 121, y 177 días después de siembra (DDS), se cosechó manualmente un área de 1 m<sup>2</sup> en el centro de cada subparcela. Sin embargo, en la segunda época (octubre), el tercer muestreo (177 DDS) no pudo realizarse debido a que ya las plantas habían completado su ciclo de vida y se habían secado completamente. Al cortar las plantas a una altura aproximada de 15 cm sobre la superficie del suelo se tomó el peso fresco (kg). De cada sitio de muestreo se separó al azar una planta que fue identificada y dividida entre dosel superior e inferior (midiendo y cortándola por la mitad). Para determinar el porcentaje de materia seca (MS), se separó una submuestra con peso de 500 a 800 g que se secó en un horno a temperatura constante de 60° C por 72 horas y luego se repesó. Por multiplicación se calculó el rendimiento de materia seca (RMS).

Previo al análisis químico, las submuestras se molieron en un molino "Wiley" para pasar un cedazo de 1 mm de porosidad. Se realizó la determinación del contenido de N por el método micro-Kjeldahl (AOAC, 1990) en el Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Industria Pecuaria del Recinto Universitario de Mayagüez. Se expresó el resultado en equivalencia de proteína bruta (PB).

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de los datos utilizando el Modelo Lineal General (GLM) del programa SAS (1999). De existir diferencias significativas, se realizó una separación de medias mediante la prueba Tukey ( $P = 0.05$ ). Los datos de las cuatro semanas de medición de altura de las plantas se sometieron a un análisis de regresión lineal con el propósito de comparar los cambios en altura entre épocas.

<sup>7</sup>Los nombres de compañías y de marcas registradas sólo se utilizan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

Para la comparación de las dos épocas de siembra, no se incluyeron los datos del tercer muestreo (177 DDS) de la primera época por falta de datos correspondientes de la segunda época.

Para el análisis estadístico de las variables dependientes RMS, porcentaje y acumulación de N, los datos se adaptaron al modelo de parcelas divididas en que el factor asignado a las parcelas completas (época de siembra) se arregló en un diseño completamente aleatorizado (DCA). Los datos se analizaron mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{k(i)} + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es el valor (RMS, o acumulación de N) observado para la repetición  $k$  de la época de siembra  $i$  y la fecha de corte  $j$ .

$\mu$  = Media general de la población de datos

$\alpha_i$  = Efecto de la época de siembra  $i$ , donde  $i = 1$  (mayo), 2 (octubre)

$\delta_{k(i)}$  = Efecto (aleatorio) de la repetición  $k$  en la época de siembra  $i$  (Error parcela principal)

$\beta_j$  = Efecto de la fecha de corte  $j$ , donde  $j = 1$  (84 DDS), 2 (121 DDS)

$\alpha\beta_{ij}$  = Efecto de la interacción entre la época de siembra  $i$  con la fecha de corte  $j$

$\varepsilon_{ijk}$  = Error aleatorio correspondiente asociado con la unidad  $Y_{ijk}$  de la subparcela (error residual)

En el análisis de la variable dependiente, contenido de N o PB, al dividir las plantas entre dosel superior e inferior, los datos se adaptaron a un DCA con arreglo en parcelas subdivididas. Al momento de comparar los efectos del tercer factor (posición referida a dosel), se consideró el mismo como una sub-sub-parcela, y se añadió al modelo el efecto de las correspondientes interacciones: fecha de corte x época de siembra x dosel, época x dosel y corte x dosel.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontró interacción ( $P \geq 0.05$ ) entre la época de siembra y fecha de corte sobre el RMS de sunn hemp (Figura 1), pero sí había diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre ambas épocas de siembra. El RMS (kg/ha) promedio general de la primera época fue 7,248, superando en 1,273 al valor de la segunda época de 5,975. Estos resultados sugieren que el sunn hemp es una planta cuyo crecimiento responde al fotoperiodo (efecto de horas de luz). Los días largos de verano favorecieron el crecimiento vegetativo y promovieron una mayor producción de biomasa después de la siembra en mayo.

A pesar de que el rendimiento en la segunda cosecha (121 DDS) sobrepasó por 2,669 kg/ha al de la primera, el análisis mostró que la

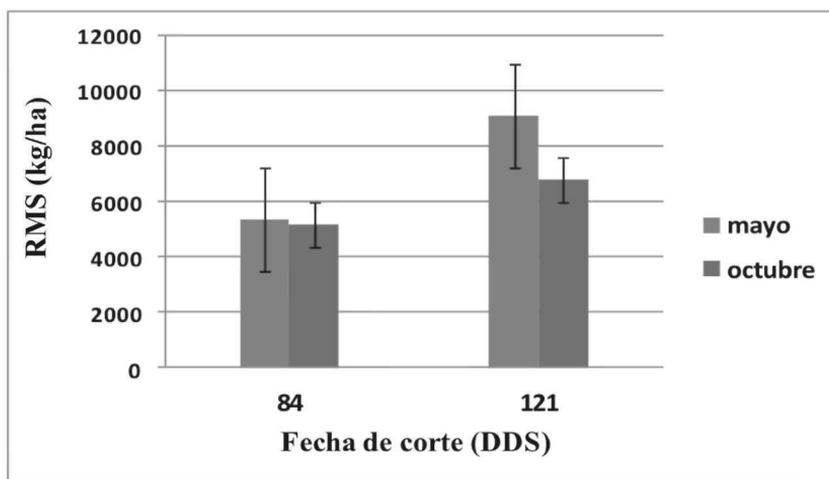


FIGURA 1. Efecto de época de siembra y fecha de corte en el rendimiento de materia seca (RMS) de sunn hemp, Lajas, P.R., 2008-2009. Líneas verticales sobre columnas indican el error estándar. DMS Tukey = 7,632.179.

fecha de corte no ejerció un efecto significativo ( $P \geq 0.05$ ) en el RMS. Los valores promedio fueron de 5,277 y 7,946 kg/ha para cosechas a los 84 y 121 DDS, respectivamente.

Los presentes resultados son cónsonos con los obtenidos por Mansoer et al. (1997) de rendimientos que variaron de 4.8 a 7.3 Mg/ha al cosechar a los 84 DDS, y un promedio general de 5.9 Mg/ha en todas las localidades de estudio. Las presentes observaciones inferen que la temperatura y la precipitación pluvial probablemente afectaron el crecimiento en las diferentes etapas del ciclo del cultivo. Según Balkom y Reeves (2005), sunn hemp produjo aproximadamente 7.6 Mg/ha a las 14 semanas (cerca de 98 DDS). Además, referencias citadas por USDA-NRCS (1999) indican que bajo condiciones adecuadas, sunn hemp es capaz de producir más de 5,614 kg/ha en un periodo de ocho a 12 semanas, rendimiento que se asemeja a los obtenidos en el presente estudio.

No se encontró interacción ( $P \geq 0.05$ ) entre la época de siembra y la fecha de corte sobre la concentración de N en el tejido de sunn hemp 'Tropic Sun' (Cuadro 1). Hubo aproximadamente 30 días de diferencia en el comienzo de la floración entre épocas, pero tal como se esperaba, en ambas, el porcentaje de N disminuyó a medida que avanzaba la etapa de floración.

Al evaluar los efectos principales, no se encontraron diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ) en el porcentaje de N entre épocas de siembra ni

CUADRO 1. *Efecto de época de siembra y fecha de corte sobre la concentración de N (%) en el tejido de sunn hemp, Lajas, P.R., 2008-2009.*

Época de siembra	Fecha de corte (DDS)	
	84	121
	%N	
mayo	2.19	1.48
octubre	1.95	1.62

cv = 21.31%

fechas de corte. Los valores más altos del presente estudio se acercan a niveles típicos del porcentaje de N en el tejido de sunn hemp indicados por Valenzuela y Smith (2002), de 2.0 a 3.12%.

En cuanto a la acumulación de N, no se encontró efecto de interacción ( $P \geq 0.05$ ) entre la época de siembra y la fecha de corte. Los mayores valores de 122.5 y 130.6 kg/ha se obtuvieron en la siembra de mayo al cosechar a los 84 y 121 DDS, respectivamente, mientras los valores correspondientes de la siembra en octubre fueron 99.0 y 110.69 kg/ha. Sin embargo, la diferencia promedio de 9.66 kg/ha entre las siembras de mayo y octubre no fue significativa ( $P \geq 0.05$ ), siendo los respectivos valores de 126.55 y 105.09 kg/ha. Tampoco afectó significativamente ( $P \geq 0.05$ ) la fecha de corte, observándose promedios de 110.99 y 120.65 kg/ha para cosechas a los 84 y 121 DDS, respectivamente.

Los presentes valores de acumulación de N se asemejan a los obtenidos por Mansoer et al. (1997) en dos localidades en Alabama, de 123 y 136 kg/ha de N al cosechar a las 12 semanas (cerca de 84 DDS). La acumulación de N en el presente estudio también coincide con el informe del USDA-NRCS (1999), que indica que sunn hemp puede sobrepasar los 112 kg N/ha en un periodo de ocho a 12 semanas después de la siembra.

La combinación de factores época de siembra x posición del dosel mostró un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) sobre el contenido de N, donde había variación entre los límites de 0.86 a 2.57%, y el valor mayor se obtuvo al cosechar el dosel superior en la siembra realizada en mayo (Figura 2). También se encontró interacción ( $P < 0.05$ ) entre la fecha de corte y posición del dosel sobre el porcentaje de N, obteniéndose el valor mayor al cortar el dosel superior de las plantas a los 84 DDS (2.45%) mientras el corte a los 121 DDS resultó en un menor valor (1.79%). Por contraste, en el dosel inferior la diferencia en contenido de N entre las dos fechas de corte fue pequeña (Figura 3).

Se esperaba que el dosel superior mostrara mayor contenido de N ya que en este se concentran tanto hojas jóvenes como hojas maduras de las ramas primarias y secundarias. Estas hojas se consideran más

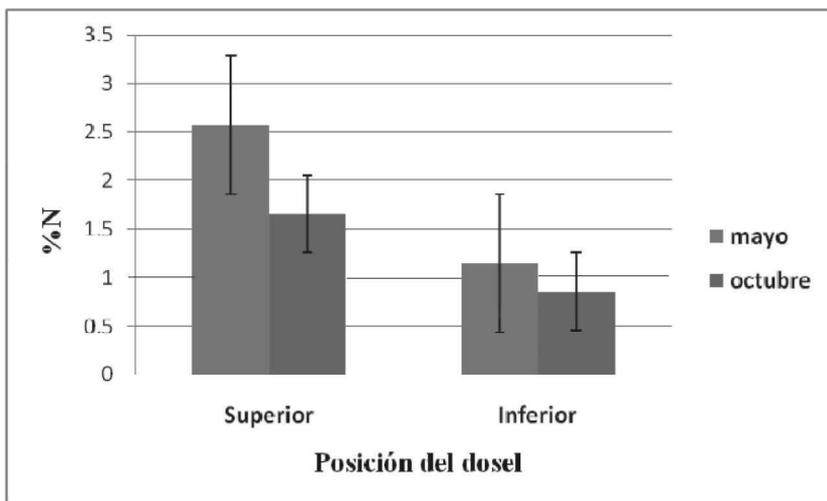


FIGURA 2. Interacción entre época de siembra y posición del dosel sobre el porcentaje de N en el tejido de sunn hemp, Lajas, P.R., 2008-2009. Líneas verticales sobre columnas indican el error estándar. DMS Tukey = 0.50297.

activas fotosintéticamente que las del tallo principal, y posiblemente provean fotosintatos para la formación de las vainas nuevas (Baki et al., 2001).

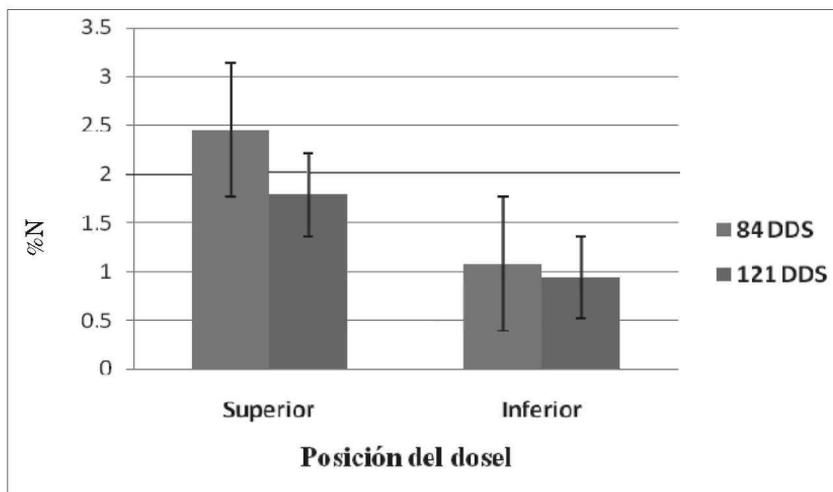


FIGURA 3. Interacción entre fecha de corte y posición del dosel sobre el porcentaje de N en el tejido de sunn hemp, Lajas, P.R., 2008-2009. Líneas verticales sobre columnas indican el error estándar. DMS Tukey = 0.50297.

Aunque el porcentaje mayor de PB se obtuvo al sembrar en mayo y cosechar el dosel superior de las plantas a los 84 DDS (18.42%), no se encontró efecto de interacción triple ( $P \geq 0.05$ ) entre los factores época  $\times$  fecha de corte  $\times$  dosel sobre el contenido de PB. En cambio, sí hubo interacción ( $P < 0.05$ ) entre época  $\times$  dosel (Cuadro 2) y fecha de corte  $\times$  dosel (Cuadro 3) sobre el contenido proteico, con mayor efecto de la época de siembra y de la fecha de corte sobre el dosel superior que sobre el inferior. En caso de utilizar follaje de sunn hemp en dietas para ganado, sería beneficioso seleccionar las combinaciones de factores que favorezcan altos porcentajes de PB, como la de sembrar en mayo y cortar el dosel superior a los 84 DDS usada en el presente estudio. Es importante señalar que a medida que esta leguminosa avanzó en su ciclo de vida, los tallos se tornaron fibrosos y difíciles de manejar. En un estudio realizado en la isla de St. Croix, al sembrar sunn hemp en agosto y cosechar a los 86 DDS se obtuvieron valores de 11.5 y 12.9% de PB para heno almacenado y material fresco, respectivamente (Weiss y Godfrey, 2010).

CUADRO 2. *Interacción entre época de siembra y posición del dosel sobre el contenido de proteína bruta de sunn hemp, Lajas, P.R., 2008-2009.*

Época de siembra	Posición del dosel	
	superior	inferior
	PB (%)	
mayo	16.05 a*	7.21 c
octubre	10.40 b	5.38 c
cv = 17.38%		

\*Promedios seguidos por letras distintas difieren al  $P < 0.05$  según la prueba de Tukey.

CUADRO 3. *Interacción entre fecha de corte y posición del dosel sobre el contenido de proteína bruta de sunn hemp, Lajas, P.R., 2008-2009.*

Fecha de corte (DDS)	Posición del dosel	
	superior	inferior
	PB (%)	
84	15.28 a*	6.73 c
121	11.17 b	5.85 c
cv = 17.38%		

\*Promedios seguidos por letras distintas difieren al  $P < 0.05$  según la prueba de Tukey.

### CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones del presente estudio en Lajas, sunn hemp ‘Tropic Sun’ lució como una alternativa viable para uso como cultivo de cobertura y abono verde al mostrar un crecimiento vigoroso, alta producción de biomasa y de acumulación de nitrógeno en el tejido vegetal. Se obtuvieron los rendimientos máximos de MS y N en la primera época de siembra (verano). El dosel superior de las plantas presentó una mayor concentración ( $P < 0.05$ ) de proteína bruta que la porción inferior y la combinación de la época de siembra y la posición del dosel afectó ( $P < 0.05$ ) esta variable, siendo más favorable cosechar el dosel superior en la siembra de mayo (16.05% PB).

### LITERATURA CITADA

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Baligar, V. C. y N. K. Fageria, 2007. Agronomy and physiology of tropical cover crops. *Journal of Plant Nutrition* 30: 1287-1339.
- Balkcom, K. S. y D. W. Reeves, 2005. Sunn hemp utilized as a legume cover crop for corn production. *Agron. J.* 97:26-31.
- Baki, A. A., H. H. Bryan, G. M. Zinati, W. Klassen, M. Codallo y N. Heckert, 2001. Biomass yield and flower production in Sunn hemp: Effect of cutting the main stem. *Journal of Vegetable Crop Production* 7(1):83-104.
- Fageria, N. K., V. C. Baligar y B. A. Bailey. 2005. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36: 2733-2757.
- Joy, R., 2003. Report of Plants in Field Plantings. USDA-NRCS.
- Mansoor, Z., D. Wayne Reeves y C. Wesley Wood, 1997. Suitability of Sunn hemp as an alternative late-summer legume cover crop. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:246-253.
- SAS, 1999. SAS/STAT User’s Guide. (v. 8). SAS Inst. Inc., Cary, N.C., U.S.A.
- (USDA) United States Department of Agriculture, NRCS, 1999. Sunn Hemp: A Cover Crop for Southern and Tropical Farming Systems. Soil Quality Technical Note No.10. (Available on-line at [http://soils.usda.gov/sqi/management/files/sq\\_atn\\_10.pdf](http://soils.usda.gov/sqi/management/files/sq_atn_10.pdf)) (Verified September 2010)
- Valenzuela, H. y J. Smith, 2002. ‘Tropic Sun’ Sunn hemp. Cooperative Extension Service. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Mānoa. Sustainable Agriculture Green Manure Crops. SA-GM-11.
- Weiss, A. y R.W. Godfrey, 2010. Evaluation of Sunn Hemp Hay for St. Croix White Hair Sheep Production. University of the Virgin Islands, Agricultural Experiment Station. Technical Session, 46th Caribbean Food Crops Society Annual Meeting. 7-11 Julio 2010, Boca Chica, República Dominicana.