

Cultivation and incorporation of *Crotalaria juncea* L. in a sugarcane culture soil in the Chontalpa, Tabasco, Mexico

Cultivo e incorporación de *Crotalaria juncea* L. en un suelo cañero de la Chontalpa, Tabasco, México

Almeida-Santos, Lilia Esther¹; Obrador-Olán, José Jesús¹; García-López, Eustolia¹; Castelán-Estrada, Mepivoseh¹; Carrillo-Ávila, Eugenio²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina km 3.5. H. Cárdenas Tabasco. CP. 86500. ²Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, Carretera Federal Haltun-chén-Edzná Km 17.5, C.P. 24450, Sihochac, Champotón, Campeche, Mexico.

*Autor por correspondencia: obradoro@colpos.mx

ABSTRACT

Objetivo: to analyze in a sugarcane soil, the yield in aerial biomass of sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) (Fabaceae) with and without nitrogen fertilization in two periods of cut (40 and 60 d), and to evaluate the changes in its fertility in two dates subsequent to its incorporation.

Design/methodology/approach: two fertilization treatments NPK 00-60-60 and 120-60-60 and a control were tested. At the beginning of the experiment, 15 and 30 days after the harvest and incorporation of the sunn hemp, compound samples of soil were taken (0-30 cm) to analyze them chemically.

Results: in total dry weight (PS) and the aerial components (stem and leaves) of the legume there were no significant differences between treatments, their average yield was 7.08 and 7.16 t ha⁻¹ for the 40 and 60 day cuts, respectively. The N did not show significant differences between doses or cutting season; their average accumulation was 151.61 and 176.37 kg ha⁻¹ for the respective cuts. The P showed higher values and significant differences in the fertilized treatments. Soil analysis before planting showed optimal properties, except for the low OM content.

Study limitations/implications: the sensitivity of some of its components may make it difficult to detect changes in OM; the OSC is an alternative and easily measurable parameter, although it is also advisable to follow up in the long term.

Findings/Conclusions: the incorporation of sunn hemp to the soil is a viable and promising alternative to restore the N used and incorporate the environment, in addition, OM improves its physical, chemical and biological fertility.

Keywords: green manure, nitrogen fertilization, cutting season.

RESUMEN

Objetivo: analizar en un suelo cañero, el rendimiento en biomasa aérea de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) (Fabaceae) con y sin fertilización nitrogenada en dos épocas de corte (40 y 60 d), y evaluar los cambios en su fertilidad en dos fechas posteriores a su incorporación.

Diseño/metodología/aproximación: se probaron dos tratamientos de fertilización NPK 00-60-60 y 120-60-60 y un testigo. Al inicio del experimento, 15 y 30 d después de la cosecha e incorporación de la crotalaria, se tomaron muestras compuestas de suelo (0-30 cm) para analizarlas químicamente.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 7, julio, 2019. pp: 87-93.

Recibido: febrero, 2019. **Aceptado:** mayo, 2019.

Resultados: en peso seco (PS) total y de los componentes aéreos (tallo y hojas) de la crotalaria no hubo diferencias significativas entre tratamientos, su rendimiento promedio fue 7.08 y 7.16 t ha⁻¹ para los cortes de 40 y 60 d respectivamente. El N tampoco mostró diferencias significativas entre dosis ni época de corte; su acumulación promedio fue de 151.61 y 176.37 kg ha⁻¹ para los cortes respectivos. El P mostró valores más altos y diferencias significativas en los tratamientos fertilizados. El análisis del suelo antes de la siembra mostró propiedades óptimas, excepto por el bajo contenido de MO.

Limitaciones del estudio/implicaciones: la sensibilidad de algunos de sus componentes puede dificultar la detección de cambios en la MO; siendo el COS un parámetro alternativo y fácilmente medible, aunque también es recomendable hacer un seguimiento a largo plazo.

Hallazgos/conclusiones: la incorporación de crotalaria al suelo es una alternativa viable y promisoría para restituir el N utilizado e incorporar el del ambiente, además, la MO mejora su fertilidad física, química y biológica.

Palabras clave: abono verde, fertilización nitrogenada, época de corte.

y se desarrolla rápidamente, tiene un hábito de crecimiento denso que suprime las malezas, reduce la población de nematodos en el suelo, fija N₂ atmosférico, produce abundante MO, conserva la humedad del suelo e incrementa el suministro de nutrimentos. Giraldo (2003), menciona que puede producir de 5,600 a 14,000 kg ha⁻¹ de biomasa seca y aportar hasta 204 kg N ha⁻¹.

Partiendo de lo anterior, el objetivo de este estudio fue conocer el rendimiento en biomasa aérea de *Crotalaria juncea* L. en un suelo Cambisol, con y sin fertilización nitrogenada, y evaluar los cambios en la fertilidad del suelo cañero en dos fechas posteriores a su incorporación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco (18° 01' N y 93° 03' O). El suelo corresponde a un Cambisol éutrico CMeu (Arcílico) (Palma-López *et al.*, 2007), el clima es Am(g)"w" (García, 1988), cálido húmedo con lluvias abundantes en verano, sequía en los meses de marzo-abril y presencia de nortes a finales del año. La temperatura, precipitación y evaporación media anual es de 26 °C, 2324 mm y 1400 mm, respectivamente. El experimento se estableció en un suelo cañero una vez que fue laborado para la resiembra de caña. Para realizar el análisis químico del suelo, al momento de establecer el experimento se formó una muestra compuesta a partir de 15 submuestras, que fueron tomadas con barrena tipo holandesa, a una profundidad de 0-30 cm (NRCCA 2008). Los análisis realizados fueron la metodología de la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-RECNAT-2000).

INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo se define como la pérdida de la capacidad de producción agrícola debido al deterioro de parámetros químicos, físicos y biológicos del suelo (Gliessman, 2002). El monocultivo caña de azúcar (*Saccharum* spp.) provoca disminución de la fertilidad y la salud del suelo, lo que lleva a un marcado descenso en el rendimiento. El principal parámetro del suelo afectado es la MO con pérdidas de hasta 13 t ha⁻¹ año, entre 7 y 12 t de paja se producen en una hectárea de caña de azúcar y cada tonelada contiene aproximadamente 5.4, 1.3 y 3.1 kg de N, P y K, respectivamente (Suma y Savitha, 2015). Los agricultores suelen quemar los residuos porque creen que no hacerlo disminuye la germinación, incrementa el número de plagas y de laboreo de maquinaria agrícola (de Resende *et al.*, 2006). En la zona de la Chontalpa, Tabasco, México, alrededor del 90% de la cosecha se realiza de forma manual, lo que implica la quema de la caña y de los residuos, la primera para favorecer la velocidad del corte y la segunda para aumentar el rendimiento de la maquinaria agrícola cuando se realiza el subsoleo (Pascual, 2013).

Cuando la disponibilidad y costo de fertilizantes minerales complica su uso, se puede obtener N incorporando especies fijadoras de nitrógeno, como las Fabaceas en forma de abonos verdes (AV), que mejoran y restauran la fertilidad del suelo con el aporte de nutrientes, MO y agua; con la aparición de los fertilizantes químicos su uso se fue perdiendo, pero con los problemas de degradación, se está regresando como alternativa para recuperar los suelos y detener su deterioro (De Freitas, 2000).

Entre las especies que se han utilizado como AV destaca la crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), que, de acuerdo con Muraoka *et al.* (2002), puede aportar aproximadamente 149 kg ha⁻¹ de N al suelo disponible para otros cultivos, germina

La crotalaria se sembró al voleo, 20 kg ha⁻¹ de semillas. Se consideraron dos tratamientos de fertilización NPK 00-60-60, 120-60-60, y un testigo (00-00-00), que se aplicó 20 días después de la germinación (ddg). Se estimó el rendimiento de la biomasa aérea, en peso seco total y de los componentes (tallos y hojas) de crotalaria, tomando muestras de 1 m² de la parte central de cada bloque a los 40 y 60 ddg. Las muestras vegetales se pesaron en fresco, se lavaron con agua destilada (Kalra, 1998) y se dejaron sobre papel absorbente, se colocaron en bolsas de papel debidamente identificadas para secarse hasta peso constante en horno de circulación forzada a 75 °C, se pesaron, molieron (molino Wiley) y llevaron al laboratorio para realizarles los análisis: N, P, K, Ca y Mg (Kalra, 1998). La biomasa aérea de la crotalaria se incorporó al suelo a los 60 ddg; para evaluar los cambios en la fertilidad del suelo, 15 y 30 días después se tomaron, en cada parcela, muestras compuestas, siguiendo los mismos criterios que para el muestreo inicial.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos, tres dosis de fertilización y un testigo (Cuadro 1); cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones; el ANOVA se realizó con el software Statistica, considerándose, en caso necesario, una prueba de comparación de medias de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05.

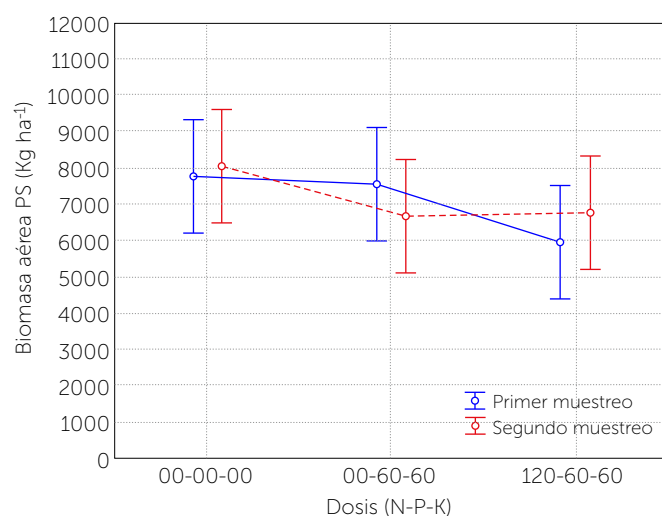


Figura 1. Rendimiento de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) en peso seco, con tres dosis de fertilización y dos fechas de corte en un suelo cañero en Tabasco, México. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra que no hubo diferencias estadísticas ($p > 0.05$) para el rendimiento de biomasa aérea de crotalaria, entre los tres tratamientos de fertilización ni entre las dos épocas de corte evaluadas. Borges-Teodoro et al. (2011) encontraron que esta especie tuvo su mayor tasa de crecimiento y desarrollo en los primeros 40 días, disminuyendo en los 20 siguientes para incrementar otra vez a partir de los 60. En este sentido, resulta mejor realizar el corte a los 40 días para que el material vegetal se incorpore más rápido y se tenga tiempo suficiente para la siguiente siembra de caña de azúcar, ya sea en el ciclo primavera-verano u otoño invierno; aunque la de fin de año representa mayor riesgo, ya que se registra más de 70% de la precipitación anual, lo que limita el uso de maquinaria para el laboreo de

suelo y transporte de los tallos a sembrar (Obrador-Olán, 2009). El rendimiento promedio de MS fue de 7.08 y 7.16 t ha⁻¹ para los cortes a los 40 y 60 días, respectivamente. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Soratto et al. (2012) y son inferiores a los reportados por Mangaravite et al. (2014).

En la Figura 2 se muestran los contenidos de K, Ca y Mg foliares en las dos épocas de corte y tres dosis de fertilización. No se observaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) para Ca y Mg probablemente debido a que éste es un suelo de origen aluvial que suele presentar suministros importantes de estas dos bases (Palma-López et al., 2007). El K mostró concentraciones significativamente mayores en el primer corte ($p < 0.05$) como respuesta a la aplicación de la dosis 00-60-60. La concentración de N en la biomasa aérea no mostró diferencias estadísticas significativas entre dosis ni época de corte (Figura 3), probablemente debido a que este elemento es biológicamente fijado por la crotalaria, razón por la que no se observa respuesta a la aplicación de este elemento (Mansoer et al., 1997). La acumulación promedio de N fue de 151.61 y 176.37 t ha⁻¹ para el primer y segundo corte, respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos por Soratto et al. (2012) e inferiores a los obtenidos por Borges-Teodoro et al. (2011) y Mangaravite et al. (2014), en estos casos los valores fluctuaron entre 201 y 514 kg ha⁻¹ con corte a los 92 dde, 75 dds, floración, 120 dds y 132 dds, respectivamente.

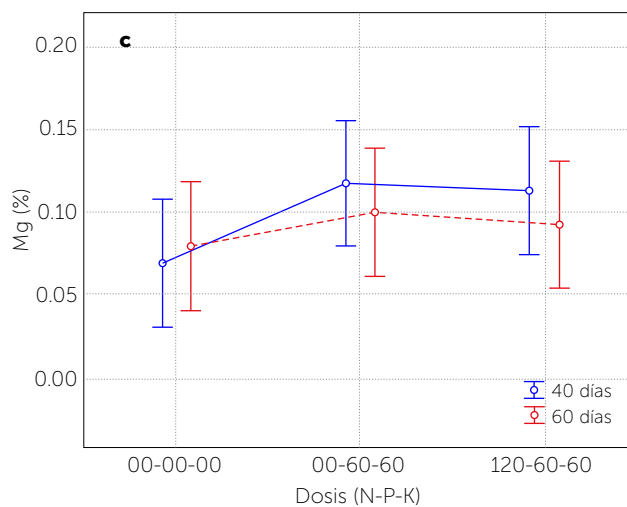
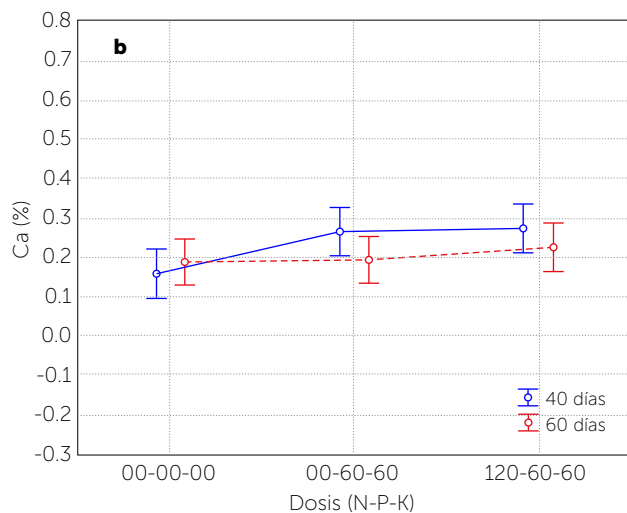
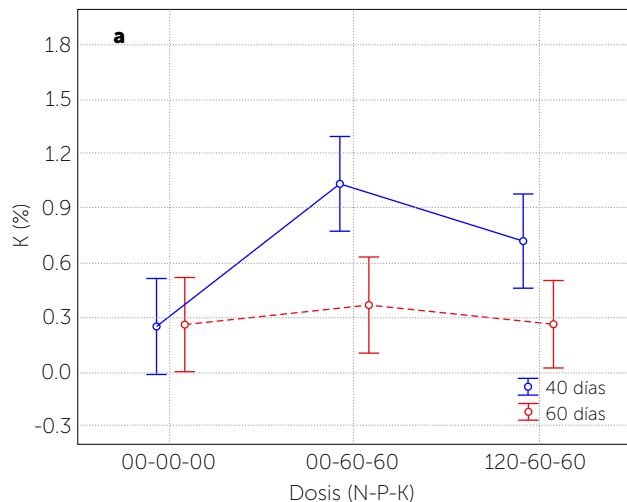


Figura 2. Contenido nutrimental de: a) K, b) Ca y c) Mg en biomasa aérea seca de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) con tres dosis de fertilización y dos fechas de corte en un suelo cañero en Tabasco, México. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).

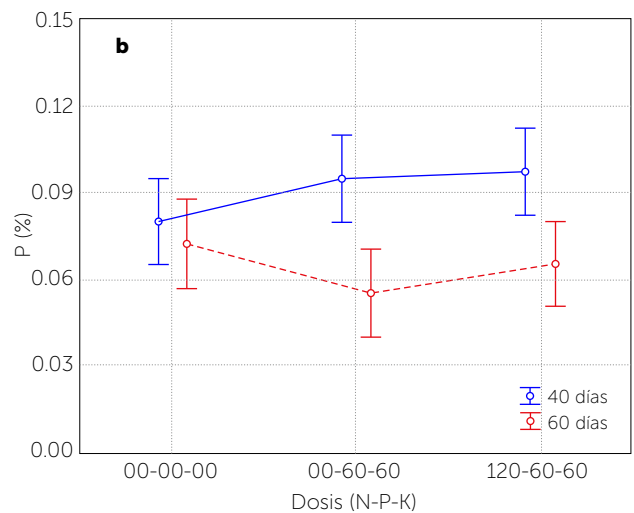
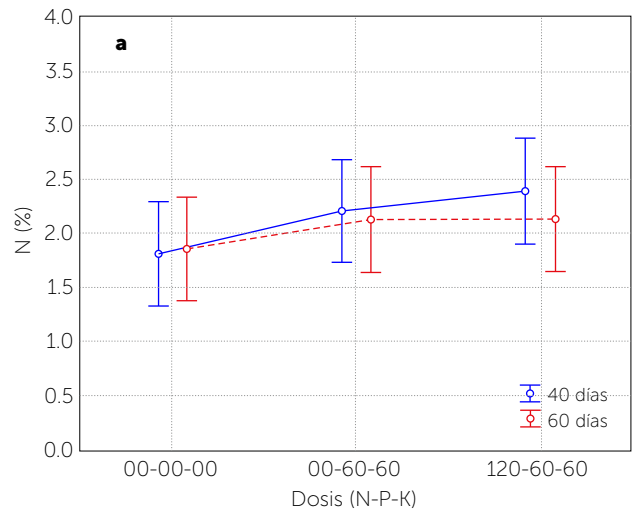


Figura 3. Contenido nutrimental de: a) N y b) P en biomasa aérea seca de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) con tres dosis de fertilización y dos fechas de corte en un suelo cañero en Tabasco, México. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).

El promedio acumulado de P, K, Ca y Mg fue de 4.99, 17.33, 13.73 y 6.15 kg ha⁻¹ para el primer corte y de 5.93, 20.86, 14.72 y 6.74 kg ha⁻¹ para el segundo corte, dichos resultados son cercanos a los obtenidos por Cavalcante *et al.* (2012) quienes reportaron valores respectivos de 8.8, 53, 15.7 y 9 kg ha⁻¹, pero inferiores a los de Soratto *et al.* (2012) y Mangaravite *et al.* (2014). Los valores observados por estos autores fluctuaron de 19 a 85, 87 a 293.28, 69.32 a 136 y 20 a 111.83 kg ha⁻¹, respectivamente.

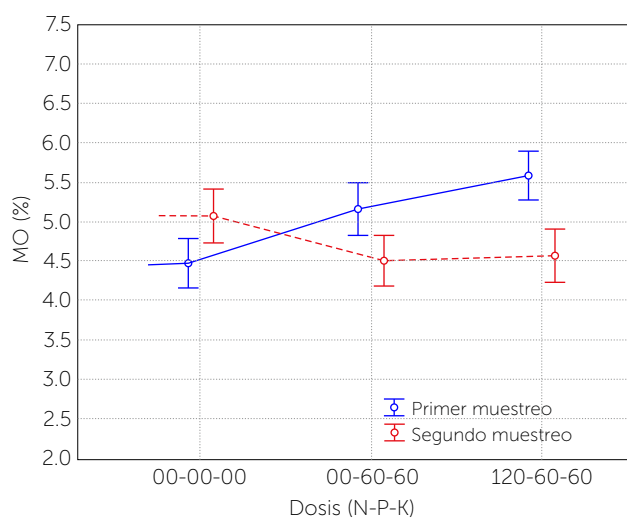
Los contenidos de nutrientes del suelo antes de la siembra se muestran en el Cuadro 2. El valor del pH indica que se trata de un suelo moderadamente ácido,

Cuadro 2. Contenidos nutrimentales en un suelo cañero de Tabasco, México, antes de sembrar crotalaria (*Crotalaria juncea* L.).

Parámetro	pH (H ₂ O)	MO	N	P-Olsen mg kg ⁻¹	K	Ca	Mg	CIC
		%						
	5.8	2.8	0.15	9.6	0.39	11.6	10.5	20.3

pero no afecta el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar (ECO-CROP, 2007). Los contenidos de MO y N son medios, como consecuencia de la quema y requema que anualmente sufre el cultivo de caña y que significan alrededor de 6.0 t de paja (Obrador-Olán, 2009). Cabrera y Zuaznabar (2010) estudiaron la evolución de la MO del suelo durante 20 años de cultivo continuo con caña de azúcar, encontraron un valor inicial de MO alto de 3.89%, que descendió al final hasta 2.78%, considerado medio; la disminución en 1.11% (0.64% C) resulta en una reducción significativa.

El valor de P-Olsen encontrado fue medio, lo que concuerda con los valores encontrados en los suelos de la zona de abastecimiento de los Ingenios de la región, que varían mayormente de medios a altos, debido al historial de fertilización (Pascual, 2013). Es decir, superan la dosis adecuada, por lo que ajustar la dosis de P podría ser buena estrategia para mantener los contenidos mencionados. El valor de la CIC fue medio y los de las bases de intercambio fueron medio para K y altos para Ca y Mg, este comportamiento se relaciona con las características propias de la formación de los suelos de llanura aluvial (Palma-López et al., 2007).

**Figura 4.** MO del suelo de diferentes tratamientos 15 y 30 días después de la incorporación de *Crotalaria juncea* L.

También es importante considerar que las dosis de K están por debajo de las que se han recomendado (Salgado-García et al., 2011) y que no se realiza fertilización de Ca y Mg. Con respecto a los cambios en las propiedades químicas del suelo

por la incorporación de crotalaria, la Figura 4 muestra el comportamiento de la MO, 15 y 30 días después de su incorporación. A los 15 días se observó tendencia a incrementar conforme se aumenta la dosis de fertilización; ocurriendo lo contrario a los 30 días, donde hubo interacción entre tratamientos y días de muestreo. Existen componentes de la MO más sensibles para estimar los cambios que puedan suceder en el mencionado parámetro, tal es el caso del C orgánico soluble (COS), que tiene además la ventaja de su facilidad de medición. No obstante, lo anterior, en el presente estudio se produjo una alta cantidad de materia seca de crotalaria (alrededor de 7000 kg ha⁻¹), la cual coincide con la reportada por Giraldo (2003), quien indica que los mencionados aportes suministran al suelo alrededor 204 kg N ha⁻¹.

Las bases (K, Ca y Mg) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ni fechas de muestreo (Figura 5), aunque cabe señalar que los contenidos de K y Ca fueron ligeramente mayores en el primer muestreo, al contrario del Mg, que tuvo sus valores más altos en el segundo. La crotalaria agregada al suelo restituye los nutrientes tomados del mismo, e incorpora N tomado del ambiente, además de propiciar otros beneficios de la MO a la fertilidad física, química y biológica (Subaedah et al., 2016).

CONCLUSIONES

El rendimiento de *C. juncea* fue similar en las dos épocas de corte y tratamientos de fertilización, y coincide con múltiples reportes en cuanto a la cantidad de materia seca que puede generar en los periodos de tiempo estudiados. La acumulación promedio de N ha⁻¹ fue de 151.6 y 176.3 para el primer y segundo corte, valores similares a los reportados por diferentes autores en condiciones ambientales similares. No se observaron cambios en las propiedades químicas del suelo cañero evaluadas en dos diferentes fechas después de la incorporación de *Crotalaria juncea*, pero sí respecto a las del primer muestreo, antes de sembrar la especie fijadora de nitrógeno.

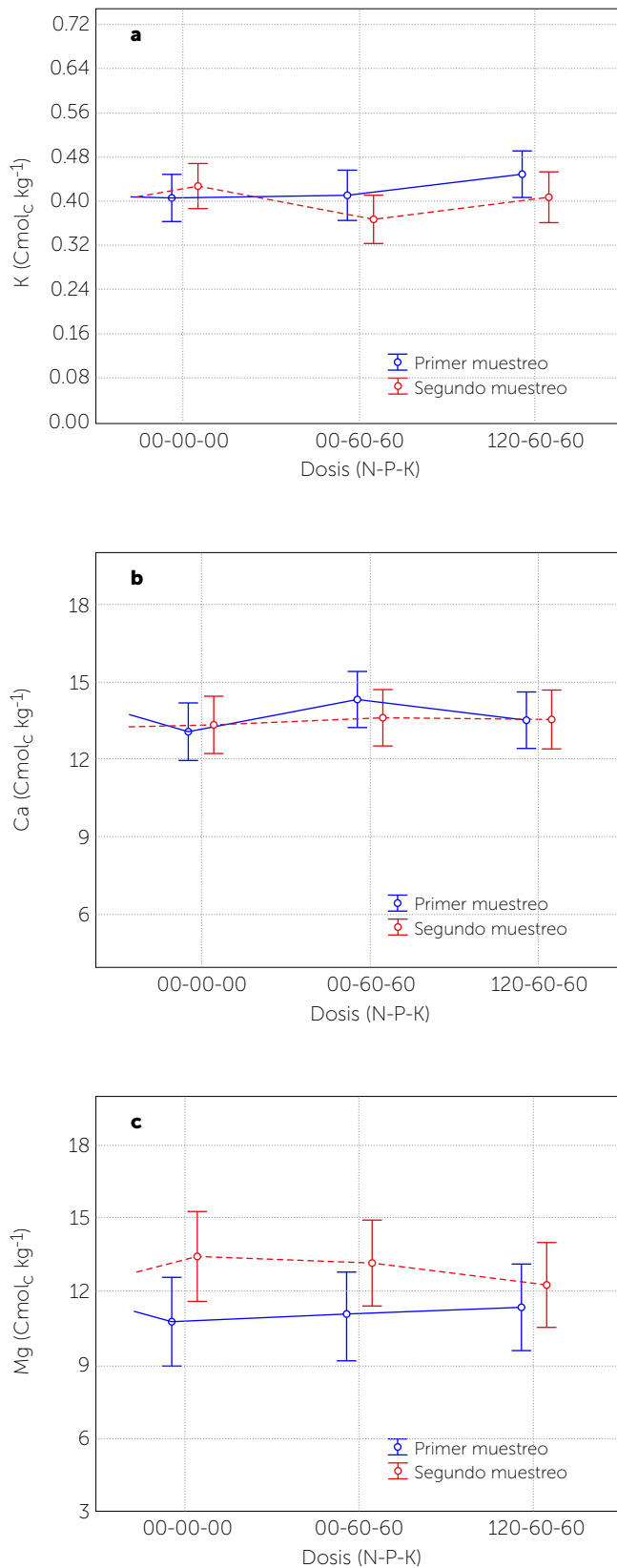


Figura 5. Contenido nutrimental de: a) K, b) Ca y c) Mg en un suelo cañero en Tabasco, México, con tres tratamientos de fertilización, 15 y 30 días después de la incorporación de *Crotalaria juncea* L. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).

LITERATURA CITADA

Barbazán M. (1998). Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Fertilidad de Suelos, Facultad de Agronomía Universidad de la República Montevideo, Uruguay. 27pp.

Borges-Teodoro, R., de Oliveira, F.L., Natal-da Silva, D.M., Fávero, C., Lima-Quaresma, M.A. (2011). Aspectos agronómicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. Revista Brasileira de Ciência do Solo 35: 635-643. Obtenido de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218547032> ISSN 0100-0683

Cabrera, J., & Zuaznabar, R. (2010). Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del carbono. Cultivos Tropicales 31(1): 5-13.

Cavalcante, V., Santos, V., Neto, A., Dos Santos, M., Dos Santos, G., & Costas, L. (2012). Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 16(5): 521-528.

De Freitas, V.H. (2000). Manejo de suelo en pequeñas fincas. Estrategias y métodos de introducción, tecnologías y equipos (Vol. Boletín de suelos 77). Roma, Italia: FAO. Obtenido de http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/ESPIM/CD-ROM/documents/6D_s.pdf

De Resende, A., Xavier, R., De Oliveira, O., Urquiaga, S., & B.J.R. Alves. (2006). Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N.E. Brazil. Plant and Soil 1(2): 339-351. doi:<https://doi.org/10.1007/s11104-005-4640-y>

ECOCROP (2007). The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Versión 1.0. Ags. Rome, Italy: En: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home> (consulta: 6/08/2016).

García, E. (1988). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Cuarta ed.). Editorial Indianapolis. México, D.F. 246 p.

Giraldo, Á.G. (2003). Abonos verdes, características y especies utilizables. FAO. En: http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/abonos%20verdes.pdf.

Gliessman, S. (2002). Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. (E. Rodríguez, T. Benjamín, L. Rodríguez, & A. Cortés, Edits.) CATIE. Turrialba, C.R. Obtenido de <https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/agroecologia-procesos-ecolc3b3gicos-en-agricultura-sostenible-stephen-r-gliessman.pdf>.

Kalra, Y. (1998). Handbook of reference methods for plant analysis. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group. FL. 33487-2742. 287 pp.

Mangaravite, S., Passos, R., Andrade, V., Burak, L., & Mendonça, S. (2014). Phytomass production and nutrient accumulation by green manure species. Rev. Ceres, Viçosa, 61(5): 732-739.

Mansoer, Z., Reeves, D.W., & Wood C. (1997). Suitability of sunn hemp as an alternative late-summer legume cover crop. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 246-253.

Muraoka, C., Ambrosano, E., Zapata, F., Bortoletto, N., Martins, A., Trivelin, P.C.O. & Scivittaro, W. (2002). Eficiencia de abonos verdes (crotalaria y mucuna) y urea, aplicados solos o

- juntamente, como fuentes. Terra Latinoamericana 20(1), 17-23. Obtenido de Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320104>
- NOM-021-RECNAT-2000. Norma oficial mexicana. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- NRCCA. (2008). Soil fertility and nutrient management-Study guide. Cornell, United States of America: Cornell University. USA. 36 PP.
- Obrador-Olán, J. (2009). Labores culturales en el cultivo de caña de azúcar. En A. Valdez-Balero, A. Guerrero-Peña, E. García-López, & J. Obrador-Olán, Manual para el cultivo y producción de caña de azúcar. Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco, México. págs. 22-25.
- Palma-López, D., Cisneros-Domínguez, J., Moreno-Cáliz, E., & Rincón-Ramírez, J. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Villahermosa, Tabasco, México: Colegio de Postgraduados, ISPROTAB, FUPROTAB. 199 p.
- Pascual-Córdova, G. (2013). Evaluación del agroecosistema cacao (*Theobroma cacao* L.) y caña de azúcar (*Saccharum* spp) a través de indicadores de calidad del suelo. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco, México. 102 p.
- Salgado-García, S., Palma-López, D.J., Zavala-Cruz, J., Lagunes-Espinoza, L.C., Castelán-Estrada, M., Ortiz-García, C.F., Juárez-López, J.F., Ruiz-Rosado, O., Armida-Alcudia, L., Rincón-Ramírez, J. y Córdova-Sánchez, S. 2011. Un programa de fertilización sustentable para el Ingenio "Presidente Benito Juárez" en Tabasco, México. Avances en Investigación Agropecuaria 15(3): 45-65.
- Soratto, R., Crusciol, C., Da Costa, C., Neto, J., & Castro, G. (2012). Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milho, cultivados solteiros e consorciados. Pesq. Agropec. Bras., 47(10): 1462-1470
- Subaedah, S., Aladín, A., & Nirwana, S. (2016). Fertilization of nitrogen, phosphor and application of green manure of *Crotalaria juncea* in increasing yield of maize in marginal dry land. Agriculture and Agricultural Science Procedia 9: 20-25.
- Suma, R., & Savitha, C. (2015). Integrated sugarcane trash management: a novel technology of sustaining soil health and sugarcane yield. Adv Crop Sci Tech, 3(1): 1-4. doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2329-8863.1000160>

