



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

***Crotalaria juncea* L. como abono verde y control de arvenses en
suelos cañeros de Tabasco.**

LILIA ESTHER ALMEYDA SANTOS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

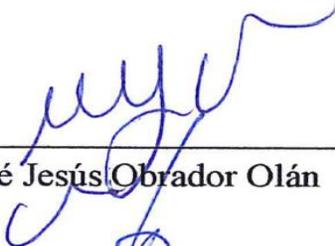
2016

La presente tesis, titulada: ***Crotalaria juncea* L. como abono verde y control de arvenses en suelos cañeros de Tabasco**, realizada por la alumna Lilia Esther Almeyda Santos, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

CONSEJO PARTICULAR

Consejero: 

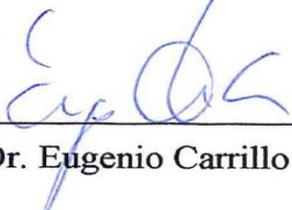
Dr. José Jesús Obrador Olán

Asesor: 

Dr. Mepivoseth Castelán Estrada

Asesora: 

Dra. Eustolia García López

Asesor: 

Dr. Eugenio Carrillo Ávila

H. Cárdenas, Tabasco, a 09 de diciembre del 2016

RESUMEN

***Crotalaria juncea* L. como abono verde y control de arvenses en suelos cañeros de Tabasco.**

Lilia Esther Almeyda Santos, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el efecto de *Crotalaria juncea* L. en el control de arvenses, y analizar su rendimiento de biomasa en un suelo cañero, Cambisol eútrico, con y sin fertilización nitrogenada en dos épocas de corte, 40 y 60 días. La flora de la comunidad arvense estuvo compuesta por 51 especies pertenecientes a 22 familias botánicas, la mejor representada fue Euphorbiaceae, sin embargo, sus especies no se encontraron entre las de mayor importancia. No hubo diferencias significativas en el rendimiento de materia seca de *C. juncea* entre las tres dosis de fertilización NPK (0-0-0, 0-60-60 y 120-60-60) y las dos fechas de corte, el rendimiento promedio de MS fue de 7.08 y 7.16 t ha⁻¹ para la primera y segunda fechas de corte, respectivamente; tampoco la concentración de N de la biomasa aérea mostró diferencias estadísticas significativas entre dosis y época de corte. *C. juncea* fija biológicamente cantidades importantes de N, lo que origina que, en general, no haya respuesta a las aplicaciones de este elemento.

Palabras clave: control de malezas, dosis de fertilización, época de corte

ABSTRACT

Crotalaria juncea L. as green manure and weed control in sugar cane soils of Tabasco

Lilia Esther Almeyda Santos, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

The aims of the present study were to evaluate the effect of *Crotalaria juncea* L. on the control of weeds, and to analyze their biomass yield in a sugar cane soil, Cambisol eútrico, with and without nitrogen fertilization in two cutting seasons, 40 and 60 days. The flora of the weed community consisted of 51 species belonging to 22 botanical families, Euphorbiaceae was the best represented, however, their species were not among the most important. There were no significant differences in dry matter yield of *C. juncea* among the three NPK fertilization doses (0-0-0, 0-60-60 and 120-60-60) and the two cut-off dates, mean MS yield was 7.08 and 7.16 t ha⁻¹ for the first and second cut dates, respectively. Also the N concentration of aerial biomass showed significant statistical differences between dose and cut-off date. *C. juncea* fixes biologically significant amounts of N causing, in general, no response to the applications of this element.

Key words: weed control, fertilization dose, cutting season

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido finalizar una meta más en mi vida, porque sin el nada es posible.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento económico, para la realización de mis estudios de Postgrado.

A mi familia, por todo su apoyo a lo largo de mi vida, porque a pesar de todo seguimos juntos.

Al Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

Al Dr. José Jesús Obrador Olán por su amistad, sus conocimientos, tiempo, apoyo y respaldo para culminar mi Maestría en ciencias.

A la Dra. Eustolia García López por brindarme sus conocimientos, motivación y apoyo en la elaboración de mi trabajo de investigación.

A los Dres. Mepivoseth Castelán Estrada y Eugenio Carrillo Ávila por su apoyo, disposición y ayuda para la realización de la tesis.

A mis compañeros de la generación Otoño 2014, por su amistad, compañía y apoyo durante la maestría, en especial a Yansi Karina por su amistad y sus ocurrencias, las cuales lograron hacer más llevaderas las horas pesadas.

DEDICATORIA

A mis padres, por la vida que han dado, por siempre apoyarme a lo largo de mi vida y nunca dejarme vencer, por todas sus enseñanzas para hacer siempre las cosas bien.

A mi abuelita, por su amor y siempre alegrarse de mis logros, por tenerme presente siempre en sus oraciones.

A mi esposo, razón por la cual di este paso en mi vida, por impulsarme, apoyarme y confiar siempre en mí.

A mi hija, por todo el tiempo que le he robado, por su amor que es lo que más me impulsa para no rendirme cuando siento que ya no puedo. Porque una sonrisa suya lo vale todo.

A mis hermanos, por el respaldo que me han brindado a lo largo de toda mi vida.

CONTENIDO	PAGINA
AGRADECIMIENTOS	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.2 HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN TABASCO	3
2.1.1 <i>Variedades</i>	4
2.1.2 <i>Suelos, nutrición y fertilización</i>	4
2.2 IMPORTANCIA DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA Y ABONOS VERDES	5
2.3 USO DE CROTALARIA JUNCEA COMO CULTIVO DE COBERTURA	6
2.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA E INFORMACIÓN GENERAL DE CROTALARIA JUNCEA	7
2.4.1 <i>Origen</i>	7
2.4.2 <i>Descripción</i>	8
2.4.3 <i>Usos e importancia económica</i>	9
2.5 EFECTOS BENÉFICOS DE CROTALARIA JUNCEA EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR	9
2.6 APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL CULTIVO DE LEGUMINOSAS TROPICALES.....	10
III. LITERATURA CITADA	11
CAPITULO II. ARVENSES EN UN SUELO CAÑERO CULTIVADO CON <i>CROTALARIA JUNCEA</i> L.	16
ARVENSES EN UN SUELO CAÑERO CULTIVADO CON <i>CROTALARIA JUNCEA</i> L.....	17
RESUMEN	17
2.1 INTRODUCCIÓN.....	19
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
2.4 LITERATURA CITADA	33
CAPITULO III <i>CROTALARIA JUNCEA</i> L. EN UN SUELO CAÑERO A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN	37
<i>CROTALARIA JUNCEA</i> L. EN UN SUELO CAÑERO A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN	38
RESUMEN	38
3.1 INTRODUCCIÓN.....	40
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.2.1 <i>Área de estudio</i>	42
3.2.2 <i>Diseño experimental</i>	44
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45

3.3.1 Rendimiento de la biomasa aérea de <i>C. juncea</i>.	45
3.3.2 Estado nutrimental de <i>C. juncea</i>	47
3.3.3 Cambio en las propiedades químicas del suelo con incorporación de <i>C. Juncea</i>	50
3.4 LITERATURA CITADA	54
3.5 CONCLUSIONES GENERALES	60

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS MARCADOS N ¹⁵ DE <i>CROTALARIA JUNCEA</i> INCORPORADOS AL SUELO COMO ABONO VERDE.....	7
CUADRO 2. LISTA FLORÍSTICA DE LAS ESPECIES REGISTRADAS EN LOS MUESTREOS DE ARVENSES EN UN SUELO CAÑERO CULTIVADO CON <i>CROTALARIA JUNCEA</i> L. EN TABASCO, MÉXICO.	23
CUADRO 4. DENSIDAD (RDE), FRECUENCIA (RFR) Y DOMINANCIA (RDO) RELATIVAS E ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI) DE LAS ESPECIES RELEVANTES DEL SUELO CAÑERO CULTIVADO CON <i>CROTALARIA</i> EN TABASCO, MÉXICO.....	27
CUADRO 5. TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE <i>C. JUNCEA</i> COMO ABONO VERDE EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO.	45
CUADRO 6. CONTENIDO NUTRIMENTAL DEL SUELO ANTES DE SEMBRAR <i>C. JUNCEA</i> E EN TABASCO, MÉXICO.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. FAMILIAS DE PLANTAS REGISTRADAS EN LOS MUESTREOS DE ARVENSES EN UN SUELO CAÑERO CULTIVADO CON <i>CROTALARIA JUNCEA</i> L. EN TABASCO, MÉXICO.....	25
FIGURA 3. COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA AÉREA DE ARVENSES, EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS ESTUDIADOS EN UN SUELO CAÑERO DE TABASCO, MÉXICO.	31
FIGURA 4. PESO SECO DE ARVENSES Y <i>CROTALARIA</i> DEL SUELO CAÑERO ESTUDIADO EN TABASCO, MÉXICO.	32
FIGURA 5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA EN ESTUDIO, CÁRDENAS, TABASCO, <i>C. JUNCEA</i> COMO ABONO VERDE EN UN SUELO CAÑERO.....	43
FIGURA 6. RENDIMIENTO DE LA BIOMASA AÉREA (PS) DE <i>C. JUNCEA</i> A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y FECHAS DE CORTE, LAS BARRAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA (95%) EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO.	46
FIGURA 7A. RENDIMIENTO DE TALLO (PS) DE <i>C. JUNCEA</i> A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y FECHAS DE CORTE, LAS BARRAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA (95%) EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO.	47
FIGURA 7 B. RENDIMIENTO DE HOJA (PS) DE <i>C. JUNCEA</i> A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y FECHAS DE CORTE, LAS BARRAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA (95%) EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO.	47
FIGURA 8. CONTENIDO DE K DE LA BIOMASA AÉREA SECA DE <i>C. JUNCEA</i> A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y FECHAS DE CORTE, LAS BARRAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA (95%) EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO.	48
FIGURA 9. CONTENIDO DE CA DE LA BIOMASA AÉREA SECA DE <i>C. JUNCEA</i> A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y FECHAS DE CORTE, LAS BARRAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA (95%) EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO.	48
FIGURA 10. CONTENIDO DE MG DE LA BIOMASA AÉREA SECA DE <i>C. JUNCEA</i> A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y FECHAS DE CORTE, LAS BARRAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA (95%) EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO.	48
FIGURA 11. CONTENIDO DE N DE LA BIOMASA AÉREA SECA DE <i>C. JUNCEA</i> A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y FECHAS DE CORTE, LAS BARRAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA (95%) EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO.	50
FIGURA 12. CONTENIDO DE P DE LA BIOMASA AÉREA SECA DE <i>C. JUNCEA</i> A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y FECHAS DE CORTE, LAS BARRAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA (95%) EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO.	50
FIGURA 13. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO A DIFERENTES TRATAMIENTOS Y FECHAS DE MUESTREO, LAS BARRAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA (95%) EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO.	52
FIGURA 14. CONTENIDO DE K DEL SUELO A DIFERENTES TRATAMIENTOS Y FECHAS DE CORTE, LAS BARRAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA (95%) EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO.	53
FIGURA 15. CONTENIDO DE CA DEL SUELO A DIFERENTES TRATAMIENTOS Y FECHAS DE CORTE, LAS BARRAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA (95%) EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO.	53

FIGURA 16. CONTENIDO DE MG DEL SUELO A DIFERENTES TRATAMIENTOS Y FECHAS DE CORTE, LAS BARRAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA (95%) EN UN SUELO CAÑERO EN TABASCO, MÉXICO. 53

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción agrícola de la caña de azúcar es altamente extractiva de agua y nutrientes del suelo. Si los ciclos de producción se repiten permanentemente, sin descanso ni suplementación, el suelo sufre agotamiento por sobre-explotación y la manifestación se refleja en la nutrición, sanidad y productividad de los cultivos (Prager *et al.*, 2012).

Los procesos de degradación del suelo acontecen de una forma tan acelerada que los procesos naturales que los restauran o renuevan no logran completarse; solo hasta que se pueda revertir su degradación, la agricultura podrá ser sostenible. Por ello, las prácticas agrícolas actuales deben cambiar para recuperar el suelo y conservarlo para las generaciones futuras (Gliessman, 2002).

La degradación de los suelos es un problema a escala global que limita la producción de alimentos, la competitividad y la seguridad alimentaria, particularmente en los países pobres que dependen, en gran medida, de la agricultura como fuente de alimentos y empleo. Se estima que en el mundo existen aproximadamente 2 billones de hectáreas, casi una cuarta parte de los recursos de tierras disponibles por el hombre para usos productivos, afectadas de alguna manera por problemas de degradación. En muchas ocasiones, la degradación de los suelos solo se aprecia a largo plazo, ya que la incorporación progresiva de una mayor cantidad de insumos (fertilizantes, correctivos, etc.) disimula temporalmente sus efectos negativos, conservando el nivel de los rendimientos, pero incrementando los costos de producción y deteriorando su competitividad (Rivas *et al.*, 2013).

Cerca de 20% de la superficie agrícola mundial sufre erosión u otras formas de degradación. Se trata de una catástrofe potencial, debido a la necesidad de duplicar la producción mundial de alimentos para 2050 y poder sostener a una población que superará los 9 000 millones de personas (FAO, 2008)

En muchos países, quemar residuos agrícolas: tallos, pastos, hojas y cáscaras, entre otros, continúa siendo la manera más económica y fácil de deshacerse o reducir el volumen de materiales combustibles producto de las actividades agrícolas. Este tipo de quema a cielo abierto se realiza a fin de eliminar de manera rápida los restos de cosechas anteriores, así como limpiar y despejar la zona de cultivo. También se lleva a cabo con el objetivo de liberar nutrientes para el siguiente ciclo productivo, así como eliminar moscos y otras plagas de los campos de cultivo. La caña de azúcar se quema antes de la cosecha con el propósito de

disminuir la cantidad de hoja (sin uso) y facilitar así la zafra y el transporte del producto al ingenio azucarero (CCA, 2014) y después, los residuos también son quemados para favorecer las labores agrícolas, en detrimento de la fertilidad del suelo, ya que básicamente se desestabiliza el mecanismo de la dinámica del carbono, efecto observado principalmente en los centímetros superficiales del suelo. La oxidación durante la combustión disminuye el contenido de materia orgánica del suelo, provocando un aumento en la densidad aparente, lo que afecta la retención de agua y favorece la erosión hídrica (Carrillo *et al.*, 2008; Stoof *et al.*, 2010; Morales, 2011).

Los abonos verdes, son plantas cuyo fin es dar una cobertura al suelo y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de éste, por lo que también se conocen como cultivos de cobertura. Son una alternativa que reduce el uso de fertilizantes químicos gracias a su capacidad de fijar N atmosférico e incorporarlo al suelo (Vargas *et al.*, 2011; Cunha *et al.*, 2011).

La crotalaria es una de las especies más utilizadas como abono verde, lo que se debe a su rápido crecimiento, alta producción de materia seca, acumulación de nutrientes y su gran adaptabilidad a suelos de baja fertilidad, además de su eficacia para suprimir las arvenses (Castro *et al.*, 2005; Fontanetti *et al.*, 2006; da Silva *et al.*, 2009).

1.1 OBJETIVOS

Evaluar, en un suelo cañero al que se aplicarán tres diferentes dosis de fertilización:

- 1.- El efecto del cultivo de *Crotalaria juncea* L. sobre la riqueza y diversidad de arvenses en un suelo cañero
- 2.- El comportamiento de los componentes del rendimiento de la biomasa aérea de la *Crotalaria juncea* L. y su estado nutrimental en un suelo Cambisol, en dos épocas de corte, con y sin fertilización nitrogenada.
- 3.- Cambios en las propiedades químicas del suelo en dos diferentes fechas después de la incorporación de la leguminosa *Crotalaria juncea* L.

1.2 HIPÓTESIS

- 1.- La presencia de *Crotalaria juncea* L. no afecta la riqueza y diversidad de arvenses en un suelo cañero.
- 2.- La fertilización nitrogenada no tiene ningún efecto sobre los componentes del rendimiento de *Crotalaria juncea* L. y su estado nutrimental.
- 3.- Las propiedades químicas del suelo no se ven afectadas por la incorporación de la biomasa de *Crotalaria juncea* L. en ninguna de las dos fechas propuestas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN TABASCO

La caña de azúcar (*Saccharum spp*) se cultiva en latitudes que van de 36.7° N a 31° S, y desde el nivel del mar hasta los 1000 m de altitud; es considerada como una planta tropical, sin embargo, crece exitosamente en regiones subtropicales. En México se tiene una superficie sembrada de 826,909.67 ha, de las que 40,212 ha se ubican en el Estado de Tabasco. En el año 2015 en el municipio de Cárdenas se reportó una superficie sembrada de 24,710.34 ha con una producción de 1,084,047.65 t (SIAP-SAGARPA, 2015).

Los principales problemas del sector azucarero son, entre otros: rezago tecnológico; infraestructura heterogénea, obsoleta o ineficiente, así como la competitividad y rentabilidad (Salgado-García *et al.*, 2011).

En Tabasco y particularmente en el área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ), los suelos presentan menos de 2% de materia orgánica (MO) y se clasifican como de baja fertilidad, lo que repercute en el rendimiento de tallo moledero y se aprecia en los resultados de las 12 zafas más recientes del IPBJ, cuyos rendimientos medios fueron 54 t ha⁻¹, mientras que el promedio nacional en ese periodo alcanzo 71 t ha⁻¹ (Salgado *et al.*, 2009; Cañeros, 2014).

En los sistemas agrícolas, el suministro de nutrientes en el suelo se ve alterado por las exportaciones de la cosecha, por lo que es necesario restituir los nutrientes minerales mediante técnicas de fertilización orgánica y/o mineral. Con el fin de minimizar la pérdida de fertilidad del suelo, los residuos de cosecha deben ser devueltos directa o indirectamente

al suelo; de esta forma la MO se pone a disposición de la biota del suelo para que se lleven a cabo los procesos de mineralización primaria y formación de humus (Martínez, 2006).

La materia orgánica MO tiene un papel fundamental en el mantenimiento de la fertilidad del suelo, ya que favorece la formación de agregados e incrementa la porosidad, retención de humedad, actividad biológica y mineralización. Por ello, es recomendable incorporar al suelo parte de los esquilmos agrícolas para conservar una cantidad conveniente de MO en la capa arable (Naranjo *et al.*, 2006). Se considera que un contenido de 3.2% de MO en el suelo contribuye a mantener su fertilidad física, química y biológica (Loveland y Webb, 2003).

Además, la reciente introducción de cosechadoras mecánicas al IPBJ permite hacer la “cosecha en verde” (sin quema), con lo cual se separan las puntas de los tallo, los cuales son cortados junto con las hojas, y el sistema de limpieza de la cosechadora separa la caña de la paja. El tallo moledero se recolecta para su transporte al ingenio, mientras que la paja resultante es vertida sobre el suelo formando un mantillo (Ortiz *et al.*, 2012). No obstante, en la mayoría de las ocasiones estos residuos también son quemados, dado que el productor considera que favorecen el desarrollo de plagas; esta práctica indudablemente reduce la fertilidad natural del suelo.

2.1.1 Variedades

En 1980 alrededor del 70% de la producción de azúcar se sustentaba en nueve variedades, para 2012 este número se redujo a tan solo tres, en ese periodo las variedades B 4362, L 60-14, Mex 55-32, Mex 57-473, NCo 310, Co 997 y Mex 68-P-23 presentaron reducción en la superficie de cultivo, mientras que las CP 72-2086, Mex 69-290 y Mex 79-431 la incrementaron. Estas últimas conjuntan 74% de la superficie sembrada actualmente (Sentíes-Herrera y Gómez Merino, 2014).

2.1.2 Suelos, nutrición y fertilización

El área de abastecimiento del IPBJ tiene una superficie de 92,973.3 ha y está conformado por suelos que corresponden a las subunidades: Cambisol Flúvico (Arcílico Éútrico), Cambisol Endoglético (Arcílico Éútrico), Cambisol Estágnico Endoglético (Éútrico Férrico), Cambisol Estágnico (Arcílico Éútrico), Gleysol Háplico (Arcílico Éútrico), Vertisol Estágnico Glético (Éútrico) y Vertisol Estágnico (Éútrico), donde los factores limitantes de

la producción son: los altos contenidos de arcilla de los suelos, el manejo del agua y las deficiencias de K, Mg, B y Zn del suelo; la compactación de los horizontes superficiales llega a limitar el crecimiento de las raíces del cultivo, y la relación paja/tallo en promedio es mayor de 0.40, lo que indica mayor producción de paja que de tallo e implica bajos rendimientos de caña de azúcar con relación a la biomasa producida (Salgado *et al.*, 2011). Por su parte Cruz (2015) indica que algunos suelos de la zona de abastecimiento del IPBJ, presentan bajos contenidos de nitrógeno total (Nt) y fósforo (P), lo que limita el rendimiento del cultivo, razón por lo que deben plantearse estrategias que permitan el incremento del suministro de estos macronutrientes.

El cultivo de la caña de azúcar es muy exigente en elementos nutritivos, remueve cantidades importantes de nutrientes del suelo. En Tabasco la variedad Mex 57-453 con un rendimiento de 97 tha^{-1} , extrae 148.6 kgha^{-1} de N; 98.8 kgha^{-1} de P (P_2O_5); 431.6 kgha^{-1} de K (K_2O); 110.3 kgha^{-1} de Ca; 67.1 kgha^{-1} de Mg y 10, 0.15 y 0.43 kgha^{-1} de Fe, Mn y Zn, respectivamente (Palma *et al.*, 1995).

El programa de fertilización sustentable propuesto para el área de abastecimiento del IPBJ tiene cuatro dosis de fertilización que toman en cuenta las características de la subunidad de suelo y el rendimiento potencial de la zona: 120-60-60 para las subunidades Cambisol Flúvico (Éutrico Arcílico), Cambisol Endoglético (Arcillo Éutrico) y Cambisol Estágnico (Arcílico Éutrico); 120-70-80 para las subunidades Cambisol Endoglético Estágnico (Éutrico Férrico) y Gleysol Háptico (Éutrico Arcílico); 160-80-80 para la subunidad Vertisol Glético Estágnico (Éutrico); y 120-80-80 para Vertisol Estágnico (Éutrico). Las fuentes más económicas para fertilizar en la región son: urea, más triple 17; la fertilización debe realizarse 1-2 meses después del rebrote, de preferencia con maquinaria, ya que el fertilizante dentro del suelo reduce la volatilización del Nitrógeno (Salgado *et al.*, 2012).

2.2 IMPORTANCIA DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA Y ABONOS VERDES

La concepción actual de abonos verdes o del uso de cultivos de cobertura es el de mantener el suelo cubierto con la biomasa viva o muerta, con el objeto de proteger el suelo del impacto directo de las gotas de lluvia, de la excesiva insolación y de la acción del viento y, sobre todo, mantener y mejorar sus características físicas, químicas y biológicas (Valdemar, 2000; Florentín *et al.*, 2011). La MO es la base para la fertilidad del suelo en sistemas agrícolas,

porque realiza funciones físicas, químicas, y biológicas múltiples y es la fuente principal de nutrientes para plantas a través del reciclaje. Los residuos de la cosecha en sistemas convencionales no son suficientes para compensar la pérdida de la materia orgánica, debido a la elevada tasa de mineralización que ocurre en climas tropicales y subtropicales (Florentín *et al.*, 2011).

La cantidad y el tipo de nutrientes reciclados por los abonos verdes y cultivos de cobertura varían según la especie, sin embargo, todas ellas aportan contenidos importantes de carbono, elemento que favorece la dinámica de nutrientes en el suelo y la retención de agua (Machado y Silva, 2001).

Una amplia gama de especies de plantas puede ser utilizada como abono verde, alternativa de manejo necesaria para favorecer la sustentabilidad agrícola, comúnmente son utilizadas plantas de alto rendimiento que fijan el nitrógeno del aire (fabáceas), agregan materia orgánica al suelo, mejorando sus propiedades químicas, físicas y biológicas, y pueden ayudar al control de plagas, enfermedades y arvenses. Algunos de los efectos de la incorporación de abonos verdes sobre las propiedades del suelo pueden llegar a ser significativos solo después de varios ciclos de manejo (Lopes *et al.*, 2014).

2.3 USO DE CROTALARIA JUNCEA COMO CULTIVO DE COBERTURA

Además de producir grandes cantidades de biomasa (hasta 70 t ha⁻¹ de materia fresca) en rotaciones con sorgo, maíz, arroz, algodón y caña de azúcar, *C. juncea* incrementa los rendimientos de estos cultivos hasta en un 40% (Gutiérrez, 1988). Estos efectos son el resultado del aporte de 300-360 kg N ha⁻¹, la alta tolerancia a la sequía, su actividad nematicida y funcionar como huéspedes de insectos benéficos (Prager *et al.*, 2001).

Cuadro 1. Características de los residuos marcados N¹⁵ de *Crotalaria juncea* incorporados al suelo como abono verde.

Parámetro	<i>C. juncea</i>
MS ¹ (%)	90.50
FAD ² (%)	40.69
Lignina (%)	9.67
Celulosa (%)	30.24
N (%)	4.95
C (%)	41.25
C:N	8.33
Lignina: Celulosa	0.32
(%) a.e.de ¹⁵ N ³	12

¹= Materia Seca; ²= Fibra ácido detergente; ³= Porcentaje átomos en exceso de ¹⁵N

Fuente: Ampueda *et al.* (2006)

2.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA E INFORMACIÓN GENERAL DE CROTALARIA JUNCEA

Nombre científico: *Crotalaria juncea* L. (Fabácea)

Nombres comunes: en español: crotalaria, matraca, sonajuelas, cáñamo de la India; en inglés: sunn hemp, sunn, bengal hemp, rattlebox, rattlepod, shake-shake.

2.4.1 Origen

Es una planta herbácea anual originaria de la India, donde se cultiva extensamente, también en Pakistán, Brasil, Sri Lanka y Sudáfrica (Brunner *et al.*, 2009). Hay alrededor de 600 especies de *Crotalaria*, que provienen mayormente de las regiones tropicales del planeta; unas 500 especies son nativas de África. A nivel mundial, las especies más importantes para la agricultura como cultivos de cobertura o abonos verdes son:

Crotalaria grantiana Harv. (crotalaria)

Crotalaria juncea L. (crotalaria)

Crotalaria mucronata Desv. (cascabel, guisante de cascabel)

Crotalaria retusa L. (cascabel fétido, cascabelillo)

Crotalaria spectabilis Roth (crotalaria)

2.4.2 Descripción

Crotalaria juncea (Figura 1), es una planta leguminosa anual que posee tallos fibrosos y erectos de 1.8 a 2.4 m de alto; hojas simples, subsésiles, lineales o linear-oblongas a ovado lanceoladas, agudas, de 3-9 cm de largo por 0.7-2.5 cm de ancho. Tiene una raíz pivotante larga y un sistema radical bien ramificado.

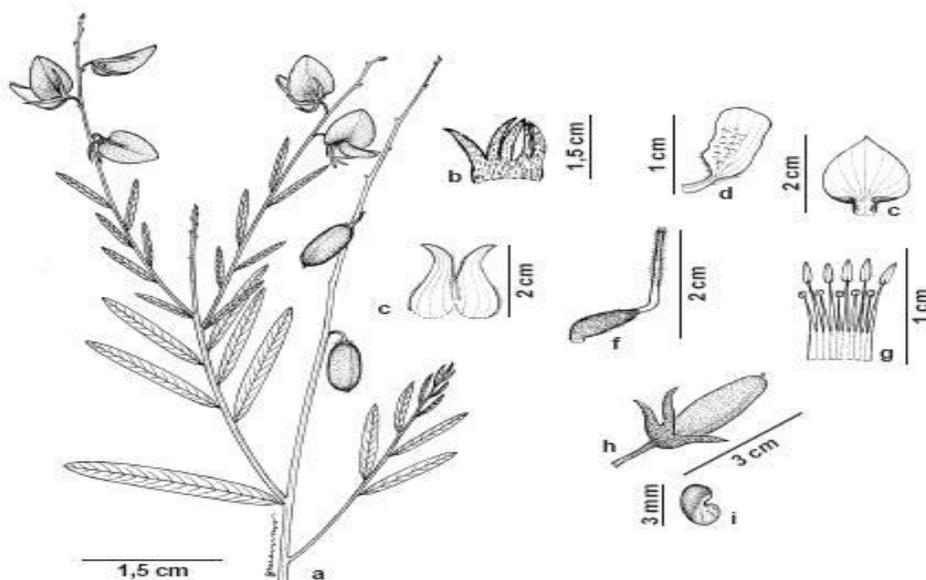


Figura 1. *Crotalaria juncea* L.: a) rama reproductora, b) cáliz, c) estandarte, d) ala, e) quilla, f) ovario y estilo, g) androceo, h) fruto e i) semilla.

Fuente: Avendaño, 2011.

Las raíces forman nódulos en una relación simbiótica con bacterias beneficiosas que fijan nitrógeno atmosférico. La planta en general es sensible al fotoperíodo, florece en días cortos, aunque hay selecciones a las que no les afecta (Brunner *et al.*, 2009). Aunque es considerada como una planta de día corto, su crecimiento vegetativo es favorecido por días largos, pero en esas condiciones el llenado de las semillas puede ser pobre (Duke, 1983).

Se caracteriza por presentar partes vegetativas pubescentes, estandarte menor de 3 cm de largo, apéndices del estandarte limitados a la lámina, extremo de la quilla convoluto, cáliz bilabiado, estilo curvado o geniculado. Legumbre sésil o estipitada, ovoide o suglobosa a elipsoidal y cilíndrica, raramente comprimida lateralmente, carece de pulvínulo (Polhill, 1968;). Las flores son grandes, amarillas y atraen diferentes polinizadores. Las pequeñas

semillas germinan rápidamente (3 a 4 días) y las plántulas que emergen crecen con mucho vigor. La planta es resistente a la sequía y se adapta a lugares cálidos (Brunner *et al.*, 2009). Es una planta con una a muchas semillas, usualmente oblicuas, cordiformes y lisas. Sus semillas presentan polimorfismo en el color de la cubierta seminal y en el tamaño (Pascualides y Ateca, 2013).

2.4.3 Usos e importancia económica

De acuerdo con Brunner *et al.* (2009) estas plantas tienen tres usos principales en la agricultura: a) como fuente de fibra, una de las más antiguas, es fuerte aun cuando se moja y resistente a hongos, humedad y agua salada; se usa para elaborar cordones, alfombras, papel, redes de pesca, sacos, lona y medios de siembra; b) forraje para los animales, en fresco el follaje de la planta tiene alto contenido de alcaloides por lo que no es útil, pero seco es consumido por ovejas y se puede utilizar en un bajo porcentaje para el ganado, pero no es apropiado para caballos ni cerdos; c) como cultivo de cobertura y abonos verdes, germina y se desarrolla rápidamente, tiene un hábito de crecimiento denso que suprime a las malezas, reduce la población de nematodos en el suelo, fija nitrógeno atmosférico y produce abundante materia orgánica, de 8.32 a 14.38 t ha⁻¹ de biomasa seca que puede aportar hasta 308 kg ha⁻¹ de N en diferentes fechas de corte (Puiatti *et al.*, 2015; Cabral *et al.*, 2016).

2.5 EFECTOS BENÉFICOS DE CROTALARIA JUNCEA EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

Como abono verde, *C. juncea* incrementa el rendimiento de caña de azúcar de 49.3 a 67.4 t ha⁻¹. La respuesta a la aplicación de abonos verdes es más evidente en suelos con fertilidad baja. Un mejor suministro de nutrimentos del suelo promueve el crecimiento de la raíz, el amacollamiento, el desarrollo de tallos molederos y, los rendimientos en campo y fábrica (Bokhtiar *et al.*, 2003).

La mayor parte del nitrógeno de la atmósfera se encuentra como N₂, una forma no disponible para la planta. La fijación biológica de N₂ a NH₃ por bacterias es un proceso crítico para depositar nitrógeno del medio ambiente en el suelo. Con leguminosas, las bacterias fijan el nitrógeno de la atmósfera en nódulos de las raíces y la planta suministra los carbohidratos

necesarios para facilitar el proceso. Esta relación simbiótica le permite a muchas leguminosas cultivarse sin la adición de fertilizantes sintéticos (Price *et al.*, 2012).

La fijación biológica del nitrógeno consiste en la incorporación del N atmosférico, a las plantas, gracias a algunos microorganismos, principalmente bacterias y cianobacterias que se encuentran en el suelo y ambientes acuáticos. La fijación consiste en la conversión que la enzima nitrogenasa realiza de N gaseoso (N_2) a amoníaco (NH_3) o nitrato (NO_3^-). Como solo se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, las bacterias viven debajo de las capas de moco que cubren a las raíces de ciertas plantas, o dentro de nódulos, engrosamientos especiales de éstas que se desarrollan en las leguminosas. La relación entre las bacterias del género *Rhizobium* y sus plantas huéspedes es mutualista: las primeras reciben carbohidratos elaborados por la planta, y la planta recibe nitrógeno asimilable (CICEANA, 2009).

2.6 APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL CULTIVO DE LEGUMINOSAS TROPICALES

En el suelo se encuentran los nutrientes que son indispensables para la emergencia, desarrollo y producción de los cultivos; como en un reservorio, las plantas los pueden o no tomarlos según estén o no disponibles para ellas. Está demostrado que el uso adecuado y racional de los fertilizantes químicos no perjudica al suelo ni al medio ambiente, siempre y cuando esta práctica forme parte de un sistema integral de manejo que proteja la tierra y la materia orgánica. Entre las alternativas que existen para proveer de nutrientes al suelo destaca el uso de abonos verdes, que restauran su diversidad biológica (estrategia clave en la agricultura sostenible) a través del uso continuo (Saura *et al.*, 2008).

Con la aplicación de abonos verdes es posible recuperar la fertilidad del suelo, incrementar la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, la disponibilidad de macro y micronutrientes; la formación y estabilización de agregados; la infiltración de agua y aeración (Igue, 1984). En general, mejoran el uso del nitrógeno, sobre todo como cultivo de cobertera (Muraoka *et al.*, 2002). *C. juncea* se utiliza como fijadora de nitrógeno para mejorar la calidad del suelo, reducir la erosión, mejorar la conservación de la humedad del suelo, suprimir malezas y nemátodos, e incrementar el suministro de nutrientes del suelo (Giraldo, 2003).

III. LITERATURA CITADA

- Ampueda J. Rivero C. Torres A. y Cabrera E. 2006. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos y fertilizante químico sobre la dinámica del nitrógeno en el suelo. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 32, 4-26.
- Ángel D.I. 1988. Evaluación de Abonos Verdes en el Sistema de Producción Maíz – Leguminosas. Tesis Ingeniería agronómica, Meritoria. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Avendaño N. 2011. Revisión taxonómica del género *Crotalaria* L. (Faboideae-Crotalarieae) en Venezuela. *Acta Bot. Venez.* [online]. 34(1), 13-78. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0084-59062011000100002&lng=es&nrm=iso. ISSN 0084-5906
- Bokhtiar S.M. Gafur A.M. and Rahman M.M.B.A. 2003. Effects of *Crotalaria* and *Sesbania aculeata* green manures and N fertilizer on soil fertility and the productivity of sugarcane. *Journal of Agricultural Science*.140, 305–309.
- Brunner B. Martínez S. Flores L. y Morales P. 2009. Hoja informativa *Crotalaria*. Proyecto de Agricultura Orgánica. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. Estación Experimental Agrícola de Lajas. Puerto Rico. 4pp.
- Cabral, S. E.; Muraoka, T.; Ide, F. V.; Sakadevan, K.; Buzetti, S.; Arf, O.; Bendassolli, J. A.; Loureiro, S. F. A. 2016. Use of nitrogen from fertilizer and cover crops by upland rice in an Oxisol under no- tillage in the Cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.51, n.6, p.728-737.
- Cañeros. (2009). Unión Nacional de Cañeros, A. C. CNPR: www.caneros.org.mx (Consultada el 27 de septiembre de 2016).
- Carrillo Á. E. Vera E. J. Alamilla M. J. C. Obrador O. J. J. y Aceves N. E. 2008. Como Aumentar el Rendimiento de la Caña de Azúcar en Campeche. Colegio de Postgraduados. 101 p.
- Castro, C. M.; Lopes, A. D.; Duarte, R. R. L.; Fernandes, C. J. 2005. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.40, n.5, p.495-502.
- CCA (2014), La quema de residuos agrícolas: fuente de dioxinas, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 6 pp.

- CICEANA A.C. (Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América). 2009. Guía temática La Tierra y sus recursos. Dinámica de la tierra/Ciclo del nitrógeno de maíz. *Agronomía Tropical* 22(1),3-17. Disponible en:http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at2201/arti/ramirez_r.htm
- Cunha, E. de Q.; Stone, L. F.; Ferreira, E. P. B.; Didonet, A. D.; Moreira, J. A. A.; Leandro, W. M. 2011. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: Parte II - Atributos biológicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.603-611.
- Da Silva, A. C.; Kiyoharu, K. E.; Monquero, P. A. 2009. Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.44, n.1, p.22-28.
- Duke J. A. 1983. *Handbook of Energy Crops*. Unpublished. Disponible en: <http://www.hort.Purdue.edu/newcrop/duke_energy/crotalariajuncea.html#uses> 1983.
- FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Informe del estado el suelo en el mundo. Sala de prensa oficina Principal Roma – Italia. 2008.
- Florentín M.A. Peñalva M. Calegari A. and Derpsch R. 2011. Green manure/cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms. *Integrated Crop Management 12.Plant Production and Protection Division*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma Italy. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agp/icm12.pdf
- Fontanétti, A.; Carvalho, G. J.; Gomes, L. A. A.; Almeida, K.; Moraes, S. R. G.; Teixeira, C. M. 2006. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Horticultura Brasileira*, v.24, p.146-150.
- Giraldo Á.G. 2003. Abonos verdes, características y especies utilizables. FAO. Disponible en: http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/abonos%20verdes.pdf
- Gliessman, S.R. 2002. *AGROECOLOGÍA. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. Turrialba, C.R.: CATIE. Costa Rica.
- Gutiérrez PD. 1988. Efecto de la rotación de cultivos y los abonos verdes sobre la producción de arroz (*Oryza sativa* L.). *Suelos Ecuatoriales* 18 (1): 160-165.

- Igue k. 1984. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos na propriedade do solo. En: Adubo verde no Brasil. Brasil: s.n., 232-237.
- Lopes C.J. da Silva S.L. dos Santos. d S.N. C. Regina P. C. effect of cover crops on the aggregation of soil cultivated with papaya (*Carica papaya* L.). 2014. *Scientia Horticulturae* 172, 82-45.
- Loveland P. and Webb J. 2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review? *Soil & Tillage Research* 70, 1–18. En: Salgado-García S. Aranda-Ibañez E., Castelán-Estrada M. Ortiz-Laurel H. Palma-López D. y Córdova-Sánchez S. 2014. Qué hacer con la paja de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar. *Agroproductividad*:7(2), 2-8.
- Machado P.L.d.A. and Silva C.A. 2001. Nutrient Cycling in Agroecosystems 61: 119.
- Martínez F.F.X. 2006. Gestión y tratamiento de residuos agrícolas. *Medio ambiente. Retema*; 19(111), 62-75. En: [Infoagro www.infoagro.com/hortalizas/residuos-agricolas.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/residuos-agricolas.htm)
- Morales, T. J. 2011. Impacto ambiental de la actividad azucarera y estrategias de mitigación. Orizaba, Veracruz. Universidad Veracruzana. Facultad de ciencias químicas.
- Muraoka, T.; Ambrosano, E. J.; Zapata, F.; Bortoletto, N.; Martins, A. L. M.; Trivelin, P. C. O.; Boaretto, A. E.; Scivittaro, W. B. Eficiencia de abonos verdes (*crotalaria* y *mucuna*) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de n para el cultivo de arroz. *Terra Latinoamericana*, vol. 20, núm. 1, enero-marzo, 2002, pp. 17-23 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Naranjo F.J. Salgado G.S., Lagunes E.L.C. Carrillo A.E. Palma L.D.J. 2006. Changes in the soil fertility of fluvisols cultivated with sugarcane through the years. *Soil & Tillage Research*. 88:160-167. En: Salgado-García S. Aranda-Ibañez E. Castelán-Estrada M. Ortiz-Laurel H. Palma-López, D. y Córdova-Sánchez S. 2014. Qué hacer con la paja de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar. *Agroproductividad*. 7(2),2-8.
- Ortiz L.H. Salgado G.S. Castelán E.M. Córdova S.S. 2012. Perspectivas de la cosecha de la caña de azúcar cruda en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp.* 4, 767-773.
- Palma L.D.J. Salgado G.S. Obrador O.J.J. Trujillo N.A. Lagunes E. L del C. Zavala C.J. Ruiz B.A. y Carrera M.M.A. 1995. Diagnóstico de la fertilidad de los suelos del área cañera de

- abastecimiento del ingenio Tenosique, Tabasco. Colegio de Postgraduados. IREGEP, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco. 40 p.
- Pascualides A.L. y Ateca N.S. 2013. Germinación y vigor de morfotipos de semillas de *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae). *Phyton* (B. Aires), 82(2). Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572013000200021&lng=es&nrm=iso>.
- Polhill R. M. 1968. Miscellaneous notes on African species of *Crotalaria* L.: II. *Kew Bulletin*, 22(2), 169-348.
- Prager M. Victoria J.A. Sánchez de Prager M. Gómez E.D. Zamorano A. 2001. El suelo y los Abonos Verdes, una alternativa de manejo ecológico. Cuadernos ambientales 7. Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural. En: Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos Martín P.M. Oscar E. Sanclemente R.M.S., Miller G.J. Ángel S. D.I. *Agroecología* 7, 53-62.
- Prager, M.M., Sanclemente, R.O., Sanchez, P.M., Miller, G.J., Angel, S.D.I. 2012. ABONOS VERDES: TECNOLOGÍA PARA EL MANEJO AGROECOLÓGICO DE LOS CULIVOS. Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia.
- Price J.A. Kelton J. and Mosjidis J. 2012. Utilization of sunn hemp for cover crops and weed control in temperate climates, weed control. En: A. Price (Ed.), *Weed Control*.
- Puiatti, M.; Campos, O. N. L.; Cecon, P. R.; da Silva, B. A. 2015. Consorciação de taro e crotalaria manejada com corte rente ao solo e poda na altura do dossel. *Rev. Ceres, Viçosa*, v. 62, n.3, p. 275-283.
- Rivas, L., Amezcuita, E., Hoyos, P. Y Molina, D.L. (2013). Análisis económico de una estrategia para el manejo de suelos en la altillanura colombiana: Construcción de la capa arable en Sistemas Agropastoriles: Un enfoque integrado para el manejo sostenible de Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia. Documentos de Trabajo CIAT No. 223. ISBN 978-958-694-117-4
- Salgado G.S. Palma L.D.J. Zavala C.J. Lagunes E.L.C. Castelán E.M. Ortiz G.C.F. Juárez L.J.F. Ruiz R.O. Armida A.L. Rincón R.J.A. 2009. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes en caña de azúcar (SIRDF): Ingenio Presidente Benito Juárez. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 84 p.

- Salgado G.S. Lagunes E.L.C. Núñez E.R. Ortiz G.C.F. Bucio A.L. y Aranda, I.E.M. 2012. Caña de azúcar. Producción sustentable. Colegio de Postgraduados. Montecillo-Texcoco. Edo de México. México. 524 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. A. 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.
- Salgado-García, S., Palma-López, D. J., Zavala-Cruz, J., Lagunes-Espinoza, L. C., Castelán-Estrada, M., Ortiz-García, C. F., Córdova-Sánchez, S. 2011. Un programa de fertilización sustentable para el Ingenio "Presidente Benito Juárez" en Tabasco, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 15, núm. 3, 2011, pp. 45-65.
- Saura G. Otero M. A. 2008. Posibilidades y alternativas de la diversificación del sector azucarero. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, XLII. Enero-Diciembre, 78-89. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/pdf/2231/223120667011.pdf>
- Sentíes-Herrera H.E. y Gómez-Merino F.C. 2014. Nuevas directrices en mejoramiento genético de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad*. 7(2), 9-15. Disponible en: http://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2014/AGROPRODUCTIVIDAD%20II%202014.pdf
- SIAP-SAGARPA. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Anuario estadístico de la producción agrícola.
- Stoof C.R. Wesseling, J.G. Ritsema C.J. 2010. Effects of fire and ash on soil water retention. *Geoderma* 159(3-4), 276-285.
- Valdemar H.F. 2000. Manejo del suelo en pequeñas fincas. Estrategias y métodos de introducción, tecnologías y equipos. *Boletín de suelos de la FAO* 77. Roma, Italia. 66p.
- Vargas, T. O.; Diniz, E. R.; Santos, R. H. S.; Lima, C. T. A.; Urquiaga, S.; Cecon, P. R. 2011. Influência da biomassa de leguminosas sobre a produção de repolho em dois cultivos consecutivos. *Horticultura Brasileira*, v.29, p.562-568.

CAPITULO II. ARVENSES EN UN SUELO CAÑERO CULTIVADO CON
Crotalaria juncea L.

ARVENSES EN UN SUELO CAÑERO CULTIVADO CON *Crotalaria juncea* L.

Resumen

Con la finalidad de evaluar los cambios relacionados con la presencia de crotalaria en la comunidad de arvenses de un suelo cañero, se estableció un experimento que comprendió su ciclo de cultivo y la incorporación de su materia seca al suelo. Los tratamientos consistieron en tres niveles de fertilización, teniéndose además dos testigos; se realizaron muestreos mensuales, los datos colectados permitieron calcular índices de diversidad y de valor de importancia (IVI) de las arvenses, además de la producción de biomasa (peso seco). Los resultados mostraron que la fertilización no influyó en la composición, diversidad e importancia de las arvenses, que estuvieron más relacionados con la época en que se llevó a cabo la investigación, el cultivo de la crotalaria, así como su corte e incorporación al suelo. Si bien la familia mejor representada fue Euphorbiaceae, sus especies no estuvieron entre las de mayor importancia en la comunidad, en donde destacaron *C. rotundus*, *L. crustacea*, *S. setuloso-ciliata*, *A. houstonianum* y *A. repens*. El peso seco de las arvenses mostró diferencias estadísticas entre las parcelas con y sin crotalaria, siendo mucho menor en los testigos; no obstante, la producción total de biomasa fue extremadamente mayor en las cultivadas, lo que resalta el valor del uso de esta especie como abono verde.

Palabras claves: sunn hemp, *Saccharum*, control de malezas, cultivos mixtos

Weeds in a sugar cane soil cultivated with *Crotalaria juncea* L.

Summary

With the purpose of evaluate changes related to the presence of sunn hemp in the weed community of a sugar cane soil, an experiment that included its cultivation cycle and the incorporation of its dry matter to the soil, was established. The treatments consisted of three levels of fertilization, plus two control treatments. Monthly sampling was carried out, the data collected allowed to calculate diversity and importance value indexes (IVI) of the weeds, in addition to the production of biomass (dry weight). Results showed that fertilization did not influence the composition, diversity and importance of the weeds, which were more related to the time of the research, the cultivation of sunn hemp, as well as its cutting and incorporation into the soil. Although the best represented family was Euphorbiaceae, their species were not among the most important in the community, where highlighted *C. rotundus*, *L. crustacea*, *S. setuloso-ciliata*, *A. houstonianum* and *A. repens*. The dry weight of the weeds showed statistical differences between the plots with and without sunn hemp, being much smaller in controls; however, the total biomass production was extremely higher in the cultivated ones, which highlights the value of the use of this species as green manure.

Palabras claves: *crotalaria*, *Saccharum*, weed control, mixed crops

2.1 INTRODUCCIÓN

La agroindustria del azúcar ha sido una importante fuente de ingresos para México desde hace cinco siglos; representa además una significativa fuente de empleo, debido a la cantidad de mano de obra que requiere. No obstante que los rendimientos en campo y fábrica son levemente mayores al promedio mundial, los costos de producción superan a los de otros países (SIAP, 2016); lograr la eficiencia y máxima productividad con la menor inversión requiere una planeación de todos los aspectos relacionados con el cultivo, para evitar el exceso en el uso de recursos, disminuyendo a su vez su impacto en el ambiente (Subirós-Ruiz, 2000). Numerosos factores pueden influir en el rendimiento de campo, entre los que destacan la selección de variedades, la fertilidad del suelo y el uso de fertilizantes, la densidad de población, la presencia y control de plagas y enfermedades, así como las relaciones de competencia con otras especies vegetales (arvenses) asociadas al cultivo.

Un fertilizante es un material capaz de proporcionar a las plantas los elementos químicos esenciales para su desarrollo normal, sea de origen orgánico (animal o vegetal) o sintético (químico, inorgánico o mineral). Siendo los fertilizantes uno de los insumos más costosos en el agrosistema de la caña, se ha implementado el uso de los abonos verdes, que se fundamenta en el aprovechamiento de la energía solar para la producción de biomasa vegetal de alta calidad nutricional, que es incorporada al suelo para incrementar el contenido de materia orgánica rápidamente mineralizable, misma que incide positivamente sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, el rendimiento de cultivos posteriores y el control de las comunidades de arvenses. Como abonos verdes se usan, en general, varias leguminosas, por la capacidad de fijar el N atmosférico que les confiere la simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*. Esta práctica reduce significativamente la utilización de fertilizantes químicos de modo que, a los beneficios directos sobre el suelo, se suman otros de naturaleza económica, social y ambiental que apuntan hacia una agricultura más sustentable (Prager *et al.*, 2012).

Entre las especies que se han utilizado como abonos verdes destaca *Crotalaria juncea* L. que, en siembra intercalada con caña de azúcar, incrementa el rendimiento del cultivo (Vasconcellos-Prellwitz y Cunha-Coelho, 2011) y ha demostrado ser una buena fuente alternativa de N (hasta 149 kg ha⁻¹ incorporados) (Muraoka *et al.*, 2002). El N es un nutrimento limitante, pero la asociación leguminosa-*Rhizobium* permite al cultivo

desarrollarse en suelos con contenido insuficiente de este elemento, ya que la leguminosa lo incorpora en su biomasa y lo convierte en parte del suelo, donde queda disponible para otras plantas (Gliessman, 2002).

Otra función importante que pueden cumplir los abonos verdes es el control de las arvenses que interactúan con el cultivo, las cuales son una de las causas primordiales de la disminución del rendimiento, ya que compiten por espacio, luz, agua y nutrientes (Berlingeri *et al.*, 2008). Los constantes cambios en el sistema de producción de caña de azúcar requieren investigación sobre la interferencia que resulte en la implementación de prácticas de manejo de arvenses, que permitan reducir su impacto sobre el rendimiento y el ambiente, ocasionado por el uso inapropiado de herbicidas (Kuva *et al.*, 2003). La quema continua de la caña de azúcar para la zafra influye en que la mayoría de las arvenses sean herbáceas, cuya competencia suele ser muy agresiva en las etapas tempranas de desarrollo del cultivo, aunque ocasionalmente hay algunas arbustivas que tienen gran poder de diseminación (Valdez-Balero *et al.*, 2009).

Severino y Christoffoleti (2004) y Skinner *et al.* (2012) señalan que crotalaria es una de las leguminosas más eficaces para suprimir arvenses, dado su rápido crecimiento, gran producción de biomasa, competitividad y efecto aleloquímico, por lo que este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de *Crotalaria juncea* L. sobre la composición de arvenses y producción de biomasa en un suelo cañero bajo tres dosis de fertilización.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, que se ubica en las coordenadas 18°01'N y 93°03'W, en el km 21 de la carretera federal 180 Cárdenas-Coatzacoalcos, en Tabasco, México. El clima es tropical (cálido-húmedo) con lluvias en verano, con medias anuales de temperatura, precipitación y evaporación de 26.7°C, 2240 mm y 1400 mm, respectivamente.

Un suelo cañero Cambisol eútrico CMeu (Arcílico) (Palma *et al.*, 2006), que había mostrado en su historial productivo una importante disminución del rendimiento, se volteó mediante un paso de rastra y, en parcelas 5 x 5 m, se sembró la crotalaria al voleo el 01/09/2015 utilizando 20 kg ha⁻¹. Los tratamientos de fertilización NPK probados fueron; 00-00-00, 00-60-60 y 120-60-60, y la incorporación de la planta, una vez cosechada. Se tuvieron además

dos parcelas testigo, en las que no hubo siembra ni incorporación de crotalaria, una de ellas (*in situ*) se ubicó junto a las fertilizadas, la última (*ex situ*) se ubicó en un área completamente despejada, a pleno sol, para evitar el efecto de sombreado de la leguminosa; cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones.

Se hicieron muestreos de arvenses usando cuadros de metal de 50 x 50 cm, siguiendo el método de cuadrantes, en cuatro fechas: 1) 45 días después (dd) de voltear el suelo, el día de la siembra de la crotalaria; 2) 40 y 3) 60 dd de emergencia de la crotalaria, el 20/10/2015 y 09/11/2015; y 4) 40 dd de la incorporación de la crotalaria al suelo, el 19/12/2015. Para cada una de las especies presentes se registró el nombre (común y/o científico), número de individuos y porcentaje de cobertura (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Se colectaron todas las plantas que quedaron dentro de los cuadros, se llevaron al Herbario CSAT para verificar su identidad taxonómica; las muestras se secaron en una estufa con circulación forzada a 60°C y se pesaron (Sadzawka, *et al.*, 2007). Los datos registrados fueron sistematizados y analizados a través de Excel 2007, y sirvieron para calcular los índices de diversidad: S, H' y E (Magurran, 1988), los componentes del índice de valor de importancia (IVI) de las arvenses: Densidad (De), Frecuencia (Fr), Dominancia (Do) y sus valores relativos (rDe, rFr y rDo) (Gámez-López *et al.*, 2011; Concenço *et al.*, 2016), mediante las siguientes fórmulas:

S= Número de especies

$$H' = - \sum [p_i * \ln(p_i)]$$

$$E = H' / \ln S$$

De = N° de plantas por especie/unidad de área (m²).

Fr = N° de muestras en la que aparece la especie x 100/N° total de muestras.

Do = N° de individuos de una especie x 100/N° total de individuos de todas las especies.

$$rDe = De/De^*$$

$$rFr = Fr/Fr^*$$

$$rDo = Do/Do^*$$

$$IVI = rDe + rFr + rDo$$

El peso seco de las arvenses fue analizado considerando un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Se realizó el análisis de la varianza con el programa Statistica 2003 y se consideró en caso de ser necesario, una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05.

2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cuatro muestreos se identificó un total de 51 especies pertenecientes a 22 familias botánicas (Cuadro 2), 80% son dicotiledóneas, siendo los resultados similares a los de García-Jiménez (2015) y Pérez et al., (20014) para caña de azúcar, y Sánchez-Blanco y Guevara-Fefer (2013) para maíz. Las familias con más especies fueron Euphorbiaceae (7), Poaceae (5), Asteraceae (5), Scrophulariaceae (5), Convolvulaceae, Fabaceae y Cyperaceae (4), y Lamiaceae y Onagraceae (2) (Figura 2); estas nueve suman 80%; las 13 familias restantes estuvieron representadas por una sola especie.

Cuadro 2. Lista florística de las especies registradas en los muestreos de arvenses en un suelo cañero cultivado con *Crotalaria juncea* L. en Tabasco, México.

No.	Familia	No.	Especie	Muestreos:			
				04/09/15	20/10/15	09/11/15	19/12/15
DICOTILEDÓNEAS							
1	Acanthaceae	1	<i>Ruellia nudiflora</i> Urb.				X
2	Asteraceae	2	<i>Acmella repens</i> (Walter) Rich.		X	X	X
		3	<i>Ageratum houstonianum</i> Mill.		X	X	X
		4	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq.				X
		5	<i>Melanthera nivea</i> (L.) Small		X	X	
		6	<i>Tridax procumbens</i> L.			X	
		7	<i>Heliotropium filiforme</i> Lehm.		X		X
3	Boraginaceae	7	<i>Heliotropium filiforme</i> Lehm.		X		X
4	Convolvulaceae	8	<i>Ipomoea trifida</i> (L.) Lam.	X	X	X	
		9	<i>Ipomoea triloba</i> L.		X		
		10	<i>Jacquemontia thamnifolia</i> (L.) Griseb.		X		
		11	<i>Merremia umbellata</i> (L.) H. Hallier		X	X	X
5	Euphorbiaceae	12	<i>Acalypha arvensis</i> Poepp. & Endl.	X	X	X	X
		13	<i>Acalypha indica</i> L.	X		X	
		14	<i>Caperonia palustris</i> (L.) A. St.-Hill	X		X	
		15	<i>Croton lobatus</i> L.	X			
		16	<i>Euphorbia hirta</i> L.			X	
		17	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	X	X	X	X
		18	<i>Phyllanthus urinaria</i> L.		X		
		19	<i>Clitoria ternatea</i> L.		X	X	X
6	Fabaceae	20	<i>Crotalaria juncea</i> L.				X
		21	<i>Desmodium incanum</i> DC.	X			X
		22	<i>Mimosa pudica</i> L.		X	X	X
7	Lamiaceae	23	<i>Hyptis brevipes</i> Poit.		X	X	X
		24	<i>Hyptis mutabilis</i> (L. Rich.) Briq.			X	
8	Loganiaceae	25	<i>Spigelia anthelmia</i> L.		X	X	X
9	Lythraceae	26	<i>Cuphea carthagenensis</i> J.F. Mac			X	
No.	Familia	No.	Especie	04/09/15	20/10/15	09/11/15	19/12/15
10	Malpighiaceae	27	<i>Stigmaphyllon humboldtianum</i> (D.C.) Juss.	X	X		

11	Malvaceae	28	<i>Sida rhombifolia</i> L.	X					
12	Molluginaceae	29	<i>Mollugo verticillata</i> L.		X		X	X	
13	Onagraceae	30	<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H. Hara	X	X				
		31	<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) Raven	X	X		X	X	
14	Rubiaceae	32	<i>Borreria latifolia</i> L.		X			X	
15	Scrophulariaceae	33	<i>Bacopa procumbens</i> (Mill.) Greenm.		X		X	X	
		34	<i>Lindernia crustacea</i> (L.) F.Muell.		X		X	X	
		35	<i>Lindernia dubia</i> (L.) Pennell		X		X	X	
		36	<i>Mimulus glabratus</i> Kunth				X		
		37	<i>Scoparia dulcis</i> L.				X		
16	Sterculiaceae	38	<i>Melochia pyramidata</i> L.		X		X	X	
17	Tiliaceae	39	<i>Corchorus orinocensis</i> Kunth	X	X				
18	Violaceae	40	<i>Hybanthus attenuatus</i> (H. & B. ex Wiild.) Schulze-Menz	X					
19	Vitaceae	41	<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicholson & Jarvis				X	X	
MONOCOTILEDÓNEAS									
20	Cannaceae	42	<i>Canna indica</i> L.	X	X		X		
21	Cyperaceae	43	<i>Cyperus rotundus</i> L.	X	X		X	X	
	Cyperaceae	44	<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl		X			X	
	Cyperaceae	45	<i>Rhynchospora contracta</i> (Nees) J. Raynal					X	
	Cyperaceae	46	<i>Scleria setuloso-ciliata</i> Boeckeler	X	X		X	X	
22	Poaceae	47	<i>Acroceras zizanioides</i> (Kunth.) Dandy					X	
	Poaceae	48	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link				X		
	Poaceae	49	<i>Paspalum conjugatum</i> P.J. Bergius	X					
	Poaceae	50	<i>Saccharum</i> sp					X	
	Poaceae	51	<i>Urochloa fusca</i> (Sw.) Wunderlin & Hansen		X				

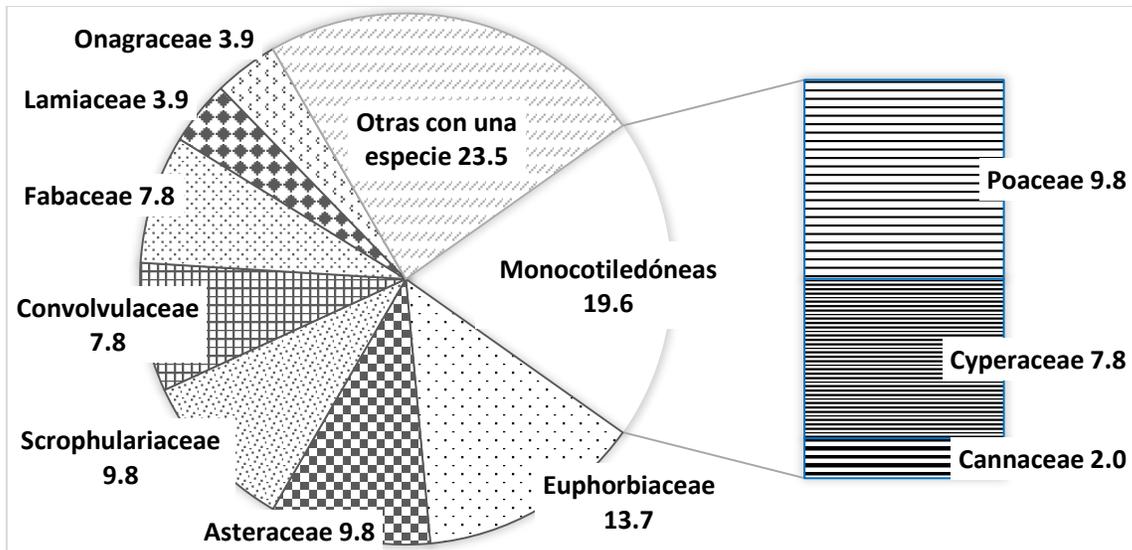


Figura 2. Familias de plantas registradas en los muestreos de arvenses en un suelo cañero cultivado con *Crotalaria juncea* L. en Tabasco, México.

En general, las familias con más especies coinciden con las reportadas en los estudios citados, aunque Euphorbiaceae haya tenido el mayor número en esta investigación, desplazando a Asteraceae y Poaceae que, por incluir varias especies que actúan como pioneras en ambientes perturbados y mostrar habilidad para establecerse en condiciones ambientales hostiles y áreas modificadas para la actividad agropecuaria, aparecen con más frecuencia (Aleman-Zeledón, 2004).

Otro detalle que no pasa desapercibido es la escasa presencia de Fabaceae, sólo tres (sin considerar la especie cultivada) de 12 especies reportadas por García-Jiménez (2015) para el cultivo de caña; lo que puede estar relacionado con el hecho de que *C. juncea* esté considerada como una de las leguminosas más eficaces para suprimir arvenses debido a su rápido crecimiento, competitividad y efecto aleloquímico (Skinner *et al.*, 2012).

En octubre y noviembre se registró el mayor número de especies (30), en septiembre fueron sólo 17, y 28 en diciembre. En general, la diversidad fue incrementando conforme avanzó el ciclo de cultivo. Los valores de riqueza especies (S), diversidad (H') y uniformidad (E) al inicio del ciclo fueron los más bajos (Cuadro 3); los mayores valores de S y H' se ubicaron en octubre y noviembre, observándose la mayor S en los testigos (*Ex situ* e *In situ*); los valores más bajos de estos dos índices correspondieron a las parcelas cultivadas. La mayor diversidad (H') se observó en noviembre y octubre en la parcela con fertilización baja (0-60-60), lo que

implicaría un deficiente desarrollo de la crotalaria. La diversidad en las parcelas testigo fue alta en todos los meses, correspondiendo al comportamiento normal de una comunidad herbácea natural, ante la ausencia de cultivo, donde los valores de S y H' incrementan conforme los de E disminuyen (Perdomo *et al.* (2004). Lo anterior revela que la composición de arvenses estuvo influenciada por la estacionalidad, la presencia de la crotalaria y las prácticas agrícolas (corte), ya que los valores de S y H' fueron incrementando hasta el tercer mes en los testigos, el último mes éstos decrecieron en todos los tratamientos. Los valores bajos de los lotes cultivados confirman que esta leguminosa incide en la reducción de arvenses por área, según lo reportado por Queiroz (2010) y Mosjidis y Wehtje (2011).

Cuadro 3. Valores de riqueza de especies (S), diversidad (H') y uniformidad (E) de la comunidad de arvenses de un suelo cañero cultivado con crotalaria en Tabasco, México.

Tratamiento	S	H'	E
SEPTIEMBRE			
	4,67	1,08	0,71
OCTUBRE			
0-60-60	7,75	2,81	1,37
120-60-60	7,25	2,41	1,22
<i>In situ</i>	9,5	2,7	1,2
<i>Ex situ</i>	9,75	2,67	1,17
NOVIEMBRE			
00-00-00	4,25	1,67	1,16
0-60-60	7,5	3,28	1,64
120-60-60	5,5	2,38	1,38
<i>In situ</i>	9,75	2,68	1,2
<i>Ex situ</i>	11	3,22	1,34
DICIEMBRE			
00-00-00	4	1,75	1,24
0-60-60	2,5	0,97	0,76
120-60-60	4,75	1,91	1,24
<i>In situ</i>	7,5	2,48	1,24
<i>Ex situ</i>	8,25	2,66	1,28

Si bien la familia mejor representada fue Euphorbiaceae, sus especies no fueron las más importantes en el agrosistema cañero estudiado, donde *C. rotundus*, *L. crustacea*, *S. setuloso-ciliata*, *A. houstonianum* y *A. repens* presentaron los IVI más altos; en el Cuadro 4 se presentan por mes, las cinco especies más importantes de cada tratamiento y los valores de las antes mencionadas, cuando no estuvieron entre las primeras.

Cuadro 4. Densidad (rDe), frecuencia (rFr) y dominancia (rDo) relativas e Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies relevantes del suelo cañero cultivado con crotalaria en Tabasco, México.

SEPTIEMBRE					
Tratamiento	Especie	rDe	rFr	rDo	IVI
	<i>Cyperus rotundus</i>	84.91	56.45	78.02	219.38
	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	6.25	3.70	4.21	14.16
	<i>Stigmaphyllon humboldtianum</i>	2.68	7.89	3.26	13.83
	<i>Ipomoea trifida</i>	0.88	8.49	4.11	13.48
	<i>Phyllanthus niruri</i>	1.94	8.17	3.02	13.12
OCTUBRE					
0-60-60	<i>Lindernia crustacea</i>	68.47	28.81	37.63	134.91
	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	8.97	14.52	18.85	42.35
	<i>Acmella repens</i>	2.77	9.17	5.36	17.29
	<i>Acalypha arvensis</i>	3.37	6.67	6.64	16.68
	<i>Phyllanthus niruri</i>	2.55	6.79	4.24	13.57
	<i>Cyperus rotundus</i>	1.56	1.79	2.57	5.92
120-60-60	<i>Lindernia crustacea</i>	68.11	36.44	43.70	148.24
	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	9.51	17.87	22.09	49.47
	<i>Mollugo verticillata</i>	1.78	9.38	3.54	14.69
	<i>Acmella repens</i>	3.96	4.33	5.50	13.80
	<i>Ageratum houstonianum</i>	2.37	4.51	5.00	11.89
	<i>Heliotropium filiforme</i>	3.95	4.33	2.05	10.33
	<i>Phyllanthus niruri</i>	2.66	2.94	3.45	9.05
	<i>Phyllanthus urinaria</i>	1.84	4.33	2.61	8.77
	<i>Acalypha arvensis</i>	2.37	2.86	3.30	8.52
	<i>Stigmaphyllon humboldtianum</i>	0.71	3.13	4.17	8.01
In situ	<i>Lindernia crustacea</i>	70.08	20.97	41.82	132.87
	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	13.73	18.59	19.58	51.90
	<i>Mollugo verticillata</i>	4.16	12.57	5.74	22.47
	<i>Ageratum houstonianum</i>	2.08	7.52	8.08	17.67
	<i>Bacopa procumbens</i>	1.67	9.35	4.32	15.34

	<i>Acmella repens</i>	2.63	5.55	4.54	12.73
	<i>Cyperus rotundus</i>	1.94	3.26	2.38	7.59
Ex situ	<i>Lindernia crustacea</i>	72.09	17.28	45.63	134.99
	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	11.08	10.48	12.87	34.43
	<i>Mollugo verticillata</i>	4.91	15.96	10.18	31.06
	<i>Bacopa procumbens</i>	2.72	9.41	4.88	17.00
	<i>Cyperus rotundus</i>	2.38	9.00	4.29	15.66
	<i>Ageratum houstonianum</i>	1.08	6.91	5.90	13.89
	<i>Acmella repens</i>	1.66	5.96	5.15	12.78
NOVIEMBRE					
0-0-0	<i>Acmella repens</i>	26.39	22.86	20.52	69.77
	<i>Scleria setuloso</i>	23.61	11.90	15.14	50.65
	<i>Lindernia crustacea</i>	17.36	16.79	14.96	49.11
	<i>Stigmaphyllon humboldtianum</i>	12.50	17.50	18.57	48.57
	<i>Clitoria ternatea</i>	6.25	8.33	15.00	29.58
	<i>Cyperus rotundus</i>	0.69	1.79	2.25	4.73
0-60-60	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	20.18	15.71	25.70	61.59
	<i>Acmella repens</i>	15.14	17.38	17.99	50.50
	<i>Lindernia crustacea</i>	20.83	12.79	13.01	46.63
	<i>Phyllanthus niruri</i>	7.96	10.55	6.97	25.48
	<i>Lindernia dubia</i>	7.56	7.09	8.38	23.02
	<i>Ageratum houstonianum</i>	5.98	5.26	7.70	18.94
	<i>Cyperus rotundus</i>	1.17	2.98	0.88	5.03
120-60-60	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	20.80	17.71	19.55	58.06
	<i>Acmella repens</i>	21.35	16.67	19.23	57.25
	<i>Lindernia crustacea</i>	18.92	19.44	15.38	53.74
	<i>Phyllanthus niruri</i>	16.87	19.44	13.24	49.55
	<i>Stigmaphyllon humboldtianum</i>	6.82	8.33	16.83	31.98
	<i>Ageratum houstonianum</i>	7.36	6.94	5.96	20.26
In situ	<i>Lindernia crustacea</i>	65.01	19.79	35.54	120.34
	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	14.38	11.67	18.00	44.05
	<i>Mollugo verticillata</i>	7.43	11.74	8.06	27.23
	<i>Ageratum houstonianum</i>	3.42	10.82	6.98	21.22
	<i>Ipomoea trifida</i>	1.33	9.97	6.56	17.86
	<i>Acmella repens</i>	0.40	3.56	2.16	6.12
	<i>Cyperus rotundus</i>	0.23	1.85	0.39	2.47
Ex situ	<i>Lindernia crustacea</i>	66.51	19.34	39.58	125.42
	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	7.58	10.20	14.05	31.82
	<i>Cissus verticillata</i>	3.21	14.08	5.78	23.07
	<i>Mollugo verticillata</i>	5.07	9.51	7.39	21.98

	<i>Lindernia dubia</i>	5.29	7.83	4.07	17.19
	<i>Ageratum houstonianum</i>	3.01	8.30	4.97	16.29
	<i>Cyperus rotundus</i>	0.46	2.79	0.39	3.63
	<i>Acmella repens</i>	0.28	1.00	0.48	1.75
DICIEMBRE					
0-0-0	<i>Ageratum houstonianum</i>	41.25	36.76	54.17	132.18
	<i>Merremia umbellata</i>	24.69	19.20	22.73	66.61
	<i>Phyllanthus niruri</i>	15.31	19.20	11.90	46.41
	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	7.19	6.70	2.96	16.84
	<i>Lindernia crustacea</i>	5.00	8.33	3.13	16.46
0-60-60	<i>Ageratum houstonianum</i>	24.79	20.37	26.83	71.99
	<i>Cyperus rotundus</i>	23.93	24.07	21.14	69.14
	<i>Lindernia crustacea</i>	24.36	24.07	14.56	62.99
	<i>Phyllanthus niruri</i>	16.67	16.67	21.21	54.55
	<i>Ruellia nudiflora</i>	5.13	7.41	11.38	23.92
	<i>Acmella repens</i>	2.56	3.70	2.85	9.11
120-60-60	<i>Lindernia crustacea</i>	35.27	28.75	32.01	96.03
	<i>Ageratum houstonianum</i>	33.66	25.83	30.46	89.95
	<i>Bacopa procumbens</i>	11.90	11.88	10.58	34.36
	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	4.86	6.25	6.01	17.12
	<i>Cissus verticillata</i>	4.46	7.50	5.11	17.08
In situ	<i>Lindernia crustacea</i>	71.09	27.38	37.02	135.50
	<i>Ageratum houstonianum</i>	7.49	16.69	22.66	46.84
	<i>Bacopa procumbens</i>	2.67	8.91	7.52	19.10
	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	6.36	5.51	6.18	18.05
	<i>Desmodium incanum</i>	1.69	5.00	5.96	12.65
Ex situ	<i>Lindernia crustacea</i>	63.66	23.34	35.68	122.68
	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	13.76	14.90	25.28	53.95
	<i>Ageratum houstonianum</i>	6.06	13.88	11.77	31.71
	<i>Merremia umbellata</i>	4.85	14.39	6.29	25.52
	<i>Lindernia dubia</i>	3.92	9.29	3.99	17.20

C. rotundus tuvo valores en el primer y último mes del ciclo, cuando la competencia con otras arvenses fue menor. Doll (1996) menciona que esta especie está bien dotada para competir en estadios tempranos de desarrollo por nutrientes, agua y luz, ya que brota y crece más rápidamente que la mayoría de las plantas cultivables. Aunque su semilla tiene bajo porcentaje de germinación, posee una amplia capacidad de propagarse vegetativamente por rizomas y tubérculos, además de que estos últimos ocasionan alelopatía, razón por la que se

ha reportado como la peor maleza del mundo, siendo de especial interés en cultivos intensivos y abiertos (Vibrans, 2011). Una demora de diez días entre la siembra y el primer desyerbe en maíz disminuyó el rendimiento en 19% en Colombia (Cruz y Cárdenas 1974).

L. crustacea fue la especie con mayor IVI a partir de octubre, cuando tuvo el valor más alto en todos los tratamientos (132.87 a 148.24) y hasta el final del ciclo; ha sido poco mencionada como maleza en los sistemas de producción agrícola, sólo se ha reportado para arroz y malanga, ya que tolera condiciones de inundación (Kostermans *et al.*, 1987; CABI, 2016), misma que favoreció su presencia en todas las parcelas estudiadas. En Bangladesh, India, Indonesia, Vietnam y Filipinas se reporta como problemática en los campos de arroz, junto a los caminos y en los diques de los campos de cultivo (Mamun, 1989). Lanka (Moody, 1989). En Venezuela su presencia en huertos familiares se ha relacionado con su forma de propagación (asexual), la cual se ve favorecida por la preparación del suelo y labores culturales (Gámez *et al.*, 2014).

S. setuloso-ciliata también tuvo IVI alto durante todo el ciclo de cultivo, el superior se observó en el mes de noviembre en las parcelas fertilizadas (58.06 y 61.59). Se reporta con buena distribución en áreas abiertas, húmedas y pantanosas (Adams *et al.*, 1994), difícil de controlar en cultivo de arroz (Esqueda, 1999), debido a que sus hojas tienen márgenes ásperos, filosos, que pueden ser cortantes (Vibrans, 2011); en algunos sistemas tradicionales se aprecia porque aporta biomasa y mejora el suelo (Rojas-Chávez, 2016).

A. houstonianum, una especie nativa de México, Centroamérica y el Caribe, comenzó a aparecer en octubre y su importancia en el suelo cañero estudiado fue incrementando; en diciembre se observaron sus valores más altos. Se trata de una arvense abundante en campos cultivados con café y caña de azúcar, pero que se desarrolla bien en lugares húmedos, soleados o sombreados, en caminos y jardines; muy difícil de erradicar debido a su abundancia, alta resistencia y fácil propagación (Ordóñez-Barahona, 2000; Villaseñor y Espinosa, 1998).

A. repens estuvo presente en el suelo cañero de octubre a diciembre, sus valores más altos se observaron en noviembre; se reporta como ocasional en cultivos de riego y sitios húmedos; más comúnmente de orillas de parcelas y caminos; tiene floración durante todo el año, pero es más abundante en la temporada de lluvias (Rojas-Chávez, 2016a).

Las especies que tuvieron los IVI más altos en este estudio corresponden a arvenses de hábitats tropicales húmedos, similares a los aquí estudiados, cuya presencia se vio favorecida por la época en que fue realizado el estudio, cuando predominaron condiciones de buena saturación de humedad en el suelo.

Finalmente, los resultados de los análisis del peso seco de las arvenses mostraron diferencias estadísticas entre las parcelas con y sin cultivo, siendo mucho menor en las cultivadas (Figura 3); no obstante, la producción total, incluyendo la de crotalaria, fue extremadamente mayor en las mismas (Figura 4), lo que resalta el valor del uso de esta especie como abono verde y supresora de arvenses (Mansoer *et al.*, 1997; Mosjidis and Wehtje, 2011).

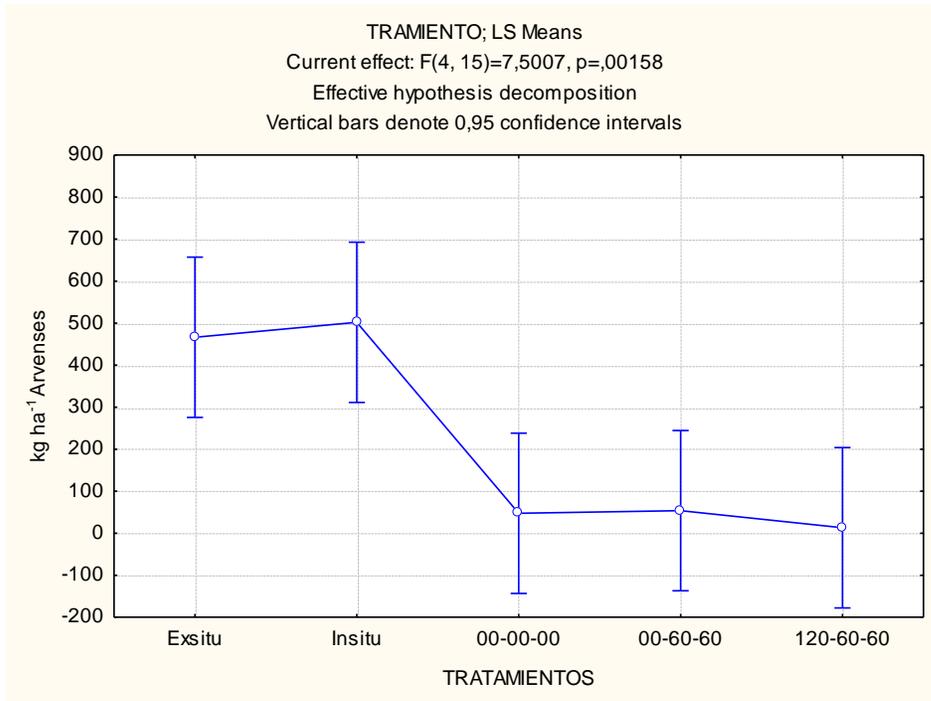


Figura 3. Comportamiento de la biomasa aérea de arvenses, en los diferentes tratamientos estudiados en un suelo cañero de Tabasco, México.

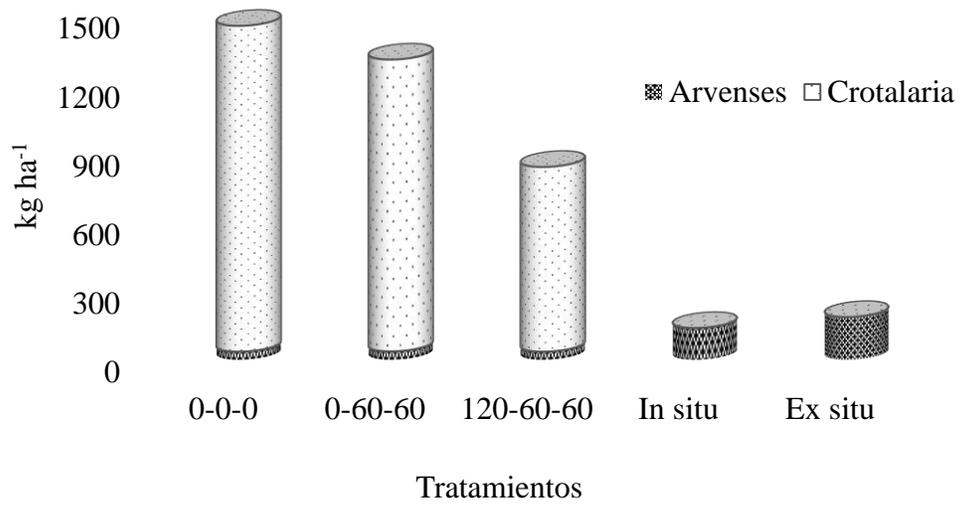


Figura 4. Peso seco de arvenses y *Crotalaria* del suelo cañero estudiado en Tabasco, México.

2.4 LITERATURA CITADA

- Adams CD. 1994. *Scleria* En: Davidse G, S Sousa y AO Chater (eds.). Flora Mesoamericana. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p. 476-484.
- ALEMAN-ZELEDÓN, F. 2004. Manejo de arvenses en el trópico. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 197 p.
- Berlinger C, N Yuncosa y T Pérez. 2008. Evaluación de cinco leguminosas en barbecho mejorado para el control de malezas en la planicie del Río Motatán, estado Trujillo, Venezuela. *Agronomía Trop.* 58(2): 117-123.
- CABI, 2016. *Lindernia crustacea*. In: *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc. Consultado el 01/08/2016
- Concenço G, JRA Leme Filho, CJ Silva, RF Marques, LBX Silva y IVT Correia. 2016. Weed occurrence in sugarcane as function of variety and ground straw management. *Planta Daninha* 34(2): 219-228.
- Cruz R y J Cárdenas. 1974. Resumen de la investigación sobre control de coquito (*Cyperus rotundus* L.) en el Valle del Sinu, Departamento de Cordoba, Colombia. *Revista COMALFI* 1: 3-13
- Doll JD. 1996. *Cyperus rotundus*. En: Labrada R, JC Caseley y C Parker. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO Producción y Protección Vegetal–120, ISSN 1014-1227) Roma, Italia. <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s08.htm>. Consultado el 01/08/2016
- Esqueda V. 1999. Control de malezas en arroz de temporal con clomazone, propanil y 2,4 D. *Agronomía Mesoamericana* 10(2): 43-49.
- Gámez A, M de Gouveia, W Álvarez y H Pérez. 2014. Flora arvense asociada a un agroecosistema tipo conuco en la comunidad de Santa Rosa de Ceiba Mocha en el estado Guárico. *Bioagro* 26(3): 177-182
- Gámez-López A, M Hernández, R Díaz y J Vargas. 2011. Caracterización de la flora arvense asociada a un cultivo de maíz bajo riego para la producción de jojotos. *Agronomía Tropical* 61 (2): 133-139.

- García-Jiménez P. 2015. Flora asociada al cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en el municipio de Cárdenas, Tabasco. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca. Tabasco, México
- Gliessman SR. 2002. Agroecología. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Kostermans AJGH, Wirjahardja S, Dekker RJ, 1987. The weeds: description, ecology and control. En: Soerjani M, Kostermans AJGH, Tjitrosoepomo G. (Ed.). Weeds of rice in Indonesia. Jakarta, Indonesia. p. 24-565
- Kuva MA, Gravena R, Pitelli RA, Christoffoleti PJ & Alves PLCA. 2003. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana de açúcar. III-Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). *Planta Daninha* 21(1): 37-44.
- Magurran AE. 1988. Diversidad Ecológica y su medición. Ediciones Vedra, Barcelona, España, 200 p.
- Mansoer Z. Reeves DW and Wood CW.1997. Suitability of sunn hemp as an alternative late-summer legume cover crop. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:246-253.
- Mosjidis JA, G Wehtje. 2011. Weed control in sunn hemp and its ability to suppress weed growth. *Crop Protection* 30:70-73.
- Mostacedo B y Fredericksen TS. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
- Muraoka T, Ambrosano EJ, Zapata F, Bortoletto N, Martins ALM, Trivelin PCO, Boaretto AE, Scivittaro WB. 2002. Eficiencia de abonos verdes (*crotalaria* y *mucuna*) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. *Terra Latinoamericana* 20(1): 17-23.
- Palma-López DJ, J Cisneros, E Moreno y JA Rincón-Ramírez. 2006. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. 3ª Ed. ISPROTAB, Fundación Produce Tabasco-Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México
- Perdomo R, Vibrans H, Romero A, Domínguez JA y Medina JL. 2004. Análisis de SHE, una herramienta para estudiar la diversidad de maleza. *Fitotecnia Mexicana* 27(1): 57-61.

- Pérez D, Ascencio J, Lazo JV, Castro M. 2014. Inventario florístico y distribución de malezas presentes en asociación con caña de azúcar antes del cierre del dosel del cultivo en Chivacoa, estado Yaracuy. *Ernstia* 24(1): 25-40
- Prager MM, Sanclemente RO, Sánchez PM, Miller GJ, Ángel SDI. 2012. Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia.
- Vasconcellos-Prellwitz WP y Cunha-Coelho F. 2011. Produtividade de colmos, índice de área foliar e acúmulo de N na soca de cana-de-açúcar em cultivo intercalar com *Crotalaria juncea* L. *Rev. Ceres* 58:773-780.
- Ordóñez-Barahona P. 2000. Estudios de las malezas en diferentes ambientes de la caña de azúcar (*Saccharum* spp) en el Ingenio San Miguelito, Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológica sy Agropecuarias. 123 p.
- Queiroz LR, JCC Galvao, JC Cruz, MF Oliveira y FD Tardin. 2010. Weed suppression and organic green corn production in no tillage system. *Planta Daninha* 28:263-270.
- Rojas-Chávez, S. 2016. *Scleria setuloso-cicliata* Boeckeler. En: Vibrans, H. (ed.), 2010. Malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/cyperaceae/scleria-setuloso-ciliata/fichas/ficha.htm>. Fecha de acceso: 01/08/2016.
- Rojas-Chávez, S. 2016a. *Acmella repens* (Walter) Rich. En: Vibrans, H. (ed.), 2010. Malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/acmella-repens/fichas/ficha.htm>. Fecha de acceso: 03/08/2016.
- SADZAWKA, A., CARRASCO, M., DEMANET, R., FLORES, H., GREZ, R., MORA, M., NEAMAN, A., 2007. Métodos de Análisis de Tejidos Vegetales. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Serie Actas INIA n° 40, Santiago, Chile, 140 p.
- Sánchez-Blanco J y Guevara-Féfer F. 2013. Plantas arvenses asociadas a cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 105: 107-129.
- Severino FJ y Christoffoleti PJ. 2004. Weed suppression by smother crops and selective herbicides. *Scientia Agricola* 61:21-26.
- SIAP-SAGARPA. 2006. <http://www.siap.gob.mx/siaprendes/contenidos/3/03-cana-azucar/contexto-3.html>. Consultado el 20/05/16

- Skinner EM, Diaz-Perez JC, Phatak SC, Schomberg HH y Vencill W. 2012. Allelopathic effects of sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.) on germination of vegetables and weeds. *Hortscience* 47:138-142.
- Subirós-Ruiz F. 2000. El cultivo de la caña de azúcar. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José Costa Rica. 448 p.
- Valdez-Balero A, Guerrero-Peña A; García-López E, Obrador-Olán JJ. 2009. Manual para el cultivo y producción de la caña de azúcar. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco. México. 53 p.
- Valle, A., Borges, F., & Rincones, C. 2000. Principales malezas en cultivos de caña de azúcar en el municipio Unión del estado Falcón, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 17:51-62
- Villaseñor-Ríos JL y Espinosa-García JF. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 448 pp.
- VIBRANS. H. 2011. Malezas de México, <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>. Fecha de acceso: varias.

**CAPITULO III *Crotalaria juncea* L. EN UN SUELO CAÑERO A DIFERENTES
DOSIS DE FERTILIZACIÓN**

***Crotalaria juncea* L. EN UN SUELO CAÑERO A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN**

Resumen

Con el objetivo de analizar el rendimiento de *Crotalaria juncea* L. en un suelo cañero con y sin fertilización nitrogenada y en dos épocas de corte (40 y 60 días), se estableció un experimento en un suelo Cambisol eútrico. Se consideraron dos tratamientos de fertilización de NPK 00-60-60, 120-60-60, en una sola aplicación 20 ddg y un testigo, Al inicio del experimento se tomó una muestra compuesta de suelo y 15 y 30 días después de incorporada la crotalaria a la cosecha (60 días), a una profundidad de 0-30 cm, para realizar análisis químicos. El peso seco (PS) de *Crotalaria juncea* total y el de sus componentes no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. El rendimiento promedio de MS en las fechas de corte fue de 7.08 y 7.16 t ha⁻¹ para 40 y 60 días, respectivamente. La concentración de N en la biomasa aérea no mostró diferencias estadísticas significativas entre dosis y época de corte; la acumulación promedio de N fue de 151.61 y 176.37 kg ha⁻¹ para el primer y segundo corte. El P en planta mostró valores más altos y diferencias estadísticas significativas en los tratamientos de fertilización. El análisis del suelo antes de la siembra mostró propiedades óptimas, excepto por los bajos contenidos de MO. El aporte de la *C. juncea* incorporada al suelo restituye el N, y se estaría incorporando nitrógeno suplementario tomado del ambiente, además de propiciar mejoras de la MO a la fertilidad física, química y biológica.

Palabras clave: *Crotalaria juncea*, dosis de fertilización, época de corte

Abstract

In order to analyze the behavior of *Crotalaria juncea* L. yield, in a sugarcane soil with and without nitrogen fertilization and cutting in two periods, 40 and 60 days, an experiment was established in a sugar cane soil Cambisol eutric, which was turned due to a decrease in its yield. Two treatments of NPK fertilizer: 00-60-60, 120-60-60 in one application 20 DDG and a control were considered. At beginning of the experiment and 15 and 30 DD of incorporate the crotalaria harvest (60 days) samples of soil at a depth of 0-30 cm for chemical analysis were taken. The dry weight (DW) of crotalaria and all of its components showed no significant difference between treatments. The average yield of MS in the dates of court was 7.08 and 7.16 t ha⁻¹ for 40 and 60 days respectively. The concentration of N in aboveground biomass showed no statistically significant differences between doses and harvest season; the average accumulation of N ha⁻¹ were 151.61 and 176.37 for the first and second cut. P in plant showed higher and statistically significant differences in fertilization treatments values. Soil analysis before planting showed optimal properties, except for the low content of MO. The input of *C. juncea* incorporated into the soil reinstates nutrients taken thereof, and nitrogen taken from the environment would be adding, besides providing various benefits generated by the MO to physical, chemical and biological fertility.

Keywords: *Crotalaria juncea*, fertilization, cutting time

3.1 INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo se define como una pérdida de la capacidad de producción de este debido a procesos químicos o físicos, esto involucra varios procesos pero los más importantes son: la salinización, la extracción excesiva de agua, la compactación, la contaminación por plaguicidas, la reducción en la calidad de la estructura del suelo, la pérdida de la fertilidad y la erosión. La combinación de la erosión con otras formas de degradación del suelo explica la pérdida gradual de la fertilidad de los suelos agrícolas en el mundo (Gliessman, 2002).

El monocultivo caña de azúcar causa un marcado descenso del rendimiento y de diversos parámetros relacionados con la fertilidad y la salud del suelo como: disminución del contenido de materia orgánica y de la actividad de la biota del suelo, desestructuración, alta tasa de erosión del suelo (del orden de $13 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}$), compactación y pérdida de nutrientes, principalmente nitrógeno. La materia orgánica del suelo aumenta su nivel para alcanzar el equilibrio, lo cual ocurre por lo general después de 30-50 años (Dominy *et al.*, 2001; Merten y Minella, 2013). La disminución del rendimiento en caña de azúcar puede verse afectada hasta en un 35% por un manejo inadecuado, una mala práctica es la quema de residuos, entre 7 y 12 toneladas de paja se producen en una hectárea de caña de azúcar. Cada tonelada de esquilmos de caña contiene aproximadamente 5.4, 1.3 y 3.1 kg de N, P y K, respectivamente (Robertson y Thorburn, 20007; Suma y Savitha, 2015). Los agricultores suelen quemar la basura porque consideran que no hacerlo disminuye la germinación, incrementa el número de plagas y labores de maquinaria agrícola; dada la baja velocidad de descomposición de los residuos, este último efecto es solo relativamente cierto más allá de 20 cm de profundidad, no obstante, en todas las plantaciones de caña cada pocos años es necesario volver a plantar, labor que implica una importante remoción del suelo por el barbecho y pasos de rastra, labores que favorecen la mineralización de la materia orgánica del suelo, especialmente la de la materia parcialmente descompuesta, lo que incrementa la fertilidad de los suelos cañeros (de Resende *et al.*, 2006). Indudablemente el mantenimiento de los residuos de cosecha sobre el suelo aumentará a largo plazo el suministro de N y otros nutrientes, las hojas secas presentan los más altos rendimientos de biomasa y los menores contenidos de nutrientes en comparación con las puntas de caña de azúcar; alrededor de 75% de K_2O y 50% del N se acumula en ellas, de ahí la importancia que tiene para la fertilidad del suelo, el no quemar la basura en la época de cosecha (Ocheuze *et al.*, 2013); tristemente, en la zona de la Chontalpa,

Tabasco, alrededor del 80% de la cosecha se realiza de forma manual, lo que implica que se realice la quema de la caña, y posteriormente la 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 (Carrillo, 2008; Pascual, 2013).

Las prácticas que promueven el uso adecuado del suelo, reducen la exposición a la erosión. Conservar su capacidad productiva es clave para mantener niveles de productividad convenientes y así garantizar la producción de alimentos y atenuar el riesgo de inseguridad alimentaria (FAO, 2012). Cuando la disponibilidad y/o costo de los fertilizantes minerales complica su uso, es posible obtener nitrógeno usando leguminosas (fabáceas) para incorporarlas como abonos verdes (AV). Estas plantas son capaces de añadir grandes cantidades de nitrógeno en el suelo mediante fijación biológica en los nódulos formados por bacterias del género *Rhizobium* en sus raíces (Florentín, 2011).

Los abonos verdes (AV) se implementan en agroecosistemas para mejorar y restaurar la fertilidad del suelo, por el aporte que hacen de nutrientes, materia orgánica y agua (Sosa, 2013). Su uso se fue perdiendo con la aparición de los fertilizantes químicos, pero, con los problemas de degradación del suelo, se están volviendo una alternativa viable para detener su deterioro y recuperarlos (Valdemar, 2000).

Los AV son plantas cultivadas que se incorporan al suelo para mejorar las propiedades de éste, además se utilizan para proteger al suelo de la erosión, conservar la humedad, reciclar nutrientes y aumentar el rendimiento de los cultivos de interés mediante el aporte de nitrógeno y materia orgánica. Una ventaja del reciclaje de nutrientes por parte de los abonos verdes es que una vez incorporados al suelo, éstos se liberan lentamente al descomponerse, y son utilizados por el cultivo siguiente de una manera más eficiente (Florentín, 2011). Entre las especies que se han utilizado como abonos verdes destaca *Crotalaria juncea* L., la cual ha demostrado ser una buena alternativa como fuente de nitrógeno ya que su contenido es de aproximadamente 149 kg ha⁻¹, mismo que puede quedar disponible para otros cultivos (Muraoka *et al.*, 2002).

La crotalaria es un excelente cultivo de cobertura o abono verde, germina y se desarrolla rápidamente, tiene un hábito de crecimiento denso que suprime las malezas, reduce la población de nematodos en el suelo, fija nitrógeno atmosférico, produce abundante materia orgánica, mejora la conservación de la humedad del suelo e incrementa el suministro de

nutrimentos del suelo. Puede producir de 5,600 a 14,000 kg ha⁻¹ de biomasa seca y aportar hasta 204 kg N ha⁻¹ (Giraldo, 2003; Brunner *et al.*, 2009). Otros autores (Ángel 1988, Prager *et al.*, 2001) indican que genera una gran cantidad de biomasa fresca, de hasta 70 t ha⁻¹, tiene un aporte de 300-360 kg N ha⁻¹, alta tolerancia a la sequía y sirve como hospedero a insectos benéficos. Sin embargo, requiere de contenidos suficientes de otros elementos nutrientes para expresar un buen rendimiento, desarrollo y crecimiento radical (Rast *et al.*, 2010).

Hernández *et al.* (2006) reportan que *C. juncea* sembrada al voleo o en líneas a 25 cm. (20 semillas por metro lineal) tiene un crecimiento rápido, compite con las malezas y aporta N con una buena producción de biomasa. Los residuos de crotalaria generan un alto aporte de nitrógeno al suelo, con una baja relación C:N (8.33) que favorece una rápida mineralización y la pronta disponibilidad de nutrimentos (Ampueda *et al.*, 2006). Utilizada como mejoradora del suelo ha mostrado resultados importantes sobre todo por los altos aportes de materia orgánica, propiedad que se relaciona con muchos parámetros que confieren propiedades para el incremento de la fertilidad del suelo y el rendimiento de cultivos (Harbans *et al.*, 2005; Adenkule, 2011). Con el fin de conocer el comportamiento de *C. Juncea* en un suelo cañero y generar técnicas viables a productores de este cultivo, se plantearon los siguientes objetivos.

- 1.- Evaluar el comportamiento de los componentes de rendimiento de la biomasa aérea de la *Crotalaria juncea* L. y su estado nutrimental en un suelo Cambisol, en dos épocas de corte y, con y sin fertilización nitrogenada.

- 2.- Evaluar cambios en las propiedades químicas del suelo en dos fechas después de la incorporación de la leguminosa *Crotalaria juncea* L.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en el campo experimental del Colegio de Postgraduados del Campus Tabasco, que se ubica geográficamente en las coordenadas 18°01'N y 93°03'W, a 21 kilómetros de la ciudad de Cárdenas por la carretera federal 180 a Coatzacoalcos (Figura 5). Presenta un clima característico trópico húmedo que, de acuerdo con el sistema de Köppen, se clasifica como Am(g)''w'', con lluvias abundantes en el verano y sequía prolongada en los meses de marzo-abril, se presentan nortes a finales del año (García, 1988). La temperatura media anual es de 26°C, con poca variación; en el municipio de Cárdenas precipitaciones

promedio anuales de 2324 mm, en los meses secos (marzo y abril) caen menos de 50 mm mensuales y cerca de 400 mm en los meses lluviosos (septiembre y octubre), la evaporación media es de 1400 mm (Aceves *et al.*, 2015). El suelo corresponde a un Cambisol eútrico CMeu (Arcíllico) (Palma *et al.*, 2007).

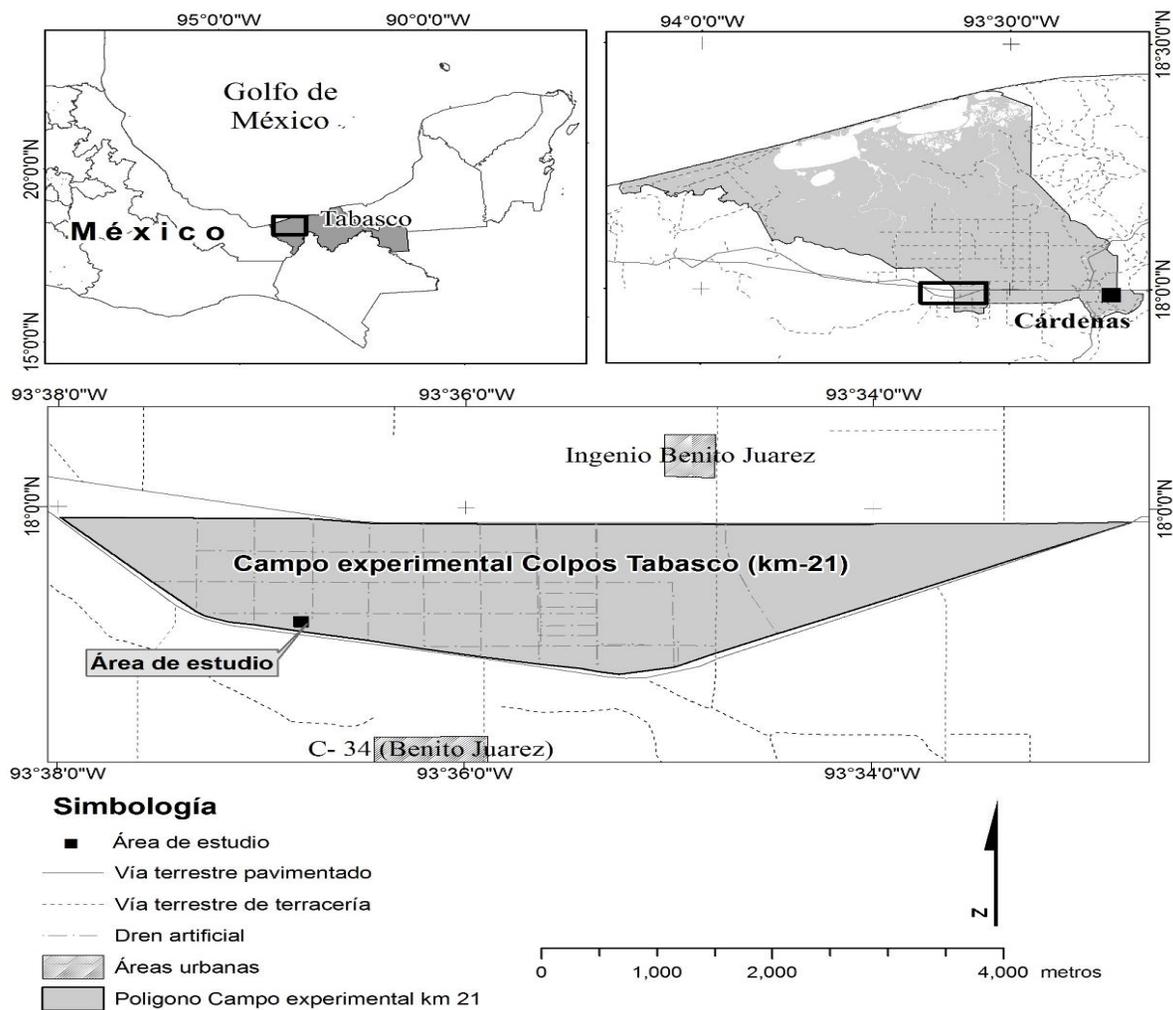


Figura 5. Ubicación geográfica del área en estudio, Cárdenas, Tabasco, *C. juncea* como abono verde en un suelo cañero.

El experimento se llevó a cabo en un suelo cañero, el cual se volteó para sembrar caña debido a una baja productividad permanente. Al establecer el experimento se tomó una muestra compuesta de suelo con barrena tipo holandesa a la profundidad de 0-30 cm, la muestra se conformó de 15 submuestras tomadas aleatoriamente en zig-zag, abarcando todo el terreno (NRCCA 2008). Las muestras se prepararon para realizar análisis químicos: pH en

agua relación 1:2, materia orgánica (MO), textura, capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrógeno total (Nt), fósforo Olsen (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), las metodologías utilizadas son las sugeridas por la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-RECNAT-2000).

C. juncea se sembró al voleo, aplicando 20 kg ha⁻¹ de semillas, se consideraron dos tratamientos de fertilización de NPK; 00-60-60 y 120-60-60 y un testigo 00-00-00, suministrados en una sola aplicación 20 días después de la germinación (ddg). Para tener un testigo de los cambios naturales que pudieron influir en la fertilidad del suelo, se dejó una parcela en la cual no se sembró ni se incorporó crotalaria y tampoco se aplicó ningún tipo de fertilización. De *C. juncea* se estimó el rendimiento total y el de sus componentes en peso seco (tallos y hojas) tomando muestras de 1 m² de la parte central de cada bloque a los 40 y 60 días después de emergida (dde) la crotalaria (Baker y Thomson, 1992). Las muestras vegetales se pesaron en fresco y luego fueron sometidas a una limpieza previa con agua destilada durante unos segundos, para eliminar residuos de tierra (Kalra, 1998). Después del lavado, las muestras se dejaron sobre papel para absorber el exceso de agua, se colocaron en bolsas de papel con su respectiva identificación para secarse en un horno con aire de circulación forzada a 75°C, hasta peso constante y se pesaron para determinar el peso seco, para después molerlas en un molino Wiley y llevar las muestras al laboratorio para realizarles los análisis vegetales de N, P, K, Ca y Mg (Kalra, 1998). En campo, la crotalaria se incorporó al suelo a los 60 días de germinada para observar los cambios que pudiera haber en su fertilidad, se tomaron muestras compuestas a los 15 y 30 días después de la incorporación en cada una de las parcelas con barrena tipo holandesa a la profundidad de 0-30 cm, considerando los mismos criterios que para el muestreo inicial.

3.2.2 Diseño experimental

Se consideraron cuatro tratamientos, tres dosis de fertilización y un testigo (Cuadro 5). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones y se realizó el análisis de la varianza del diseño con el programa Statistica 2003 y se consideró, en caso de ser necesario, la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05.

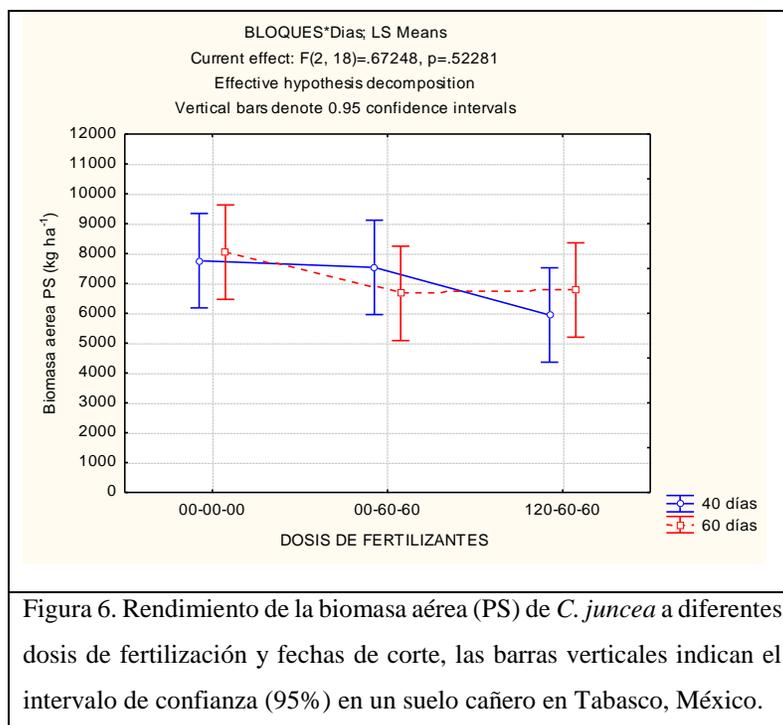
Cuadro 5. Tratamientos de fertilización utilizados en la evaluación de *C. juncea* como abono verde en un suelo cañero en Tabasco, México.

Tratamiento	Dosis de fertilización (kg ha ⁻¹)		
	N	P	K
T ₀ : Sin <i>C. juncea</i>	00	00	00
T ₁ : Con <i>C. juncea</i>	00	00	00
T ₂ : Con <i>C. juncea</i>	00	60	60
T ₃ : Con <i>C. juncea</i>	120	60	60

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1 Rendimiento de la biomasa aérea de *C. juncea*.

El rendimiento en peso seco (PS) de *Crotalaria juncea* en los que se contrastaron las tres dosis de fertilización y las dos fechas de corte, mostraron que no hubo diferencias estadísticas significativas $p > 0.05$ (Figura 6). Desde el punto de vista práctico, entre más pronto se realice el corte, más rápido se incorpora el material vegetal y se puede realizar una mejor planeación en la época de siembra de la caña de azúcar; de las dos épocas que existen (primavera-verano, otoño invierno) la de fin de año es la más riesgosa (Obrador, 2009), dado que es donde cae más del 70% de la precipitación anual (Aceves, 2015), limitando el uso de la maquinaria para el laboreo de suelo y el transporte de los tallos a sembrar (SAGARPA-CONADESUCA, 2015). Teodoro (2011) y Oliveira y Gosch (2007) indican que la *C. juncea* tiene su mayor tasa de crecimiento y desarrollo en los primeros 40 días, luego sigue una etapa de 20 días en la que disminuye, para posteriormente, a los 60 días, acelerar nuevamente la mencionada tasa.



El rendimiento promedio de MS de las fechas de corte fue de 7.08 y 7.16 t ha⁻¹ para los 40 y 60 días, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Menezes *et al.* (2009) y Soratto *et al.* (2012), y son inferiores a los encontrados por otros autores (Suzuki & Alves (2006); Nunes *et al.*, 2011; Rodrigues *et al.*, 2012; Mangaravite *et al.*, 2014) pero más altos a los hallados por Cavalcante *et al.* (2012) y Medina *et al.* (2013). En lo que respecta a los rendimientos de tallos y hojas en las diferentes épocas de muestreo y a diferentes dosis de fertilización (Figura 7 a y b) se observa que para el caso del primero no hubo diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) ni tendencias demasiado claras, si bien los promedios de rendimiento en los tratamiento fertilizados fueron mayores en la segunda fecha de muestreo. El rendimiento promedio es bastante alto si se toma en cuenta el periodo de crecimiento, Cook y Scott (1998).

En lo que respecta al rendimiento de hoja se observa que no hubo diferencias estadísticas entre dosis, sin embargo, en la época de corte, las dosis más alta presentó los mayores rendimientos, con diferencias estadísticas significativas respecto a las otras dosis ($p < 0.05$). Cotê *et al.* 2002 indican que, con el fin de conservar los nutrientes dentro de la planta e incrementar la eficiencia de su uso, las plantas realizan translación de nutrientes de las hojas más viejas a las nuevas u otros órganos, lo que permite que las plantas sean menos

dependientes de la toma de nutrientes del suelo (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007). La edad de la hoja, el estado nutricional de la planta y el cambio de la fase vegetativa a la reproductiva son los principales controladores de la translación nutrimental y la caída de las hojas (Wan y Asher, 1987; Rentería *et al.*, 2005).

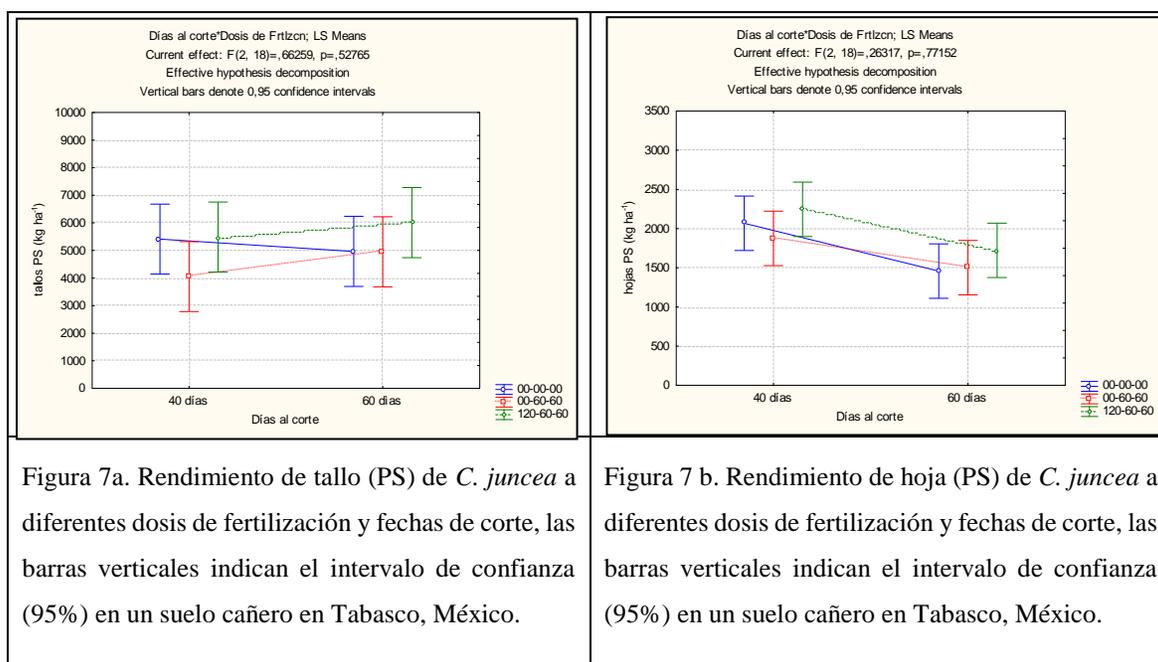


Figura 7a. Rendimiento de tallo (PS) de *C. juncea* a diferentes dosis de fertilización y fechas de corte, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%) en un suelo cañero en Tabasco, México.

Figura 7 b. Rendimiento de hoja (PS) de *C. juncea* a diferentes dosis de fertilización y fechas de corte, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%) en un suelo cañero en Tabasco, México.

3.3.2 Estado nutrimental de *C. juncea*

Los resultados de la comparación estadística entre época de corte y dosis de fertilización de K, Ca y Mg foliares se muestran en las Figuras 8, 9 y 10, respectivamente. Para el caso del Ca y Mg no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$). Al mantenerse los rendimientos de biomasa aérea de la *C. juncea* con rendimientos similares, es de esperar concentraciones nutrimentales similares, sobre todo porque éste es un suelo de origen aluvial (Palma *et al.*, 2007) que suele presentar suministros importantes de estas dos bases (Armida *et al.*, 2005). Llama la atención el comportamiento del K que muestra concentraciones significativamente mayores de potasio en respuesta a la aplicación de la dosis de fertilizante 00-60-60 y para el primer corte ($p < 0.05$); por una parte, las plantas pueden absorber nutrientes en cantidades un poco mayores, sin que necesariamente se refleje en el rendimiento; además, en especies anuales la concentración de nutrientes en hoja declinan de

una edad temprana hasta la senescencia de la planta, probablemente debido a que existe un cambio en la proporción de ciertos tejidos con la edad, como puede ser el incremento de tejidos estructurales y sustancias de reserva (Barbazán, 1998).

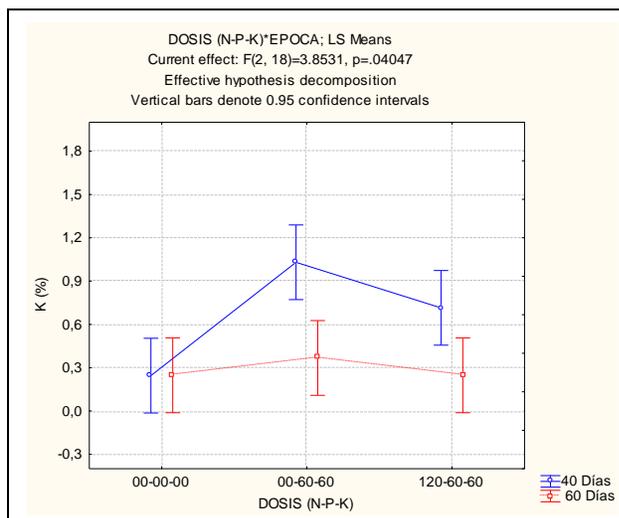


Figura 8. Contenido de K de la biomasa aérea seca de *C. juncea* a diferentes dosis de fertilización y fechas de corte, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%) en un suelo cañero en Tabasco, México.

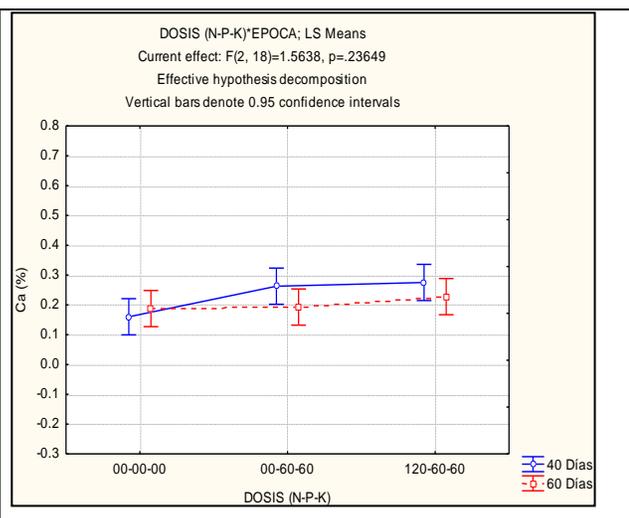


Figura 9. Contenido de Ca de la biomasa aérea seca de *C. juncea* a diferentes dosis de fertilización y fechas de corte, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%) en un suelo cañero en Tabasco, México.

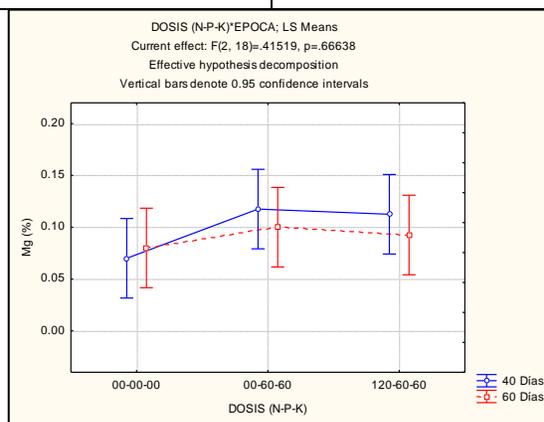


Figura 10. Contenido de Mg de la biomasa aérea seca de *C. juncea* a diferentes dosis de fertilización y fechas de corte, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%) en un suelo cañero en Tabasco, México.

La concentración de N en la biomasa aérea no mostró diferencias estadísticas significativas entre dosis y época de corte (Figura 11), *C. juncea* fija biológicamente cantidades importantes de N, lo que genera que no haya respuesta a las aplicaciones de este elemento (Mansoer *et al.*, 1997; Wortmanna *et al.*, 2000). La acumulación promedio de N ha⁻¹ fue de 151.61 y 176.37 para el primer y segundo corte, resultados similares fueron obtenidos por Koon-Hui *et al.*, (2011) y Soratto *et al.*, (2012) e inferiores por Duarte Júnior y Coelho (2008), Nunes *et al.* (2011), Teodoro *et al.* (2011), Rodrigues *et al.* (2012) y Mangaravite *et al.* (2014), cuyos valores fluctuaron entre 201 y 514 kg ha⁻¹ con fechas de corte a los 92 DDE, 75 DDS, floración, 120 DDS y 132 DDS, respectivamente. Cavalcante *et al.* (2012) obtuvo valores por debajo de los hallados en este estudio, con tan solo 65 kg ha⁻¹ a los 65 días.

En la Figura 12 se observa la concentración de P en planta, se observan valores más altos y diferencias estadísticas significativas entre fechas de corte (Figura 12). El P es un elemento comúnmente deficitario en suelos ácidos (von Uexkull, 1986), razón por la que debe considerársele en las aplicaciones periódicas de los cultivos (Baligar y Olbennett, 1986), no obstante en los suelos cañeros de la zona de estudio suelen encontrarse en cantidades suficientes como consecuencia del historial de fertilización del cultivo de caña (Pascual, 2013). La fertilización de N y P y la incorporación de *Crotalaria juncea* en suelos marginales mejora el rendimiento del maíz, con la ventaja que como abono verde tiene capacidad para aumentar los niveles de materia orgánica del suelo, parámetro que favorece la capacidad resiliente y la estabilidad de los agregados estructurales del suelo, aumentar el reservorio de energía para la biota del suelo y disminuir la lixiviación de nutrientes (Subaedah and Nirvana, 2014; Subaedah *et al.*, 2016).

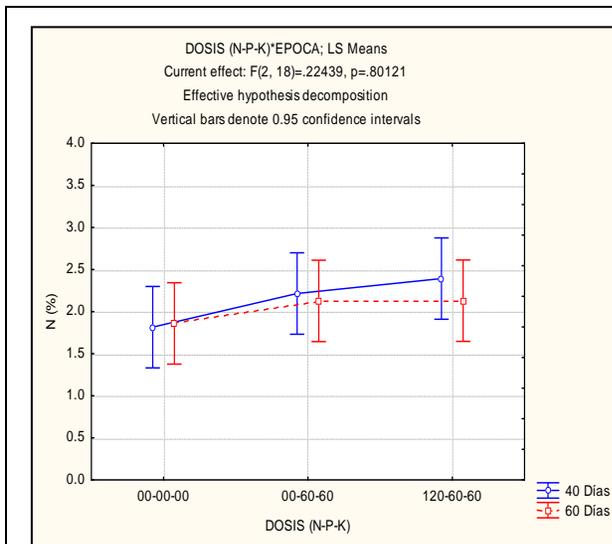


Figura 11. Contenido de N de la biomasa aérea seca de *C. juncea* a diferentes dosis de fertilización y fechas de corte, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%) en un suelo cañero en Tabasco, México.

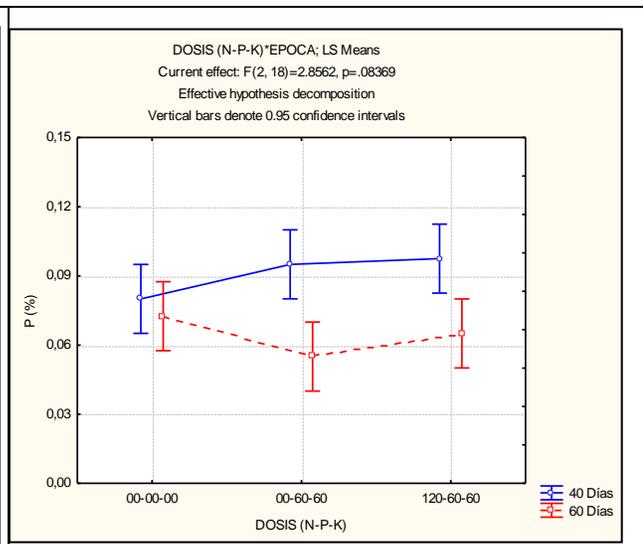


Figura 12. Contenido de P de la biomasa aérea seca de *C. juncea* a diferentes dosis de fertilización y fechas de corte, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%) en un suelo cañero en Tabasco, México.

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 de 8.8, 53, 15.7 y 9 kg ha⁻¹ para P, K, Ca y Mg, respectivamente, pero inferiores a los reportados por Duarte Júnior & Coelho (2008), Perin *et al.* (2010), Teodoro *et al.* (2011), Rodrigues *et al.* (2012), 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 de P, K, Ca y Mg. Teodoro *et al.* (2011) indican que el mejor momento para el manejo de las leguminosas es en el periodo de floración ya que es el momento donde se obtiene un mayor aporte de N, P y K.

3.3.3 Cambio en las propiedades químicas del suelo con incorporación de *C. Juncea*

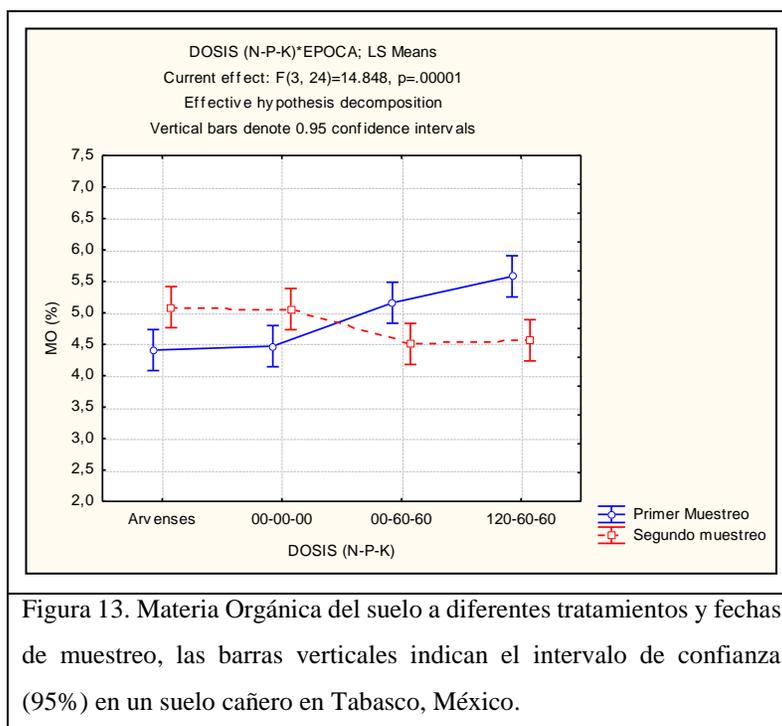
Los contenidos de nutrientes del suelo antes de la siembra y después de preparado el suelo se muestran en el Cuadro 6 y se discute su clasificación con base a la NOM-021-RECNAT-2000, el pH es moderadamente ácido, lo cual no afecta el buen crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar (ECOCROP, 2007). Los contenidos de MO y N son bajos como

consecuencia de la quema y la requema que anualmente sufre el cultivo de caña de azúcar y que están en el orden de 6 t de pajas (Obrador, 2009; Armida *et al.*, 2005). De los componente del rendimiento de la caña de azúcar, el de los residuos tiende a tener una alta variación, dependiente del manejo y por consecuencia del rendimiento, alcanza un valor del 15% cuando el rendimiento total anda por encima de 60 t ha⁻¹ (Inman-Bamber *et al.*, 2002). Cabrera y R. Zuaznábar (2010) estudiaron la evolución del contenido de materia orgánica del suelo durante 20 años de cultivo continuo con caña de azúcar, encontraron un valor inicial de MO medio, 3.89%, que descendió al final hasta 2.78 % considerado como bajo; la disminución en 1.11% (0.64% C) resulta una reducción significativa. El valor de P-Olsen encontrado fue medio, existe en los suelos de la zona de abastecimiento de los Ingenios de la región contenidos que varían mayormente de medios a altos, debido al historial de fertilización (Pascual, 2013), es decir dosis por encima de la dosis adecuada, además de ajustar la dosis de P podría ser una buena estrategia, mantener valores en los contenidos mencionados. En suelos con contenidos de fósforo, normales o altos, la fertilización debe tener por objetivo mantener la fertilidad del suelo, es decir, realizar un abonado de mantenimiento, el abonado debe coincidir con las extracciones de los cultivos siempre que el pH se aproxime a la neutralidad. Si el pH es muy básico o ácido se abonará con cantidades adicionales, debido a la química de este elemento nutriente (García-Serrano y Ruano, 2009). El valor de la CIC fue medio y los de las bases de intercambio fueron medio para K y altos para Ca y Mg, el comportamiento de los mencionados valores se relaciona con las características propias de la formación de los suelos de llanura aluvial (Palma, 2007), es importante considerar que las dosis de K están por debajo de las recomendadas en diferentes estudios que se han realizado para tal fin (Salgado-García *et al.*, 2011) y no se realizan aplicaciones de fertilización de Ca y Mg.

Cuadro 6. Contenido nutrimental del suelo antes de sembrar *C. juncea* e en Tabasco, México.

pH	MO	N	P-Olsen	K	Ca	Mg	CIC
(H ₂ O)	%		Cmol _(c) kg ⁻¹				
5.8	2.8	0.15	9.57	0.39	11.63	10.49	20.28

En la Figura 13 se muestra el comportamiento de la MO después de incorporada la crotalaria (15 y 30 días), el muestreo a los 15 días presentó tendencias de incrementar conforme se aplicó una mayor dosis de fertilizantes; caso contrario del muestreo a los 30 días, donde hubo interacción entre tratamientos y días de muestreo, siendo difícil de explicar el mencionado comportamiento. Álvarez (2013), indica que existen componentes de la MO más sensibles para estimar los cambios que se puedan suceder en el mencionado parámetro y sugiere el Carbono orgánico soluble además, por su facilidad de medición. No obstante lo anterior, probablemente faltó un seguimiento a más largo plazo, dado que en el presente estudio se produjo una alta cantidad de materia seca de crotalaria (alrededor de 7000 kg ha⁻¹), resultados acordes con los de otros autores (Giraldo, 2003; Brunner *et al.*, 2009), que indican que los mencionados aportes suministran al suelo alrededor 204 kg N ha⁻¹.



Con respecto a las bases (K, Ca y Mg) no hubo diferencias significativas en ninguno de los tratamientos y días de muestreo de (Figuras 14, 15 y 16), aunque cabe señalar que los contenidos de K y el Ca fueron ligeramente mayores en el primer muestreo, al contrario del Mg, que tuvo sus valores más altos en el segundo muestreo. El aporte de la *C. juncea* incorporada al suelo restituye los nutrientes tomados del mismo, y se estaría incorporando nitrógeno tomado del ambiente, además de propiciar diversos beneficios que genera la MO a la fertilidad física, química y biológica (Rascon, 2015, Subaedah *et al.*, 2016).

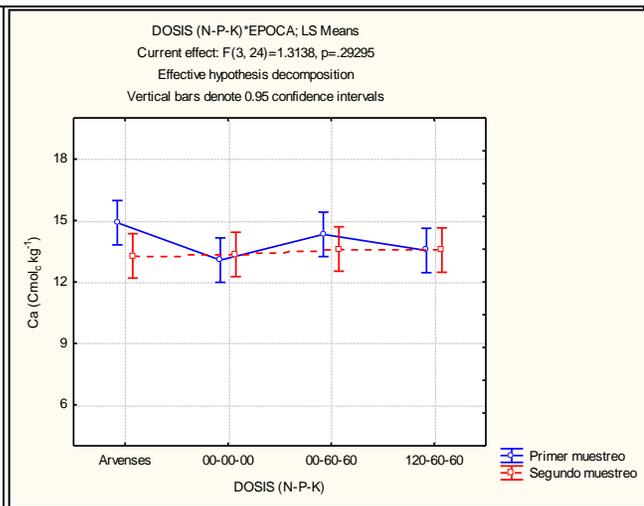
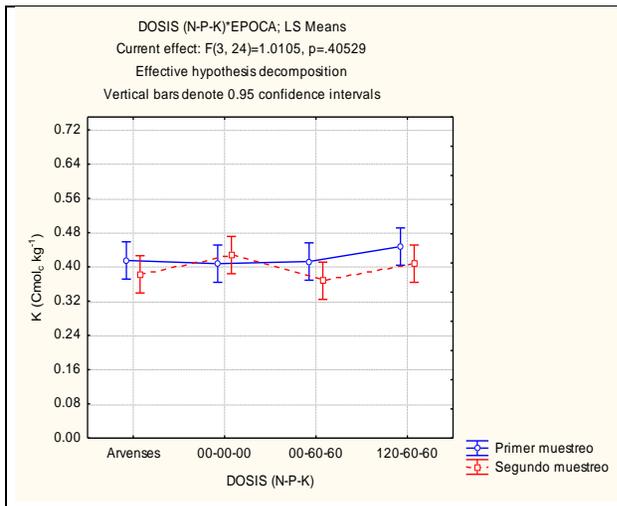


Figura 14. Contenido de K del suelo a diferentes tratamientos y fechas de corte, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%) en un suelo cañero en Tabasco, México.

Figura 15. Contenido de Ca del suelo a diferentes tratamientos y fechas de corte, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%) en un suelo cañero en Tabasco, México.

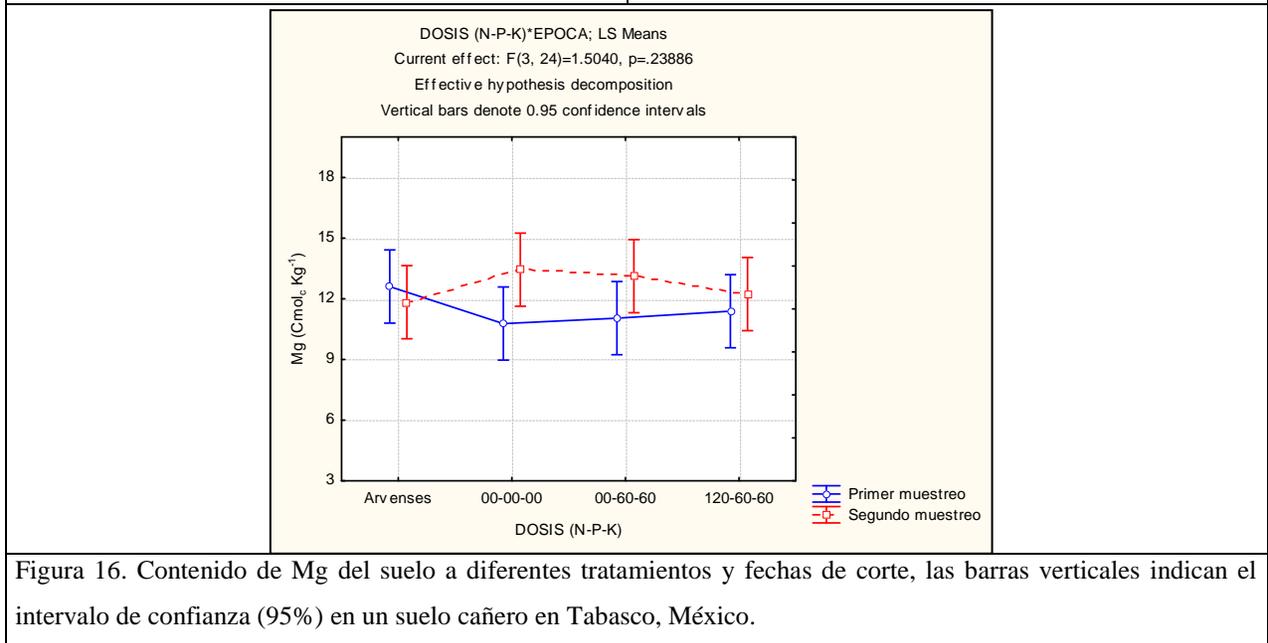


Figura 16. Contenido de Mg del suelo a diferentes tratamientos y fechas de corte, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%) en un suelo cañero en Tabasco, México.

3.4 LITERATURA CITADA

- Aceves N. L. A. 2015. Cambio climático local: tendencias en el estado de Tabasco durante el periodo 1961-2010. Avances de investigación. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco.
- Adenkule O.K. 2011. Amendment of soil with african marigold and sunn hemp for management of meloidoygine incognita in selected legumes. Crop protection 30: 1392-1395.
- Alcántar G. G. y Trejo-Téllez L. 2007. Nutrición de cultivos. Mundi-prensa México. Colegio de Postgraduados. 454p.
- Ampueda J. Rivero C. Torres A. y Cabrera E. 2006. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos y fertilizante químico sobre la dinámica del nitrógeno en el suelo. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 32, 4-26. Disponible en: http://revistaagronomiaucv.org.ve/revista/articulos/2006_32_1_2.pdf
- Ángel D.I. 1988. Evaluación de Abonos Verdes en el Sistema de Producción Maíz-Leguminosas. Tesis Ingeniería agronómica, Meritoria. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Colombia.
- Armida-Alcudia L. Espinosa D. y Palma L. D. J. 2005. Carbono en biomasa microbiana y carbono soluble como indicadores de calidad de Vertisoles cultivados con caña de azúcar. Terra Latinoamericana, Vol. 23 N°. 4, p. 545-551.
- Baligar V. C. and Bennett, O. L. 1986. NPK-fertilizer efficiency_a situation analysis for the tropic. Fert. Res. 10: 147-164.
- Barbazán M. 1998. Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. 27pp. Fertilidad de Suelos, Facultad de Agronomía Universidad de la República Montevideo Uruguay.
- Brunner B. Martínez S. Flores L. y Morales P. 2009. Hoja informativa Crotalaria. Proyecto de Agricultura Orgánica. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. Estación Experimental Agrícola de Lajas. Puerto Rico. En: <http://prorganico.info/crotalaria.pdf>.
- Cabrera J. A. y Zuaznábar R. 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: no. 1, p. 5-13.

- Carrillo Á. E. Vera E. J. Alamilla M. J. C. Obrador O. J.J. y Aceves N. E. 2008. Como aumentar el rendimiento de caña de azúcar en Campeche. Colegio de postgraduados. 101 pp.
- Cavalcante, V. S. Santos, V. R. Neto, A. S. dos Santos, M. A. L. dos Santos, C. G. Costas, L. C. 2012. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.16, n.5, p.521–528, 2012.
- Cook C.G. and Scott A.W. 1998. Plant population effects on stalk growth, yield, and bark fiber content of sunn hemp. *Industrial Crops and Products* 8: 97–103.
- Cotê B. Fyles W. and Djalilvand H. 2002. Increasing and P resorption efficiency and proficiency in northern deciduous hardwoods with decreasing foliar N and P concentrations. *Annals of Forest Science* 59: 275-281.
- De Resende A. S. Xavier R. P. de Oliveira O. C. Urquiaga Alves S. B. and Boddey R. M. 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*. 281:339–351.
- Dominy C.S. Haynes R.J. and van Antwerpen R. 2001. Long-term effects of sugarcane production on soil quality in the South coast and the Midlands area of Kwazulu-Natal. *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass.* 75, 222-227.
- Duarte J. J. B.; Coelho, F. C. 2008. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-
açúcar em sistema de plantio direto. *Bragantia*, v.67, p.723-732.
- Ecocrop (2007). The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Versión 1.0. Agls. Rome, Italy: En: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home> (consultado el 6 de agosto del 2016).
- FAO. 2012. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. 178 pp. Roma Italia.
- Florentín M.A. Peñalva M. Calegari A. and Derpsch R. 2011. Green manure/cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms. *Integrated Crop Management* 12. Plant Production and Protection Division. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma Italy.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4ta. Edic. Edit. Indianápolis. D. F. México. 246 p.

- García-Serrano J. P. y Ruano C. S. 2009. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Parte I El suelo, los nutrientes, los fertilizantes y la fertilización. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 119 pp. España.
- 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.R. 2002. AGROECOLOGÍA. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. Turrialba, C.R.: CATIE. Costa Rica.
- Harbans L.B. Webber C.L. and Sakamoto G.S. 2005. Cultivation of kenaf and sunn hemp in the mid-Atlantic United States. *Industrial Crops and Products* 22: 151–155.
- Hernández L.O. Cintra A.M. Claro A.A. Sánchez A.I. Rodríguez A.Y. Oliva C. R. López M.N. Linares J.T. Ceballos P. D. San L.D y Velásquez L.C. 2006. Manual de agricultura de conservación. Guía de trabajo. Instituto de Suelos de Cuba y la FAO. En: http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cuba_manual_ac.pdf.
- Inman-Bamber N. G. Muchow R. C. and Robertson M. J. 2002. Dry matter partitioning of sugarcane in Australia and South Africa. *Field Crops Research*, 76, 71-84.
- Kalra Y. P. Handbook of reference methods for plant analysis. 1998. Published in by CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742. 287 pp.
- Koon-Hui W. Sipes B.S. Hooks C.R.R. and Leary J. 2011 Improving the Status of Sunn hemp as a Cover Crop for Soil Health and Pest Management. Hānai‘Ai / The Food Provider. June - July – August.3pp.
- Mangaravite, S. J. C. Passos, R. R. Andrade, V. F. Burak, L. D. Mendonça, S. E. 2014. Phytomass production and nutrient accumulation by Green manure species. *Rev. Ceres, Viçosa*, v. 61, n.5, p. 732-739.
- Mansoer Z. Reeves D.W and Wood C. W. 1997. Suitability of Sunn Hemp as an Alternative Late-Summer Legume Cover Crop.
- Medina, C. C. Nevesi, J. C. S. Aita, C. Bordin, I. Preti, E. Zaccheo, C. P.V. Aguiar, S. R. Urquiaga, S. 2013. Aporte de matéria seca por raízes e parte aérea de plantas de cobertura de verão. *Ciências Agrárias, Londrina*, v. 34, n. 2, p. 675-682.

- Menezes L.A.S. Leandro W.M.; Oliveira J. J.P. de Ferreira A.C.B. Santana J. das G. Barros R.G. 2009. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. *Bioscience Journal*, v.25, p.7- 12.
- Merten G.H. and Minella J. G. 2013. The expansion of Brazilian agriculture: Soil erosion scenarios. *International Soil and Water Conservation Research*, Vol 1, No. 3. pp 37 48.
- Muraoka T. Ambrosano E.J. Zapata F. Bortoletto N. Martins A.L.M. Trivelin P.C.O. y Scivittaro W. S. 2001. Eficiencia de abonos verdes (*Crotalaria* y *Mucuna*) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. *Terra* 20:17-23.
- NOM-021-RECNAT-2000. Norma oficial mexicana. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- NRCCA.2008. Soil Fertility and Nutrient Management– Study Guide. Cornell University, USA. 36 PP.
- Nunes, S. A. Souza, F. L.C. Vitorino, T. A. C. Motas, S. L.H. 2011. Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1375-1384.
- Obrador O. J. J. 2009. Labores culturales en el cultivo de caña de azúcar. En: Valdez B. A., Guerrero P. A., García L. E., Obrador O. J. J. 2009. Manual para el cultivo y producción de la caña de azúcar. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco. México. P. 22-25.
- Ocheuze T. P. C. Coutinho J. F. H. Otto R. Ferreira A. D. Vitti A. C. Fortes C. Faroni C. E. Oliveira E. C. A. and Cantarella H. 2013. Impact of sugarcane trash on fertilizer requirements for São Paulo, Brazil. *Sci. Agric.* v.70, n.5, p.345-352.
- OLIVEIRA, F.L. & GOSCH, M.S. Potencial de leguminosas herbáceas de hábito ereto para adubação verde no cerrado do Tocantis. *R. Ci. Agroamb.*, 2:17-24, 2007.
- Palma L. D. J. Cisneros D. J. Moreno C. E. y Rincón R. J. A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 199 p.
- Pascual C. G. 2013. Evaluación del agroecosistema cacao (*Theobroma cacao* L.) y caña de azúcar (*Saccharum* spp) a través de indicadores de calidad del suelo. Tesis de maestría en ciencias 102 p. Colegio de postgraduados, H. Cárdenas, Tabasco, México.

- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA CABALLERO, S.S.; GUERRA, J.G.M.; GUSMÃO, L.A. 2010. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalaria e milho solteiros e consorciados. *Revista Ceres*, v.57, p.274- 281.
- Prager M. Victoria J.A. Sánchez M. Gómez E.D. Zamorano A. 2001. El suelo y los Abonos Verdes, una alternativa de manejo ecológico. Cuadernos ambientales 7. Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural. En: Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos Martín P.M. Oscar E. Sanclemente R.M.S., Miller G.J. Ángel S. D.I. *Agroecología* 7, 53-62.
- Rascón R. J. A. 2015. *Crotalaria juncea* L. como restauradora de la fertilidad de suelos cañeros. Tesina presentada como requisito parcial para obtener el grado de: maestría tecnológica, Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas Tabasco. México.
- Rast H. M. L. Sangakkara U. R. and Stamp P. 2010. Early Growth of *Crotalaria* (*Crotalaria juncea*), *Tithonia* (*Tithonia diversifolia*), and Maize (*Zea mays*) as Affected by Soil Fertility and Phosphorus Fertilizer under Pot and Field Conditions, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41:14, 1655-1664.
- Rentería L. Y. Jaramillo V. J. Martínez-Yrizar A. and Pérez-Jiménez A. 2005. Nitrogen and phosphorus resorption in trees of a Mexican tropical dry forest. *Trees* 19: 431-441.
- Robertson, F.A.; Thorburn, P.J. 2007. Management of sugarcane harvest residues: consequence for soil carbon and nitrogen. *Australian Journal of Soil Research* 45: 13-23.
- Rodrigues, B. G. de Sá, E. M. Filho, V. W. V. Buzetti, S. Bertolin, C. D. Pinao, P. T. 2012. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 59, n.3, p. 380-385.
- SAGARPA-CONADESUCA. 2015. Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). En: <http://conadesuca.gob.mx/DocumentosEficProductiva/1.%20Campo/Ficha%20T%C3%A9cnica%20Ca%C3%B1a%20de%20Az%C3%BAcar.pdf>.
- Salgado-García S, D. J. Palma-López., M. Castelan-Estrada., L.C. Lagunes-Espinoza y H. Ortiz L. 2013. Manual para el muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 101 p.

- Salgado-García S. 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. P. Crusciol, C. A. da Costa, C. H. M. Neto, J. F. Castro, G. S. A. (2012). Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milho, cultivados solteiros e consorciados. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília. v.47, n.10, p.1462-1470.
- Subaedah, S. and Nirwana S. 2014. Improvement of Yield maize in the dry land who experience drought stress with use of organic matter. *Advances In Environmental Biology* 8(22), 930-934.
- Subaedah S. Aladin A. and 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, and Savitha C.M. 2015. Integrated Sugarcane Trash Management: A Novel Technology for Sustaining Soil Health and Sugarcane Yield. *Adv Crop Sci Tech* 3: 160. doi:10.4172/2329-8863.1000160.
- SUZUKI, L.E.A.S. & ALVES, M.C. 2006. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. *Bragantia*, 65:121-127
- Teodoro, R. B. de Oliveira, F. L. Natal, S. D.M. Favero, C. & Lima, Q. M. A (2011). ASPECTOS AGRONÔMICOS DE LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE NO CERRADO DO ALTO VALE DO JEQUITINHONHA. *R. Bras. Ci. Solo*, 35:635-643.
- Valdemar H.F. 2000. Manejo del suelo en pequeñas fincas. Estrategias y métodos de introducción, tecnologías y equipos. *Boletín de suelos de la FAO* 77. Roma, Italia.66p
- Von Uexkull. 1986 efficient fertilizer use in acid upland soils of the humid tropics. *FAO Fertilizer and plant nutrición, bulletin* (10), land and water development division. 59 pp.

3.5 CONCLUSIONES GENERALES

La fertilización no influyó en el comportamiento de la comunidad de arvenses del suelo cañero estudiado: los cambios estuvieron más relacionados con la época, el cultivo de la crotalaria, su corte e incorporación al suelo. Aunque las familias mejor representadas fueron Euphorbiaceae y Poaceae, sus especies no estuvieron entre las de mayor importancia en la comunidad, en donde destacaron *C. rotundus*, *L. crustacea*, *S. setuloso-ciliata*, *A. houstonianum* y *A. repens*.

El rendimiento de la *C. juncea* fue similar en las dos épocas de corte y, con y sin fertilización nitrogenada, y coincide con múltiples reportes en cuanto a la cantidad de materia seca que puede generar en un periodo de tiempo como el mencionado.

No se encontraron diferencias estadísticas en los contenidos nutrimentales de *C. juncea* en los diferentes tratamientos. La acumulación promedio de N ha⁻¹ fue de 151.61 y 176.37 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, medidas en dos diferentes fechas después de la incorporación de la leguminosa *C. juncea*, no obstante, si fueron observados en relación al primer muestreo, es decir antes de sembrar la leguminosa y después de incorporada.

Dada la necesidad que existe de mejorar la fertilidad de los suelos cañeros de la región *C. juncea* se muestra como una alternativa viable y promisoriosa.