

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EFFECTO DEL USO DE *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea* Y *Mucuna* sp COMO ABONO VERDE SOBRE EL RENDIMIENTO DE SEMILLA DE CAÑA DE AZUCAR
TESIS DE GRADO

LUZ MARÍA VELIZ RAMOS
CARNET 24069-12

ESCUINTLA, JUNIO DE 2018
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EFFECTO DEL USO DE *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea* Y *Mucuna* sp COMO ABONO VERDE SOBRE EL RENDIMIENTO DE SEMILLA DE CAÑA DE AZUCAR

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

LUZ MARÍA VELIZ RAMOS

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

ESCUINTLA, JUNIO DE 2018
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
MGTR. RICARDO ARMANDO MORALES RAMÍREZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. ALMA LETICIA CIFUENTES ALONZO

Guatemala, 03 de julio de 2018

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación en la modalidad de Tesis a la estudiante **Luz María Veliz Ramos**, que se identifica con carné **2406912**, titulada: **Evaluación de Canavalia ensiformis, Crotalaria jucea y Mucuna sp como abono verde, sobre el rendimiento de semilla en el cultivo de caña de azúcar.**

Considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,


Ing. Agr. Ricardo Armando Morales
Colegiado No. 2880
Código URL 19018

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante LUZ MARÍA VELIZ RAMOS, Carnet 24069-12 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 06102-2018 de fecha 16 de junio de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTO DEL USO DE *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea* Y *Mucuna* sp COMO ABONO VERDE SOBRE EL RENDIMIENTO DE SEMILLA DE CAÑA DE AZÚCAR

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 26 días del mes de junio del año 2018.



MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios	Por la vida, sabiduría y paciencias para lograr esta meta.
Finca Santa Elisa	Por ser una escuela en donde he adquirido conocimiento práctico y permitirme realizar mi investigación.
Ing. Ricardo Morales	Por su valiosa colaboración en la asesoría de mi investigación.
Ing. Luis Lima	Por sus consejos en la elaboración de mi investigación.
Abuelo Jorge Ramos	Por su sacrificio, confianza y apoyo económico depositado en mí.

DEDICATORIA

A:

Dios: Por su fidelidad y misericordia en cada momento.

Mi madre: Yohana Ramos, por su dedicación y sacrificio al ser madre y padre para poder educarme.

Hermana: Por ser mi compañera incondicional ante cualquier situación.

Abuelos: Jorge Ramos y Lidia García de Ramos (QEPD) por su amor, confianza y sacrificio al querer ser de mí una persona de éxito.

Tíos: Jorge y Alfredo Ramos por su apoyo incondicional.

Amigos: Caroll Ramirez, Beverly Laz, Kedin Sian, Olga Catalán, Amissaday Barrera, Julio Urbina y Daniel Figueroa por su compañerismo, cariño y amistad que me han demostrado en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Antecedentes	2
2.2 Requerimiento de nutrientes de la caña de azúcar	3
2.3 El nitrógeno en el suelo.....	3
2.4 Nitrógeno en la caña de azúcar	4
2.5 Leguminosas.....	4
2.6 Descripción de <i>Canavalia ensiformis</i>	5
2.6.1 Aporte de Nitrógeno.....	5
2.6.2 <i>Canavalia ensiformis</i> como cobertura vegetal	6
2.6.3 Beneficios del uso de <i>Canavalia ensiformis</i>	6
2.7 Descripción de <i>Crotalaria jucea</i>	7
2.7.1 Aporte de Nitrógeno de <i>Crotalaria jucea</i>	7
2.7.3 Forraje de <i>Crotalaria jucea</i>	8
2.8 Descripción de <i>Mucuna</i> sp (L.).....	8
2.8.1 Aporte de nitrógeno de <i>Mucuna</i> sp	8
2.8.2 Forraje de <i>Mucuna</i> sp.....	9
2.8.3 Uso de <i>Mucuna</i> sp para el control de malezas	9
2.9 Densidad de siembra para leguminosas	9
2.10 Momento de incorporación de leguminosas.....	10
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
3.1 Planteamiento del problema y justificación	11
4. OBJETIVOS.....	12

4.1 Objetivo General	12
4.2 Objetivos Específicos	12
5. HIPÓTESIS	13
5.1 Hipótesis alternativa	13
6. METODOLOGÍA	14
6.1 Localización	14
6.2 Material experimental	14
6.2.1 Plántulas de caña de azúcar variedad SP 71-6161	14
6.2.2 Semilla de leguminosas	15
6.2.3 Fertilizante químico nitrogenado	15
6.3 Factores a estudiar	15
6.3.1 Leguminosas	15
6.3.2 Fertilización química nitrogenada	15
6.7 Unidad Experimental	17
6.8 Croquis de campo	17
6.9 Manejo del experimento	18
6.9.1 Preparación de suelo	18
6.9.2 Análisis de suelo	19
6.9.3 Siembra de leguminosas	19
6.9.4 Siembra de plántulas de caña	20
6.9.5 Riego	20
6.9.6 Control de malezas	20
6.9.7 Fertilización	21
6.9.8 Control de plagas y enfermedades	21
6.9.9 Biometría	21

6.9.10 Cosecha	22
6.10 Variables de Respuesta.....	22
6.10.1 Tallos por metro lineal	22
6.10.2 Porcentaje de materia orgánica al suelo	23
6.10.3 Toneladas de semilla por hectárea (Ton/ha)	24
6.11 Análisis de la información.....	24
6.11.1 Análisis estadístico.....	24
a. Tallos por metro lineal:	24
b. Porcentaje de materia orgánica al suelo:	24
c. Rendimiento de semilla:	24
6.11.2 Análisis Económico.....	25
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
7.1 Resultados de tallos por metro	26
7.2 Resultado del porcentaje de materia orgánica al suelo	27
7.3 Resultado de rendimiento de semilla	28
7.4 Resultado de análisis económico.....	30
8. CONCLUSIONES	32
9. RECOMENDACIONES	33
10. BIBLIOGRAFÍA.....	34
8. ANEXO.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de la caña de azúcar.....	3
Cuadro 2. Descripción de tratamientos.	16
Cuadro 3. Labores mecanizadas antes de siembra	19
Cuadro 4. Densidad de siembra para leguminosas.....	19
Cuadro 5. Descripción de mezcla utiliza como pre-emergente de malezas	20
Cuadro 6. Descripción de labores para control de malezas.....	21
Cuadro 7. Promedio de tallos/metro.....	26
Cuadro 8. Análisis de varianza.....	26
Cuadro 9. Promedio de ton Materia orgánica/ha.....	28
Cuadro 10. Resultados de laboratorio.	28
Cuadro 11. Rendimiento de semilla según tratamiento.....	29
Cuadro 12. Análisis de varianza para Ton/ha	29
Cuadro 13. Prueba de Tukey para Ton/ha.....	29
Cuadro 14. Descripción de costos/ha para fertilización química (urea)	30
Cuadro 15. Descripción de costos/ha para <i>Canavalia ensiformis</i>	30
Cuadro 16. Descripción de costos/ha para <i>Crotalaria jucea</i>	31
Cuadro 17. Descripción de costos/ha para <i>Mucuna sp.</i>	31
Cuadro 18. Relación B/C según tratamiento.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción de unidad experimental.....	17
Figura 2. Croquis de establecimiento experimental en campo.....	18
Figura 3. Descripción de unidad de muestreo	22
Figura 4. Proceso para muestreo de suelo	24
Figura 5. Grafica de tallos por metro lineal	27

EVALUACIÓN DE *CANAVALIA ENSIFORMIS*, *CROTALARIA JUCEA* Y *MUCUNA SP* COMO ABONO VERDE, SOBRE EL RENDIMIENTO DE SEMILLA EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

RESUMEN

La investigación fue realizada en finca Santa Elisa del Ingenio Magdalena, ubicada en la Aldea Ceiba Amelia del municipio de la Democracia, Escuintla. El objetivo principal fue evaluar las especies de *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria jucea* y *Mucuna sp* como abono verde sobre el rendimiento de semilla del cultivo de caña de azúcar. Los tratamientos evaluados fueron: abono verde *Canavalia*, *Crotalaria*, *Mucuna*, fertilización química y el testigo absoluto. Se utilizaron como variables de respuesta los tallos por metro lineal, porcentaje de materia orgánica al suelo y toneladas por hectárea. Se utilizó el diseño de bloques al azar con cinco tratamiento y cuatro repeticiones; cada unidad experimental consto de una parcela de cuatro surcos con un distanciamiento de 1.30 m con una longitud de 10 m (52 m²). Siendo primero la siembra de los abonos verdes posteriormente la incorporación y luego la siembra de plántulas de caña. El tratamiento que tuvo mayor significancia estadística para el rendimiento de semilla en toneladas por hectárea fue abono verde *Crotalaria* al aumentar 1,370 paquetes/ha contra la fertilización química. En el aspecto económico el que mayor ganancia presenta es el uso de *Crotalaria* con un aumento del 14.33% respecto a la fertilización química. Se demostró que existe un beneficio ambiental y económico sin arriesgar el rendimiento de la semilla al utilizar abonos verdes como alternativa de fertilización. Se recomienda establecer los abonos previo a la siembra del cultivo principal para evitar competencia entre las especies de abonos verdes y el cultivo de caña de azúcar.

1. INTRODUCCIÓN

Santa Elisa es una finca dedicada a la producción de semilla básica utilizada para las renovaciones de las áreas comerciales del Ingenio Magdalena S.A. Uno de los problemas que impacta económicamente para producción de semilla es el alto costo que posee el material de propagación, esta se hace por medio de plántulas de meristemas provenientes de laboratorio, para asegurar que es un material sano, libre de plagas, enfermedades y con pureza varietal del 99%. Teniendo semilla de mejor calidad para la posterior propagación en áreas comerciales, asegurando consigo una alta viabilidad.

Tomando como consideración principal el valor de las plántulas es necesario disminuir costos en las labores agronómicas que necesita el cultivo sin que afecten el rendimiento en la producción de semilla.

Una alternativa para disminuir costos de producción son los relacionados a la fertilización nitrogenada, siendo una alternativa la utilización de leguminosas. Chávez (1999), menciona el aumento de la fijación de nitrógeno, mantenimiento de materia orgánica y de una cubierta de residuos para regular la temperatura y conservar la humedad.

Por lo tanto, en el presente trabajo se evaluaron tres especies de leguminosa (*Canavalia ensiformis*, *Crotalaria jucea* y *Mucuna* sp) como abono verde, sobre el rendimiento de semilla en el cultivo de caña de azúcar.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En general, se puede considerar que los contenidos de materia orgánica de los suelos de la región cañera de Guatemala son altos comparados con otras regiones del trópico cultivados con caña de azúcar. La acumulación de materia orgánica es una característica de los suelos derivados de ceniza volcánica y especialmente de los Andisoles con contenidos altos de arcillas amorfas como la “alófana”. Broadbent (1964, citado por Melgar *et al.*, 2012)

Para el aprovechamiento del tipo de suelo Andisol a nivel de la zona cañera se han realizado diferentes evaluaciones en la utilización de las leguminosas (*Canavalia ensiformis* y *Crotalaria jucea*) como fuente de incorporación de nitrógeno al suelo. Según Melgar *et al.*, (2012), indica que *Crotalaria jucea* acumuló en 65 días el equivalente a 157 kg de N/ha, en tanto que *Canavalia ensiformis* acumuló un total de 117 kg de N/ha en un sistema rotativo respectivamente de manera asociada al cultivo. También, se ha determinado que las dosis de nitrógeno aumentan según el número de cortes, pero éstas aumentan significativamente más en suelos con contenidos bajos de materia orgánica.

Balaña, Pérez, Alfaro y Fernández (2007) observaron incrementos de 7.4, 4.7 y 2.8 toneladas métricas de caña/ha (TCH) más con la rotación de *Canavalia ensiformis*, *Mucuna* sp y *Crotalaria jucea* respectivamente en comparación al testigo sin fertilizante, siendo la producción de *Canavalia ensiformis* 73.9 TCH, *Mucuna* sp 71.2 TCH y *Crotalaria jucea* 69.4 TCH, testigo sin fertilizante 66.6 TCH, datos obtenidos en áreas dedicadas a semilleros comerciales.

Las altas cantidades de nitrógeno acumuladas en la biomasa de estas leguminosas será devuelta al suelo al momento de su incorporación a los 65 días después de la siembra, gran parte de ella estará disponible para la caña de azúcar reduciendo o eliminando las necesidades de aplicación de fertilizantes químicos nitrogenados. (Portillo 2014).

Por lo tanto, la implementación de abonos verdes actualmente se considera una alternativa para el aporte de Nitrógeno y una fuente de ahorro para el manejo agronómico del cultivo, siendo adoptada por los ingenios Pantaleón, Magdalena y San Diego en sus áreas de renovaciones y semilleros.

2.2 Requerimiento de nutrientes de la caña de azúcar

Las plantas como la caña de azúcar requieren para su crecimiento y desarrollo 16 elementos denominados esenciales. Estos nutrientes son carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl). Adicionalmente debe incluirse el silicio (Si), aunque no se le considera esencial es importante y es un elemento benéfico en la nutrición del cultivo de caña de azúcar. El C, H y O provienen del agua y del aire, y son los elementos que constituyen la mayor parte del peso de las plantas. Los otros 13 elementos son minerales y provienen del suelo o son adicionados como fertilizantes. (Melgar *et al.*2012).

El requerimiento de nutrientes para la caña de azúcar varía según la variedad, el suelo, condiciones climáticas y manejo del cultivo. En el Cuadro 1 se presentan las extracciones totales de nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) extraídas por cuatro variedades de caña de azúcar, bajo condiciones de riego, en la zona central de la región cañera de Guatemala. (Melgar *et al.*,2012).

Cuadro 1
Requerimientos nutricionales de la caña de azúcar.

Extracción del suelo				
	Kg/TM		Kg. En 80 TM promedio / ha	
Nutrimiento	Forma Extraíble		Nutrimiento	Forma Extraíble
N	0.93	0.93	74.4	74.4
P	0.27	0.62	21.6	49.6
K	1.65	1.98	132.0	158.4
Ca	0.34	0.48	27.2	38.4
Mg	0.25	0.41	20.0	32.8
S	0.29	0.87	23.2	69.6
Si	0.93	1.99	74.4	159.2

(Chaves, 2002 citado por Melgar *et al.*,2012)

2.3 El nitrógeno en el suelo

Las reservas de nitrógeno existentes en la biosfera son muy pequeñas. Aproximadamente el 98% del N total de la tierra se presenta en la litosfera (suelos, rocas, sedimentos y materiales fósiles). El

resto del N se encuentra casi en su totalidad en el aire, del que constituye el 78%, presentándose en forma molecular (N₂), (Paredes, 2013)

El contenido de nitrógeno en el suelo está asociado con el desarrollo y evolución de las rocas parentales a largo plazo. La transformación del nitrógeno molecular atmosférico en nitrógeno del suelo utilizable actual o potencialmente por las plantas, se realiza principalmente según dos procesos: 1) El nitrógeno puede oxidarse y pasar a la forma de óxidos, por acción de las descargas eléctricas, y éstos compuestos, a su vez, son trasladados al suelo por la lluvia y depositados en él como ácido nitroso o nítrico. La magnitud de éste proceso es pequeña en comparación a las cantidades de nitrógeno molecular que se convierte en orgánico por medio de dicho proceso. 2) Fijación biológica por medio del conjunto de reacciones gracias a las cuales los organismos vivos integran el nitrógeno molecular en sus estructuras como componente de diversos compuestos. Ciertos microorganismos que viven libremente en el suelo y otros que viven simbióticamente con determinadas plantas (principalmente leguminosas), son capaces de realizar esta incorporación, ambos grupos son los principales responsables de que se mantenga a un cierto nivel el nitrógeno contenido en el suelo. (Paredes, 2013)

2.4 Nitrógeno en la caña de azúcar

De los elementos que la caña de azúcar obtiene del suelo para satisfacer sus necesidades nutricionales normales, probablemente el nitrógeno (N) es el nutrimento esencial que más limita su desarrollo, determina el comportamiento productivo de la planta y con ello los rendimientos agroindustriales del cultivo. (Chávez, 1999, citado por Díaz 2002).

2.5 Leguminosas

Las leguminosas pertenecen a una gran familia de plantas que incluye una amplia variedad de especies y comprende tanto árboles, arbustos, hierbas y cultivos. El nombre "leguminosas" viene de su principal característica, su fruto es forma de una vaina, conocida como legumbre. Las hojas de las leguminosas tienen casi siempre forma de trébol o son trifoliales (tres hojas juntas). La flor típica consiste de cinco pétalos en forma de una mariposa. Muchas plantas leguminosas (arbustos

y árboles) tienen espinas o forman guías (hierbas) para enredarse. Tienen raíces muy profundas y dentro de las mismas se encuentran unas bolitas, llamadas nódulos. (Guerrero, 2010).

2.6 Descripción de *Canavalia ensiformis*

Canavalia ensiformis es una planta herbácea a leñosa, erecta a enredaderas anual o perenne. Su origen es Centroamérica y las Antillas. Es una planta de cobertura o desarrollo de forraje rápido; el ciclo vegetativo es variable desde las 14 semanas hasta 6 meses. La inflorescencia es de color blanco y normalmente aparece a los 2 o 3 meses después de la siembra. (Balaña *et al.* 2010, citado por Portillo 2014)

Es una planta de día corto, pero se vuelve perenne en zonas más húmedas y puede sobrevivir 2 - 4 años. Posee la capacidad de rebrote después del corte, lo que permite producir más de una cosecha. *Canavalia* es una especie semi-perenne, robusta, los granos son grandes, lisos y blancos; su crecimiento vegetativo continúa después de la floración y la formación de vainas; una vez establecido resiste a la sequía y encharcamiento en todo tipo de suelo. (Balaña *et al.* 2010, citado por Portillo 2014)

Dentro de los usos que se le atribuyen a *Canavalia ensiformis* se encuentran:

2.6.1 Aporte de Nitrógeno

Las leguminosas se han utilizado mucho como los cultivos más apropiados para el mantenimiento y mejoramiento de los suelos agrícolas. Es bien conocida su capacidad para fijar nitrógeno en el suelo (Zea, 1993 citado por Portillo 2014).

Estudios muestran que la cantidad de este nutrimento en la materia seca de *canavalia* y *Mucuna* eran de 3.51% y 2.78%, respectivamente, y la cantidad total fijada era de 190 y 157 Kg/ha. La National Academy of Sciences (1984) reporta que el follaje fresco de las leguminosas puede contener entre 0.5 y 1.0 % de nitrógeno y que *canavalia* y *Mucuna* pueden fijar hasta 200 kg N/ha. (Zea, 1993 citado por Portillo 2014).

2.6.2 *Canavalia ensiformis* como cobertura vegetal

En el control biológico de plagas y malezas se ha empleado *canavalia ensiformis* como control eficazmente con *Cyperus rotundos*, control realizado por reducción de la luz incidiendo sobre la *Cyperaceae*. (Balaña *et al.*, 2010 citado por Portillo 2014) mencionan los siguientes beneficios:

1. *Canavalia ensiformis* perjudica el crecimiento de *Cyperus rotundos*.
2. Siembra de *Canavalia ensiformis* a un distanciamiento de 0.5 m por 0.2 m. con 2-3 meses de cultivo permite que únicamente de 1-1.5% de la luz solar llegue al suelo; dada esta cobertura es indudable que es muy eficaz en el control de malezas.
3. *Canavalia ensiformis* es una planta muy eficaz para el control de las babosas en el campo. La semilla actúa como repelente y brinda adecuada protección especialmente si se trata de material vegetal tierno, como es el caso de plántulas.
4. La *Canavalia ensiformis*, también ha sido llamada frijol mata-arrieras, porque en zonas tradicionalmente habitadas por este tipo de hormigas, han escaseado por la acción de esta leguminosa.

2.6.3 Beneficios del uso de *Canavalia ensiformis*

Según Zea (1993), citado por Portillo (2014), otro de los beneficios que se mencionan de las leguminosas es el aumentar la retención de humedad del suelo al formar un mulch, situación muy importante para las regiones de Centro América en donde se presenta un período de escasa o nula precipitación pluvial (canícula), el cual generalmente ocurre durante la floración del maíz, provocando rendimientos bajos.

Se empleó *Canavalia ensiformis* como abono verde y se observaron efectos favorables en las propiedades químicas del suelo como: Aumenta la capacidad de intercambio catiónico; se liberan ácidos que solubilizan elementos minerales. Igualmente se observaron cambios físicos en el suelo, aumenta la capacidad de retención del agua, se reduce el lavado y la lixiviación del suelo; mejora la estructura del suelo (Balaña *et al.* 2010, citado por Portillo 2014)

También, se hallaron beneficios de tipo biológico, al favorecerse el ambiente para la actividad microbial, ya que se propicia el suministro de nutrientes para los microorganismos. (Balaña *et al.* 2010, citado por Portillo 2014)

2.7 Descripción de *Crotalaria jucea*

Crotalaria jucea es una planta leguminosa anual que posee tallos fibrosos y erectos de 6 a 8 pies (1.8 a 2.4 m) de alto. Tiene una raíz pivotal larga y un sistema radical bien ramificado. Las raíces forman nódulos en una relación simbiótica con bacterias beneficiosas que fijan nitrógeno atmosférico. La planta es sensible al fotoperíodo, floreciendo en días cortos, aunque hay selecciones que no son afectadas por el fotoperíodo. Las flores son grandes y 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, Martínez, Flores y Morales, 2009)

Crotalaria jucea tiene tres usos principales en la agricultura: fuente de nitrógeno, fuente de fibra y forraje para los animales.

2.7.1 Aporte de Nitrógeno de *Crotalaria jucea*

Crotalaria es un excelente cultivo de cobertura o estiércol 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 y produce abundante materia orgánica. Puede producir de 5,000 a 12,500 lb/acre (5,600 a 14,000 kg/ha) de biomasa seca y aportar hasta 182 lb/acre (204 kg/ha) de nitrógeno. (Brunner *et al.*, 2009).

2.7.2 Fibra de *Crotalaria jucea*

Una de las fibras más antiguas, es fuerte aún cuando se moja y resiste los hongos, la humedad y el agua salada. La fibra de *Crotalaria* se usa para elaborar cordón, alfombras, papel, redes de pesca, sacos, lona y medios de siembra. (Brunner *et al.*, 2009).

2.7.3 Forraje de *Crotalaria jucea*

El follaje fresco no es útil como forraje debido al alto contenido de alcaloides, pero el follaje seco es consumido por las ovejas y se puede utilizar en un bajo porcentaje para el ganado. No es apropiado para los caballos ni los cerdos. (Brunner *et al.*, 2009).

2.8 Descripción de *Mucuna* sp (L.)

La *Mucuna* sp es una planta trepadora vigorosa con tallos de hasta 60 pies (18 m) de largo, aunque existen variedades de bejuco corto. Las hojas son trifoliadas, con hojuelas de 2 a 5 pulgadas (5 a 12 cm) de ancho y 3 a 6 pulgadas (7 a 15 cm) de largo. (Brunner, Beaver y Flores, 2011).

Las flores blancas o púrpuras son autofecundadas y se encuentran en racimos axilares de hasta 12 pulgadas (32 cm) de largo. Las vainas se producen en grupos de 10 a 14, miden de 0.5 a 1 pulgada (1 a 2 cm) de ancho y de 1.5 a 5 pulgadas (4 a 13 cm) de largo, y están cubiertas con finos pelos de color blanco o marrón claro. Cada vaina contiene de 3 a 7 semillas, que son de 0.3 a 0.5 pulgada (0.8 a 1.3 cm) de ancho y de 0.4 a 0.8 pulgada (1 a 1.9 cm) de largo. Las semillas pueden ser negras, blancas, rojizas, marrones o moteadas, y tiene un hilo levantado. (Brunner *et al.*, 2011).

Mucuna sp crece muy bien al pleno sol y con abundante lluvia, preferiblemente de 40 a 100 pulgadas (1,000 a 2,500 mm) al año, pero no tolera los suelos inundados. También podrá crecer en lugares más áridos, con tan poca como 16 pulgadas (400 mm) de precipitación. Es un excelente cultivo de cobertura para proteger el suelo durante la época de lluvia. Además, se adapta a muchos tipos de suelo, incluyendo los suelos ácidos y de baja fertilidad. (Brunner *et al.*, 2011).

2.8.1 Aporte de nitrógeno de *Mucuna* sp

Mucuna sp se usa principalmente como un cultivo de cobertura o estiércol verde, los cuales aportan materia orgánica y nitrógeno (N) al suelo. Se informan rendimientos de biomasa fresca de 2.5 a 9.4 toneladas/acre (5.5 a 21 t/ha) y de N de hasta 296 lb/acre (331 kg/ha). En experimentos conducidos en varias localidades en Puerto Rico, se han informado rendimientos de biomasa seca de 0.2 a 1.3 toneladas/acre (0.5 a 3 t/ha) y de 31 a 115 lb/ acre (35 a 129 kg/ha) de N. La *M. sp* produce

compuestos nematicidas y puede reducir las poblaciones de nematodos en rotaciones con otros cultivos. También tiene efectos alelopáticos que suprime el crecimiento de malezas. (Brunner *et al.*, 2011).

2.8.2 Forraje de *Mucuna* sp

Otro uso para la *Mucuna* sp es como un forraje de alta calidad. Se puede pastorear el ganado, los ovejos y los cabros en campos de frijol terciopelo cuando las vainas estén maduras. Los bejucos también se pueden usar como un heno o ensilaje de alta proteína. El follaje con las vainas tiene un contenido proteico de 15.7%, las vainas solas de 16.4%, el heno 17.9% y las semillas secas de 20 a 35% de proteína. (Brunner *et al.*, 2011).

2.8.3 Uso de *Mucuna* sp para el control de malezas

Mucuna sp, puede ser empleado como control de maleza, este debe sembrarse después de 30 a 45 días del cultivo primario para evitar la competencia. Si se siembra muy temprano, los bejucos vigorosos pueden cubrir el cultivo y complicar la cosecha. Después de la cosecha del maíz, los bejucos del frijol terciopelo usarán los tallos del maíz como soporte y producirán una mejor cosecha de semilla de lo que se produciría sin soporte. (Brunner *et al.*, 2011).

2.9 Densidad de siembra para leguminosas

El distanciamiento recomendado es de 0.50 m entre surcos y 0.20m entre posturas (1 grano/postura) para el caso de *Canavalia ensiformis* es de 0.50 m entre surcos y 0.10 m en posturas (2 granos/postura) en el caso de *Crotalaria jucea*. (Melgar *et al.*,2012).

Para sembrar una hectárea con esos distanciamientos se necesitan alrededor de 165 kg/ha de semilla de *Canavalia ensiformis* y de 17 kg/ha de semilla de *Crotalaria jucea*. (Melgar *et al.*,2012).

Para el caso de *Mucuna* sp (Brunner *et al.*, 2011) indica que con una distancia de siembra de 1 a 3 pies (30 o 90 cm) entre plantas y 3 pies (90 cm) entre surcos. Se requieren aproximadamente unas 20 lb/acre (22 kg/ha) de semilla.

2.10 Momento de incorporación de leguminosas

El mejor momento para incorporar las plantas como abonos verdes es antes de dar sus frutos, cuando se ven algunas flores y hasta que todo el terreno está floreando. Esta etapa se caracteriza por una mayor producción de follaje, además las hojas están suaves y tienen el mayor contenido de nutrientes. Siempre es recomendable incorporar las plantas en este tiempo, pero hay casos en que un productor puede hacer un uso múltiple de esta siembra. (Guerrero, 2010).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Planteamiento del problema y justificación

Santa Elisa es una finca dedicada a la producción de semilla básica utilizada en renovaciones del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp.), maneja 310 hectáreas para la producción durante todo el año; una característica principal de un semillero básico es utilizar plántulas de origen meristemático proveniente de un laboratorio.

La utilización de plántulas provenientes de meristemas, posee como principal ventaja: material vegetativo sano, libre de plagas y enfermedades con una pureza varietal del 99 por ciento.

Dentro de las limitantes principales que cuenta la siembra de semilleros semi comerciales con el uso de plántulas de meristemas, es el alto costo, debido a que la propagación se realiza en laboratorios especializados. Es necesario buscar alternativas para el manejo agronómico de los semilleros que disminuyan los costos de producción.

Los suelos utilizados para la producción de semilla básica en Santa Elisa han tenido un desgaste considerable, por las siembras de algodón y ganadería previo al cultivo de caña de azúcar. Estos ciclos de producción han creado una disminución en el porcentaje de materia orgánica, provocando un empobrecimiento de elementos mayores, especialmente en nitrógeno.

La escasez de materia orgánica en los suelos de Santa Elisa ha provocado el uso excesivo de fertilizantes químicos, esto con la finalidad de aportar el elemento nitrógeno a las plántulas de caña, debido a que este elemento brinda la capacidad de macollamiento.

Implementar el uso de abonos verdes para fijar nitrógeno durante el período de desarrollo de la caña de azúcar, se verá beneficiado en ahorro económico al no utilizar fertilización química. Es necesario identificar el tipo de leguminosa que se adapte el cultivo sin afectar su rendimiento en paquetes por hectárea.

Ante tal situación, la presente investigación está dirigida a evaluación de tres leguminosas (*Canavalia ensiformis*, *Crotalaria jucea* y *Mucuna* sp) y la fertilización química, para la incorporación de nitrógeno en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp.), a los 65 días antes de la siembra, y su efecto en la cantidad de tallos por metro y semilla por hectárea.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria jucea* y *Mucuna sp* como abono verde sobre el rendimiento de semilla del cultivo de caña de azúcar.

4.2 Objetivos Específicos

Determinar el efecto de *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria jucea* y *Mucuna* como abono verde sobre la población en tallos por metro lineal, a los 120 y 210 días después de la siembra.

Medir el aporte de biomasa incorporado por los abonos verdes posterior a su incorporación al suelo en kilogramos por hectárea por medio de un análisis de suelo.

Determinar el efecto de los abonos verdes y la fertilización química nitrogenada en el rendimiento de semilla.

Calcular la rentabilidad económica que posee el uso de leguminosas como aporte de Nitrógeno al suelo contra la fertilización química.

5. HIPÓTESIS

5.1 Hipótesis alternativa

Al menos una leguminosa proporcionará diferencia estadística en la cantidad de tallos por metro lineal a los 120 y 210 días después de la siembra.

Al menos un tratamiento proporcionara mayor rendimiento de semilla de caña.

Al menos un abono verde proporcionara mayor aporte de biomasa al suelo.

Al menos un tratamiento disminuirá los costos de producción para la labor de fertilización.

6. METODOLOGÍA

6.1 Localización

Finca Santa Elisa se encuentra ubicada en la aldea Ceiba Amelia, kilómetro 89, carretera al pacifico La Gomera, Escuintla. En las coordenadas del sistema WGS-84 14° 10'09.59" latitud norte y 90° 57' 34.83" longitud oeste, a 60 msnm.

El orden del suelo en el cual se encuentra ubicada la finca Santa Elisa pertenece a los Andisoles, que son suelos poco evolucionados, derivados de ceniza volcánica, oscuros, con altos contenidos de materia orgánica y de baja densidad aparente, con una consistencia de friable a suelta. Estos suelos tienen excelentes propiedades físicas, con texturas francas y franco arenosas, con una porcentaje de materia orgánica de 3 a 5 por ciento. (Portillo, 2014).

El clima de la región es cálido con dos estaciones bien marcadas: la época de secano en los meses de noviembre a abril y la época lluviosa en los meses de mayo a octubre, con una precipitación media anual de 1,950 mm y una humedad relativa del 65%. (INSIVUMEH, 2014).

En la región se registran temperaturas mínimas de 23 °C y temperaturas máximas de 33°C, con una media anual de 27 °C, un fotoperiodo promedio de 13 horas luz al día (INSIVUMEH 2014).

6.2 Material experimental

6.2.1 Plántulas de caña de azúcar variedad SP 71-6161

Las plántulas de caña de azúcar (proveniente de cultivo de tejidos) es un método de propagación que el Ingenio Magdalena ha implementado para el establecimiento de semilleros básicos. Para la propagación de este material se necesitan de 261 a 310 días para su obtención, por las diferentes fases: cultivo de tejidos, multiplicación invitro, enraizamiento, adaptación en invernadero y aclimatación, dando así como resultado las plántulas de caña lista para la siembra en campo definitivo.

6.2.2 Semilla de leguminosas

Las semilla que se utilizaron para la incorporación de Nitrógeno fueron tres especies de leguminosas (*Canavalia ensiformis*, *Crotalaria jucea* y *Mucuna* sp), estas sembradas a los 65 días antes de la siembra de las plántulas de caña, debido a que en este tiempo las semillas de las leguminosas, completan su ciclo biológico, siendo este la floración el punto en donde se obtiene el mayor aporte de nitrógeno.

6.2.3 Fertilizante químico nitrogenado

Para la fertilización química nitrogenada se utilizó urea en una concentración de 46-0-0 (46% N 0%P y 0% K).

6.3 Factores a estudiar

6.3.1 Leguminosas

Una de las características principales que poseen las leguminosas es su aporte de nitrógeno al suelo, por tal motivo en esta investigación se estudió que especie de leguminosa brinda tal característica sin afectar el rendimiento de semilla.

6.3.2 Fertilización química nitrogenada

La fertilización química nitrogenada fue el testigo relativo, al ser este el medio en el que la finca brinda nutrientes al cultivo, mediante un paso de fercultivadora a los 45 días después de la siembra.

6.4 Tratamientos

La evaluación consistió en tres tratamientos con uso exclusivo de abonos verdes, uno con fertilización química de 84 kg N/ha (dosis utilizada en la finca) y el testigo absoluto (sin ningún tipo de fertilización). Ver descripción en el cuadro 2.

Cuadro 2

Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Descripción	Densidad de siembra/ Dosis	Fecha de Siembra del abono	Fecha de incorporación del abono	Fecha de fertilización Química
1	Abono Verde <i>Canavalia</i>	2 surcos (0.50m entre hilera y 0.20 m entre planta)	65 DASC	3 DASC	N/A
2	Abono Verde <i>Crotalaria</i>	2 surcos (0.50m entre hilera y 0.10 m entre planta)	65 DASC	3 DASC	N/A
3	Abono Verde <i>Mucuna</i>	2 surcos (0.90m entre hilera y 0.9m entre planta)	65 DASC	3 DASC	N/A
4	Fertilización química	84 kg N /ha	N/A	N/A	45 DDSC
5	Testigo Absoluto	N/A	N/A	N/A	N/A

DASC= Días Antes de la siembra de Caña

N/A= No aplica

DDSC= Días Después de la siembra de Caña

Kg N/ha= Kilogramos de Nitrógeno/hectárea

6.5 Diseño Experimental

Para la realización de la investigación se utilizó el diseño experimental bloques al azar, contempla los tres principios básicos de la experimentación: repetición, aleatorización y control; distribuido en 4 repeticiones con 5 tratamientos en un área total de 0.14 ha.

6.6 Modelo Estadístico

El modelo estadístico seleccionado para el desarrollo del experimento fue el de bloques al azar, siendo la fórmula:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + E_{ij}$$

y_{ij} = Variable respuesta

μ : = Media general.

τ_i = Efecto de los tratamientos.

β_j = Efecto de bloques.

E_{ij} = Efecto del error experimental

6.7 Unidad Experimental

La unidad experimental en la que se estableció los tratamientos fue constituida por una parcela de cuatro surcos de diez metros lineales con un distanciamiento de un 1.3 m, teniendo en área bruta 52 m² con un total de 24 unidades experimentales. Ver figura 1.

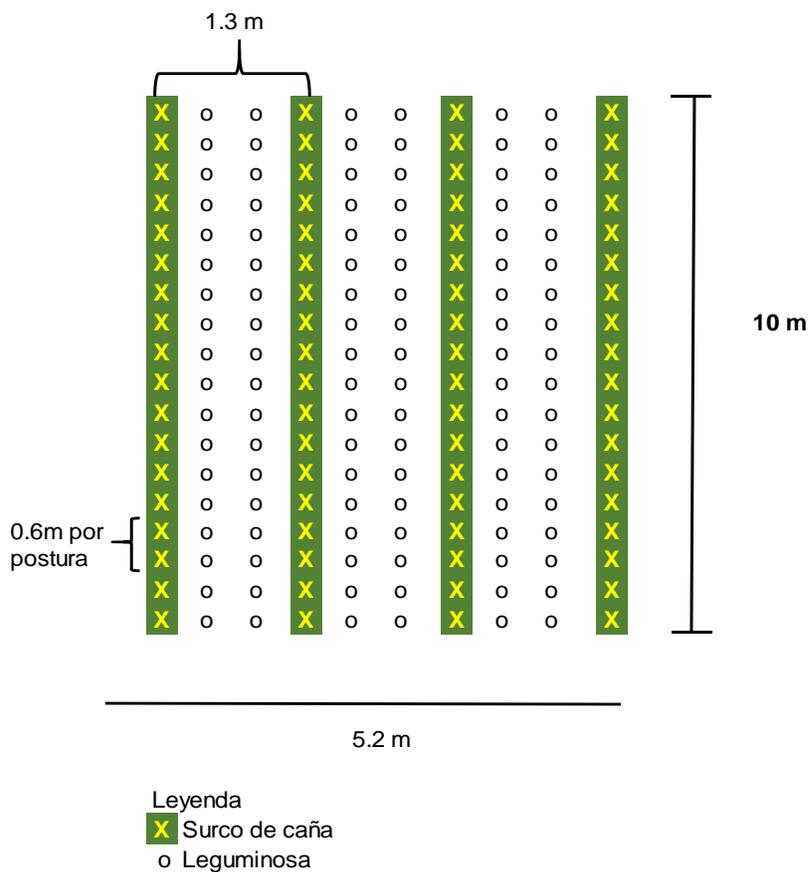
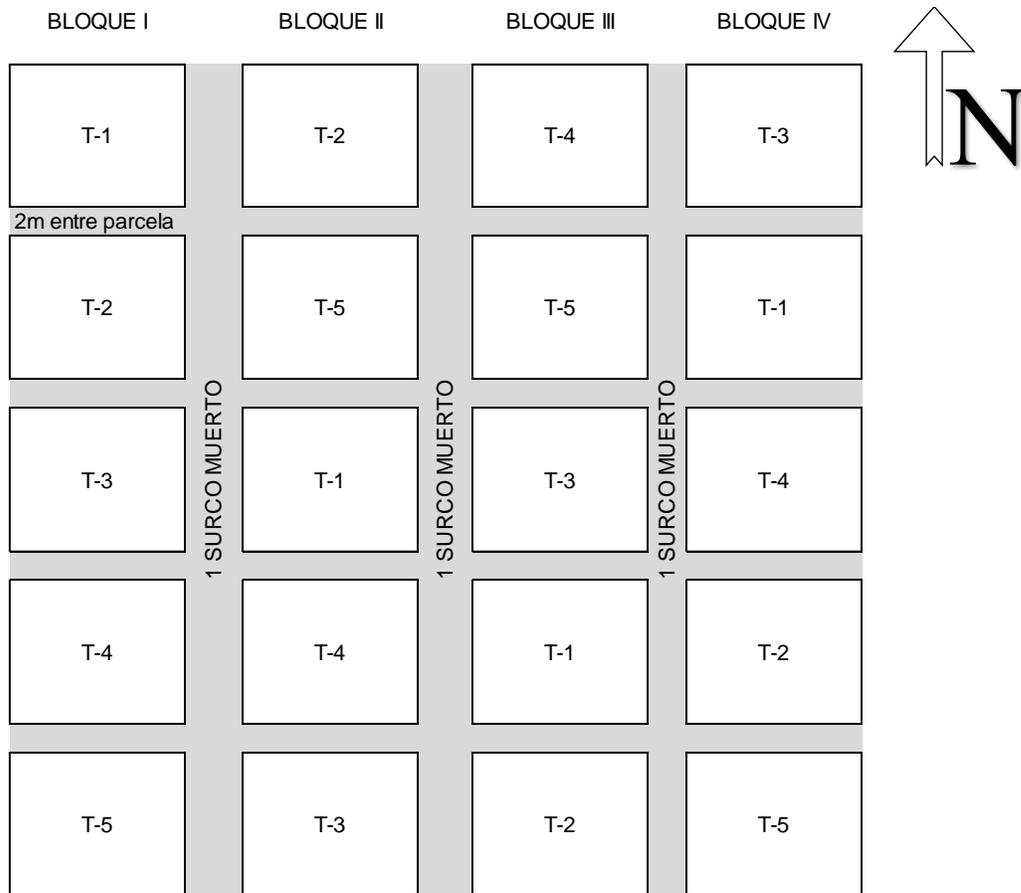


Figura 1. Descripción de unidad experimental

6.8 Croquis de campo

La distribución de los tratamientos en campo definitivo, se realizó de manera aleatoria agrupada por repeticiones. Cada unidad experimental cuenta con una parcela bruta 52m² y una parcela neta de 13m². Ver figura 2.



T= tratamiento

Figura 2. Croquis de establecimiento experimental en campo.

6.9 Manejo del experimento

El manejo del experimento se realizó de acuerdo a las labores agronómicas que utiliza actualmente finca Santa Elisa. Distribuidas las labores en grupos de trabajo según la actividad a realizar, estos grupos son: preparación de suelos, siembra, riegos, control de malezas, fertilización, plagas y cosecha.

6.9.1 Preparación de suelo

Para iniciar el establecimiento del experimento se realizó labores de preparación de suelo, utilizando tractor con sus respectivos implementos. Descripción en cuadro 3

Cuadro 3

Labores mecanizadas antes de siembra

Grupo	Labor	DADL
Preparación de suelo	Sub-suelo	10
	Rome-plow	8
	Primer paso rastra	9
	Segundo paso rastra	7
	Tercer paso rastra	3
	Surqueo	3
	Estaquillado	1

DADL = Días Antes de la siembra de leguminosas

6.9.2 Análisis de suelo

Dado el enfoque del experimento se obtuvieron submuestras por cada unidad experimental previo a la siembra de leguminosas y posterior a su incorporación al suelo, estas posteriormente agrupándose por tratamiento (5 muestras en total); esto con la finalidad determinar el aporte de nitrógeno por parte de las leguminosas al suelo por medio del porcentaje de materia orgánica de cada una de las especies a evaluar.

6.9.3 Siembra de leguminosas

La siembra de leguminosas se efectuó 65 días previo al establecimiento de las plántulas de caña, esto con la finalidad de no interferir en el desarrollo fenológico del cultivo. La densidad de siembra utilizada fue la recomendada por *Melgar et al., 2012* descrita en el cuadro 4.

Cuadro 4

Densidad de siembra para leguminosas.

Leguminosa	Cantidad de surcos	Distanciamiento
<i>Canavalia ensiformis</i>	2	0.50 m entre hilera x 0.20 m entre planta
<i>Crotalaria jucea</i>	2	0.50 m entre hilera x 0.10 m entre planta
<i>Mucuna sp</i>	2	0.90 m entre hilera x 0.90 m entre planta

6.9.4 Siembra de plántulas de caña

Tres días posterior a la incorporación de las leguminosas al suelo se hizo el establecimiento de las unas unidades experimentales con plántulas de caña, cada plántula cuenta con un tamaño del pilón de 0.12 m a 0.15 m, disponible en bandejas de 67 celdas. La densidad de siembra utilizada fue de 1.3 m entre surco y 0.60 m entre postura de cada plántula dando una un total de 12,820 plántulas/ha.

6.9.5 Riego

El riego para la siembra de plántulas se distribuyó de la siguiente manera: 6 días antes de la aplicación del pre-emergente, posteriormente se aplicó un segundo riego llamado “riego de pegue” un día antes de la siembra para asegurar la suficiente humedad en el trasplante al campo. La lámina neta a aplicar será de 5 mm diarios, para obtener una lámina bruta de 60 mm al término de una frecuencia de riego de 8 días.

6.9.6 Control de malezas

El control de malezas para todas las unidades experimentales durante el desarrollo del cultivo de caña de azúcar, se efectuó según el manejo de la finca: mecánica, manual y química. Para el control químico se utilizó la mezcla de los productos y dosis descrito en el cuadro 5.

Cuadro 5
Descripción de mezcla utiliza como pre-emergente de malezas

Ingrediente activo	Dosis
Ametrina	2 litros/ha
Pendimetalina	3.5 litros/ha
Metsulfuron metil	20 gramos/ha

Cuadro 6

Descripción de labores para control de malezas

Labor	Forma	DDSC
Aplicación de pre-emergente	Química	1
Botado de mesa	Mecánica	40
Arranque Malezas Manual	Manual	65
Limpia Manual	Manual	95
Aplicación post-emergente	Química	103
Aplicación de cierre	Química	150

DDSC= Días después de la siembra de caña

6.9.7 Fertilización

Dado al enfoque del experimento la fertilización de cada unidad experimental dependió del tratamiento, siendo las fuentes: *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria jucea*, *Mucuna* sp y urea (46-0-0) a razón de 84 kg N /ha.

Las unidades experimentales con leguminosas no se fertilizaron de forma química, por la incorporación previa de las leguminosas a la siembra de plántulas, para el tratamiento con fertilización química nitrogenada se aplicó 45 días después de la siembra de las plántulas.

6.9.8 Control de plagas y enfermedades

El control de roedores (*Sigmodon hispidus*) se inició a los 90 días después de la siembra, tiempo en que se aplicó rodenticida (Coumatetraly) a una dosis de 1 kg/ha, esta labor se repitió a cada 30 días hasta el momento de la cosecha, con la misma dosis con fines preventivos.

El control de barrenador (*Diatraea* sp), ronrón cornudo (*Podischnus agenor*), no se realizó, según los muestreos realizados en las diferentes edades dieron como resultado niveles bajo por lo que no ameritaba ningún control químico.

6.9.9 Biometría

Consistió en medir el índice de crecimiento de la planta (cantidad de tallos, altura y diámetro). Se llevó a cabo a los 120 y 210 días después de la siembra de plántulas de caña, tiempo en el que el cultivo ya posee una población constante por su proceso de autorregulación.

6.9.10 Cosecha

La cosecha del ensayo se realizó por medio de un corte de semilla a los 7 meses después de la siembra, tiempo en el que el cultivo no ha sufrido acame lo que facilita el corte y locomoción dentro de la plantación. Los tallos de cada unidad experimental se cortaron a ras de suelo divididos en secciones (esquejes) de 0.60 m posteriormente agrupado en 30 esquejes que componen un paquete.

Con la labor de cosecha se obtuvo el dato de paquetes/parcela, para su posterior equivalencia a paquetes/ha según el tratamiento a evaluar.

6.10 Variables de Respuesta

6.10.1 Tallos por metro lineal

Para el cálculo de tallos por metro lineal se efectuó un muestreo de biometría realizado a los 120 y 210 días después de la siembra, tiempo en el que la caña de azúcar a finalizado la fase inicial de crecimiento y amacollamiento, se tomaron dos muestras por unidad experimental, con un total de 8 muestras por tratamiento.

Para obtener el dato de tallos por metro lineal se tomó una muestra de 5 metros lineales (se dejaron 2.5 metros entre los extremos de cada parcela), en dos surcos centrales de cada unidad experimental (parcela neta). Ver figura 3, realizando esta metodología de muestreo se buscó evitar el efecto de borde.

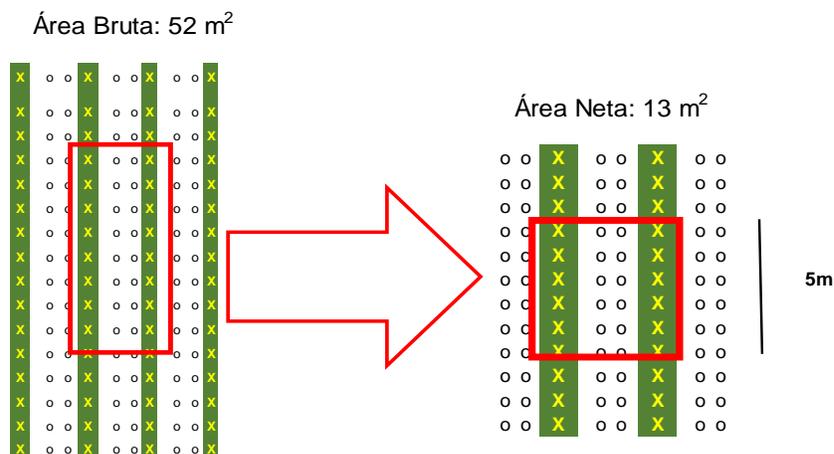


Figura 3. Descripción de unidad de muestreo

6.10.2 Porcentaje de materia orgánica al suelo

Para determinar el porcentaje de materia orgánica al suelo, se procedió a un muestreo en el que se cosechó un metro cuadrado de las leguminosas al momento de la floración (punto de mayor aporte de nitrógeno), con el fin de obtener el peso en fresco en kilogramos y la equivalencia a toneladas/hectárea, posterior a este muestreo se colocaron las muestras al sol en un lapso de 20 días, tiempo en el que la materia orgánica perdió el agua y quedo solo el material vegetal.

Previo a la siembra de los abonos verdes se realizó un muestreo de suelo a fin de conocer el porcentaje de materia orgánica con que el suelo contaba, posteriormente se analizaron en dos ocasiones muestras de suelo por tratamiento para conocer el porcentaje de materia orgánica que el suelo obtuvo por la incorporación de la materia orgánica, las muestras fueron analizadas en el laboratorio en la Escuela Nacional de Agricultura (ENCA).

Las muestras de suelos se obtuvieron según el protocolo que el laboratorio de ENCA solicitó siendo los requerimientos a continuación descritos:

- a. **Subdivisión de unidades de muestreo:** debe ser en un área donde el tipo de suelo en cuanto a textura, color, pendiente (nivel o inclinación del suelo), cultivo, manejo, etc. sea aparentemente homogéneo, para fines de ensayo se obtuvieron muestras correspondientes a cada tratamiento.
- b. **Profundidad de muestreo:** para evaluar la fertilidad de los suelos debe muestrear a la profundidad de máxima de exploración radical del cultivo en cuestión; *Melgar et al.*2012 indica que en el caso de caña de azúcar es un rango de 30 a 40cm.
- c. **Muestra compuestas:** se obtuvo total cuatro sub muestras por tratamiento, (para una por cada repetición) para luego estas ser mezcladas.

Después de mezclar las sub muestras se formó una torta, dividida en cuatro parte iguales, desechando los dos cuartos opuestos y con los dos restantes se repitió el proceso de mezclado, dando como resultado una muestra por tratamiento de abono verde. En la figura 4 se observa el proceso gráfico de la obtención de muestras de suelo.



Figura 4. Proceso para muestreo de suelo

6.10.3 Toneladas de semilla por hectárea (Ton/ha)

El corte de cada unidad experimental se realizó a los 7 meses después de la siembra de las plántulas de caña de azúcar, se realizó un conteo de los paquetes obtenidos por cada tratamiento con sus respectivo peso y posteriormente se realizó una relación entre el rendimiento/parcela a Ton/ha.

6.11 Análisis de la información

6.11.1 Análisis estadístico

6.11.1.1 Tallos por metro lineal. Los datos obtenidos en la lectura de tallos por metro lineal a los 210 días después de la siembra, se analizaron con el programa estadístico Infostat versión 2014, para realizar un análisis de varianza (ANDEVA) y si existiera diferencia estadística se realizó una prueba de medias con el método Tukey con un nivel de significancia del 10%.

6.11.1.2 Porcentaje de materia orgánica al suelo. Para cuantificar el aporte de materia orgánica de cada uno de los abonos verdes, se tomaron lecturas de la parcela completa para el peso en verde, luego a esto se expuso al sol durante 20 días para obtener el peso en seco.

6.11.1.3 Rendimiento de semilla. A los datos obtenidos en la cuantificación de paquetes/parcela se les realizó una equivalencia a paquetes/ha, para ser analizados en el programa estadístico Infostat versión 2014.

6.11.2 Análisis Económico

Para el análisis económico se usó como indicador financiero el correspondiente a la relación beneficio/ costo, Para el cálculo de este indicador se utilizó los ingresos obtenidos posteriores a la venta de la semilla obtenida por cada unidad experimental de la evaluación y la cuantificación de los costos realizados para el manejo del mismo, expresados en quetzales y su equivalencia en dólares USA, esta equivalencia se realizó con el cambio promedio ponderado que presenta el Banco de Guatemala (2018), siendo este $Q7.32 = \$1$.

Para el cálculo de ingresos se tomó como base el rendimiento de cada tratamiento, luego se multiplico con Q. 4.20 que corresponde al valor del paquete de semilla proveniente de meristemo, en el cuadro 18, se puede observar los resultados obtenidos en el cálculo de relación B/C

La fórmula a utilizar es: $\text{Relación B/C} = \text{Ingreso bruto} / \text{Costo total}$

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Resultados de tallos por metro

El análisis de medias realizado a los datos obtenidos en la lectura de tallos por metro lineal a los 120 y 210 días después de la siembra, dieron como resultado los expuestos en el cuadro 7 para su posterior análisis de varianza, ver cuadro 8

Cuadro 7
Promedio de tallos/metro

Tratamiento	Promedio de tallos por metro	
	120 DDS	210 DDS
T-1: Canavalia	6	12
T-2: <i>Crotalaria</i>	7	12
T-3: <i>Mucuna</i>	5	12
T-4: Fertilización química	6	11
T-5: Testigo absoluto	6	11

DDS= Días después de la siembra

Según datos obtenidos en la lectura de tallos por metro lineal a los 210 días después de la siembra, se procedió a realizar un análisis de varianza por medio del programa estadístico Infostat 2014 en el que se determinó que p-valor es mayor a 0.10 por lo que no se encuentra diferencia estadística y no es necesario realizar un análisis de medias con el método de Tukey, cuyos resultados se presentan en el cuadro 8.

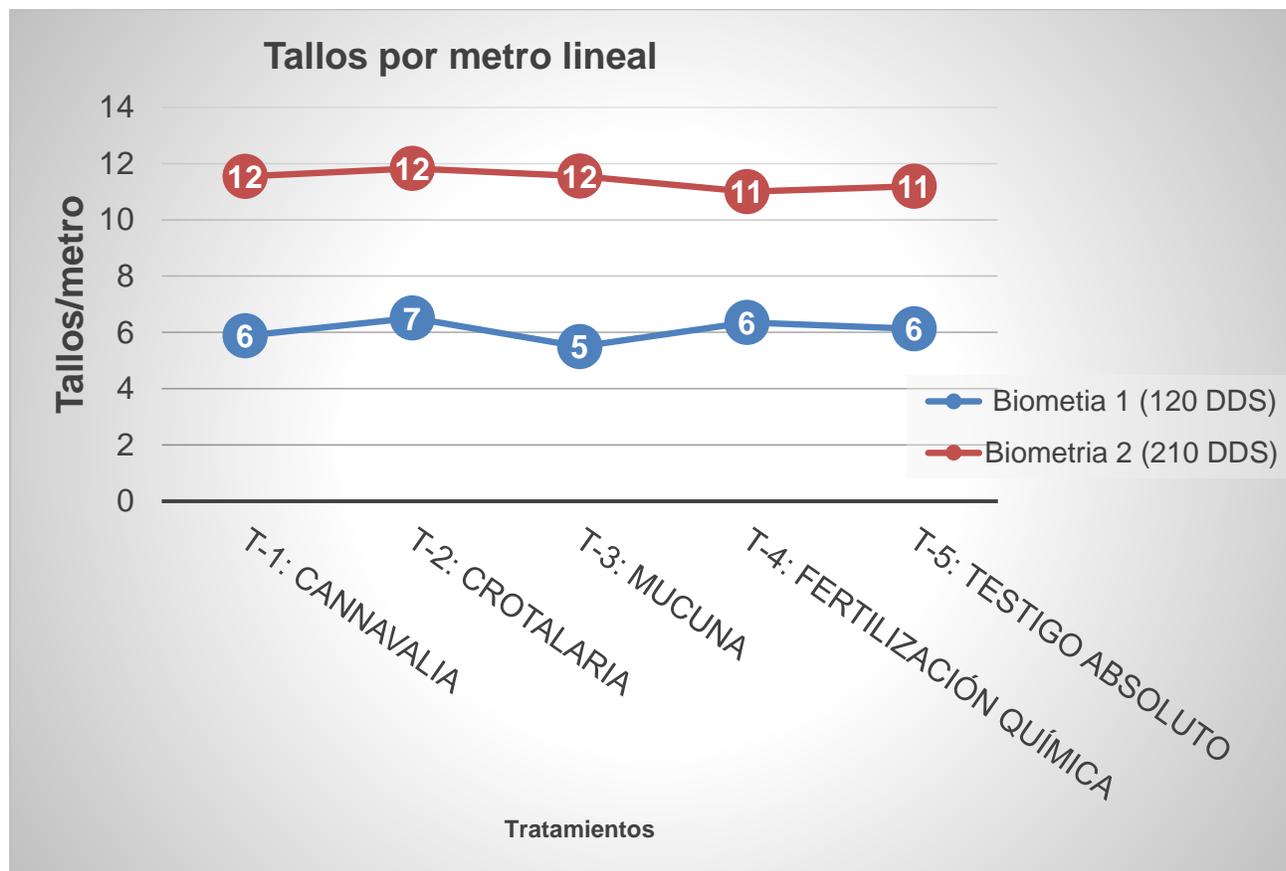
Cuadro 8
Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tallos/m	20	0.3	0.11	9.63

F.V	SC	GI	CM	F	p-Valor
Modelo	7.75	4	1.94	1.62	0.222
Tratamiento	7.75	4	1.94	1.62	0.222
Error	17.98	15	1.2		
Total	25.73	19			

(Infostat 2014)

Aunque estadísticamente los tratamientos no presentan ninguna diferencia significativa, en la gráfica 5 se observa que hubo un aumento de la población, entre la primera lectura de tallos por metro lineal realizada a los 120 días después la siembra y otra posterior a los 210 días después de la siembra, por lo tanto este incremento de la población entre lectura, es un indicador que los abonos verdes son bien aceptados por el cultivo.



DDS= Días después de la siembra

Figura 5. Grafica de tallos por metro lineal

7.2 Resultado del porcentaje de materia orgánica al suelo

Los resultados del porcentaje de materia orgánica al suelo se obtuvieron por medio del peso total de la parcela neta (52m²) en verde, posteriormente se expuso la materia orgánica al sol durante 20 días para su secado y así obtener su peso en kg con su equivalencia en Ton/ha. Ver cuadro 9.

Cuadro 9

Promedio de ton Materia orgánica/ha

Tratamiento	Peso verde (kg)/parcela	Promedio de peso seco (kg)/parcela	Promedio de Ton Materia orgánica/ha
<i>Canavalia ensiformis</i>	63.23	23.70	4.56
<i>Crotalaria jucea</i>	29.38	10.18	1.96
<i>Mucuna sp</i>	40.45	13.30	2.56

El primer muestreo se realizó previo a la siembra de abonos verdes, esto con el fin de obtener un dato comparativo de los porcentajes de materia orgánica presentes y determinar el porcentaje de materia orgánica que cada especie de leguminosas apporto al suelo, posterior a la incorporación del material vegetal seco, se efectuó un análisis de suelo a nivel de laboratorio a los 30 y 93 días después de la incorporación a fin de obtener el porcentaje de materia orgánica presente, siendo lo resultado los datos presentes en el cuadro 10.

Cuadro 10

Resultados de laboratorio.

Tratamiento	% Materia orgánica al suelo			% de aumento de M.O al suelo
	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	
<i>Canavalia ensiformis</i>	4.96	7.07	7.24	2.28
<i>Crotalaria jucea</i>	4.96	8.53	6.05	1.09
<i>Mucuna sp</i>	4.96	7.31	7.24	2.35
<i>Testigo absoluto</i>	4.96			

M.O = Materia orgánica

El porcentaje de aumento de materia orgánica al suelo se obtuvo a partir de la resta del tercer muestreo (93 días después de la incorporación del material seco al suelo) versus el primer muestreo, siendo la de mayor aporte *Mucuna sp* con un 2.35% y la mínima de 1.09% de *Crotalaria jucea* en comparación al testigo absoluto que no tuvo aporte de materia orgánica.

7.3 Resultado de rendimiento de semilla

Los datos obtenidos al finalizar la cosecha de las unidades experimentales (kg de semilla/parcela) fueron interpolados a su equivalente a Ton/ha por medio del conteo de paquetes por tratamiento y su respectivo peso promedio.

Se observó un aumento en la producción de semilla a favor de los abonos verdes versus la fertilización química. En el cuadro 11 se describe cada uno de estos aumentos según tratamiento.

Cuadro 11
Rendimiento de semilla según tratamiento

Tratamiento	Promedio de kg/parcela	Promedio de TON/HA	aumento de producción (Ton/ha)
T-1: Abono verde <i>Canavalia</i>	509	97.75	7.25
T-2: Abono verde <i>Crotalaria</i>	548	105.25	14.75
T-3: Abono verde <i>Mucuna</i>	511	98.25	7.75
T-4: Fertilización química	469	90.50	
T-5: Testigo Absoluto	393	75.50	

A partir de los datos del cuadro 11 correspondiente a Ton/ha se efectuó un análisis de medias y una prueba Tukey por medio del programa Infostat 2014, siendo los resultados los expuestos en el cuadro 12 y 13 respectivamente.

Cuadro 12
Análisis de varianza para Ton/ha

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2046.70	4	511.68	2.42	0.0939
Tratamiento	2046.70	4	511.68	2.42	0.0939
Error	3168.25	15	211.22		
Total	5214.95	19			

p-valor > 0.10 no existe diferencia estadística.

Cuadro 13
Prueba de Tukey para Ton/ha

Tratamiento	Medias	n	E.E		
T-2: Abono verde <i>Crotalaria</i>	105.25	4	7.27	A	
T-3: Abono verde <i>Mucuna</i>	98.25	4	7.27	A	B
T-1: Abono verde <i>Canavalia</i>	97.75	4	7.27	A	B
T-4: Fertilización química	90.50	4	7.27	A	B
T-5: Testigo Absoluto	75.50	4	7.27		B

(Infostat 2014) Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Según los resultados obtenidos de la prueba de Tukey (ver cuadro 13), se determinó que existe diferencia estadística entre los tratamientos, siendo el abono verde *Crotalaria jucea* el de mayor

rendimiento de semilla en Ton/ha superado por 14.75 Ton/ha a la fertilización química, la que es de uso convencional en la finca.

7.4 Resultado de análisis económico

En los cuadros 14 al 17 se describen los costos de producción para poder realizar la fertilización según tratamiento.

Cuadro 14

Descripción de costos/ha para fertilización química (urea)

Insumo	Unidad de Medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Precio unitario (\$)	Costo/ha (Q)	Costo/ha (\$)
Fertilizante	Quintal	8	Q 120.00	\$ 16.30	Q 960.00	\$ 130.43
hora operador	Hora	1	Q 13.38	\$ 1.82	Q 13.38	\$ 1.82
hora ayudante	Hora	2	Q 11.38	\$ 1.55	Q 22.76	\$ 3.09
Tafira de fertilización	Hora	1	Q 234.00	\$ 31.79	Q 234.00	\$ 31.79
Total					Q1,230.14	\$ 167.14

Cuadro 15

Descripción de costos/ha para Canavalia ensiformis

Insumo	Unidad de Medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Precio unitario (\$)	Costo/ha (Q)	Costo/ha (\$)
Semilla de Canavalia ensiformis	kg	192	Q 3.00	\$ 0.41	Q 576.00	\$ 78.26
hora operador	hora	1	Q 13.38	\$ 1.82	Q 13.38	\$ 1.82
Siembra	Jornal	4	Q 91.04	\$ 12.37	Q 364.16	\$ 49.48
Tafira de cultivo	hora	1	Q 142.00	\$ 19.29	Q 142.00	\$ 19.29
Total					Q1,095.54	\$ 148.85

Cuadro 16

Descripción de costos/ha para Crotalaria jucea

Insumo	Unidad de Medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Precio unitario (\$)	Costo/ha (Q)	Costo/ha (\$)
Semilla de <i>Crotalaria jucea</i>	kg	40	Q 23.00	\$ 3.13	Q 920.00	\$125.00
hora operador	hora	1	Q 13.38	\$ 1.82	Q 13.38	\$ 1.82
Siembra	hora	4	Q 91.04	\$ 12.37	Q 364.16	\$ 49.48
Tafira de cultivo	hora	1	Q 142.00	\$ 19.29	Q 142.00	\$ 19.29
Total					Q1,439.54	\$195.59

Cuadro 17

Descripción de costos/ha para Mucuna sp.

Insumo	Unidad de Medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Precio unitario (\$)	Costo/ha (Q)	Costo/ha (\$)
Semilla de <i>Mucuna</i> sp	kg	26	Q 10.00	\$ 1.36	Q 260.00	\$ 35.33
hora operador	hora	1	Q 13.38	\$ 1.82	Q 13.38	\$ 1.82
Siembra	Jornal	4	Q 91.04	\$ 12.37	Q 364.16	\$ 49.48
Tafira de cultivo	hora	1	Q 142.00	\$ 19.29	Q 142.00	\$ 19.29
Total					Q 779.54	\$ 105.92

Cuadro 18

Relación B/C según tratamiento.

Tratamiento	Costos	Ingresos	Rel B/C	Aumento de R/C (%)
T-1: Abono verde Canavalia	Q 23,084.31	Q 47,048.40	Q 2.04	9.00
T-2: Abono verde <i>Crotalaria</i>	Q 23,428.31	Q 50,681.40	Q 2.16	15.69
T-3: Abono verde <i>Mucuna</i>	Q 22,768.31	Q 47,250.00	Q 2.08	10.99
T-4: Fertilización química	Q 23,218.91	Q 43,415.40	Q 1.87	
T-5: Testigo Absoluto	Q 21,988.77	Q 36,346.80	Q 1.65	

Según resultado del cálculo de Relación B/C en el cuadro 18 se determina que el uso de abonos verdes tiene mayor rentabilidad al ser esta mayor 1, siendo el de mayor ganancia *Crotalaria* con un aumento del 15.69% respecto a la fertilización química.

8. CONCLUSIONES

Se determinó que con la incorporación de abono verde de *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria jucea* y *Mucuna*, hay un incremento en la población de tallos por metro lineal, observados a los 210 días después de la siembra, en comparación con el tratamiento convencional de la finca (fertilización química con urea), con una diferencia de un tallo por metro lineal, obteniendo mayor población por hectárea.

Al medir el aporte de biomasa incorporado por los abonos verdes se concluyó por medio de análisis de laboratorio que la *Mucuna* sp incrementó un 2.35% la presencia de materia orgánica al suelo, *Canavalia ensiformis* un 2.28% y *Crotalaria jucea* 1.09% este aumento se dio en un periodo de 93 días de incorporación al suelo en comparación al testigo absoluto.

Se determinó diferencia estadística en pruebas de medias con el uso de abonos verdes versus la fertilización química al aumentar 14.75 Ton/ha para el caso de *Crotalaria jucea*, lo que indica que el cultivo de caña de azúcar responde positivamente al uso de abonos verdes.

Se determinó que existe una rentabilidad económica positiva al usar abonos verdes para la producción de semilla de caña de azúcar, dando como resultado una ganancia del 15.69%. contra el uso de fertilizante químico nitrogenado.

9. RECOMENDACIONES

Utilizar como alternativas el uso de abonos verdes para la labor de fertilización, al incrementar la población en tallos por metro lineal a los 210 después de la siembra en comparación a la fertilización química nitrogenada

Como especie de abono verde *Canavalia ensiformis* es una alternativa favorables por su porte bajo y proporciona una buena cantidad de materia orgánica (4.56 Ton M.O/ha).

Utilizar *Crotalaria jucea* como alternativa de fertilización al incrementar el rendimiento de semilla en Ton/ha sin afectar el desarrollo del cultivo, al establecerse esta previo a la siembra.

Utilizar *Crotalaria juncea* como alternativa para la fertilización al aumentar un 15.69% las ganancias versus la fertilización química nitrogenada.

10. BIBLIOGRAFÍA

Banco de Guatemala (2018). *Tipo de cambio compra promedio ponderado del mercado institucional de divisas*. (en línea). Consultado el 01 de febrero de 2018. <http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/imm/imm69>

Balaña, P.; Pérez, O.; Alfaro, M.; Fernández, M. (2007). *Alternativas Agroecológicas para el Aporte de Nitrógeno: la Crotalaria jucea, Canavalia ensiformis y Mucuna sp. en Semilleros Comerciales de Caña de Azúcar*. (en línea). Guatemala. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Consultado el 21 de septiembre de 2016. <http://cengicana.org/es/publicaciones/memorias/memorias/20072008/agronomia/Alternativas-Agroecol%C3%B3gicas-para-el-Aporte-de-Nitr%C3%B3geno/>

Brunner, B.; Martínez, S.; Flores, L.; Morales, P. (2009). *Hoja informativa Crotalaria*. (en línea). Lajas, Puerto Rico. Proyecto de Agricultura Orgánica Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. Consultado el 24 de agosto de 2016. <http://prorganico.info/Crotalaria.pdf>

Brunner, B.; Beaver, J.; Flores, L. (2011). *Hoja informativa Mucuna*. (en línea). Lajas, Puerto Rico. Proyecto de Agricultura Orgánica Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. Consultado el 21 de septiembre de 2016. <http://prorganico.info/Mucuna.pdf>

Chávez, M. (1999). *El nitrógeno, fósforo y potasio en la caña de azúcar* (en línea). San José, Costa Rica. Dirección de investigación y extensión de la caña de azúcar –DIECA- Consultado 23 ago. 2016. <https://www.laica.co.cr/biblioteca/servlet/DownloadServlet?c=443&s=1762&d=1744>

- Días & Portacarreno. (2002). *Manual de Producción de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.)*. Ingeniero Agrónomo. Honduras, Honduras. Universidad Zamorano. 148 p.
- Escuela Nacional Central de Agricultura –ENCA-. (2017). *Procedimiento 1: para el muestreo con propósito de fertilidad de suelos*. Finca Bárcena, Villa Nueva, Guatemala. 124 p.
- Guerrero, V. (2010). *Manual de leguminosas y abonos Verdes para una agricultura Sostenible y soberanía alimentaria* (en línea). Vicente Guerrero, Municipio Españita, Tlaxcala, México. Proyecto de desarrollo rural Integral Vicente Guerrero, A.C. De Tlaxcala. Consultado el 15 de agosto de 2016. <http://vicenteguerrero.blogspot.org/documentos/manual-de-leguminosas-y-abonos-verdes-del-gvg-pdf>
- Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; Espinosa, R. (2012). *El Cultivo de Caña de azúcar en Guatemala*. Centro Guatemalteco de Investigación y capacitación de la caña de azúcar -CENGICANÑA- Guatemala. 512 p.
- Paredes, C. (2013). *Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas*. Tesis Ingeniería en Producción Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. Universidad Católica Argentina. 115 p.
- Portillo, O. (2014). *Evaluación del efecto de tiempos de siembra de *Canavalia ensiformis* sobre el control de malezas y el aporte de materia orgánica al suelo en el cultivo de caña de azúcar variedad CP 72 – 2086*. Tesis Ingeniero Agrónomo, Jalapa, Guatemala. Universidad San Carlos de Guatemala. 69p.

11. ANEXO

Anexo A
Semilla de abonos verdes



Anexo B
Materia orgánica verde



Anexo C
Materia orgánica seca



Canavalia ensiformis (1), *Crotalaria jucea* (2) y *Mucuna sp* (3).

Anexo D
Obteniendo peso en verde



Anexo E
Obteniendo peso en seco



Anexo F
Plántulas de caña de azúcar



Anexo H
Primer análisis de suelo

	Escuela Nacional Central de Agricultura Sistema de Gestión en Control y Seguridad <u>Formato de Informes</u>	For/labenca- SIG-SD-011 Primera Edición Revisión No.: 01 Página 1 de 1
---	--	--

INFORME: DE RESULTADOS

N° 0021-0017

Guatemala 08 de Marzo del 2017

Empresa: Particular

Persona responsable: Luz Veliz

Finca: Santa Elisa

Localización: Aldea Ceiba Amelia la democracia Escuintla

Estimado Srta.: Veliz

El motivo de la presente es para informarle los resultados obtenidos del análisis realizado a una (1) muestra de suelo obteniendo los siguientes resultados:

N° Laboratorio	Identificación	Cultivo	%	ppm				
				Fosforo 12 a 16 ppm	Cobre 2 a 4 ppm	Zinc 4 a 6 ppm	Hierro 10 a 15 ppm	Manganeso 10 a 15 ppm
			% N	P	Cu	Zn	Fe	Mn
0038-0017	Lote 352-90-03 Santa Elisa	***	0.25	9.93	0.00	15.05	14.95	35.50

N° Laboratorio	Suelo	Meq/100g de suelo		
		2 a 6	1 a 1.5	0.15 a 0.40
	Bases Intercambiables	Ca	Mg	K
0038-0017	Lote 352-90-03 Santa Elisa	5.38	6.84	0.32

Categoría	Medio	6.1 a 10.9	1.6 a 3.5	
N° Laboratorio	Identificación	% M.O	% C.O	
0038-0017	Lote 352-90-03 Santa Elisa	***	4.96	2.88

Escala de potencial de hidrógeno				CE
				(dS m-1)
N° Laboratorio	Identificación	Cultivo	pH	C.E
0038-0017	Lote 352-90-03 Santa Elisa	***	6.72	0.21

	<p align="center"> Escuela Nacional Central de Agricultura Sistema de Gestión en Control y Seguridad <u>Formato de Informes</u> </p>	<p align="center"> For/labenca- SIG-SD-011 Primera Edición Revisión No.: 01 Página 1 de 1 </p>
---	---	--

INFORME: DE RESULTADOS

N° 0057-0017

Guatemala 29 de mayo del 2017

Empresa: Particular
Persona responsable: Ingeniero Oscar Teletor
Finca: Santa Elisa
Localización: La Democracia Escuintla

Estimado Ing.: Teletor

El motivo de la presente es para informarle los resultados obtenidos del análisis realizado a tres (3) muestras de suelo proveniente de Finca Santa Elisa obteniendo los siguientes resultados:

Categoría	Identificación	Medio	6:1 a 10,9	1,6 a 3,5
N° Laboratorio		Cultivo	% M.O	% C.O
0078-0017	Lote 352-90-03	Crotalaria	8.53	4.96
0079-0017	Lote 352-90-03	Mucuna	7.34	4.25
0080-0017	Lote 352-90-03	Cannavalia	7.07	4.11

Atentamente,


Ingeniero José Jesús Chanay
Jefe de laboratorio

	Escuela Nacional Central de Agricultura Sistema de Gestión en Control y Seguridad <u>Formato de Informes</u>	For/labenca- SIG-SD-011 Primera Edición Revisión No.: 01 Página 1 de 1
---	---	---

INFORME: DE RESULTADOS

N° 0070-0017

Guatemala 28 de julio del 2017

Empresa: Particular
Persona responsable: Oscar Teletor
Finca: Santa Elisa
Localización: La democracia Escuintla

Estimado Ing.: Teletor

El motivo de la presente es para informarle los resultados obtenidos del análisis realizado a tres (3) muestras de suelo proveniente Finca Santa Elisa obteniendo los siguientes resultados:

Categoría	Identificación	Medio	6:1 a 10,9	1,6 a 3,5
N° Laboratorio		Cultivo	% M.O	% C.O
0099-0017	Suelo lote 352-9003	Mucuna	7.24	4.21
00100-0017	Suelo lote 352-9004	Crotalaria	6.05	3.52
00101-0017	Suelo lote 352-9005	Cannavalia	6.52	3.79

Atentamente,


Ingeniero José Jesús Chanay
Jefe de laboratorio

La escuela Nacional Central de Agricultura es una entidad estatal, descentralizada y autónoma, con personalidad jurídica, patrimonio propio y duración indefinida, Artículo 79 de la constitución Política.
Fundada en 1921

Anexo K
Cosecha de ensayo

