

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CINCO ESPECIES DE
ABONOS VERDES CON BASE EN TRES VARIABLES FÍSICAS DE UN SUELO
OXISOL EN LA ALTILLANURA COLOMBIANA.**

Estudiantes

Diego Orlando Trujillo Barrera

Daniel Samir Aldana Chacón

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
VILLAVICENCIO – META**

2016

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CINCO ESPECIES DE
ABONOS VERDES CON BASE EN TRES VARIABLES FÍSICAS DE UN SUELO
OXISOL EN LA ALTILLANURA COLOMBIANA.**

ESTUDIANTE

**DIEGO ORLANDO TRUJILLO BARRERA
DANIEL SAMIR ALDANA CHACÓN**

**Proyecto de trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Agrónomo**

DIRECTOR

**Fidela Pardo Carrasco
IA Especialista**

CODIRECTOR

**Carlos Armando Medina Polo
IA Especialista.**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
VILLAVICENCIO – META**

2016

Nota de aceptación

I.A. Esp. Fidela Pardo Carrasco
Director

I.A. Esp. Carlos Armando Medina Polo
Codirector

I.A. Álvaro Álvarez Socha
Jurado

I.A Harold Bastidas
Jurado

Villavicencio, Mayo 2 de 2016

PERSONAL DIRECTIVO

JAIRO IVAN FRIAS CARREÑO
Rector

ALIGIA TORO
Vice-rector Académico

LUIS EDUARDO MARÍN
Secretario General

PABLO EMILIO CRUZ CASALLAS
Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

JAIRO RINCÓN ARIZA
Director de Escuela de Ciencias Agrícolas

CARLOS HERRERA
Director del programa de Ingeniería Agronómica

Dedicatoria Diego Trujillo Barrera

Este triunfo se lo dedico a mi madre y a mi padre quienes han hecho esfuerzos sobre humanos para poder ponerme en este punto de mi vida sin esperar nada a cambio dandome día a día ese amor verdadero que es hoy motor de este trabajo; a mis hermanas quienes han sido impulsoras de mis triunfos y mis consejeras en tiempos difíciles, a mi pareja Mariana quien fue eje fundamental en este proceso de formación, a mis compañeros y amigos quienes en momentos difíciles siempre estuvieron para darme la mano y ayudarme a dar el siguiente paso.

Dedicatoria Daniel Samir Aldana.

De todo corazón dedicar este trabajo de grado a Dios, mi madre y a mi padre que son los seres más importantes en mi vida, gracias a ellos se pudo cumplir este sueño de graduación y a mis compañeros de clase agradecerles porque siempre estuvieron dispuestos a ayudarme en cualquier circunstancia y hacer de mí una mejor persona.

Agradecimientos

A Dios por ser el precursor de todos los sucesos que nos trajeron a esta empresa.

Al ingeniero Carlos Medina Polo, por permitirnos hacer parte de ese proceso de investigación, por aportarnos en todas las situaciones conocimientos nuevos y acordes a la realidad, por enseñarnos que “serlo y parecerlo” es el camino hacia el triunfo, y por hacernos comprender que “la juventud esta llamada a cambiar la historia de lo absurdo, no a repetirla”.

A la ingeniera Fidela Pardo Carrasco, por colaborarnos firmemente en este proceso con todos sus conocimientos, por orientarnos en todos los aspectos de este trabajo.

A nuestros jurados, por enseñarnos de nuestros errores y convertirse en nuestros aliados en este proceso

Al Ingeniero André Márquez Valio quien nos permitió hacer parte de la empresa Bioenergy S.A, utilizar todos los laboratorios y los recursos de ella.

Les agradecemos a todos pues sin ustedes no habría sido posible realizar este trabajo.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema.....	2
3. Justificación	2
4. Objetivo General	4
4.1 Objetivos Específicos	4
5. Marco Teórico.....	5
5.1 Suelos de la Altillanura Colombiana.....	5
5.2 Principales Características de los Suelos Oxisoles.....	5
5.3 Cultivo de caña en la Altillanura Colombiana.....	6
5.4 Los Abonos Verdes	6
5.5 Frijol Caupi (<i>vigna unguiculata</i>)	8
5.6 Vitabosa (<i>Mucuna deerengiana</i>)	10
5.7 Cannavalia (<i>cannavalia ensiformis</i>).....	12
5.8 Kudzu (<i>pueraria phaseoloides</i>)	14
5.9 Crotalaria (<i>crotalaria júncea</i>).....	16
6. Materiales Y Métodos.....	18
7. Variables	22
7.1 Independientes	22
7.2 Dependientes	22
7.3 Intervinientes	22
8. Diseño experimental y método estadístico	23
8.1 Componentes del ensayo	23
8.2 Diseño experimental	24
8.3 Modelo Lineal.....	24
8.4 Factor de corrección:	24
8.5 Suma de cuadrados totales.....	25
8.6 Suma de cuadrados del tratamiento	25
8.7 Suma de cuadrados por bloque.....	25

8.8 Suma de cuadrados del error	25
8.9 Variables a evaluar	28
9. Fase 1	29
9.1 Etapa 1:	29
9.2 Etapa 2:	29
10. Fase 2.....	31
11. Cronograma de actividades	34
12. Equipos utilizados en la toma de datos.....	35
13. Resultados	37
14. Análisis de Resultados	38
15. Conclusiones	41
16. Anexo Análisis Estadístico.....	43
16. Bibliografía.....	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Fases fenológicas del frijol Caupi (Alban, 2013).....	10
Tabla 2. Ciclo de vida de <i>Mucuna deerengiana</i> (Quiroz, Meneses, Cervantes, & Urbina, 1995).....	12
Tabla 3. Ciclo fenológico de <i>Cannavalia</i> (Cruz Chanquin, 2012).....	13
Tablas 4. Ciclo fenológico de <i>kudzu</i> (perez & Roberto, 2014).....	15
Tabla 5. Ciclo fenológico de <i>Crotalaria</i> (Cruz Chanquin, 2012).....	17
Tabla 6. Análisis de la Varianza, Penetrabilidad.....	24
Tabla 7. Diseño de campo (bloques, replicas y tratamientos).....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. Cronograma de actividades.....	34
Tabla 9. Resultados obtenidos en campo.....	37
Tabla 10. “Cuadro de Análisis de la Varianza”.....	43
Tabla 11. Prueba de Duncan-tratamientos.....	43
Tabla 12. Test de Duncan, Densidades de siembra.....	43
Tabla 13. Test de Duncan, replicas.....	44
Tabla 14. Test Duncan, interacción entre variables.....	44
Tabla 15. Análisis de varianza, Densidad Aparente.....	44
Tabla 16. Test de Duncan, Densidad Aparente.....	45
Tabla 17. Test de Duncan, Densidad Aparente x Densidad de siembra.....	45
Tabla 18. Test de Duncan, Densidad aparente – replicas.....	45
Tabla 19. Interacción entre variables, Densidad Aparente.....	46
Tablas 20. Analisis de varianza, penetrabilidad.....	46
Tabla 21. Prueba de Duncan, Penetrabilidad en tratamientos.....	47
Tabla 22. Prueba de Duncan, penetrabilidad en densidades de siembra.....	47
Tabla 23. Prueba de Duncan, penetrabilidad en replicas.....	47
Tabla 24. Interacción entre variables, densidad aparente.....	48

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación del proyecto.....	19
Ilustración 2. Fuente Bioenergy S.A	20
Ilustración 3. Fuente Bioenergy S.A	21
Ilustración 4. Mapa de puntos de muestreo	33
Ilustración 5. Sensor HH2 toma de humedad de campo	49
Ilustración 6. Sonda SM150 conectada al sensor HH2	49
Ilustración 7. GPS Garmin 62s ubicación de los puntos de muestreo.....	50
Ilustración 8. GPS Garmin 62s ubicación de los puntos de muestreo.....	50
Ilustración 9. Muestra de densidad aparente en laboratorio	51
Ilustración 10. Toma de datos de penetrabilidad con el Penetrografo.....	51
Ilustración 11. Penetrografo con el cual realizamos la toma de resistencia a la penetración en campo.....	52
Ilustración 12. Demarcación de parcelas sometida a incorporación de abonos verdes	52
Ilustración 13. Parcela de Kudzu con poca área de cobertura sobre el suelo.....	53
Ilustración 14. Toma de muestras de humedad de campo con sensor HH2 Y sonda SM150	53
Ilustración 15. Cultivo de caña sembrado donde se incorporó los abonos verdes presencia de mayor humedad en el suelo	54
Ilustración 16. Metodología para el manejo de suelos y la implementación de abonos verdes	59

1. Introducción

El uso de los abonos verde se remonta al siglo I D.C donde se utilizaban para enriquecer los suelos y nutrir las plantas pues en esta época se concebía la utilización del uso de barbechos y de especies de plantas que con su incorporación contribuyeran al mejoramiento de las diferentes características del suelo (Finck, 1998); el presente trabajo tomo como base un proyecto de investigación que tiene como objetivo fundamental la búsqueda de una especie de planta de abono verde eficiente bajo las condiciones de la altillanura colombiana y apropiada a las exigencias de la empresa Bioenergy S.A engranada en el sistema del cultivo de caña, teniendo como eje primordial el mejoramiento de los suelos y la elevación del rendimiento del cultivo nombrado; Este trabajo se realizó mediante el diseño estadístico “*bloques completamente al azar*” y se pretende analizar el comportamiento de las 5 especies de abonos verdes analizadas tomando como parte esencial del análisis algunas características físicas de los suelos tales como humedad de campo, densidad aparente y resistencia a la penetración, medidas que serán tomadas 160 días luego de la incorporación del material vegetal y en puntos ubicados geográficamente mediante el uso de “*autocad map 2012 version estudiantil*”

2. Planteamiento del problema

En los suelos cultivados con caña de azúcar en la altillanura colombiana se genera la intervención sin previo manejo de conservación de sus características físicas generando problemas de compactación y baja retención de humedad, trayendo como consecuencia problemas de fertilidad y deficiencia en el desarrollo radicular de las plantas y generando bajas producciones.

3. Justificación

Los suelos de la altillanura colombiana que hoy por hoy son cultivados con diferentes especies, en líneas generales provienen de producciones ganaderas o sabanas nativas, las cuales han entregado estas unidades productivas en condiciones químicas, físicas y biológicas precarias fundamentadas en diferentes causas tales como el deficiente laboreo del suelo, suelos descubiertos y precipitaciones elevadas, compactación excesiva de los suelos por el tránsito del ganado y además otras causas que pueden deberse a factores ambientales naturales de la zona como los materiales parentales, la baja capacidad de intercambio catiónico, contenidos de materia orgánica mínimos debido a la rápida descomposición (sin desconocer las prácticas inadecuadas que disminuyen el contenido de M.O), además de la no investigación en especies que puedan ayudar a conservar los suelos; las causas descritas anteriormente generan efectos tangibles y diferibles en los suelos y el agroecosistema del cultivo de la caña traducidos en tres pilares fundamentales como lo son: los elevados costos de producción, baja fertilidad en los suelos y la inexistencia de una especie de abono verde para realizar prácticas de conservación de los suelos; con base en las causas y los efectos descritos anteriormente podemos afirmar que se hace urgente

la identificación de especies aptas para intervenir los agroecosistemas recibidos por la empresa o aquellos de los cuales ya obtiene beneficios, con el fin de mitigar el impacto sobre el sistema suelo, y, con base en los argumentos planteados anteriormente decidimos emprender el actual proceso de investigación.

Hipótesis Nula: El efecto de los abonos verdes es nulo sobre las propiedades físicas del suelo, no hay diferencias significativas entre una u otra especies respecto a las variables o con respecto al suelo al que no se le incorporaron abonos verdes.

Hipótesis Alternativa: Hay efecto de los abonos verdes sobre las propiedades físicas del suelo, y se presentan diferencias significativas entre una u otras especies respecto a las variables o con relación al suelo al que no se le incorporaron abonos verdes.

4. Objetivo General

- Comparar el efecto de la incorporación de cinco especies de abonos verdes con base en tres variables físicas del suelo (resistencia a la penetración, Humedad de campo y Densidad aparente), en un suelo oxisol en predios de Bioenergy en la altillanura colombiana.

4.1 Objetivos Específicos

- Modificar las condiciones de los suelos del ensayo mediante la incorporación de Mucuna deeringiana, Pueraria Phaseoloides, Canavalia Ensiformis, Vigna Ungiculata y Crotalaria Juncea especies de abonos verdes, bajo tres densidades de siembra 30 kg/ha, 50 kg/ha y 80 kg/ha
- Medir y comparar los efectos de la materia orgánica incorporada en las condiciones físicas de humedad, penetración y densidad aparente.
- Generar una metodología acorde a las condiciones de la altillanura con el fin de realizar un manejo adecuado de los suelos del área de ensayo.

5. Marco Teórico.

5.1 Suelos de la Altillanura Colombiana

Los suelos de la altillanura colombiana, a nivel mundial han sido catalogados en conjunto con otras zonas de nuestro continente (llanos de Venezuela, cerrado del Brasil y las pampas de Bolivia) como territorios de suelos inexplorados potenciales para la ampliación de la frontera agrícola mundial (CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), 1983). Los suelos de la altillanura colombiana, específicamente los oxisoles han sido descritos con limitaciones químicas considerables pero físicamente aptos para el cultivo de plantas.

5.2 Principales Características de los Suelos Oxisoles.

Este tipo de suelos en su mayoría se encuentran en zonas tropicales, típicamente en áreas planas y bien drenadas, estos suelos son muy antiguos o están conformados a partir de sedimentos previamente meteorizados, y en general su fracción mineral está compuesta por arcillas denominadas “Caolinitas” (arcillas 1:1) (CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), 1983) las cuales se caracterizan por presentar baja capacidad de intercambio catiónico y hacer exhibir a estos suelos la cualidad de ser “suelos de carga variable” pues por su estructura química no permite sustituciones isomorficas (Navarro Blaya & Navarro Garcia, 2003).

5.3 Cultivo de caña en la Altillanura Colombiana

En principio podemos afirmar que gran parte del área sembrada en los llanos orientales esta diseminada en la altillanura colombiana, en suelos químicamente pobres y con buenas características físicas, sin embargo por la historia productiva de estos suelos, **los cultivos han** sido plantados en áreas de pasturas degradadas y sabanas nativas factor que disminuye la productividad de **estos cultivos** y hacen necesaria la aplicación de prácticas de conservación y mejoramiento de suelos, tal como lo es la implementación de abonos verdes con el fin de modificar positivamente los suelos que pretenden ser cultivados; efecto del argumento anterior son las siembras realizadas en el último año de especies como “crotalaria júncea” “Mucuna deerengiana” por grandes empresas en la región (Los autores, 2016).

5.4 Los Abonos Verdes

Se denomina abonos verdes a todas las especies de plantas que se incorporan en el suelo para elevar el contenido de material orgánico y por ende aumentar la fertilidad de los suelos, estas plantas deben incorporarse preferiblemente en floración o antes de este fenómeno fisiológico (Garcia Carreon, Samuel; Martinez Menez, Mario;, 2007); Las especies usadas como abonos verdes se deben desarrollar entre los ciclos de cultivos desarrollados en las zonas donde se van a implementar, además de la premisa anterior debe tenerse en cuenta que la especie o especies de abonos verdes a sembrar luego de incorporarse debe permitirse un periodo de descomposición prudente pues el fenómeno en sí afecta la germinación de las especies de cultivos comerciales; Es

necesario tener en cuenta que al implementar especies de abonos verdes con relaciones de Carbono/nitrógeno muy estrechas se podría generar un efecto adverso puesto que los microorganismos luego de descomponer el material incorporado entraría a atacar las formas más estables de materia orgánica y se presentaría una disminución de ella (Colacelli, Norberto;, 2002). Según Colacelli las características principales que deben tenerse en cuenta para considerar e implementar una especie de planta como abono verde son las siguientes:

- ✓ Debe implementarse entre los ciclos de los cultivos.
- ✓ Debe ser rustica y desarrollarse bien en suelos pobres.
- ✓ Debe producir cantidades considerables de materia verde.
- ✓ Debe tener bajo consumo de Agua.
- ✓ Debe poseer un sistema radicular extenso, que explore Horizontal y verticalmente.

Con base en estas características podemos encontrar que existen dos conceptos técnicos de manejo sobre los cuales se pueden utilizar los abonos verdes; a continuación mencionamos sus definiciones:

- ✓ Concepto Tradicional:

Consiste en cultivar e incorporar el material vegetal por medio de la utilización de equipamientos y maquinaria, esto con el fin de aumentar gradualmente la productividad del suelo.

- ✓ Concepto Actual en la agricultura de conservación:

Consiste en no incorporar la biomasa al suelo con el fin de mantenerlo por el mayor tiempo posible, ya sea por medio de los cultivos existentes o con la biomasa resultante de estos para impedir el impacto directo de las gotas de lluvia, el exceso de sol o de la acción de los vientos.

(FAO, 2010)

5.4.1 Frijol Caupi (*vigna unguiculata*)

Descripción morfológica

El frijol Caupi es una planta anual, su ciclo de cultivo dura entre 90 y 120 días con hábitos de crecimiento voluble o arbustivo; su sistema radicular se compone por una raíz principal y abundantes raíces secundarias, este órgano es capaz de asociarse con bacterias nitrificantes y producir en ella nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico; el tallo principal es herbáceo dependiendo del hábito de crecimiento puede tener de 0,30 a 0,40 metros de altura si es erecto o de 2 a 3 metros si es voluble; las hojas son lanceoladas y su tamaño varía en dependencia de la variedad; las flores presentan colores únicos dependiendo de la variedad, sin embargo la variedad más importante presenta color blanco y dispone las flores en racimos de 4 a 8, los pedúnculos de las hojas se ubican en las axilas de las hojas o en los terminales de algunos tallos (Villar Vera, 2011).

Requerimientos Edafoclimaticos

Suelos

El frijol Caupi se desarrollan bien en suelos francos, esta planta es considerada rustica puesto que resiste pH entre los 5,5 y los 6,6, sin embargo no tolera el anegamiento por ende esta especie prefiere los suelos profundos y bien drenados (Alban, 2013), En general la especie y sus variedades prefieren suelos ligeros que permitan un buen enraizamiento (Obando Castellanos, 2012), y con pH inferiores a 5,5 se deben esperar síntomas de toxicidad de aluminio (Atilio Cabrera & Reyes Castillo, 2008)

Clima

Las plantas de esta especie son susceptibles a las heladas o vientos helados se afirma que el rango óptimo de temperatura para el desarrollo de *vigna unguiculata* está entre los 20 a 30 C° y que temperaturas inferiores a 18C° generan retrasos en el proceso de floración y por esta razón se aumenta el ciclo de la planta (Villar Vera, 2011) por otro lado existen fuentes que amplían el rango de temperatura apta para el cultivo, desde 18C° hasta los 40C°, se asevera que por encima de este valor se generan problemas en el cuajado de las flores y en el desarrollo de las vainas; anexo a lo anterior se afirma que la temperatura óptima para la germinación de semillas está a 21C° (Alban, 2013).

Fenología de la especie

A continuación se muestra una tabla que expresa las diferentes fases fenológicas de frijol Caupi “*Vigna unguiculata*” con cada una de sus características:

Tabla 1. Fases fenológicas del frijol Caupi (Alban, 2013)

Estado del cultivo	Fase Vegetativa			Fase Reproductiva	Maduración	
	Primera Hoja verdadera	Crecimiento vegetativo lento	Crecimiento Vegetativo rapido	Prefloración	Formación de Vainas y llenado de granos	Medio grano
Días después de la siembra	15 - 17	23 - 25	31 - 33	40 - 42	50 - 52	60 - 62

Ciclo de cultivo

La fase vegetativa de esta especie puede ir desde los 90 hasta los 100 días y hasta la floración aproximadamente 45 a 50 días más, para un total aproximado de 150 días (Aspromor, 2010)

5.6 Vitabosa (*Mucuna deerengiana*)

Descripción Botánica

La vitabosa es puede ser anual o de ciclo corto; sus sistema radicular el profundo y bien desarrollado; Cuenta con tallos hasta de 10 metros, son delgados y altamente pubescentes; las hojas son alternas y trifolioladas, los folíolos son de 5 a 20 cm de largo por 3 a 15 cm de ancho; las inflorescencias se generan en racimos axilares con cantidades entre 5 y 30 flores por inflorescencia, pueden ser de colores blancas, amarillas y purpuras oscuras, las alas y las quillas son más largas que el estandarte; las vainas son de 10 a 15 cm de largo, de colores grisáceos, curvadas, con tricomas negros aterciopelados no urticantes con 3 a 6 semillas por vaina; las

semillas son globosas de colores blancos, cafés negros o jaspeados de 1 a 1,8 cm de largo (Universidad Autónoma Chapingo, 2001).

Requerimientos Edafoclimaticos

Suelos

Los suelos para el establecimiento de Vitabosa deben ser teóricamente bien drenados, con Ph alrededor de 4,5, se recomiendan siembras de este abono verde en suelos donde se h generado laboreo en los últimos tres años o donde se han generado desyerbas recientes (Universidad Autónoma Chapingo, 2001), esta especie prefiere suelos francos o arcillosos y tolera suelos de baja fertilidad (Malagon Guzman, 2013).

Clima

Esta especie se desarrolla bien hasta alturas de 2000 msnm, por otro lado sus intervalos de temperatura optimo van desde los 20 C° hasta los 30 C° (Universidad Autónoma Chapingo, 2001) y, soporta precipitaciones desde los 800 mm hasta los 3000 mm (Malagon Guzman, 2013) se considera medianamente resistente a las sequias, pues prefiere las lluvias bien distribuidas (Fonseca Carreño & Gomez , 2013)

Tabla 2. Ciclo de vida de *Mucuna deeringiana* (Quiroz, Meneses, Cervantes, & Urbina, 1995)

	Fase Vegetativa					Fase Reproductiva		Fase de maduración		
Estado del cultivo	Germinacion	Emergencia	Hojas primarias	Primer Hoja Trifoliolada	Tercer Hoja Trifoliolada	Prefloracion	Floracion	Formacion de Vainas	Llenado de Vainas	Maduracion
Etapa	V0	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9
Dias despues de la siembra	6	8	14	19	25	110	120	129	144	155

Fenología de la especie

Ciclo de cultivo

En general esta especie va con su ciclo completo hasta los 155 días.

5.7 Cannavalia (*cannavalia ensiformis*)

Descripción Botánica

Las plantas de *Cannavalia* poseen raíces voluminosas con profundidades circundantes a los 15cm (Puertas, y otros, 2009) pueden ser rastreras o trepadoras, herbáceas o algo leñosas en la base del tallo; las hojas son Trifolioladas de más de 20cm de longitud, los folíolos son anchamente ovados o rómbicos, con dimensiones entre los 5 a 10 cm de largo por 4 a 8 cm de ancho, con nervaduras conspicuas, pilosas y verdes en el haz, más pálidas y densamente pobladas en el envés, las inflorescencias son más o menos erectas, racimosas, de 20 a 40 cm o más, flores numerosas, fasciculadas en los nudos, flores de 10 a 13 mm de longitud, pétalos erectos, violáceos o blancos, estandarte glabro, obovado, longitudinalmente estriado con una mancha en la quilla (Universidad Autonoma Chapingo, 2001).

Requerimientos Edafoclimaticos

Suelos

Cannavalia es una especie capaz de adaptarse a variados tipos de textura y de fertilidad de suelos, incluso aquellos muy evolucionados y con baja fertilidad, puede adaptarse a Ph ácidos que van desde 4,3 a 7,5, siendo el rango óptimo de 5 a 7,3 (Universidad Autonoma Chapingo, 2001) anexo a lo anterior tenemos que la red “ *sistema para la toma de decisiones de especies forrajeras (Colombia)*” afirma que “*cannavalia ensiformis*” no tolera la salinidad (Malagon Guzman, 2013)

Clima

En cuanto a Factores climáticos se ha encontrado que soporta alturas que van desde los 0 a los 2000 msnm (Malagon Guzman, 2013), sin embargo la universidad autónoma “Chapingo” afirma que las alturas solo van hasta los 900 msnm (Universidad Autonoma Chapingo, 2001) lo cual podría tomarse como efecto de la latitud; las temperaturas pueden ir desde los 15C° hasta los 30 C°, sin embargo el rango optimo esta dado entre los 16 C° hasta los 27 C° (Malagon Guzman, 2013); tolerante a la sequía y a la sombra.

Fenología de la especie

Etapas fenológicas de “*Cannavalia ensiformis*”

Tabla 3. Ciclo fenológico de *Cannavalia* (Cruz Chanquin,

Etapa	Dias despues de la siembra
Cotiledones Vo	5
Desarrollo de cotiledones Vo	10
Aparicion hojas verdaderas V1	15
Desarrollo hojas verdaderas V2	20
Desarrollo hojas verdaderas V3	25
Formacion de ramas V4Ror1	30
Aparicion de yemas Florales V5 R1 r2	35
Aparicion de yemas florales V6 R1 r2	40
Yemas florales V6 R2 r2	45
Inflorescencia en crecimiento V7 R2 r3	50
inflorescencia en crecimiento v7 R2 r3	55
Aparicion de vainas V8 R3 r4	60
Desarrollo de vainas V8 R3 r5	65

R: reproductivos r: ramas

Ciclo de cultivo

El ciclo completo de esta especie esta dado entre los 120 a 150 días hasta el final del ciclo.

(Universidad Autonoma Chapingo, 2001)

5.8 Kudzu (pueraria phaseoloides)

Descripción Botánica

Las plantas de Kudzu son herbáceas, perennes y vigorosas, voluble y rastrera, las raíces de esta especie son penetrantes, poseen ramas o guías; los tallos principales tienen hasta 0,6cm de diámetro y hasta 5 metros de longitud, estos al pasar del tiempo se lignifican; las hojas

Principales son largas y trifolioladas, estas nacen sobre peciolos con longitudes circundantes a los 10 cm los cuales están cubiertos de pubescencias (Lopez del valle, 2011); Las flores poseen coloración Lila; los frutos son vainas cilíndricas, largas y estrechas (Bertimelo, 2013).

Requerimientos Edafoclimaticos.

Suelos.

Kudzu, presenta características interesantes puesto que resiste suelos encharcados, bajos en fertilidad, ácidos y deficientes en fosforo (Malagon Guzman, 2013), prefiere suelos arcillosos de texturas medias con Ph entre 4,5 y 6,5 (Fernandez Mayer, 2014).

Clima.

Esta especie se adapta bien a alturas que van desde los 0 a los 2000 msnm, con temperaturas entre los 18 C° a los 27 C°, se adapta bien a precipitaciones que pueden estar entre los 800 mm/año a los 3000 mm/año, puede soportar hasta 5 meses sin precipitaciones o por el contrario el encharcamiento (Malagon Guzman, 2013).

Fenología de la Especie.

Tablas 4. Ciclo fenológico de kudzu (perez & Roberto, 2014)

Etapa	Días despues de la siembra
Emergencia	10
Emicion de hojas verdaderas	15
Floracion	166

Ciclo del cultivo. Hasta tres años de duración, sus nudos pueden emitir raíces al contacto con el suelo

5.9 Crotalaria (*crotalaria júncea*)

Descripción Botánica

La crotalaria es una planta arbustiva de 2 a 3 metros de altura (Jimenez Suarez , Farfan Valencia, & Morales Londoño, 2006), posee tallo semi-leñoso, ramificado en la parte superior; esta especie posee hojas sésiles, alargadas y lanceoladas con la nervadura principal fuertemente pronunciada; las flores son grandes y amarillas, de 15 a 50 por inflorescencia; los frutos son vainas con 10 a 20 semillas en su interior , las semillas son de color grisáceo y lisas (Navas & Bernal , 1999).

Requerimientos edafoclimaticos.

Suelos.

Las plantas de crotalaria son muy rusticas, y sus necesidades en cuanto a suelos son muy básicas, se desarrollan bien en suelos secos y arenosos (Da Silva, Gandara Mendez, & Yoshio Kageyama, 2009) el Ph del suelo debe estar entre 5,5 y 7,5 (Li, Wang, Klassen, & Hanlon, 2015)

Clima

Esta especie requiere entre 600 a 1500 mm/ciclo para generar un desarrollo óptimo, puede crecer hasta una altura de 1000 msnm (Cruz Chanquin, 2012).

Fenología de la Especie.

Tabla 5. Ciclo fenológico de *Crotalaria* (Cruz Chanquin, 2012)

Etapa	Días despues de la siembra
Aparicion de cotiledones Vo	5
Desarrollo de cotiledones Vo	10
Aparicion par de hojas verdaderas V1	15
Elongacion Tallo V2	20
Formacion y aparicion de hojas V3	25
Crecimiento y formacion hojas V3	30
Crecimiento y formacion de hoja V4	35
Crecimiento y formacion de hoja V4	40
Crecimiento y formacion de hojas V4Ro	45
Crecimiento y formacion de hojas V5Ro	50
Crecimiento y formacion de hojas V6Ro	55
Aparicion de inflorescencia V7R1	60
Aparicion de inflorescencia V7R1	65

Ciclo del cultivo. Esta especie tarda aproximadamente 120 días hasta finalizar completamente su ciclo para cultivo

6. Materiales Y Métodos

Materiales

- semillas de abonos verdes (Mucuna, kudzu, Caupi, Canavalia, Crotalaria)
- GPS Spectra
- GPS Garmin 62 S
- Cilindros metálicos con tapa
- Medidor de humedad de campo “*HH2 – Moisture Meter*”
- Sonda SM 150
- Penetrografo con lanza de 60cm
- Formatos para Penetrografo
- Formatos de campo.
- Tractor
- Rastra pesada de 32 discos
- Formatos para toma de datos

Métodos

Ubicación

El presente ensayo se realizara en el km 43 vía puerto López, en instalaciones de la empresa bioenergy S.A predio el “Alcaraván” a 198 msnm, en el departamento del Meta (ilustración 1).

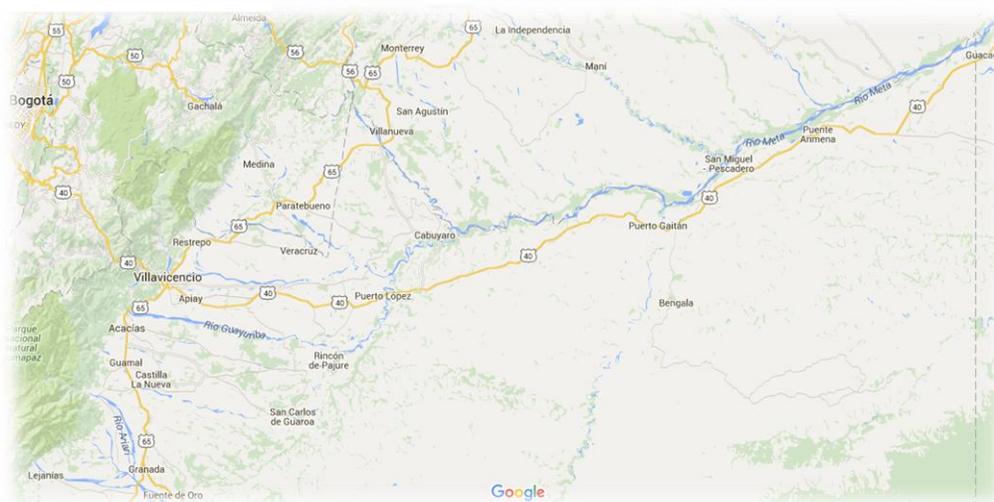


Ilustración 1. Ubicación del proyecto

El área del ensayo estará ubicada en la finca Alcaraván, la cual es dedicada al cultivo de caña, los tablones dispuestos para el ensayo serán el 27, 28, 29 para un total de 50,11 has (ilustración 2), en esta área se realizara la siembra e incorporación de los diferentes materiales de abonos verdes estudiados (Ilustracion 3)

7. Variables

7.1 Independientes

- Densidad de siembra del “AV”.
- Especie sembrada de “AV”.
- Relación C/N teórica.

7.2 Dependientes

- Densidad aparente.
- Humedad del suelo.
- Resistencia a la penetración.

7.3 Intervinientes

- Topografía del terreno.
- Precipitaciones.
- Radiación solar.
- Humedad relativa.
- Encalamiento pre siembra.
- Uso de maquinaria en incorporación.

8. Diseño experimental y método estadístico

El proyecto de investigación sobre el cual nos basamos para el presente ensayo, está desarrollado en conjunto por la Universidad de los Llanos y la empresa Bioenergy S.A, el cual está siendo desarrollado por el ingeniero Carlos Armando Medina Polo, con el fin de obtener el título de maestría en “PRODUCCION TROPICAL SOSTENIBLE”; a continuación damos a conocer los componentes del ensayo:

8.1 Componentes del ensayo

- **Suelos:** Los suelos objeto de este estudio pertenecen al orden de los oxisoles, ubicados en la altillanura colombiana y provenientes de producciones pecuarias orientadas a la ganadería extensiva con pasturas.
- **Densidades de siembra:** Las densidades de siembra del ensayo objeto del presente estudio son: 30 Kg/ha, 50 Kg/ha y 80 Kg/ha.
- **Plantas de abonos verdes:** Las plantas de abonos verdes pertenecen a 5 especies, las cuales son: Mucuna deeringiana, Pueraria Phaseoloides, Canavalia Ensiformis, Vigna Ungiculata y Crotalaria Juncea; las especies anteriormente nombradas fueron distribuidas aleatoriamente.

- **Testigo:** lotes distribuidos al azar sin siembras de abonos verdes pero con manejo similar a todas las parcelas

8.2 Diseño experimental

El Diseño experimental utilizado es denominado *Bloques completos al azar* donde se tienen tres bloques que corresponden a tres densidades de siembra (30kg/ha, 50Kg/ha y 80Kg/ha) y 6 tratamientos que corresponden a 5 especies de abonos verdes más un testigo, las especies fueron ubicadas al azar y las parcelas fueron definidas en franjas, en cada parcela existen tres puntos de muestreo que corresponden a los lugares donde realizaremos la toma de muestras complementarias producto de este escrito; aclaramos que nos basamos en el diseño experimental del proyecto macro con el fin de evitar sesgos en el análisis; A continuación presentamos las formulas generales del diseño experimental:

8.3 Modelo Lineal

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

8.4 Factor de corrección:

$$FC = \frac{Y^2}{rt}$$

Tabla 6. Análisis de la Varianza, Penetrabilidad

Tabla 7. Diseño de campo bloque 3Tabla 8. Análisis de la Varianza, Penetrabilidad

8.5 Suma de cuadrados totales

$$SCT = \sum \sum (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = \sum \sum Y_{ij}^2 - FC$$

8.6 Suma de cuadrados del tratamiento

$$SCTRAT = r \sum (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2 = \frac{\sum \sum Y_{ij}^2}{r} - FC$$

8.7 Suma de cuadrados por bloque

$$SCBLOQ = t \sum (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 = \frac{\sum Y_{i.}^2}{t} - FC$$

8.8 Suma de cuadrados del error

$$SCERROR = \sum \sum (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})^2 = SCT - (SCTRAT + SCBLOQ)$$

Anexo anterior presentamos las tablas de tratamientos implementadas en campo, y la distribución de las especies por bloque:

		Replica 1						Replica 2						Replica 3					
Bloque 1	80 Kg/ha	Mucuna	Cannavalia	Kudzu	Crotalaria	Testigo	Caupi	Crotalaria	Caupi	Cannavalia	Kudzu	Mucuna	Testigo	Mucuna	Cannavalia	Crotalaria	Kudzu	Testigo	Caupi
Bloque 2	50 Kg/ha	Crotalaria	Testigo	Caupi	Cannavalia	Kudzu	Mucuna	Kudzu	Testigo	Caupi	Crotalaria	Cannavalia	Mucuna	Mucuna	Cannavalia	Crotalaria	Kudzu	Testigo	Caupi
Bloque 3	30 Kg/ha	Caupi	Testigo	Crotalaria	Kudzu	Cannavalia	Mucuna	Mucuna	Crotalaria	Cannavalia	Testigo	Caupi	Kudzu	Mucuna	Testigo	Kudzu	Cannavalia	Caupi	Crotalaria

Tabla 7: Diseño de campo (bloques, réplicas y tratamientos)

Con base en el diseño experimental anteriormente expuesto pretendemos medir y comparar tres variables físicas del suelo que no habían sido contempladas en el trabajo inicial, con el fin de complementar el trabajo de grado de maestría en producción tropical sostenible del Ingeniero Carlos Medina.

Que son expuestas a continuación:

8.9 Variables a evaluar

- **Resistencia a la penetración:** definida como la fuerza cortante que debe realizar un cuerpo con el fin de entrar en el suelo factor medido en tres puntos por cada parcela.
- **Humedad de campo:** Definida como la humedad del suelo presente en cada punto de la parcela objeto de la medición, como característica distintiva cada uno de ellos tendrá un tratamiento (densidad + especie cultivada) (3 puntos por parcela).
- **Densidad aparente:** Es la relación que existe entre el volumen del suelo y el peso seco del mismo, factor medido en tres puntos por cada parcela.

9. Fase 1

9.1 Etapa 1:

Objetivo 1: “Modificar las condiciones de los suelos del ensayo mediante la incorporación de cinco especies abonos verdes”.

- **Actividad 1:**

Verificar la correcta incorporación de los diferentes materiales de abonos verdes en las diferentes densidades de siembra.

- **Tarea 1:** Visita preliminar a la zona donde se pretende realizar el ensayo.

9.2 Etapa 2:

Para la presente etapa se dispondrán tres puntos de muestreo por parcela que aplicaran para la toma de muestras y de datos de las tres actividades que componen esta etapa

Objetivo 2: “Medir y comparar los efectos de la materia orgánica incorporada en las condiciones físicas de humedad, penetración y densidad aparente.

- **Actividad 1:**

Determinar la densidad aparente en Los diferentes tratamientos del ensayo 160 días después de la incorporación de las especies de abonos verdes sembradas, mediante la toma de muestras con cilindros y su procesamiento en el laboratorio de física de la empresa Bioenergy S.A.

- **Tarea 1:** Realizar el alistamiento de los materiales para el muestreo.
- **Tarea 2:** Toma de muestras en los puntos de muestreo determinados en las parcelas del ensayo.

▪ **Actividad 2**

Determinar los contenidos de humedad en porcentaje en Los diferentes tratamientos del ensayo 160 días después de la incorporación de las especies de abonos verdes sembradas, mediante la utilización de un sensor “*HH2 Moisture meter*” y una *sonda SM150*”.

- **Tarea 1:** Realizar el alistamiento de los materiales para la toma de datos
- **Tarea 2:** Toma de datos en los puntos de muestreo determinados en las parcelas del ensayo.

- **Actividad 3**

Estimar los niveles de resistencia a la penetración en los diferentes tratamientos del ensayo 160 días después de la incorporación de las especies de abonos verdes sembradas, mediante la utilización de un penetraógrafo con lanza de 60 cm marca “Daiki 00842”.

- **Tarea 1:** Realizar el alistamiento de los materiales para el muestreo.
- **Tarea 1:** Toma de muestras en los puntos determinados en las parcelas del ensayo.

10. Fase 2

- **Etapa 1**

Objetivo 3: “Generar una metodología acorde a las condiciones de la altillanura con el fin de realizar un manejo adecuado de los suelos del área de ensayo.

- **Actividad 1**

Con base en los resultados de las investigaciones construir una metodología acorde a las condiciones de la altillanura con el fin de realizar un manejo adecuado en los suelos del área del ensayo.

- **Tarea 1:**

Realizar la compilación de resultados.

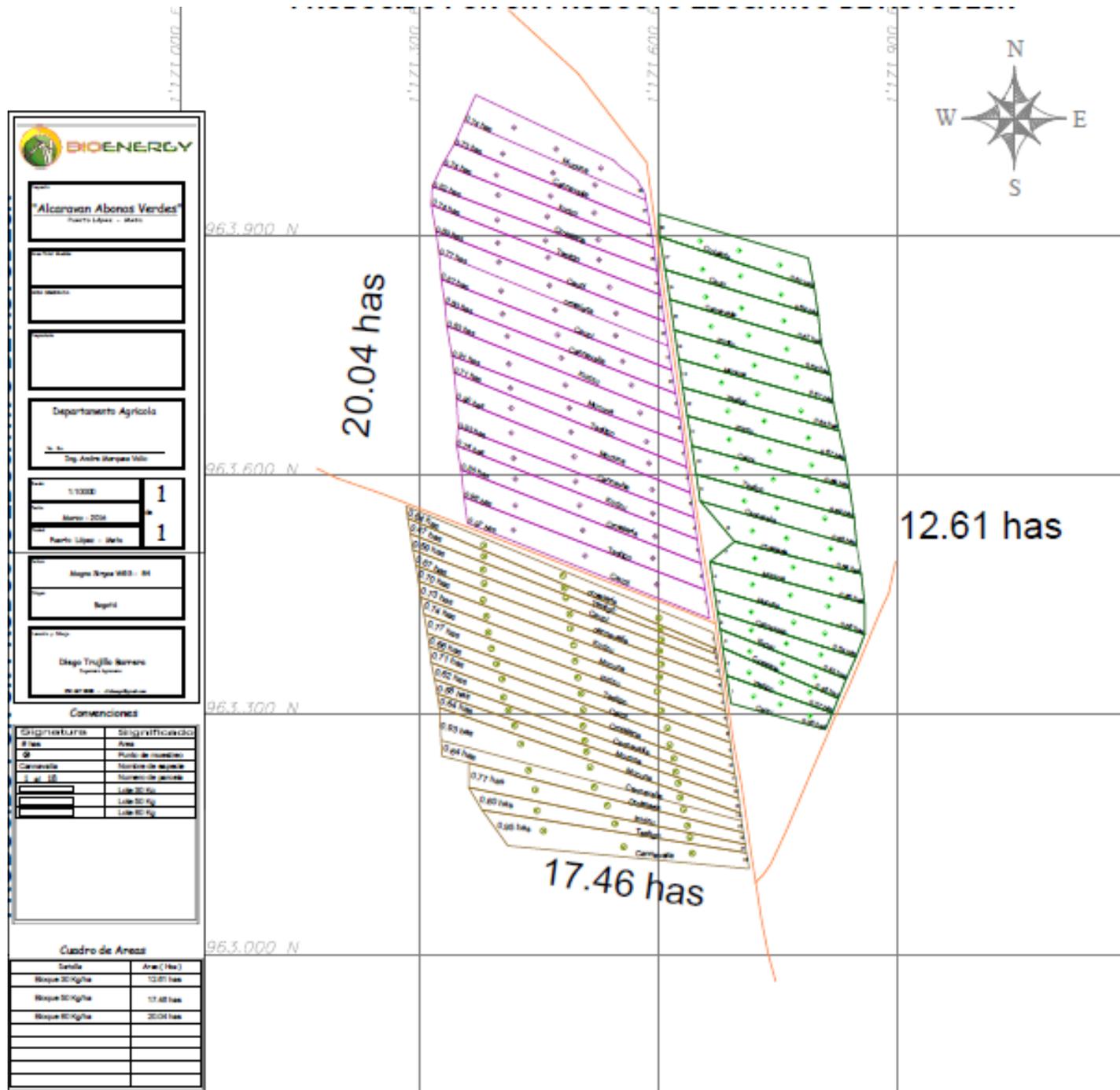
- **Tarea 2:**

Realizar el análisis estadístico

- **Actividad 2**

Realización del informe final.

A continuación damos a conocer los puntos de muestreo por parcela definidos en el diseño de campo implementado en el proyecto de investigación sobre el cual realizamos el presente estudio; los puntos se encuentran georeferenciados y sobre cada uno de ellos se realizara la toma de muestras y de datos, esta actividad será realizada con un *GPS Garmin map 62s* con un margen de error de 2 metros, los puntos de muestreo fueron definidos mediante el uso de *autocad map 2014 versión estudiantil*



11. Cronograma de actividades

Tabla 9. Cronograma de actividades

Objetivo General	Objetivo Especifico	Actividad	Tarea	Linea de Tiempo			
				Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Comparar el efecto de la incorporación de cinco especies de abonos verdes con base en tres variables físicas del suelo (resistencia a la penetración, Humedad de campo y Densidad aparente), en un suelo oxisol en predios de Bioenergy en la altillanura colombiana.	Modificar las condiciones de los suelos del ensayo mediante la incorporación de cinco especies abonos verdes.	Verificar la correcta incorporación de los diferentes materiales de abonos verdes en las diferentes densidades de siembra.	Visita preliminar a la zona donde se pretende realizar el ensayo.	X			
	Medir y comparar los efectos de la materia orgánica incorporada en las condiciones físicas de humedad, penetración y densidad aparente.	Determinar la densidad aparente en Los diferentes tratamientos del ensayo 160 días después de la incorporación de las especies de abonos verdes sembradas, mediante la toma de muestras con cilindros y su procesamiento en el laboratorio de física de la empresa Bioenergy S.A	<ul style="list-style-type: none"> • Tarea 1: Realizar el alistamiento de los materiales para el muestreo. • Tarea 2: Toma de muestras en los puntos de muestreo determinados en las parcelas del ensayo. 		X	X	
		Determinar los contenidos de humedad en porcentaje en Los diferentes tratamientos del ensayo 160 días después de la incorporación de las especies de abonos verdes sembradas, mediante la utilización de un sensor "HH2 Moitsure meter" y una sonda SM150".	<ul style="list-style-type: none"> • Tarea 1: Realizar el alistamiento de los materiales para la toma de datos • Tarea 2: Toma de datos en los puntos de muestreo determinados en las parcelas del ensayo. 		X		
		Estimar los niveles de resistencia a la penetración en los diferentes tratamientos del ensayo 160 días después de la incorporación de las especies de abonos verdes sembradas, mediante la utilización de un penetraógrafo con lanza de 60 cm marca "Daiki 00842".	<ul style="list-style-type: none"> • Tarea 1: Realizar el alistamiento de los materiales para el muestreo. • Tarea 1: Toma de muestras en los puntos determinados en las parcelas del ensayo. 		X		
	Generar una metodología acorde a las condiciones de la altillanura con el fin de realizar un manejo adecuado de los suelos del área de ensayo.	Con base en los resultados de las investigaciones construir una metodología acorde a las condiciones de la altillanura con el fin de realizar un manejo adecuado en los suelos del área del ensayo.	<ul style="list-style-type: none"> • Tarea 1: Realizar la compilación de resultados. • Tarea 2: Realizar el análisis estadístico 			X	X
	Realización del informe final.						X

12. Equipos utilizados en la toma de datos

12.1. Ubicación de los puntos de muestreo

Con el fin de disminuir el error en la toma de muestras realizamos los puntos de muestreo en un mapa base, estos puntos se realizaron en “Autocad Map 2012 versión estudiantil”, dichas ubicaciones fueron extraídas como archivos SHP y cargadas al programa “Global Mapper v16” con el fin de realizar la conversión de archivos SHP de líneas y puntos a un archivo comprimido en formato garmin denominado GPX.

GPS Garmin 62s: cuenta con antena cuadrifilar Helix y receptor con WAAS de alta sensibilidad y predicción por satélite Hotfix, Cuenta con altímetro barométrico y brújula de 3 ejes; el margen de error es de +/- 3 metros.

12.2. Medición de variables

12.2.1. Resistencia a la penetración

- Penetrografo Daiki 00842: Este implemento consta de tres parte, en primera medida utilizamos una punta en cono de 1cm, Una lanza de 60cm y un cuerpo compuesto de brazos para aplicar la fuerza y un cilindro movable articulado con una cuerda y una base de metal dispuesta en el extremo distal de la lanza que generan movimiento del cilindro a medida que aumenta la profundidad.

12.2.2. Humedad de campo

- Sensor “*HH2 Moisture meter*”: Este equipo almacena hasta 2000 lecturas con fecha y hora; El tipo Medidor de humedad HH2 es una unidad versátil lectura para su uso con sensores de humedad del suelo Delta-T Devices: Perfil de la sonda, ThetaProbe, SM150, SM300 y WET Sensor; para este ensayo usamos la sonda SM150.
- *Sonda SM150*”. Esta sonda genera un rango de precisión de +/- 3 genera medidas de humedad volumétrica en porcentaje.

12.2.3. Densidad Aparente

- Cilindros para la toma de muestras físicas: definidos con áreas conocidas con el fin de comparar el volumen total del cilindro respecto a su peso seco.

13. Resultados

Tabla 12. Resultados obtenidos en campo

Tratamientos	Humedad de campo			Densidad Aparente			Penetrabilidad		
	Replica # 1	Replica # 2	Replica # 3	Replica # 1	Replica # 2	Replica # 3	Replica # 1	Replica # 2	Replica # 3
	%			g/cm ³			Kg/cm ²		
Kudzu 30Kg/ha	12,18	9,57	12,40	1,17	1,32	1,23	36,95	27,76	30,31
Kudzu 50Kg/ha	10,12	9,60	9,93	1,32	1,32	1,32	30,23	37,18	40,62
Kudzu 80Kg/ha	8,27	9,62	8,60	1,22	1,25	1,32	36,46	37,74	16,59
Cannavalia 30Kg/ha	11,05	11,22	10,55	1,23	1,37	1,28	34,15	33,87	38,08
Cannavalia 50Kg/ha	9,80	8,83	9,22	1,28	1,34	1,26	30,54	32,15	36,92
Cannavalia 80Kg/ha	7,68	12,03	8,98	1,36	1,31	1,20	30,85	30,90	28,95
Mucuna 30 Kg/ha	11,25	12,20	10,92	1,43	1,43	1,30	29,15	30,69	28,33
Mucuna 50 Kg/ha	9,60	9,07	9,08	1,39	1,36	1,24	39,18	37,03	36,36
Mucuna 80 Kg/ha	7,55	9,32	9,40	1,23	1,31	1,15	35,92	27,03	27,67
Caupi 30 Kg/ha	11,07	10,70	10,75	1,35	1,20	1,33	30,31	27,01	35,79
Caupi 50 Kg/ha	11,10	9,47	9,07	1,47	1,46	1,32	33,92	28,59	39,38
Caupi 80 Kg/ha	9,00	9,92	8,87	1,22	1,34	1,39	30,15	24,41	21,54
Crotalaria 30 Kg/ha	15,60	10,23	9,78	1,34	1,32	1,33	28,32	24,97	33,28
Crotalaria 50 Kg/ha	8,30	8,87	10,03	1,29	1,25	1,36	30,67	34,41	30,33
Crotalaria 80 Kg/ha	8,80	6,52	9,27	1,29	1,16	1,28	31,64	28,64	39,36
Testigo 30Kg/ha	12,73	11,08	10,38	1,37	1,40	1,26	34,85	27,46	34,44
Testigo 50Kg/ha	11,92	8,90	10,83	1,41	1,16	1,36	38,00	27,49	37,74
Testigo 80Kg/ha	10,57	9,85	11,00	1,23	1,33	1,36	26,51	25,03	25,36

14. Análisis de Resultados

En análisis de resultados se realizó con base en el diseño experimental “bloques completos al azar” y fue tomada como herramienta fundamental del análisis el programa de análisis estadístico SPSS versión 18.

- En primera medida podemos observar que respecto a las condiciones de humedad de los diferentes puntos de muestreo en las 54 parcelas definidas no se observó diferencia significativa dentro de los grupos definidos como densidades de siembra (30 Kg/ha, 50 Kg/ha y 80 Kg/ha; cada uno con 6 especies) (este Factor denotado en el ítem “*densidad de siembra*” de la tabla # 10 de anexos denominada “*cuadro de Análisis de la Varianza*” y en la tabla 11 de la lista anexos denominada “*Test de Duncan – tratamiento*”); sin embargo al cruzar esta misma variable de humedad de campo respecto a la densidad de siembra (30 Kg/ha, 50 Kg/ha y 80 Kg/ha) y a las diferentes especies establecidas podemos afirmar que existen diferencias significativas denotadas en la tabla de ANAVA #12 pues en este aspecto $F > \text{valor } p$ (factor aclarado en la *tabla # 12 denominada de test de Duncan de densidades de siembra*” en la lista de anexos), El factor de réplicas no presento diferencias significativas dentro de ninguno de los tratamiento. (Aspecto ilustrado en la tabla # 4 denominada “*Test de Duncan, Replicas*”).

○

- Respecto a la interacción entre todas las variables observadas podemos inferir (respecto a la tabla #14 denominada interacción entre variables), que el tratamiento crotalaria de 30 Kg/ha difiere estadísticamente a todos los tratamientos expresando mayor contenido de humedad de

campo; por otro lado los tratamientos con menores humedades de campo se ubicaron en los grupos tratados con densidades de siembra de 50Kg/ha y 80 Kg/ha, estos mismos grupos ocupan un rango medio dentro del análisis estadístico, significando que sería igual o mejor aplicar densidades de siembra inferiores con el fin de permitir que las especies expresen su potencial genético respecto a biomasa y por ende conservación de la humedad al ser incorporadas.

- Ahora bien, si observamos la variable densidad aparente no se observaron diferencias significativas entre tratamientos puesto que todos los factores p dentro de los tratamientos son superiores a 0,05 (factor analizado en la Tabla # 15 denominada Análisis de varianza, Densidad Aparente) sin embargo la menor densidad aparente fue la obtenida con Kudzu pero este dato es poco confiable puesto que este material no genero cobertura suficiente en el área de las parcelas por especie y por densidad, donde se observó que había rastros de erosión hídrica y arrastre de material por falta de cobertura, luego de la incorporación, 160 días después podemos observar síntomas más marcados en estas áreas en cuanto a erosión por altas precipitaciones; las densidades aparentes de Mucuna, crotalaria y cannavalia presentan valores iguales, no tienen diferencias significativas y en general aquellas se comportaron mejor con la variable evaluada, Densidad Aparente, (este factor puede observarse en la tabla # 16 denominada Test de Duncan, Densidad Aparente); por otro lado podemos observar que respecto a las densidades de siembra cruzadas con los valores de densidad aparente los valores menores son los de la densidad de 80 Kg/ha y los menores los obtenidos por 50Kg/ha, variables que presentan diferencias estadísticamente significativas, sin embargo la densidad de siembra en 30 Kg ha presenta similitudes con las densidades anteriormente mencionadas, es decir no habría una diferencia significativa entre sembrar 30 Kg/ha con 50Kg/ha o

30Kg/ha con 80Kg/ha pero si entre 80Kg/ha y 50Kg/ha, siendo el punto de equilibrio entre los dos factores la densidad de siembra de 30 Kg/ha en la variable Densidad Aparente; Las réplicas no presentaron diferencias significativas dentro de los tratamientos.

- Respecto a la variable de penetrabilidad podemos afirmar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos de las especies dentro de las densidades de siembra (como se observa en la tabla #20 denominada “Análisis de la Varianza, Penetrabilidad”) pues en el análisis de varianza todos los valores de p son superiores a 0,05 exceptuando el relacionado con las densidades de siembra, donde al igual que en el párrafo relacionado con la densidad aparente la densidad de siembra que marca el punto de equilibrio entre ellas es 30 kg/ha, las demás son valores cercanos a 30 pero distantes entre ellos (50 kg/ha y 80 kg/ha)(esto se puede observar en la tabla # 21 denominada “*Prueba de Duncan, Penetrabilidad en tratamientos*”). Respecto a las réplicas dentro de los tratamientos podemos afirmar que no existen diferencias significativas dentro ellas.

15. Conclusiones

Tomando como base los análisis de resultados podemos concluir que las densidades de siembra marcan diferencias significativas respecto a las variables evaluadas dentro de los grupos de densidades, sin embargo entre ellos no se presentan diferencias significativas que representen la toma de una decisión en campo.

- La especie crotalaria júncea sembrada a 30Kg/ha en la variable de conservación de la humedad presento los mejores resultados en cuanto a conservación de la humedad generando diferencias altamente significativas con el resto de las especies establecidas dentro de esa densidad y con las demás especies en las densidades de siembra de 50Kg/ha y 80Kg/ha sin embargo el factor más bajo lo presento esa misma especie en la densidad de 80Kg/ha dándonos un elemento de juicio para la toma de decisiones en campo y este se reduce a: *“para la utilización de crotalaria juncea en suelos oxisoles de la altillanura colombiana la densidad de siembra apropiada para esta especie es 30Kg/ha pues sus cualidades en cuanto a conservación de la humedad se ven reflejadas bajo esta densidad, por encima de ella los efectos serán adversos”*.
- En cuanto a la densidad aparente podemos concluir que las especies no presentaron diferencias significativas dentro de las densidades de siembra pero entre ellas (las densidades de siembra) si presentaron diferencias significativas, este factor se dio entre 50Kg/ha y 80Kg/ha, la densidad de siembra que marco un punto de equilibrio fue 30Kg/ha puesto que esta no presento diferencias significativas en esta variable con las dos densidades de siembra ya mencionadas, las especies en esta densidad que marcaron comportamientos positivos fueron Caupi, cannavalia, crotalaria y Mucuna, indistintamente de la especie que se escoja

para el manejo de un suelo se generara un comportamiento similar, el factor decisivo será la densidad de siembra.

- La variable de resistencia a la penetración tuvo un comportamiento similar con la variable densidad aparente, la densidad de siembra de 30Kg/ha marco un punto de equilibrio entre las tres densidades de siembra implementadas.
- Para la toma de decisiones logísticas y económicas en campo, podemos afirmar que la densidad de siembra escogida deberá corresponder a 30Kg/ha o cercana a ella con el fin de aumentar los contenidos de humedad en los suelos por efecto de menor competencia en el desarrollo de la parte aérea de crotalaria juncea, especie mencionada por presentar las mejores características en este aspecto, ahora bien si hablamos del aspecto económico tendremos que implementar 80Kg/ha con un costo por kilogramo de \$30.000 será de 2.4 millones teniendo claro que bajo esta densidad en el aspecto de humedad se presentaran efectos adversos, contrario a implementar 30Kg/ha que tendrá un costo de \$900.000 donde se encontraran aspectos favorables en cuanto a humedad y un punto de equilibrio en cuanto a penetrabilidad y densidad aparente respecto a las demás densidades de siembra.

16. Anexo Análisis Estadístico

Tabla 1013. “Cuadro de Análisis de la Varianza”

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%humedad	54	0,54	0,29	12,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	64,56	19	3,40	2,12	0,0271
Tratamiento	6,81	5	1,36	0,85	0,5238
Densidad de siembra	45,61	2	22,81	14,25	<0,0001
Replica	2,94	2	1,47	0,92	0,4090
Tratamiento*densidad.	9,21	10	0,92	0,58	0,8223
Error	54,41	34	1,60		
Total	118,97	53			

Tabla 11. Prueba de Duncan-tratamientos

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 1,6003 gl: 34

Tratamiento	Medias	n	
Crotalaria	9,71	9	A
mucuna	9,83	9	A
cannavalia	9,93	9	A
Caupi	10,01	9	A
kudzu	10,03	9	A
Testigo	10,81	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Tabla 14. Test de Duncan, Densidades de siembra

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 1,6003 gl: 34

Densidad de siembra	Medias	n	
80,00	9,19	18	A
50,00	9,65	18	A
30,00	11,33	18	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Tabla 1315. Test de Duncan, replicas

Test: Duncan Alfa: 0,05
 Error: 1,6003 gl: 34

Replica	Media n		
2,00	9,83	18	A
3,00	9,96	18	A
1,00	10,38	18	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Tabla 14. Test Duncan, interacción entre variables.

Test : Duncan Alfa: 0,05
 Error: 1,6003 gl: 34

Tratamiento	densidad de siembra	Medias	n				
Crotalaria	80,00	8,20	3	A			
<u>mucuna</u>	80,00	8,77	3	A	B		
<u>kudzu</u>	80,00	8,83	3	A	B		
Crotalaria	50,00	9,07	3	A	B	C	
<u>mucuna</u>	50,00	9,27	3	A	B	C	
<u>cannavalia</u>	50,00	9,27	3	A	B	C	
Caupi	80,00	9,27	3	A	B	C	
<u>cannavalia</u>	80,00	9,57	3	A	B	C	D
<u>kudzu</u>	50,00	9,87	3	A	B	C	D
Caupi	50,00	9,90	3	A	B	C	D
Testigo	80,00	10,50	3	A	B	C	D
Testigo	50,00	10,53	3	A	B	C	D
Caupi	30,00	10,87	3		B	C	D
<u>cannavalia</u>	30,00	10,97	3		B	C	D
Testigo	30,00	11,40	3			C	D
<u>kudzu</u>	30,00	11,40	3			C	D
<u>mucuna</u>	30,00	11,47	3			C	D
Crotalaria	30,00	11,87	3				D

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Tabla 1518. Análisis de varianza, Densidad Aparente

Variable	N	R²	R²Aj	CV
Densidad aparente	54	0,37	0,01	6,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,14	19	0,01	1,03	0,4554
Tratamiento	0,03	5	0,01	0,84	0,5329
Densidad de siembra	0,05	2	0,02	3,19	0,0536
Replica	3,1E-03	2	1,5E-03	0,22	0,8052
Tratamiento*densidad.	0,06	10	0,01	0,86	0,5798
Error	0,24	34	0,01		
Total	0,38	53			

Tabla 16. Test de Duncan, Densidad Aparente

Test: Duncan Alfa: 0,05
 Error: 0,0071 gl: 34

Tratamiento	Medias	n	
kudzu	1,27	9	A
mucuna	1,30	9	A
Crotalaria	1,30	9	A
cannavalia	1,30	9	A
Testigo	1,33	9	A
Caupi	1,34	9	A

Tabla 1719. Test de Duncan, Densidad Aparente x Densidad de siembra

Test: Duncan Alfa: 0,05
 Error: 0,0071 gl: 34

Densidad de siembra	Medias	n		
80,00	1,27	18	A	
30,00	1,31	18	A	B
50,00	1,34	18		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tabla 18. Test de Duncan, Densidad aparente – replicas

Test: Duncan Alfa: 0,05
 Error: 0,0071 gl: 34

Replica	Media	n	
3,00	1,30	18	A
1,00	1,31	18	A
2,00	1,32	18	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tabla 19. Interacción entre variables, Densidad Aparente

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 0,0071 gl: 34

Tratamiento densidad de siembra	Medias	n		
<u>mucuna</u> 80,00	1,20	3	A	
<u>kudzu</u> 30,00	1,24	3	A	
<u>kudzu</u> 80,00	1,26	3	A	
Crotalaria 80,00	1,27	3	A	
Caupi 30,00	1,30	3	A	B
<u>cannavalia</u> 80,00	1,30	3	A	B
<u>cannavalia</u> 50,00	1,30	3	A	B
<u>cannavalia</u> 30,00	1,30	3	A	B
Testigo 80,00	1,30	3	A	B
Caupi 80,00	1,30	3	A	B
Crotalaria 30,00	1,30	3	A	B
<u>kudzu</u> 50,00	1,32	3	A	B
Crotalaria 50,00	1,33	3	A	B
Testigo 50,00	1,33	3	A	B
<u>mucuna</u> 50,00	1,33	3	A	B
<u>mucuna</u> 30,00	1,37	3	A	B
Testigo 30,00	1,37	3	A	B
Caupi 50,00	1,43	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tablas 20. Analisis de varianza, penetrabilidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Penetrabilidad	54	0,45	0,14	14,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	608,41	19	32,02	1,44	0,1740
Tratamiento	57,80	5	11,56	0,52	0,7602
Densidad de siembra	258,27	2	129,14	5,80	0,0068
Replica	66,42	2	33,21	1,49	0,2395
Tratamiento*densidad	225,91	10	22,59	1,01	0,4521
Error	757,44	34	22,28		
Total	1365,84	53			

Tabla 21. Prueba de Duncan, Penetrabilidad en tratamientos

Test : Duncan Alfa: 0,05
Error: 22,2775 gl: 34

<u>tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	
Caupi	30,12	9	A
Testigo	30,76	9	A
Crotalaria	31,29	9	A
<u>mucuna</u>	32,38	9	A
<u>kudzu</u>	32,64	9	A
<u>cannavalia</u>	32,93	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tabla 22. Prueba de Duncan, penetrabilidad en densidades de siembra

Test : Duncan Alfa: 0,05
Error: 22,2775 gl: 34

<u>densidad de siembra</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>		
80,00	29,14	18	A	
30,00	31,43	18	A	B
50,00	34,48	18		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tabla 23. Prueba de Duncan, penetrabilidad en replicas

Test: Duncan Alfa: 0,05
Error: 22,2775 gl: 34

<u>Replica</u>	<u>Media</u>	<u>n</u>	
2,00	30,13	18	A
3,00	32,28	18	A
1,00	32,65	18	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tabla 24. Interacción entre variables, Penetrabilidad

Test : Duncan Alfa: 0,05

Error: 22,2775 gl: 34

Tratamiento	densidad de siembra	Medias	n		
Caupi	80,00	25,37	3	A	
Testigo	80,00	25,63	3	A	
Crotalaria	30,00	28,87	3	A	B
<u>mucuna</u>	30,00	29,40	3	A	B
<u>cannavalia</u>	80,00	30,20	3	A	B
<u>mucuna</u>	80,00	30,20	3	A	B
<u>kudzu</u>	80,00	30,27	3	A	B
Caupi	30,00	31,03	3	A	B
<u>kudzu</u>	30,00	31,67	3	A	B
Crotalaria	50,00	31,80	3	A	B
Testigo	30,00	32,23	3	A	B
Crotalaria	80,00	33,20	3	A	B
<u>cannavalia</u>	50,00	33,20	3	A	B
Caupi	50,00	33,97	3	A	B
Testigo	50,00	34,40	3	A	B
<u>cannavalia</u>	30,00	35,40	3		B
<u>kudzu</u>	50,00	36,00	3		B
<u>mucuna</u>	50,00	37,53	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

17. Evidencia Fotográfica



Ilustración 5. Sensor HH2 toma de humedad de campo



Ilustración 6. Sonda SM150 conectada al sensor HH2



Ilustración 7. Operario de campo realizando la labor de marcaje de las muestras colectadas en campo



Ilustración 8. GPS Garmin 62s verificación del margen del margen de error y numero de satélites con señal



Ilustración 9. Muestra de densidad aparente en laboratorio



Ilustración 10. Toma de datos de penetrabilidad con el Penetrografo



Ilustración 11. Penetrografo con el cual realizamos la toma de resistencia a la penetración en campo.



Ilustración 12. Demarcación de parcelas sometida a incorporación de abonos verdes



Ilustración 13. Parcela de Kudzu con poca área de cobertura sobre el suelo.



Ilustración 14. Toma de muestras de humedad de campo con sensor HH2 Y sonda SM150



Ilustración 15. Cultivo de caña sembrado donde se incorporó los abonos verdes presencia de mayor humedad en el suelo

18. Metodología de Manejo de los suelos con abonos verdes para implementación del cultivo de la caña

18.1. Antecedentes

Los suelos de la altillanura colombiana sembrados por Bioenergy S.A, en líneas generales provienen de producciones ganaderas o sabanas nativas, las cuales han entregado estas unidades productivas en condiciones químicas, físicas y biológicas precarias fundamentadas en diferentes causas tales como el deficiente laboreo del suelo, suelos descubiertos y precipitaciones elevadas, compactación excesiva de los suelos por el tránsito del ganado y además otras causas que pueden deberse a factores ambientales naturales de la zona como los materiales parentales, la baja capacidad de intercambio catiónico, contenidos de materia orgánica mínimos debido a la rápida descomposición (sin desconocer las prácticas inadecuadas que disminuyen el contenido de M.O), además de la no investigación en especies que puedan ayudar a conservar los suelos; las causas descritas anteriormente generan efectos tangibles y diferibles en los suelos y el agro ecosistema del cultivo de la caña traducidos en tres pilares fundamentales como lo son: los elevados costos de producción, baja fertilidad en los suelos y la inexistencia de una especie de abono verde para realizar prácticas de conservación de los suelos.

18.2. Especie a utilizar

Partiendo de los conceptos emitidos por el actual proyecto de Tesis proponemos la especie *crotalaria júncea* por ser la más eficiente luego de incorporada en mantener la humedad de campo, generar un equilibrio entre la densidad aparente y la resistencia a la penetración.

18.3. Densidad de Siembra

Respecto al proyecto de investigación actual, la densidad de siembra más apropiada respecto a las variables ya mencionadas es 30Kg/ha, puesto que en este punto se marca un punto de equilibrio entre las densidades de siembra y por ser una densidad de siembra menor se reducirían los costos de establecimiento de esta especie.

18.4. Metodología de Manejo con siembra de abonos verdes

La siguiente metodología de manejo de los suelos sembrados por Bioenergy S.A en la altillanura colombiana:

- Debido a que gran parte de suelos admitidos para el cultivo de la caña en las diferentes empresas del sector provienen de sabanas nativas o pasturas degradadas, es indispensable romper el ciclo de cultivo de estas especies con el fin de no dejar problemas en las áreas sembradas posteriormente en caña.

- Es preciso realizar labranza vertical en las áreas posteriormente sembradas para ayudar a mejorar la circulación de gases y agua en el perfil del suelo, estos factores mejoraran en gran medida la nutrición de las plantas.
- Posterior a ello y para la siembra de materiales de abonos verdes es indispensable contar con una boleadora de péndulo.
- Se debe realizar mezcla de abonos con la semilla para reducir el gasto en jornales y tiempos de operación de la maquinaria (los abonos se mezclaran a razón de 30:100, 30 de semilla y 100 de abono).
 - Es recomendado implementar 30Kg/ha debido a que bajo esta densidad los aspectos relacionados con conservación de la humedad, penetrabilidad y densidad aparente se comportan muy bien.
- Esta especie será incorporada antes del inicio del proceso de floración, es decir mínimo 100 días después de la siembra.
- Se deberá esperar que el periodo de incubación del material pase, este periodo transcurrirá en 90 días.

Posteriormente podemos iniciar la implementación del cultivo de la caña, se deberá esperar un comportamiento similar en cuanto a humedad de campo, densidad aparente y penetrabilidad, aclarando que las condiciones finales del suelo respecto al impacto que puedan generar los abonos verdes, en este caso *crotalaria júncea* dependerán del grado de severidad en que se encuentra cada variable.

18.5. Metodología de manejo de Suelos para la implementación de Abonos verdes

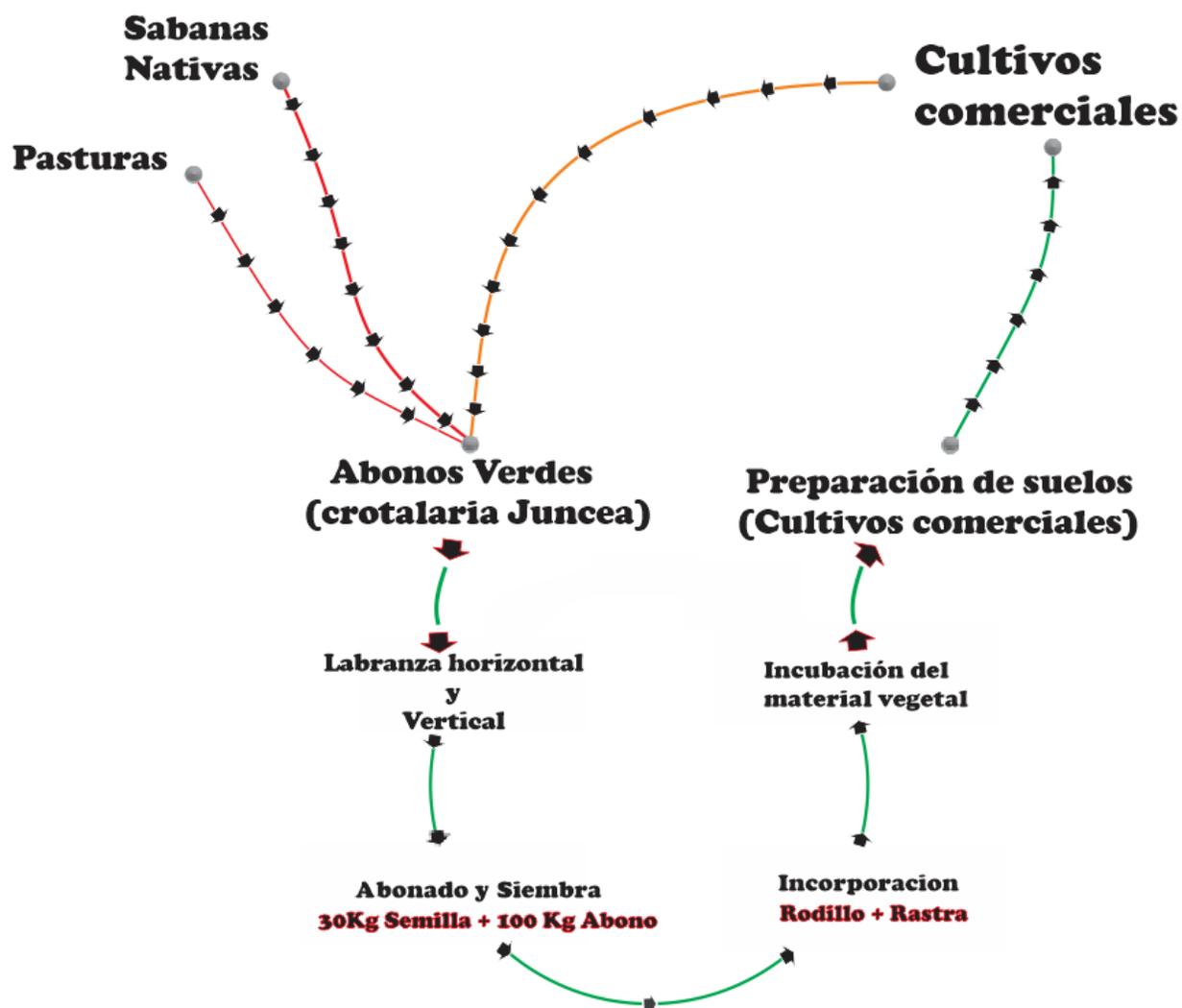


Ilustración 16. Metodología para el manejo de suelos y la implementación de abonos verdes

16. Bibliografía

- Alban, M. (21 de 10 de 2013). *SwissContact*. Recuperado el 02 de 03 de 2016, de [http://www.swisscontact.org.pe/sites/default/files/CAUPI\[smallpdf.com\].pdf](http://www.swisscontact.org.pe/sites/default/files/CAUPI[smallpdf.com].pdf)
- Aspromor;. (22 de 11 de 2010). *Asociacion de productores agropecuarios del distrito de Morropon*. Recuperado el 09 de 03 de 2016, de <http://aspromorperu.org/documentos/Fichatecnicacomercial-productivafrijolcaupi.pdf>
- Atilio Cabrera, C., & Reyes Castillo, C. (02 de 07 de 2008). *Centro Nacional de Tecnologia Agropecuaria y Forestal "Enrique Alvarez Cordoba"*. Recuperado el 02 de 03 de 2016, de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>
- Bertimelo. (25 de 04 de 2013). *Universidade Estadual Paulista "julio de Mezquita Filho"*. Recuperado el 02 de 03 de 2016, de <http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/ANACLAUDIARUGGIERI/aula-leguminosas-2013.pdf>
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (1983). En J. Salinas, & C. Valencia, *Oxisoles y Ultisoles en America Tropical (Distribucion, Importancia y Propiedades Fisicas)* (págs. 5-9). Cali: CIAT.
- Colacelli, Norberto;. (02 de 12 de 2002). *Produccion Agroindustrial del NOA*. Recuperado el 26 de 02 de 2016, de http://www.produccion.com.ar/2002/02dic_03.htm
- Cruz Chanquin, B. (01 de 11 de 2012). *Biblioteca Central "universidad de San Carlos de Guatemala"*. Recuperado el 08 de 03 de 2016, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2808.pdf
- Da Silva, B., Gandara Mendez, F., & Yoshio Kageyama, P. (23 de 09 de 2009). *Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"; Universidades de Sao Paulo*. Recuperado el 08 de 03 de 2016, de <http://www.lcb.esalq.usp.br/extensao/DESAAFCA/crotalarias.pdf>
- Fernandez Mayer, A. (24 de 01 de 2014). *INTA*. Recuperado el 08 de 03 de 2016, de https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiGrq79nLHLAhVD6CYKHZPbDskQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fnutriciondebovinos.com.ar%2FMD_upload%2Fnutriciondebovinos_com_ar%2FArchivos%2FFile%2FKUDZU.doc&usg=AFQjCNF8Eqf
- Finck, A. (1998). Historia del Abonado. En A. Finck, *Fertilizantes y Fertilizacion* (pág. 20). Barcelona: Reverte S.A.

- Fonseca Carreño, J., & Gomez , S. (26 de 12 de 2013). *UNAD*. Recuperado el 08 de 03 de 2016, de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301615/16._Abonos_verdes.pdf
- Garcia Carreon, Samuel; Martinez Menez, Mario;. (06 de 01 de 2007). *Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural y Pesca y Alimentacion*. Recuperado el 26 de 02 de 2016, de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20Verdes.pdf>
- Hernández Lara, Oneyda ; Cintra Arenciabia, Marianela ; Alfonso, Claro ; Sánchez Arce, Inálvis; Rodríguez Aguilar, Yadira ; Oliva Collazo, Raimundo; López Martínez, Norys; Linares Jiménez, Teudys; Ceballos Prevost, Dermis ; San Lois, Dionel ; Velásquez Leiva, Cristina ;. (18 de 08 de 2010). *FAO*. Recuperado el 26 de 02 de 2016, de http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cuba_manual_ac.pdf
- Jimenez Suarez , A., Farfan Valencia, F., & Morales Londoño, C. (18 de 07 de 2006). *Cenicafe*. Recuperado el 02 de 03 de 2016, de [http://www.cenicafe.org/es/publications/arc056\(02\)093-109.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/arc056(02)093-109.pdf)
- Li, Y., Wang, Q., Klassen, W., & Hanlon, E. (22 de 09 de 2015). *Tropical Seeds*. Recuperado el 08 de 03 de 2016, de <http://www.tropseeds.com/es/crotalaria/>
- Lopez del valle, D. (2011). *Kudzu (Pueraria Phaseoloides)*. Mexico D.F.
- Malagon Guzman, D. (05 de 12 de 2013). *Sistema de toma de desiciones para la seleccion de especies forrajeras*. Recuperado el 08 de 03 de 2016, de http://stdf.sistencial.com/Content/fichas/pdf/Ficha_97.pdf
- Navarro Blaya, S., & Navarro Garcia, G. (2003). Fracciones Coloidales, Arcillas. En S. Navarro Blaya, & G. Navarro Garcia, *Quimica Agricola* (págs. 40-41). Madrid, España: Mundi-Prensa Libros, S.A.
- Navas, G., & Bernal , J. (1999). *Caracterirazacion de leguminosas como abono verde para los sistemas de produccion del piedemonte llanero y la altillanura plana Colombiana*. Villavicencio: Corpoica.
- Obando Castellanos, D. (31 de 05 de 2012). *Biblioteca Digital Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el 02 de 03 de 2016, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7266/1/07790779.2012.pdf>
- perez, M., & Roberto, A. (06 de 03 de 2014). Evaluación de cuatro leguminosas en barbechos antiguos utilizadas como cultivos para abonos verdes en la comunidad de las casas del Municipio de Padilla, Chuquisaca . San Francisco Xavier de Chuquisaca, Chuquisaca, Bolivia: Universidad Mayor Real.

Puertas, F., Arevalo, E., Zuñiga, L., Alegre, J., Loli, O., Hugo, S., & Baligar, V. (17 de 08 de 2009). *Universidad Nacional Agraria La Molina*. Recuperado el 02 de 03 de 2016, de Scielo: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a04v7n1-2.pdf>

Quiroz, E., Meneses, D., Cervantes, C., & Urbina, L. (1995). ABONOS VERDES "una alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos". En E. Quiroz, D. Meneses, C. Cervantes, & L. Urbina, *ABONOS VERDES "una alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos"* (págs. 13-14). Coronado, Costa Rica: Priag.

Universidad Autonoma Chapingo. (04 de 09 de 2001). *Universidad Autonoma Chapingo*. Recuperado el 02 de 03 de 2016, de <http://www.virtual.chapingo.mx/dona/paginaIntAgronomia/abonoverde2.pdf>

Villar Vera, L. (17 de 10 de 2011). *Ministerio de agricultura y ganaderia de paraguay*. Recuperado el 02 de 03 de 2016, de <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/Cultivo+de+Poroto.pdf>