

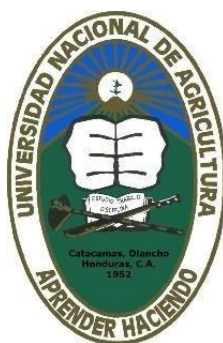
UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACION DE UN SISTEMA AGROFORESTAL DE MAÍZ (*Zea mays*) Y
CAOBA (*Swietenia humilis*) APLICANDO ABONOS ORGÁNICOS Y CULTIVOS
DE COBERTURA**

POR:

DERICK ARIEL JIMÉNEZ JIMÉNEZ

TESIS



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS

DICIEMBRE, 2013

**EVALUACION DE UN SISTEMA AGROFORESTAL DE MAÍZ (*Zea mays*) Y
CAOBA (*Swietenia humilis*) APLICANDO ABONOS ORGÁNICOS Y CULTIVOS
DE COBERTURA**

POR:

DERICK ARIEL JIMENEZ JIMENEZ

Ing. DAVID ZUNIGA

Asesor Principal

**TESIS PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS,

OLANCHO

DICIEMBRE, 2013

DEDICATORIA

A DIOS por guiarme en el camino que debe de ser, y por darme la fuerza y la tolerancia necesaria para poder seguir adelante en todos los obstáculos que encuentro en la vida.

AGRADECIMIENTO

A DIOS por llevarme en bien, porque me da la oportunidad de vivir y poder realizar las actividades necesarias en el diario vivir.

A MIS ASESORES, MSc. Oscar Ivan Ferreira, MSc. Esmelyn Padilla, Ing. David Zuniga por su apoyo incondicional en la realización de mi investigación.

A TODOS MIS FAMILIARES que me dieron su apoyo para poder realizar mis estudios y seguir adelante.

A TODOS MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS en especial a Mario Rolando Almendáres Luis Serrano Castro, Nerlyn Flores, Jairo Flores, Sady Lavaire, Fernando Isaula Madrid, Alex Trejo, por haberme apoyado en la realización de todas las actividades para poder obtener mi título.

A TODO EL PERSONAL DE LA UNIVERSIDAD el cual brindó su ayuda en toda mi estadía dentro de la misma.

CONTENIDO

	p.
AGRADECIMIENTO	iii
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General	2
2.2 Específicos	2
III. REVISION DE LITERATURA	3
3.2. Fundamento técnico científico del sistema agroforestal	4
3.3. Ventajas de los sistemas agroforestales en la protección del suelo	5
3.7.2 Condiciones agroecológicas del maíz	8
3.7.3 Desarrollo del maíz.....	8
3.8 Caoba.....	9
3.9 Abono orgánico.....	11
3.9.1 Importancia de la materia orgánica	13
3.9.2 Bocashi	15
3.10.4 Gallinaza	18
3.10.1 Abonos verdes.....	19
3.10.2 <i>Mucuna pruriens</i>	22
3.10.3 <i>Cannavalia ensiformis</i>.....	¡Error! Marcador no definido.
IV. MATERIALES Y MÉTODO	24
4.1 Ubicación del experimento	24
4.2 Materiales.....	25
4.3 Periodo de duración	25
4.4 Manejo del experimento	25
4.4.1 Toma de línea base	25
4.4.2 Preparación del terreno	26
4.4.3 Siembra del Maíz.....	26
4.4.4 Raleo de las plantas	26

4.4.5	Siembra de las leguminosas	26
4.4.6	Elaboración de abonos	27
4.4.7	Aplicación de los abonos	28
4.5	Diseño experimental	29
4.5.1	Modelo estadístico	30
4.6	Variables evaluadas.....	31
4.6.1	Variables evaluadas en la caoba.....	31
4.6.2	Variables evaluadas en el Maíz	33
4.6.3	Variable a evaluar en las leguminosas.....	36
4.6.4	Algunas variables físicas, químicas y biológicas del suelo	37
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
5.1	Variables evaluadas de la caoba.....	44
5.2	Variables evaluadas en maíz	62
5.4	Variables de las leguminosas	72
5.5	Variables del suelo	75
VI.	CONCLUSIONES	80
VII.	RECOMENDACIONES	81
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	82
	ANEXOS	86

LISTA DE CUADROS

	p.
Cuadro 1. Composición química de algunos abonos orgánicos (SAGRAPA, sf).	13
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos.....	30
Cuadro 3. Clasificación del daño provocado por <i>Hypsipyla grandella</i>	32
Cuadro 4. Resumen de las variables medidas durante el estudio en las platas de caoba	42
Cuadro 5. Resumen de las variables medidas durante el estudio en el maíz	43
Cuadro 6. Daño provocado por la <i>Hypsipyla grandella</i> al ápice de las plantas de caoba. .	54
Cuadro 7. Medias para las variables de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hilera por mazorca y granos por hilera en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba.	71
Cuadro 8. Análisis químico de los abonos orgánicos y del suelo del sitio de estudio en la evaluación de un sistema agroforestal	75
Cuadro 9. Determinación de la densidad aparente del suelo en la evaluación de abonos orgánicos y verdes, y monitoreo de la <i>Hypsipyla grandella</i> en un sistema agroforestal	79

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1 Proceso de elaboración del Bocashi.....	28
Figura 2. Clasificación del rebrote	32
Figura 3. Diámetro de la base del tallo de la caoba en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en Catacamas, Olancho. Barras de error indican el error estándar.	45
Figura 4. Crecimiento del DBT de la caoba en la en un sistema agroforestal de maíz y caoba en Catacamas, Olancho. Barras del error significan el error estándar.	46
Figura 5. Altura de la planta de la caoba en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en Catacamas, Olancho. Barras del error significan el error estándar.	47
Figura 6. Crecimiento en altura de la planta de la caoba en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en Catacamas, Olancho. Barras del error significan el error estándar.	48
Figura 7. Número de hojas de la caoba en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en Catacamas, Olancho. Barras del error significan el error estándar.	49
Figura 8. Número de hojas de la caoba según su incremento o descenso en comparación a 0 ddpa (línea base) en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba. barras del error significan el error estándar.	50
Figuras 9 a, b, c. Presencia y daño provocado por la <i>Hypsipyla grandella</i> en la caoba en un sistema agroforestal de maiz y caoba en la seccion de Cultivos Industriales en la UNA a. Daño ápice de caoba y presencia de la <i>Hypsipyla grandella</i> , b. Pérdida del ápice de caoba, c. Poda realizada para controlar el ataque de la <i>Hypsipyla grandella</i>	51
Figura 10. Modelo de regresión de las variables de la caoba: diámetro a la base del tallo, altura de la planta de caoba y número de hojas de la caoba y volumen del fuste, con respecto al tiempo. a. regresión logarítmica para diámetro a la base, b. regresión polinómica para altura y c. regresión polinómica para número de hojas.	52

Figura 11. Área foliar de la caoba en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba. Barras del error significan el error estándar.	53
Figura 12. Volumen del fuste de la caoba en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba. Barras del error significan el error estándar.	54
Figura 13. Longitud de corte al ápice en cm, en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho.	55
Figura 14. Porcentaje de rebrotes deseados y no deseados en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho.....	56
Figura 15. Desarrollo del rebrote en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho.....	57
Figura 16. Longitud del rebrote de caoba en (cm) en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en Catacamas, Olancho.....	58
Figura 17. Porcentaje de plantas atacadas por <i>Hypsipyla grandella</i> en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho.....	59
Figura 18. Precipitación presentada durante los meses de julio a septiembre en Catacamas, Olancho.....	60
Figura 19. Crecimiento de la larva de <i>Hypsipyla grandella</i> y el daño producido al ápice en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho.	61
Figuras 20 a, b, c. Desarrollo de la larva y de la pupa de <i>Hypsipyla grandella</i> en el tallo de la caoba en un sistema agroforestal de maíz y caoba. a. Corte realizado al ápice para tomar medida al daño y medición a la longitud de la larva, b. Presencia de la pupa de la <i>Hypsipyla grandella</i> dentro del tallo de caoba, c. Pupa ya eclosionada de la <i>Hypsipyla grandella</i> en el ápice y tallo de la caoba.....	61
Figura 21. Número de hojas del maíz en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.	62
Figura 22. Área foliar del maíz en dm ² en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.	63

Figura 23 Altura de la planta de maíz en cm en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.	65
Figura 24. Diámetro del tallo de maíz en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.	66
Figura 25. Altura de inserción de mazorca en maíz, en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.	68
Figura 26. Número de mazorcas cosechadas en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.	69
Figura 27. Rendimiento del maíz en kg/ha^{-1} en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba. Barras del error significan la desviación estándar.	72
Figura 28. Número de raíces y de nodulos presentes en los abonos verde en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba. Barras del error significan el error estándar.	73
Figura 31. Número de nodulos activos e inactivos en los cultivos de cobertura en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba. Barras del error significan el error estándar.	74
Figura 30. Biomasa fresca y biomasa seca en kg/ha^{-1} para las leguminosas: <i>Mucuna</i> sp. y <i>Cannavalia ensiformis</i> en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.	75
Figura 31. Variable biológica del suelo, muestreo de macroorganismos a una profundidad de 10, 20 y 30 cm, en la evaluación de un sistema agroforestal.....	78
Figura 32. Determinación en campo del tiempo de infiltración en la zona de Cultivos Industriales, en la evaluación de un sistema agroforestal.....	79

LISTA DE ANEXOS

	p.
Anexo 1. Crecimiento del brote Deseado.....	86
Anexo 2. Crecimiento del brote recomendado	86
Anexo 3. Crecimiento del brote no deseado.....	86
Anexo 4. ANOVA para las variables de la caoba	87
Anexo 5. Croquis del experimento.....	90

Jiménez Jiménez, DA. 2013. Evaluación de un sistema agroforestal en maíz (*Zea mays*) y caoba (*Swietenia humilis*) aplicando abonos orgánicos y cultivos de cobertura. Tesis ingeniero agrónomo. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Honduras. 98 p.

RESUMEN

El estudio se realizó en la sección de Cultivos Industriales de la Universidad Nacional de Agricultura en Catacamas, Olancho, con el propósito de comparar el comportamiento agronómico del maíz al asociarlo con leguminosas y la aplicación de abonos orgánicos en un sistema agroforestal, donde también se estudió el crecimiento de la caoba con la aplicación de abonos orgánicos y estudiando el comportamiento de la *Hypsipyla grandella*. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas, utilizando las leguminosas (*Mucuna* sp. y *Cannavalia ensiformis*), como sub-parcela y los abonos (lombricompost, gallinaza, vacaza, bocashi, cerdaza y el testigo) representan las parcelas pequeñas en el maíz, mientras que en la caoba se utilizó un diseño de bloque completos al azar, realizando toma de datos cada 15 días, durante el periodo comprendido de julio a noviembre. Las variables evaluadas fueron altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y área foliar (en el cultivo de maíz y caoba), mientras que el volumen del fuste y comportamiento de la *Hypsipyla grandella* (para el caso de la caoba), además, se evaluó días a floración masculina y femenina, inserción de la mazorca, mazorcas cosechadas, longitud de la mazorca diámetro de la mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, índice de desgrane y rendimiento en maíz. Sin embargo en el caso de las leguminosas se observó el número de raíces, número de nódulos totales, activos e inactivos, biomas fresca y seca. Para el suelo se midieron algunas características físicas, biológicas y químicas. Dentro de los resultados obtenidos, la caoba no presentó diferencias estadísticamente significativas para la variable área foliar, siendo el tratamiento bocashi el que produjo un mejor comportamiento en las plantas de esta especie (608.33 dm^3), mientras que el maíz (*Zea mays*) mostró diferencias altamente significativas para las variables altura, diámetro del tallo, inserción de la mazorca y rendimiento en el uso de las leguminosas, siendo en la sub-parcela de canavalia donde el maíz presentó un mejor desarrollo, y en la interacción de leguminosas*abono este presentó diferencias altamente significativas para el rendimiento, siendo el tratamiento canavalia + cerdaza el que estimuló el mejor rendimiento ($10213.91 \text{ kg/ha}^{-1}$). En las variables de las leguminosas, la *Cannavalia ensiformis* obtuvo los mejores resultados para las variables: número de nódulos activos y aporte de biomasa fresca y seca al sistema.

Palabra claves: rendimiento, asocio, daño.

I. INTRODUCCIÓN

Un sistema es un arreglo o conjunto de componentes, unidos o relacionados de tal manera que forman una entidad o un todo, por lo tanto; un sistema agroforestal, es la combinación agronómica para obtener una producción en donde se maneja una relación entre la biodiversidad infundida en la naturaleza, dando un optimismo en la producción sin crear un cambio o desequilibrio que afectado el medio ambiente y poder conservarlo, obteniendo una producción sostenible.

El maíz es el grano básico más importante en Mesoamérica; en Honduras es la base de la dieta y es consumido por toda clase social, donde el 70 % de la producción de maíz es por pequeños productores, con parcelas menores de 3.5 ha^{-1} (Rosas *et al*, 2006).

La caoba de Honduras (*Swietenia humilis*) tiene una importancia local en Centroamérica y México como un material tradicional para las tallas de madera. El llamativo color y el patrón de grano, así como la calidad y la estabilidad dimensional de resonancia han hecho de la caoba de Honduras la elección de los mercados de especialidades tales como la industria de instrumentos musicales y los fabricantes de instrumentos científicos.

Considerando los problemas de producción de maíz debido al alto valor económico de los insumos obteniendo bajos ingresos a las familias y el lento crecimiento de los maderables se busca establecer un sistema agroforestal aplicando abonos orgánicos y cultivos de cobertura para maximizar el uso del suelo y obtener mejores beneficios.

II. OBJETIVOS

2.1 General

- a. . Evaluar un sistema agroforestal de maíz (*Zea mays*) y caoba (*Swietenia humilis*) aplicando abonos orgánicos y cultivos de cobertura en Catacamas, Olancho.

2.2 Específicos

- a. Cuantificar el efecto sobre el crecimiento de *Swietenia humilis* en el sistema agroforestal al aplicar los abonos orgánicos:
- b. Medir el efecto en el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays*) en el sistema agroforestal al utilizar abonos orgánicos y cultivos de cobertura
- c. Evaluar el aporte de biomasa y nutrientes por parte de las leguminosas fijadoras de nitrógeno al cultivo de maíz en un sistema agroforestal.
- d. Monitorear el ataque del barrenador de las meliáceas (*Hypsipyla grandella*) en las plantas de caoba (*Swietenia humilis*) y cuantificar su efecto en el crecimiento apical de la misma

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Sistema agroforestal

Un sistema es un arreglo o conjunto de componentes, unidos o relacionados de tal manera que forman una entidad o un todo, por lo tanto; un sistema agroforestal, es la combinación agronómica para obtener una producción en donde se maneja una relación entre la biodiversidad infundida en la naturaleza, dando un optimismo en la producción sin crear un cambio o desequilibrio que afecta al medio ambiente, obteniendo una producción sostenible (Palomeque. 2009)..

La agroforestería también puede desempeñar una función importante en la conservación de la diversidad biológica dentro de los paisajes deforestados y fragmentados, suministrando hábitats y recursos para las especies de animales y plantas; manteniendo la conexión del paisaje (entre fauna y flora); haciendo las condiciones de vida del paisaje menos duras para los habitantes del bosque; reduciendo la frecuencia e intensidad de los incendios; potencialmente disminuyendo los efectos colindantes sobre los fragmentos restantes; y aportando zonas de amortiguación a las zonas protegidas (Palomeque. 2009).

La agroforestería se fundamenta en principios y formas de cultivar la tierra basándose en mecanismos variables y flexibles en concordación, objetivos y planificaciones propuestas, permitiendo al agricultor diversificar la producción en sus fincas o terrenos (maderable, hortícola, frutícola, ganadera y otros) (Hernández. 2012).

Según Milz citado por Hernández (2012), los objetivos de la agroforestería es obtener una diversificación de la producción, mejorando la agricultura migratoria con el uso de técnicas para aumentar los niveles de materia orgánica del suelo, uso de cultivos de cobertura para la fijación del nitrógeno atmosférico y mantener un reciclar los nutrientes, modificar el

microclima, brindando mejores condiciones para optimizar la productividad del sistema respetando el concepto de producción sostenible.

La utilización de un sistema agroforestal puede estar constituido desde un jardín hasta grandes o extensas tierras, no obstante dentro de este sistema se aplica una combinación simultánea o secuencial tanto de árboles como de animales. Esto ha brindado ideas a expertos en el tema que identifican a la agroforestería como una práctica específica o un conjunto de prácticas (cultivos establecidos entre hileras de árboles para mejorar la fertilidad del suelo, una variedad de especies establecidas en huerto casero). Simultáneamente podemos asimilar el sistema agroforestal como una contribución a solucionar las necesidades de la población rural, considerando una combinación particular de especies, como una alternativa para el uso de la tierra (Mendieta y Rocha, 2007).

Según Somarriba citado por Mendieta y Rocha (2007), un sistema agroforestal es una forma de cultivo múltiple en la que se cumplen cinco condiciones fundamentales:

- Cultivo múltiple
- Con al menos dos especies
- Al menos una especie leñosa perenne
- Las especies interactúan biológicamente
- Al menos dos especies semejantes

3.2. Fundamento técnico científico del sistema agroforestal

Según Milz citado por Hernández (2012), la baja productividad de nuestras parcelas no se debe a la falta de nutrientes en el suelo sino más bien al déficit de energía para mantener vivos nuestros suelos. Entonces la solución, no está en la aplicación de fertilizantes minerales o fertilizantes orgánicos, sino únicamente de reponer energía en la parcela a través de plantaciones densas con especies de distintos ciclos de vida, de esta manera en forma de ramas, hojas y frutos, respondemos al suelo que a través de los microorganismos dispondrán de nutrientes a nuestros cultivos. Del mismo modo la falta de agua en nuestras parcelas, no se

soluciona con sistemas de riegos, sino a través de una vegetación densa y estratificada como es el caso de los bosques naturales, ya que el agua en las plantas está presente es más del 70% (Hernández, 2012).

3.3. Ventajas de los sistemas agroforestales en la protección del suelo

Para revertir la degradación ambiental a la que las unidades de producción agropecuarias están expuestas, el uso de un sistema viable desde el punto de vista ambiental, productivo y económico es el uso de los sistemas agroforestales. Estos sistemas contemplan el uso dentro de la misma unidad de producción de árboles multipropósito, cercas vivas, cultivos de cobertura, cultivos anuales forrajeros bajo labranza mínima, barreras vivas de pastos al contorno y praderas perennes; todo ello con la finalidad de detener el escurrimiento superficial del agua de lluvias, evitar la erosión y aumentar la productividad y es por esto que obtenemos las siguientes ventajas al establecer un sistema agroforestal:

- ✓ Constituye una ayuda importante en el control de la erosión, porque reduce el impacto de la gota de lluvia y sirve de control de la escorrentía.
- ✓ Permite al productor obtener varios productos agrícolas en la misma parcela al establecer cultivos diferentes.
- ✓ Aumento en la actividad microbiana de los suelos en donde podemos encontrar organismo fijadores de nitrógenos, tanto de vida libre como simbióticos que benefician a la obtención de nitrógeno y reducir los insumos químicos.
- ✓ Reduce la incidencia de plagas debido a que creamos un ambiente en donde habitan tanto insectos que nos causan daño como insectos que nos benefician.
- ✓ Los cultivos de porte alto pueden proteger del viento a los cultivos de porte bajo y esto a su vez reduce la erosión del suelo por el viento
- ✓ Recuperan suelos degradados y los incorporan a la producción, al proveer la biomasa al suelo de cada uno de los cultivos que obtenemos en la parcela manteniendo un reciclaje de nutrientes y por los abonos verdes que utilizamos.
- ✓ Cultivos densos retienen sedimentos de escorrentías y pueden formar terrazas

3.4. Factores que afectan en la adopción de sistemas agroforestales

Los factores para adoptar un sistema agroforestal están en función de la rentabilidad económica, riesgos, ocupación de mano de obra y aportes a la seguridad alimenticia que tiene el productor, otros factores que determinan la adopción es el tamaño de la propiedad, presión demográfica, la dependencia de las actividades agrícolas y el uso de subsidios económicos. Sin embargo entre la preferencia que tienen los productores de incorporar árboles en sus parcelas de maíz es debido a la permanencia de un periodo de descanso que permite el crecimiento seguro de los arboles u el beneficio indirecto de la fertilización hacia el cultivo, el bajo costo de establecimiento de los árboles y el rápido crecimiento arbóreo, también el uso de la poda que contribuye a proveer niveles de biomasa que protege al suelo de la erosión y contribuye a un reciclaje de los nutrientes, logrando un disminuyo de la aplicación de insumos a los cultivos, aumenta la diversidad de fauna y se protege los cultivos de los vientos fuertes. No obstante las razones por la cuales no adoptan los Sistemas Agroforestales (SAF) son las quemas de rastrojos y la aplicación de herbicidas que limita la regeneración natural y productores con áreas pequeñas y la percepción de que el manejo de los arboles es difícil, laborioso y la ignorancia sobre el tema (Limongi, 2002),

3.6 Sistema agroforestal Taungya

Es la asociación de cultivos maderables con cultivos hortícolas o gramíneas (cultivos anuales) durante el tiempo que los arboles maderables no han alcanzado los tres o cuatro metros de altura, que esto contribuye a la utilización del espacio entre plantas, para obtener un mayor uso del suelo, pero siempre ayudando al reciclamiento de nutrientes para no perder el objetivo de los sistemas que es mantener la biodiversidad de seres vivos en nuestra parcelas.

Con respecto al sistema Taungya, aún existen divergencias desde el punto de vista de su clasificación. En este sentido Combe y Budowski citados por Iglesias (1999) aportaron los siguientes elementos:

- El producto principal del sistema es la madera.
- La combinación de agricultura y forestaría es temporal.
- La distribución espacial es regular (generalmente en hileras).

Según Detlefsen (2010), la realización de este método es proporcionar ingresos al productor durante los primeros años de crecimiento de la producción primaria, que será la madera, pero considerando durante este tiempo, que podemos sembrar cultivos de cobertura que nos benefician a controlar las malezas y poder dar un aporte al suelo con la biomasa que dejamos después de la cosecha del cultivo secundario, un ejemplo puede ser la siembra de maíz durante el periodo inicial de crecimiento de la caoba, donde después de cosechar el maíz podemos dejar los rastrojos alrededor de los árboles maderables. Sin embargo la utilización de este sistema viene a sustituir la agricultura migratoria, evitando las quemas como el deterioro del suelo y creando un ciclo que nos permite una solución a la espera de la obtención de la madera.

3.7 El Maíz

3.7.1. El maíz en Honduras

El maíz es el grano básico más importante en Mesoamérica siendo cultivo y seleccionado en las épocas precolombinas y dando mucha importancia a su dietas y costumbres. En Honduras es la base de la dietas y es consumido por toda clase social, donde el 70 % de la producción de maíz es por pequeños productores, con parcelas menores de 3.5 ha⁻¹ (Rosas et al, 2006). Sin embargo la producción se da en terrenos marginados o de ladera el cual los productores obtienen una producción menor que el promedio obtenido en nuestro país debido a déficit o ignorancia de técnicas para una mejor producción en relación al cultivo y una deficiencia en tecnología (Hoaddley, 2010).

3.7.2 Condiciones agroecológicas del maíz

Es un cultivo anual de crecimiento rápido que rinde más con temperaturas moderadas y un suministro abundante de agua. La temperatura ideal es entre 24 °C a 30 °C. Sin embargo las noches cálidas, el maíz utiliza demasiada energía en la respiración celular. Por esta razón, son ideales las noches frescas, los días soleados y las temperaturas moderadas. En cuanto al tipo de suelo, el maíz se adapta a diferentes tipos de suelos, pero los peores suelo para la adaptación del cultivo son los arcillosos y los arenosos debido a que estos suelos; los primeros son fáciles a inundarse y los según por su facilidad a secarse, el pH que se adapta es desde 5.5 a 7, aunque el óptimo corresponde a una ligera acidez (pH 5.5 a 6.5). No obstante la preparación del suelo, se puede hacer una labranza convencional se puede utilizar un arada, dos pases de rastra y siembra con maquinaria, pero esto depende la capacidad financiera y la topografía del terreno, en cuanto a lugares no apropiados para mecanizar, se utiliza la aplicación de tracción animal para una mayor eficacia recomendado por el proyecto regional de fomento de la tracción animal. En cuanto a la siembra directa es utilizada mayormente en regiones donde la precipitación es baja o mala distribución y con pendientes muy pronunciadas (el cultivo...s.f.).

3.7.3 Desarrollo del maíz

Debido a la utilización del maíz en la dieta humana se han realizado estudios, que al igual que otras especies, para poder conocer su desarrollo y crecimiento, el cual en maíz se ha determinado que los cambios fisiológicos y morfológicos tanto internos como externos se dividen en dos fases que son: la Fase vegetativa: que va desde la emergencia, desarrollo de las hojas y alongamiento del tallo hasta que aparece la panoja. La Fase Reproductiva: es el desarrollo de las flores masculinas (Espiga) y femeninas (Mazorca que nacen de las axilas de las hojas). A esta fase se le denomina R1 que es la maduración de sus partes reproductivas (el maíz, la flor masculina madura primero que las femenina). Fase de llenado de grano: en esta fase la planta centra todos los nutrientes en el llenado de materia seca en el grano el cual se clasifica en tres etapas R2 (Crecimiento del grano), R3-R4 (el llenado del grano es

máximo), R5 (Disminuye gradualmente el llenado del grano hasta que llano deposita más materia seca) y la etapa R6 en la cual es la maduración fisiológica que cuando en el grano se forma una capa negra en su punta y está listo para cosechar (CEDAF, 1998).

3.8 Caoba

Swietenia humilis, a menudo conocida como caoba de Honduras, tiene una importancia local en Centroamérica y México como un material tradicional para las tallas de madera. El llamativo color y el patrón de grano, así como la calidad y la estabilidad dimensional de resonancia han hecho de la caoba de Honduras la elección de los mercados de especialidades tales como la industria de instrumentos musicales y los fabricantes de instrumentos científicos. Raro en muchas partes de su área de distribución natural, el árbol está protegido, pero en peligro de extinción (Young, sf).

Esta especie se adapta a suelos fértiles y profundos, suelos pobres, creciendo en lugares de ladera, en zonas donde la precipitación es de 1000 a 2000 mm por año y es preferiblemente sembrar en épocas de lluvia, adaptándose de 0 a 1300 msnm, creciendo de 1 a 2cm de diámetro por año y de 1 a 2 metros de altura por año, pero en suelos pobres solo crece 1 cm de diámetro por año y 1 metro de altura (Saenz, 2007).

Es muy usado en cualquier tipo de finca pero no es recomendable para plantaciones puras de caoba debido al barrenador. Sin embargo se puede utilizar muy bien en parcelas para el enriquecimiento del bosque natural, donde se respetan las especies de valor ya existente sembrándolo a 10 m entre surco y a 3 m entre planta para dar prioridad a las especies ya existentes, sin duda alguna cuando hablamos de plantaciones para aserradero se puede usar distancias de 3x3 y 4x4 y tenemos que tener en cuenta que se debe de hacer podas para mantener un solo fuste largo y libre de ramas dejado el follaje necesario para su buen crecimiento (CATIE, sf).

En Comayagua y Choluteca se han observado crecimientos anual en altura de 1 a 1.3 m y 1.5 cm en diámetro a la altura al pecho en arboles bajo espaciamiento inicial de 2x2 m. sin embargo las plagas tales como el barrenador (*Hypsipyla grandella*) que se encuentra distribuido por todo centro américa y el caribe contribuye a grandes pérdidas en vivero y en plantaciones provocando más daño en época de lluvia, atacando el cogollo y evitando el crecimiento de la planta. Una forma de reducir el daño es mediante el uso de plantaciones mixtas y un manejo cuidadoso al mantener el vigor de la planta esto durante los primeros 2 a 3 años de creciente, debido a que en arboles de mayor edad y con más follaje la ovoposición se disemina en varios puntos de ataque y no tanto en el meristemo apical o cogollo (CATIE, sf).

3.8.2 *Hypsipyla grandella*

El taladrador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller), taladra los brotes de árboles en la familia de las Meliaceae, especialmente las caobas (*Swietenia* sp.) y los cedros (*Cedrela* sp.). Es una plaga económica importante. Las polillas adultas son nocturnas y viven siete a ocho días. Estas depositan los huevos durante las horas tempranas de la mañana sobre brotes nuevos, cicatrices de las hojas caídas, hojuelas (especialmente al lado de una vena en la superficie superior), y frutas. Los huevos generalmente se ponen uno por uno, pero a veces están en grupos de tres o cuatro huevos ovipositados en axilas de hojas. Una hembra puede poner cerca de 300 huevos, pero típicamente pone no más que unos pocos huevos por cada árbol

Según Taveras *et al* citado por Howard *et al*(sf), en estudios del tiempo de desarrollo del barrenador de las meliáceas alimentándose sobre las hojas frescas de cedro a temperaturas constantes, la duración del estado larval variaba entre 30 días si las temperatura es de 30°C y a temperaturas de 15° C puede durar 104 días. Sin embargo, Sanchez y Velazquez (1998), han estudiado el ciclo de vida del barrenador, observando que su ciclo puede durar de 26 hasta 60 días, siendo su ciclo de vida más largo en época seca (60 días) y siendo su desarrollo más rápido en épocas de lluvia (26 a 30 días).

En el campo, la duración total del desarrollo de la larva, prepupa y pupa es completo dentro de uno o dos meses. Las larvas recientemente emergidas muchas veces empiezan a alimentarse de la superficie de la hoja o del brote, después taladran en los brotes o sea en las cápsulas de las semillas. El tallo hueco se seca y se dobla, y las hojas de este se mueran. Una masa de excremento de color marrón-rojizo entrelazado con hilos de seda del insecto sale de la apertura de entrada. Se puede determinar por la apariencia del excremento expandido si una larva esta activamente taladrando en un brote, pues este es compacto y relativamente pálido en color, volviendo más oscuro y desintegrado después de que la larva ya no está alimentándose (Howard et al, sf).

3.9 Abono orgánico

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos, se han buscado alternativas fiables para obtener una producción más ecológica, y es por eso que se le da una mayor importancia a los abonos orgánicos. Sin embargo el uso de abonos orgánicos mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo es por ello que tiene una gran importancia estos abonos. Hay abonos orgánicos que contribuyen a la planta a tener un mejor desarrollo, reducen el estrés, un mejor cuajado y rendimiento de los frutos, otro tipo de abono son estimulantes del crecimiento debido al aporte de fitohormonas (auxinas, citoquininas) y otras sustancia que ayudan al crecimiento de la planta, también aportan aminoácidos libres que le sirve a la planta a reducir el consumo de (Servantes, sf).

Estiércol: este abono es el estiércol de distintos animales, los más utilizados son los siguientes:

- De oveja: este estiércol se caracteriza por ser rico y equilibrado y una vez que se lo coloca, puede ocasionar aumentos de temperatura del montículo como consecuencia de sus abundantes nutrientes.

- De cabra: este es más rico que el anterior, así como también más fuerte y también puede ocasionar aumentos de temperatura en el montículo.
 - De gallina: este estiércol se caracteriza por ser muy fuerte gracias a la abundancia de nitrógeno que presenta. Además de esto, suelen ser ricos en calcio, por lo que se debe tener precaución en aquellos suelos que ya presentan importantes cantidades de este componente.
 - De caballo y vaca: suelen ser estiércoles poco fuertes en comparación a los anteriores aunque su potencia aumenta al colocarlos en agua.
 - De conejo: es un estiércol fuerte y presenta una acidez importante.
- a. **Compost:** este abono es producido a partir de materiales orgánicos, entre ellos restos vegetales, que son sometidos a un proceso de compostaje, lo que significa una fermentación controlada. Puede ser elaborado de forma casera o bien, comprado. Algunos materiales que se utilizan para su producción son: humus de lombriz, cáscaras de cacao, desechos agrícolas, fermentación de gallinaza, estiércoles, entre otros.

Turba: este abono está compuesto por carbón fósil derivado de desechos vegetales que se han depositado en lugares con bajas temperaturas y pantanosos. Existen dos clases de turba, la rubia y la negra. Ambas son ideales para adicionar terrenos, fabricar semilleros y hacer preparados para macetas.

Extractos húmicos: este abono es el menos utilizado actualmente y está compuesto por ácidos fúlvicos y húmicos que han sido extraídos de alguna sustancia orgánica.

Residuos animales: aquí se incluye harina de sangre, huesos y cuernos de animales.

Abonos verdes: este se obtiene de leguminosa enterrada, que aporta de esta forma nitrógeno al suelo.

Residuos vegetales: paja enterrada y sobrantes de cosechas que no han podido venderse o consumirse por alguna razón.

Cuadro 1. Composición química de algunos abonos orgánicos (SAGRAPA, sf).

Característica	Tipo de Abono Orgánico					
	Vacuno	Gallinaza	Lombricompost	Compost	Pulpa de café	Paja de arroz
Humedad (%)	36	30				
pH	8	7.6	7.6	7.7	5.8	7.2
Materia Orgánica (%)	70	70			89.6	7.7
N (%)	1.5	3.7	1.1	2.1	1.68	0.5
P (%)	0.6	1.8	0.3	1.1	0.35	0.05
K (%)	2.5	1.9	1.1	1.6	0.36	1.38
Ca (%)	3.2	5.6	1.6	6.5	0.50	0.22
Mg (%)	0.8	0.7	0.5	0.6	0.64	0.11
Zn (ppm)	130	575	100	235		
Mn (ppm)	264	500	403	265		
Fe(ppm)	6354	1125	10625	300		
Relación C/N	16	15	19	15	30.9	9.49
Tasa de mineralización (%/año)	35	90				

3.9.1 Importancia de la materia orgánica

La materia orgánica es un factor limitante en la fertilidad del suelo porque contribuye en la mejoría tanto en el aspecto físico, químico y biológico, sin embargo para poder hablar de la materia orgánica se tiene que hablar de humus ya que esta proviene de la degradación biológica y bioquímica de restos animales y vegetales así como productos del metabolismo de los microorganismos y cabe destacar que las sustancias húmicas forman el 50% de la materia orgánica presente en el suelo. No obstante las sustancia húmicas se dividen en tres tipos que son los ácidos húmicos, ácidos fulvicos y las huminas y estas hacen una mejoría considerable en sus propiedades físicas (estabilidad estructural, porosidad, retención de agua y control de la temperatura), sus propiedades químicas (capacidad de cambio iónico, capacidad tapón y procesos redox), mejoría en la propiedades bilógicas (favorece el establecimiento y desarrollo de la biodiversidad tanto de macro como microorganisms) (Tortosa, 2011).

Importancia en la mejoría física

Disminuye la densidad aparente del suelo, contribuye a la estabilidad de los agregados y la capacidad de retención de agua debido a que la materia orgánica de origen vegetal tiene una estructura celular abierta. Tolera mejor los efectos mecánicos del peso de la maquinaria por tener una mayor elasticidad que la materia mineral. (Reina, 2010).

También podemos mencionar:

- Acción coloidal sobre las arcillas
- Disgrega las arcillas en suelos compactos
- Aumenta la penetrabilidad del suelo
- Reduce la evaporación del agua
- Transporta nutrientes en el suelo

Importancia en la mejoría química

Tiene una gran importancia en la mejoría de la disponibilidad de micronutrientes para las plantas y en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres, mejorando también la disponibilidad del fósforo debido a los complejos arcillo-húmicos o la quelatación que contribuye a la solubilización de fosfatos inorgánicos (Reina, 2010)

En conclusión la materia orgánica ayuda al suelo en:

- Retiene y facilita la absorción de agua
- Es el agente quelatante universal
- Reduce la salinidad al secuestrar el catión Na
- Transforma el fosfato tri-calcico (fosforita) en fosfato Bi-calcico y monocalcico soluble por las plantas
- Los carbonatos de calcio y magnesio lo transforman en bicarbonato de calcio y magnesio rápidamente asimilables por las plantas.

Importancia en la mejoría biológica

La materia orgánica sirve de fuente de energía para los microorganismos del suelo. Favorece la presencia de lombrices que contribuyen a estructurar el suelo. Algunos materiales orgánicos presentan actividad supresora frente a hongos y se utilizan para combatir hongos patógenos. La supresión puede ser biótica o abiótica y puede deberse a diversos factores, entre ellos, factores físicos relacionados con la disponibilidad de oxígeno y el drenaje, un pH inadecuado al desarrollo de los microorganismos patógenos, presencia o ausencia de elementos como el nitrógeno. Derivados de la materia orgánica, como los derivados fenólicos, afectan al balance hormonal inhibiendo o favoreciendo la actividad de las hormonas vegetales. Existen también algunas hormonas ligadas a la materia orgánica, como las auxinas, o el etileno que se libera en condiciones reductoras. La materia orgánica puede adsorber reguladores de crecimiento que se pueden añadir de forma externa. También tiene un papel importante en la absorción de pesticidas aplicados al suelo. Sirve de vehículo de microorganismos como *Rhizobium* sp., *Azotobacter* sp., de hongos vesiculos-arbulculares y agentes de control biológico como *Trichoderma* sp. (Reina, 2010)

Entre las funciones de la materia orgánica podemos mencionar:

- Estimula la micro flora del suelo
- Ayuda al desarrollo de colonias microbianas
- Estimula el desarrollo radicular
- Mejora los procesos energéticos de las plantas
- Ayuda la síntesis de los ácidos nucleicos

3.9.2 Bocashi

El Bocashi es un abono fermentado que se obtiene procesando materiales que son producto de actividades agrícolas (rastreo, cascarilla de café, etc.), y que pueden ser utilizados y

sustituidos según la disponibilidad que exista en la región. Esto lo convierte en una actividad práctica y de gran beneficio para el agricultor que quiere aprovechar todos los recursos con los que cuenta en el campo.

El objetivo principal es activar y aumentar la actividad microbiana benéfica para el suelo y suplir nutrientes a los cultivos. La actividad que se lleva a cabo después de haber mezclado los componentes hace que aumente la temperatura a 50 °C durante las primeras 12 horas, el contenido de humedad aumenta el proceso, por lo cual es importante que se dé la humedad correcta que es 50 a 60% durante la fermentación. La elaboración de Bocashi, se hace mediante el procedimiento de colocar primero un material luego colocamos el otro en cima y así sucesivamente, y vamos aplicando agua al final de haber puesto en capas los materiales. Uno de los materiales el cual no debe faltar es la tierra virgen (tierra de bosque) o uso de materia orgánica en el cual se encuentran una gran cantidad de microorganismos que nos ayudan a la fermentación (Bocashi Abono..., sf).

3.10.2 Lombricompost

Esta se refiere a la crianza y manejo de lombrices de tierra, la cual tiene como objetivo producir humus, al que se le da el nombre de Vermicompost o Lombricompost. En este proceso se utiliza una especie de lombriz, como herramienta de trabajo, siendo esta la lombriz roja californiana: (*Eisenia fetida*). La lombriz recicla la materia orgánica y se obtiene el humus (Lombricompost) utilizado como fertilizante, de uso agrícola y las lombrices incorporadas a los jardines o granjas mejoran las condiciones del suelo y se utiliza como suplemento proteico para los animales.

Es un fertilizante orgánico bio-regular y corrector del suelo, es bio-estable, lo cual significa que no da lugar a fermentación, y por lo tanto, de rápida asimilación, es de color negruzco, homogéneo y con olor a mantillo del bosque. El humus de lombriz posee una elevada carga microbiana benéfica, en una fuente rica en minerales que contiene alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos, produce hormonas que estimulan el desarrollo de las plantas; mejora las

características físico-químicas del suelo, lo protege de la erosión, y regula la actividad de los nitritos, finalmente, el humus neutraliza la presencia de contaminantes químicos.

La lombricultura es una alternativa para el tratamiento de desechos porcinos utilizando la lombriz roja de California que tiene la capacidad de transformar elementos orgánicos indeseables como las excretas porcinas en materiales de mejor estructura, inodoros y mucho más fértiles. La lombricultura se puede utilizar con dos objetivos, la producción de lombricomposta, que es un material orgánico natural que corresponde a la excreta de la lombriz y donde su composición química depende de lo que este animal consume y como alimento animal para cerdos y aves, pues su cuerpo contiene un equivalente de 60 a 70% de proteína (Otros métodos..., 2010).

3.10.3 Vacaza

Es el uso de estiércol animal como abono orgánico con la finalidad de acondicionar el suelo mejorando su contenido de humus y estructura, estimulando la vida micro y meso biológica del suelo. Al mismo tiempo se fertiliza el suelo con micro y macro nutrientes. Contiene 1.1-3% de N, 0.3- 1% de P y 0.8-2% de K. Estos nutrientes se liberan paulatinamente. El contenido de nutrientes en el estiércol varía dependiendo de la raza de animal, su dieta y el método de almacenamiento y aplicación. Estiércol vacuno y de aves es la clase más utilizada. En laderas es esencial combinar la aplicación de estiércol para mejorar la fertilidad del suelo con otras prácticas de control de erosión. La aplicación de este abono se da de 0.5 a 1 libra por metro lineal del cultivo. Algunas ventajas es que tiene un uso apropiado para sistemas de producción mixta de cultivos de alto valor con ganado. • Se justifica sobre todo en cultivos de alto valor como hortalizas, café, musáceos, frutales, aunque también se puede utilizar en granos básicos. Liberación paulatina de 50% de los nutrientes en el primer año y contribución al aumento de la materia orgánica. Una vaca de 300 lbs. Produce 15 lbs. De estiércol por día con 85% de agua, 0.5% N, 0.15% P (P_2O_5) y 0.5% K (K_2O) con una relación C: N de 19. La aplicación del abono o del estiércol mismo activa el micro y macro fauna en el suelo y mejora la estructura (PASOLAC, sf).

3.10.4 Gallinaza

Es el estiércol de las gallinas, que es preparado para el uso agropecuario. Este se utiliza como abono o como complemento alimenticio debido a la riqueza química y nutriente que contiene. Esta contiene un nivel alto de nitrógeno. La producción de la gallinaza es una vía no contaminante de deshacerse de los excrementos de las aves dentro de los mismos sitios de producción, lo cual es uno de los principales problemas sanitarios que confronta hoy en día la industria avícola. El estiércol de gallina debe ser primeramente fermentado para reducir la cantidad de microorganismos como bacterias, que en alta concentración puede ser nocivo. A su vez, en este proceso de fermentación las bacterias ayudan a transformar y liberar los compuestos químicos del estiércol y reducir la concentración de amoníaco y otros elementos que pueden resultar nocivos (Abono orgánico..., sf).

3.10.5 Cerdaza

Las excretas de cerdo pueden utilizarse como fertilizante para diferentes tipos de cultivos. Su utilización depende del tipo de suelo y del cultivo al que se quiere aplicar. En el uso para la fertilización de cultivos agrícolas, el nivel de nitrógeno es el más importante, no solo por los altos contenidos de proteína que recibe el cerdo, sino por ser el de mayor riesgo ambiental. Por lo tanto la fertilización agrícola se fundamenta en el contenido de nitrógeno de las excretas. El nitrógeno presente en las excretas es de origen orgánico en un 40% y un 60% amoniacal. El principal determinante de la variación en el valor fertilizante de la excreta porcina es la calidad del alimento recibido por los cerdos y por el estado fisiológico del animal. Las excretas sólidas de cerdos pueden contener 22 kg de nitrógeno, 15 kg de fósforo y 10 kg de potasio por tonelada; mientras que en forma semilíquida contiene 44 kg de nitrógeno, 40 kg de fósforo y 39 kg de potasio por cada 1000 galones de excreta (Otros métodos..., 2010).

El compost es un medio utilizado para descomponer las excretas porcinas y el producto final se utilizado como abono agrícola o alimento animal. Su característica fundamental y

determinante es que durante todo el tiempo de proceso es necesario garantizar un flujo suficiente de oxígeno, pues sino se producen sustancias tóxicas para el crecimiento radicular. El compost se produce haciendo hileras o pilas que pueden tener 90 cm. de altura y de 3 a 6 metros de ancho, las dimensiones dependen del tamaño de la explotación y de la forma como haga el volteo (manual o mecánico). La principal ventaja de la producción de compost es la gran reducción del volumen final de excretas con respecto al inicial. Sin embargo, su desventaja es una reducción en el contenido de nitrógeno que tenía inicialmente las excretas (Otros métodos..., 2010).

3.10.1 Abonos verdes

El uso de abonos verdes ha sido una práctica poco común en nuestro medio, sin embargo, sembrar leguminosas como abono verde dentro de una rotación con sistemas de producción, puede ser ventajoso para el agricultor pobre que no tiene forma de mejorar el suelo, ya que estos ayudan a la recuperación de los suelos por la provisión de materia orgánica, incremento de los procesos bioquímicos, aumento en la población microbiana que ayudan a la descomposición de la materia, estabilización de los agregados y aumento en la disponibilidad del fósforo y debido a la fijación de nitrógeno son vistas de gran importancia para recuperar y mantener la fertilidad del suelo. En la aplicación de canavalia como abono verde, en el cultivo de maíz, se han dado buenos resultados obteniendo rendimientos de 3183 Kg/ha¹, en el cual la canavalia se sembró en tiempo de descanso o periodo de barbecho y fue cortada antes de llegar a floración (tiempo promedio 100 días) y posteriormente la desintegración en materia orgánica para obtener una mejor eficiencia (Praguer, 1989).

3.10.2 Fijación de nitrógeno por medio de bacteria-leguminosa

Proceso de nodulación

Se conocen bien las etapas de la infección y desarrollo de nódulos radicales. Estas incluyen:

1. Reconocimiento de la combinación adecuada de organismos, tanto por parte de la planta como de la bacteria, y adherencia de la bacteria a los pelos radicales.

2. Invasión del pelo radical y formación de un canal (o hilo) de infección
3. Desplazamiento de las bacterias hacia la raíz principal a través del canal de infección.
4. Diferenciación de las bacterias en un nuevo tipo al que se le llama bacteroides, dentro de las células de la planta, y desarrollo del estado de fijación de nitrógeno.
5. División de las células bacterianas y vegetales y formación del nódulo radical maduro.

A continuación se describen estas etapas con más detalle

Las leguminosas secretan sustancias (flavenoides) que atraen a los rizobios y estos activan una serie de genes implicados en la nodulación. La bacteria segrega ricasina (proteína adherente) que se une al calcio y capta complejos de calcio en los pelos radicales, y otras sustancias como lectinas (se encuentran en pelos radicales y célula de rizobio) que ayudan a la adherencia planta-bacteria.

Después de la unión, los pelos radicales se enroscan debido a los factores Nod (Sustancias secretada por la bacteria) y estos se pueden enroscar hasta 360° llamándoles “cayado de pastor”. Una vez que la bacteria ha penetrado en el pelo radical, la planta es inducida a la formación de un tubo (canal de infección) que avanza por el pelo radical. A continuación la infección avanza hacia las raíces adyacentes a los pelos radicales y los factores Nod estimula la división de las células vegetales, produciendo el nódulo.

Las bacterias son llevadas desde el canal de infección hasta el citoplasma de las células, estas quedan separadas del citoplasma por la membrana peribacterial (MPB), que posteriormente se lleva a cabo una división celular, continua y sincronizada, en donde al cesar la división las bacterias se transforman en formas ramificadas, hinchadas y deformes llamadas (bacteroides) y es aquí en este punto donde inicia la fijación de nitrógeno y el sistema vascular de la planta se extiende dentro del nódulo y transporta nutrientes hacia y desde el nódulo y cuando el nódulo se deteriora las bacterias pasan al suelo (En *tao et al*, sf).

Proceso de Fijación de nitrógeno

La fijación simbiótica de nitrógeno en rizobio se lleva a cabo en los bacteriodes que se encuentran en los nódulos. La enzima nitrogenasa cataliza la reacción: $\text{N}_2 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- + 16 \text{Mg-ATP} \longrightarrow 2\text{NH}_3 + \text{H}_2 + 16 \text{Mg-ADP} + 16\text{Pi}$

La nitrogenasa es una proteína que consiste de dos componentes, la proteína homodimérica que contiene Fe y la proteína tetramérica que contiene Fe y molibdeno (Mo). La nitrogenasa de los nódulos radiculares posee características similares a la enzima de las bacterias fijadoras de nitrógeno en vida libre, incluyendo la sensibilidad al O_2 y la capacidad de reducir acetileno y N_2 . La formación de H_2 es parte del mecanismo de la nitrogenasa, pero representa una pérdida significativa de energía. En algunas especies de rizobio existe una hidrogenasa que es capaz de reciclar el H_2 formado por la nitrogenasa, que resulta en un uso más eficiente de la energía (En tao *et al*, sf).

Los bacteriodes dependen totalmente de la planta para obtener la energía necesaria para la fijación de nitrógeno. Los principales compuestos orgánicos transportados al interior de los bacteriodes a través de la MPB son los intermediarios del ciclo del ácido cítrico (succinato, malato y fumarato). Estos son usados como donadores de electrones para la producción de ATP y, tras su conversión en piruvato, como última fuente de electrones para la reducción del N_2 . El primer producto estable que se obtiene de la fijación de N_2 es el amonio, y varias pruebas indican que la asimilación del amonio para formar compuestos de nitrógeno orgánico en los nódulos radiculares lo lleva principalmente la planta. El amonio también se puede asimilar en los bacteriodes y puede ser transferido a la planta en forma de alanina. Durante el proceso de simbiosis la planta también expresa proteínas específicas del nódulo a las que se llama nodulinas. Entre ellas, la leghemoglobina tiene la función de aportar O_2 a los bacteriodes y de controlar los niveles O_2 . La leghemoglobina se localiza en el citosol de las células de la planta infectada por bacteriodes y es la que confiere el típico color rojo o rosado de los nódulos funcionales (En tao *et al*, sf).

3.10.2 *Mucuna pruriens*

El frijol terciopelo o frijol de abono pertenece al género *Mucuna* el cual consta de 100 especies de bejucos y arbustos que se encuentran en las regiones tropicales. La *M. pruriens* es nativa de la india y el sur este asiático. Existen cuatro variedades botánicas de *M. pruriens*, *M. pruriens var utilis* (variedad que no pica), *M. pruriens var pruriens* (pica pica, contiene pelos urticantes que contienen mucanain que es un compuesto irritante), *M. pruriens var hirsuta* (de la India) y *M. pruriens var sericophylla* (de las Filipinas). Este abono es usado principalmente como cultivo de cobertura, pero también es usado en la ganadería como forraje, pero en el uso de la agricultura, se han hecho investigaciones que detallan la aportación de materia orgánica y nitrógeno, en el caso de la aportación de biomasa oscilan de 5.5 a 21 ton/ha⁻¹ y una aportación de nitrógeno de 35 a 331 Kg/ ha⁻¹, también es muy utilizado porque contiene compuesto nematicidas y alelopáticos que suprimen el crecimiento de otras plantas no deseadas. El desarrollo del frijol de abono se puede dar tanto en sombra como al pleno sol, adaptándose a suelos ácidos y de baja fertilidad pero no inundables, soporta una precipitación de 400 a 2500 mm/año, en cuanto la altura, puede crecer desde 0 a 2100 msnm con temperaturas óptima de 19 a 27 °C llegando a una floración de 75 a 80 días (Brunner *et al*, 2011).

El uso del frijol de abono en asocio con cultivos, sirve como controlador de maleza, en el caso de maíz se siembra al mismo tiempo colocando de dos a tres semillas por metro y también se puede plantar de 15 a 20 días después de haber sembrado el cultivo, esto se hace para tener menores gastos en el caso de control de maleza, pero se debe tener en cuenta que se deben realizar labores para que esta no se imponga en el crecimiento del cultivo realizando obras como:

- ✓ Evitar que el frijol se enrede en el maíz y le impida el crecimiento, de dos a tres veces si se siembra al mismo tiempo.
- ✓ Realizar control de maleza cuando se va a sembrar el frijol días después que haya germinado el maíz.
- ✓ Revisar que no impida el desarrollo de las flores y que impidan la polinización.

El uso de este abono ha venido beneficiando a los pequeños productores porque reduce gastos por control de maleza y también porque incorpora nitrógeno al suelo y busca a tener una producción sostenible (CIDICCO, 1991).

3.10.3 *Cannavalia ensiformis*

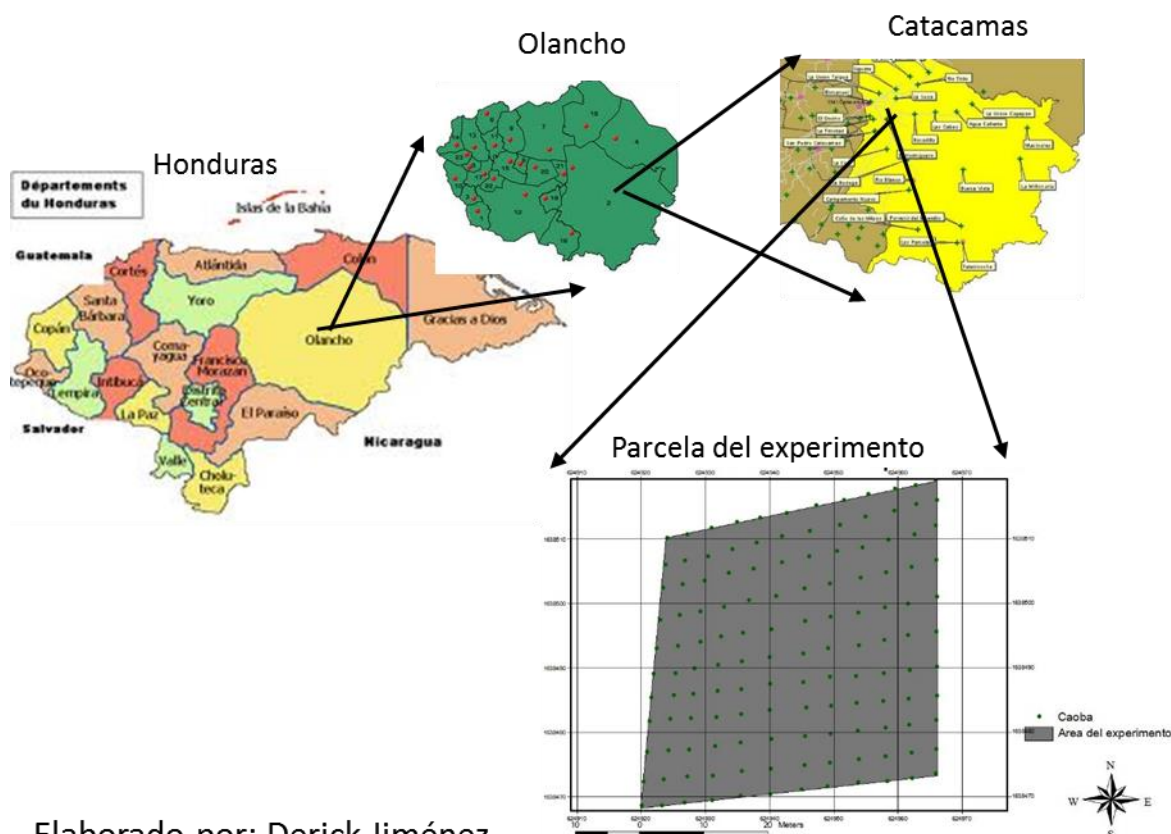
En Honduras se usa mayor mente en cafetales pero también se usa con otros cultivos. Este se adapta desde 0 hasta 1,700 msnm en cuanto a pH va desde 5 a 6 con una precipitación de 640 a 4200 mm/año, pero siendo su óptimo de 600 a 1200 mm/año siendo excelente a tolerar la sequía, tolerando moderadamente la inundación, con una temperatura que va desde 15 a 30 °C pero siendo su óptimo de 15 a 28 °C. Sin embargo en la aportación de biomas se ha demostrado que aporta de 40 a 50 ton/ha⁻¹ de materia fresca.

La utilización de este abono verde en Honduras, se ha desarrollado al igual que el frijol de abono, pero demostrando que no se da el mismo manejo que la *Mucuna*, el cual se puede sembrar al mismo tiempo que el maíz o 15 días después de la siembra (lo que es recomendable porque tiene un mejor desarrollo), sembrándose 50 cm entre planta, pero este no los da la preocupación de estar manejando sus lianas para evitar que se enreden con el cultivo si no también, evitando mano de obra (CIDDICO, 1993).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Ubicación del experimento

La investigación se realizó en el departamento de Olancho, en una parcela establecida de caoba con un área de 1922 m² en dirección al este de las melgas coyolares 3, en la Universidad Nacional de Agricultura, la cual se localiza a 6 Km de la ciudad de Catacamas, en donde se presentan temperatura de 26 °C promedio anual, una precipitación de 1200 mm promedio anual, Humedad relativa de 74%. Altitud de 350 msnm y una latitud de 14°50' N y una longitud de 85°53' 0 (Reyes, 2010).



Elaborado por: Derick Jiménez

4.2 Materiales

Los materiales que se utilizaron son:

Herramientas de campo: machete, azadón, chuzo, pala, balde y otros.

Equipo de medición y de laboratorio: Horno, Balanza analítica, Pie de Rey, Cinta métrica, estadia.

Equipo de oficina: Computadora, Impresora, Calculadora, Libreta, Lápiz.

Insumos: Semilla de Maíz, Semilla de frijol de abono, Semilla de canavalia, Bocashi, Cerdaza, Vacaza, Gallinaza, Lombricompost

4.3 Periodo de duración

Este trabajo de investigación se realizó de julio a noviembre, durante este periodo se tomaron datos del maíz, caoba y leguminosas.

4.4 Manejo del experimento

La investigación se desarrolló en la parcela establecida con caoba, el cual tenía una edad de 6 meses y fue ahí donde se sembró el maíz, en estos se aplicaron 5 abonos orgánicos (Vacaza, Lombricompost, Gallinaza, Bocashi, Cerdaza) y la utilización de 2 leguminosas (*Cannavalia ensiformis* y *Mucuna* sp.), con el uso de testigo para el maíz y para la caoba.

Se utilizó seis tratamientos (cinco abonos orgánicos y un testigo) para el maíz y la caoba, pero en el maíz se aplicó cultivos de cobertura, haciendo uso de dos sub-parcelas por cada bloque establecido en el maíz, obteniendo un total de 12 repeticiones por cada bloque y como se usó tres bloques, se obtuvo un total de 36 unidades experimentales.

4.4.1 Toma de línea base

Se recolectó datos de la parcela antes de la siembra del maíz y de la primera aplicación de los abonos, la línea base consistió en la medida de la altura, numero de hojas de caoba, el diámetro a la base del tallo de caoba y plantas atacadas y no atacadas por el barrenador de las meliáceas y en suelo se tomó mediciones a nivel de campo para determinación de variables físicas, químicas y biológica.

4.4.2 Preparación del terreno

Se hizo una chapia o siega de la maleza que estaba en la parcela donde se realizó la investigación, esta se llevó acabo con el uso de machetes.

4.4.3 Siembra del Maíz

La siembra del maíz se realizó dos veces debido a que la primera siembra no resulto como se esperaba (emergiendo pocas plantas), por lo que, se realizó una segunda siembra 10 días después de la primera.

4.4.4 Raleo de las plantas

Esta práctica consistió en dejar la planta que presente mayor vigor tanto en el maíz como en las leguminosas para que no haya mucha competencia entre las plantas debido a que se sembraran dos semillas por postura

4.4.5 Siembra de las leguminosas

La utilización de frijol de abono y canavalia se realizó de la misma manera sembrando 15 días después de la siembra de maíz, usando dos semillas por postura y cada postura se hizo a

50 cm esto entre los surcos, como a la distancia de 50 cm de los surcos de maíz de los laterales.

4.4.6 Elaboración de abonos

Bocashi

Se elaboró utilizando los siguientes materiales:

Estiércol: Se utilizó aproximadamente 60 libras de estiércol vacuno para la elaboración del bocashi

Suelo: Se mezcló aproximadamente 60 lb de suelo extraído de la sección de cultivos industriales

Levadura: Se compró el equivalente a 4 onzas de levadura de pan, el cual se mezcló con agua para aplicar a los otros materiales

Rastrojo: se utilizó 60 libras que estaban compuestas por hojas de cacao y tallo de musáceas

Casulla de arroz: la cantidad que se utilizó es de aproximadamente 30 lb.

Cal industrial: la cantidad de 2 libras que se mezcló con cada material.

Azúcar: se utilizó 4 libras de azúcar morena la cual se aplicó en cada capa para una distribución homogénea.

Agua: se utilizó lo necesario hasta que quedó con la cantidad de agua optima, esto se medirá utilizando la prueba del puño que consiste en recolectar una muestra con la mano y si sale agua entre los dedos o nuestra mano se humedece tiene mucha agua pero si se aprieta y no sale agua por medio de los dedos o la mano no que da húmeda tiene la cantidad ideal de agua.

Manejo del Bocashi: se mezcló los materiales haciendo capa por capa a la cual le aplicamos agua (agua mezclada con levadura), cal y azúcar, una vez de haber mezclado los materiales se tapará con nylon color negro esto para evitar que la lluvias que ocurrieron afectarán el proceso de descomposición, también para que mantenga la temperatura. Se removía una vez en la mañana y otra en la Tarde con el fin de controlar temperatura y darle aireación al Bocashi, esto durante los primeros 7 días, luego se volteara solo una vez hasta que obtuvo

una temperatura ambiente y poder ser aplicado al cultivo. El tiempo de duración fue de 25 días.



Figura 1 Proceso de elaboración del Bocashi

Lombricompost: Este se cosechó de las eras establecidas en la sección de cultivos industriales el cual fue preparado con el uso de cerdaza como alimento para las lombrices (*Eisfenia fétida*).

Vacaza: Este abono se recolectó en la zona de bovinos de la Universidad Nacional de Agricultura.

Gallinaza: se recolectó de la granja avícola en donde la producción que se lleva acabo es la de gallinas de postura.

Cerdaza: el estiércol de cerdos a utilizar se recolectó del área de porcina, donde ellos depositan el estiércol por lo cual, solo se dejó secar antes de la siembra del maíz.

4.4.7 Aplicación de los abonos

Caoba

Para la caoba se aplicó 1 libra por planta de cada abono y otra aplicación 60 días después de la primera aplicación esto colocándose a una distancia de 15 cm de distancia de la base del tallo en donde se hizo un surco alrededor de la planta y se aplicó el abono y posteriormente se tapó el abono.

Maíz

La aplicación se realizó en cuatro etapas, una aplicación un día antes de la siembra, este paso se realizó al colocar media libra de cada abono por metro lineal en donde se sembró el maíz, este se revolverá con la tierra del lugar para evitar pérdidas del abono, la siguiente aplicación será 15 días después de la siembra (dds) colocando 1 onza de cada abono en la base de la planta de maíz, posteriormente se realizará otra aplicación 30 (dds) de la misma manera que la anterior y una última aplicación 45(dds).

4.4.8 Corte de las leguminosas

Las leguminosas se cortaron 70 días después haber sido sembradas.

4.4.9 Toma de datos

La toma de datos se realizará cada 15 días después de la aplicación de los abonos orgánicos para la caoba y para el maíz.

4.5 Diseño experimental

Para este ensayo, en el maíz se utilizó el método de Bloques Completos al azar el cual se realizó en un arreglo de parcelas divididas , donde el uso de las sub-parcelas corresponde a los abonos verdes y las parcelas pequeñas fueron para las aplicaciones de Vacaza, Bocashi, Lombricompost, Gallinaza, Cerdaza y el testigo (sin aplicación de abono organico). Mientras que a las caobas se usó un diseño de Bloques completos al azar.

4.5.1 Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \xi_{(a)} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \xi_{(\beta)}$$

$$I = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, r$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor en el k bloque en la parcela i y la subparcela j .

μ = Valor constante similar a la media de la población.

α_i = efecto del i -ésimo nivel del factor “A”.

$\xi_{(a)}$ = Error experimental de parcelas grandes.

β_j = Efecto de la j - ésimo nivel del factor “B”

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i - ésimo nivel del factor A con el bloque j -esimo nivel del factor B.

$\xi_{(\beta)}$ = Error experimental de sub parcelas.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos

Abono orgánico	Tratamiento aplicados al maiz		Tratamiento aplicados a la caoba
	Mucuna	Canavalia	
Lombricompost	T1	T1	T1
Gallinaza	T2	T2	T2
Vacaza	T3	T3	T3
Bocashi	T4	T4	T4
Cerdaza	T5	T5	T5
Testigo	T6	T6	T6

4.6 Variables evaluadas

4.6.1 Variables evaluadas en la caoba

Las variables de altura, diámetro y número de hojas se tomaron cada 15 días, sin embargo el área foliar solo se realizó una vez, este dato se tomó días antes de haber cosechado el maíz al mismo tiempo en que se tomó el área foliar del maíz; pero en el monitoreo de la *H. grandella* se realizó cada tres días.

Altura

Se utilizó una cinta métrica para medir la altura desde la base del tallo hasta el meristemo apical, tomando el dato en cm.

Diámetro del tallo

La medición del diámetro del tallo se realizó con un pie de Rey, la toma de datos fué en milímetros midiendo el diámetro a la base (DAB) del tallo.

Medición del rebrote apical ante el ataque de *Hypsipyla grandella*

Se tomaron datos de la cantidad de plantas dañadas y las no dañadas para hacer control de la *Hypsipyla grandella* dejando plantas testigo (sin control) para una comparación con las plantas que se realizó el control.

Para realizar este control se utilizó una navaja que bien afilada para poder hacer el corte en chaflán o diagonal (aproximadamente 45°) y que sea uniforme; dicho corte se realizó hasta donde el barrenador no haya causado daño y se evaluó el crecimiento y desarrollo del rebrote después del ataque.

Monitoreo

Se realizó un monitoreo de las plantas para establecer el daño provocado en el ápice y ver el estado de cada planta, el cual consistirá en la clasificación de las plantas según el grado de daño que presenten (ver cuadro 5).

Cuadro 3. Clasificación del daño provocado por *Hypsipyla grandella*

Grado de daño	Profundidad del daño	Clasificación del grado daño
Sin ataque	0 cm	0
Leve inicial	< 1 cm	1
Leve regular	1-5 cm	2
Severo	> 5 cm	3
Daño permanente	Caída del brote	4

Número de rebrotes

Se contaron los rebrotes de cada planta a las que se ha aplicado el control de la *Hypsipyla grandella*.

Determinación de la calidad de rebrote

Para esto se observaron los rebrotes y se definieron como rebrote deseados (RDS) y rebrotes no deseados (RND) siendo que estos últimos serán eliminados, pero conservando el rebrote que se consideró más apto para su crecimiento. El desarrollo del rebrote seleccionado se evaluó a los cuatro meses de acuerdo a las siguientes cualidades: adecuado (Anexo 1), regular (Anexo 2) y no adecuado (Anexo 3)¹.

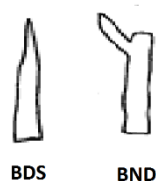


Figura 2. Clasificación del rebrote

¹ Cualidades determinadas según la conversación en junio del 2013 con el M.Sc. Oscar Iván Ferreira

Longitud del rebrote

Se midió el crecimiento en centímetros de cada brote en las plantas que se realizó el control, esto con el uso de una regla o metro tomando el dato en cm.

Numero de hojas

Se contaron todas las hojas compuestas (ver anexo 5) que presentaron las plantas durante el experimento.

Volumen del fuste

Con los datos de altura y diámetro a la base se utilizaron para calcular el volumen del fuste, utilizando la siguiente formula:

$$V = \frac{\pi * r^2 * h}{3}$$

V= Volumen del fuste en cm³

r = radio en cm

h= altura en cm

Área foliar

Se utilizó un papel acetato cuadriculado con 1cm² para la medición de las hojas de la caoba colocando el papel acetato encima de la hoja de caoba y se proseguirá a contar la cantidad de cuadros que se encuentran dentro de la hoja para obtener el área foliar.

4.6.2 Variables evaluadas en el Maíz

Numero de hojas

Se contaron las hojas formadas completas de las 9 plantas a muestrear tomando como hoja completa hasta que se muestre el cuello de la hoja (ver anexo 6), esto se hará cada 15 días después de la siembra.

Área foliar

Se tomó datos de 5 plantas por tratamiento y midiendo todas las hojas que presentaron, utilizando la metodología de Montgomery (1911), utilizando la fórmula:

$$AF = (L * A * 0.75)$$

Donde

AF = área foliar

L = Largo de la hoja medido desde el ápice hasta el punto de inserción (lígula)

A= parte más ancha de la hoja

Días a floración masculina

Se contaron los días a floración masculinas, desde la siembras hasta que el 50% de las plantas presenten anthesis (derrama polen) y para observar esto se le aplico un movimiento leve a las plantas para ver si derrama polen, significando esto que está en floración y si no derrama polen no está en floración (Reyes, 2010).

Días a floración femenina

Se contaron los días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presenten estigmas visibles.

Altura de la planta

Para esta variable se usó una estadia para medir la altura de la planta tomando el dato en cm.

Diámetro del tallo

Esta variable se midió días antes de la cosecha del maíz, utilizando un pie de rey para medir el diámetro del tallo a 15 cm del nivel del suelo tomando el dato en mm.

Altura de inserción de mazorca

Se tomó la medida a las 9 plantas de maíz a las cuales se medirá la distancia desde la base del tallo en el suelo hasta la inserción de la mazorca.

Número de mazorcas por plantas

Se obtuvo dividiendo el número de mazorcas totales que se cosecharon por parcela entre el número de plantas cosechadas.

Hileras por mazorca

Se realizó después de cosechar la parcela útil y se contaron 5 mazorcas por tratamiento de cada sub-parcela, a las que se le contaron las hileras para obtener un dato promedio.

a. Número de granos por hilera

Luego de contar las hileras por mazorca se prosiguió a contar la cantidad de granos por hilera.

Índice de desgrane

Esta variable se obtuvo de pesar la mazorca, luego se desgranó para obtener el peso del grano y se hará la relación de peso del grano sin olote sobre el peso del grano con olote.

Rendimiento

Para obtener el rendimiento se cosecharon todas las mazorcas en el área útil (surco de en medio) y se obtuvo el peso de campo utilizando la siguiente formula; los resultados de esta fórmula son en kg/ha^{-1} .

$$Rendimiento = ID \left(\frac{\text{peso de campo} * 10000}{\text{area util}} \right) * \left(\frac{100 - \% H^{\circ}G}{100 - \% H^{\circ}A} \right)$$

Donde

H°G = Humedad del grano a cosecha

H°A = Humedad de almacén (según expertos se debe almacenar de 12 a 13%)

ID = Índice de desgrane

4.6.3 Variable a evaluar en las leguminosas

Medición de Nódulos

Se extrajo dos plantas por cada tratamiento con el área del suelo de 30x30 cm y una profundidad de 30 cm que posteriormente se colocó en un balde con agua dejándolo por 10 minutos y luego se removió el suelo restante con agua. Posteriormente se contaron la cantidad de nódulos presentes en la planta y la cantidad de nódulos por raíz.

Para ver el funcionamiento de los nódulos se escogerán 5 nódulos para diferenciar su actividad siendo blanquecino o crema (Inactivo), marrón o rojizo (activo) (Trejo *et al*, 1999).

Calculo de biomasa fresca

Esta variable se tomó a 60 días después de haber sido sembradas las leguminosa cortando 3 plantas por cada tratamiento y se pesaran todas juntas para obtener la cantidad de biomasa fresca.

Calculo de biomasa seca

La obtención de los datos de biomasa seca se realizaron en el laboratorio de suelo de la Universidad Nacional de Agricultura en donde se llevó una muestra que pesaba 1000 gr de cada leguminosa que posteriormente se colocaron en el horno, en donde se secaron a una

temperatura de 105 °C durante 24 horas para obtener la muestra en seco, una vez que obtuve el peso en seco se utilizó la siguiente formula:

$$\%M.S = \frac{ps}{pf} \times 100.$$

En donde

%M.S = materia seca

ps= peso en seco

pf = peso fresco

Con esta fórmula se obtiene el porcentaje de materia seca que tiene las leguminosas.

4.6.4 Algunas variables físicas, químicas y biológicas del suelo

Para las variables: Determinación en campo de la textura del suelo, determinación biológica del suelo y determinación de la densidad aparente del suelo, se realizó en 12 sitios de muestreo, uno por cada tratamiento, al centro de cada parcela, realizando el muestro al finalizar el cultivo del maíz. Mientras que la determinación del nivel de infiltración se realizó antes de establecer el maíz.

Análisis de suelo

Toma de muestra

Se recolecto una muestra compuesta por 15 sub-muestras que fueron extraídas de la parcela antes de la siembra del maíz, estas se tomaron con la utilización de un machete y una pala, el corte que se realizó en el suelo fue en “V” hasta llegar a una profundidad de aproximadamente 30 cm de donde se extrajeron las sub-muestras y estas se cortaron con el machete al grosor de 1 pulgada especialmente del centro, luego se colocaron en un balde en donde se mezclaron y posteriormente se extrajo la muestra que representa a toda la parcela.

Traslado de las muestras de suelo al laboratorio de analisis

La muestra recolectada en la parcela se llevó a los laboratorios del FHIA localizados en el municipio de la Lima, Cortes para obtener los análisis químicos del suelo.

Determinación en campo del tiempo de infiltración de agua

Se utilizó un cilindro de lata o tubo PVC de 15 cm de altura por 15 cm de diámetro el cual se colocó en el suelo hasta que haya profundizado 5 cm y queden 10 cm en el exterior luego se fijó una regla graduada en cm dentro del tubo y seguidamente adicionamos agua y a partir de ese momento se midió la altura del agua cada 15 segundos durante 3 minutos y lo registramos, posteriormente se clasificó en:

- ✓ Muy lenta: menor a 0.5 cm
- ✓ Lenta: 0.5 a 1 cm
- ✓ Rápida: 1 a 2 cm
- ✓ Muy rápida: mayor a 2 cm

Para esta práctica se realizó en 12 sitios, uno por cada tratamiento, al centro de cada parcela

Determinación en campo de característica biológica del suelo

Se observó la cantidad de organismos presentes en el suelo, para esto se extrajo tres monolitos de 25x25 cm y una profundidad de 30 cm y se dividió en tres partes de 10 cm cada una y cada sección se desfragmentó para poder recoger u observar la cantidad de organismos presentes y se clasificara en:

Nulo: no se observa ningún organismo
Bajo: 1 a 20 organismo
Moderado: de 21 a 60 organismos
Alto: más de 60 organismos

Determinación de la densidad aparente del suelo

Esta variable se tomó al final del estudio, en donde se extrajeron muestras del suelo utilizando un cilindro de pvc el cual constaba de una altura de 13 cm y un diámetro de 4.5 cm el cual se introdujo al suelo utilizando una tabla la cual se colocaba en la parte superior del tubo, la que posteriormente se golpeó con un martillo hasta lograr que el cilindro quedara introducido en el suelo. Se utilizó una pala para extraer el cilindro.

Una vez recolectadas las muestras se envolvieron en papel periódico y se identificaron cada una de ellas para introducirlas en el horno del laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Agricultura, en donde se mantuvieron por un tiempo de 24 horas a una temperatura de 105 °C, luego se prosiguió a pesar la muestra y seguidamente se utilizó la siguiente fórmula para determinar la densidad aparente.

$$Densidad\ aparente = \frac{masa\ de\ la\ muestra}{volumen\ del\ cilindro}$$

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación denotan que no hubo estadísticamente, una significancia para las variables: altura de la planta, diámetro a la base del tallo, número de hojas y volumen del fuste, en las plantas de caoba, por otro lado se observó una diferencia estadísticamente significativo en la aplicación de los abonos al aplicarlos a las plantas de caoba (Cuadro 4).

El análisis estadístico que se realizó a los datos obtenidos del maíz, nos revelan que no hubo significancia estadísticas para las variables: número de hojas, días a floración masculina y femenina, mazorcas por planta, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, mientras que hubo una diferencia altamente significativa en el uso de las leguminosas para las variables: altura de la planta, diámetro del tallo, inserción de la mazorca y rendimiento, mientras que las variables granos por hilera e índice de desgrane obtuvieron una diferencia significativa en el uso de leguminosas, mientras que en el uso de abonos solo hubo diferencia significativa para la variable diámetro del tallo y en la interacción de leguminosa*abono se obtuvo diferencias estadísticamente altamente significativas para la variable rendimiento(Cuadro 5).

Cuadro 4. Resumen de las variables medidas durante el estudio en las platas de caoba

Variable	Diámetro						Altura						Número de hojas						Volumen del fuste	Área foliar
	15 ddp a	30 ddp a	45 ddp a	60 ddp a	75 ddp a	90 ddp a	15 ddp a	30d dpa	45 ddp a	60 ddpa	75 ddpa	90 ddpa	15 ddpa	30d dpa	45 ddp a	60 ddp a	75 ddp a	90 ddp a		
lombrico mpost	26.3	28.0	29.0	29.9	31.1	32.3	92.0	95.5	103.0	106.3	107.2	119.8	8.50	16.3	13.5	13.3	16.5	17.6	299.62	316.0
gallinaza	26.3	27.0	28.4	29.1	29.7	30.8	70.8	65.7	73.5	88.3	87.7	94.5	21.2	20.0	19.5	22.2	22.5	25.7	255.76	281.3
vacaza	27.2	28.7	28.8	29.1	29.8	30.2	65.2	63.5	63.5	67.2	72.2	82.3	17.0	17.0	18.7	18.3	20.2	25.5	198.60	442.3
bocashi	27.5	28.0	29.2	30.5	31.2	32.5	81.0	82.2	85.5	85.5	90.8	115.0	15.0	16.0	17.2	19.7	20.2	24.8	227.87	608.3
cerdaza	24.2	26.8	27.5	28.3	29.0	30.7	77.0	79.2	84.8	94.7	103.5	118.8	15.3	14.0	14.0	14.2	12.5	15.5	250.90	557.0
testigo	25.6	27.3	28.5	29.3	30.0	32.8	74.0	74.7	81.0	95.3	105.2	116.3	10.0	9.0	10.8	13.2	12.2	15.5	363.44	441.7
Anava																				
Bloque	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	**	n.s
Abonos	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	*
C.V	23.3	22.3	23.7	23.4	23.4	57.6	34.8	35.9	36.6	31.9	29.4	26.8	39.4	43.7	38.3	27.6	27.6	31.2	50.8	24.9
R2	0.16	0.18	0.17	0.16	0.18	0.23	0.37	0.40	0.42	0.46	0.46	0.46	0.39	0.24	0.33	0.30	0.60	0.49	0.73	0.74

Dónde: ** (altamente significativo), * (significativo), n.s (no significativo)

Cuadro 5. Resumen de las variables medidas durante el estudio en el maíz

Abonos/Variabl e		N° de hoj as	DFM	DFF	Área foliar	Altura de la planta	DT	Inserción de la mazorca	Mazorc a/plant a	Longitud de la mazorca	Diámetr o de la mazorc a	Hilera/ mazorc a	Granos/ hilera	ID	Rendimien to
Mucuna	lombric ompost	9	54	54	631.8	247.3	21.33	107.33	1.15	16.67	55.67	16.67	39.00	0.72	5248.89
	gallinaza	14	54	54	661.6	252.3	24.67	118.00	1.05	18.00	56.00	18.00	39.67	0.76	6168.00
	vacaza	14	54	54	630.5	240.3	20.00	113.00	1.03	17.33	54.33	17.67	39.00	0.74	5265.85
	bocashi	14	54	54	744.05	244.7	22.67	110.67	1.10	17.67	54.00	17.00	39.67	0.73	5751.79
	cerdaza	14	55	55	683.6	240	21.67	109.67	1.00	17.00	53.67	17.00	37.33	0.73	3927.65
	testigo	14	55	55	665.8	241.3	21.33	106.67	1.00	17.67	54.67	16.33	39.33	0.76	6247.45
Canavalia	lombric ompost	14	55	55	658.02	263	23.00	127.00	1.11	18.33	54.67	17.67	38.67	0.77	7103.92
	gallinaza	15	55	55	748.2	280	25.50	140.00	1.04	18.00	55.00	17.50	40.00	0.77	9327.99
	vacaza	14	55	55	693.9	252.7	24.67	123.33	1.08	18.33	53.67	16.67	40.33	0.77	7066.00
	bocashi	14	54	54	728.1	272.7	24.33	132.00	1.08	18.00	55.33	18.00	40.33	0.77	7906.08
	cerdaza	14	55	55	717.7	286.3	25.00	140.00	1.11	18.00	55.00	17.67	41.00	0.73	10213.91
	testigo	14	55	55	665.2	262.3	22.00	133.33	1.02	17.67	55.00	17.67	38.00	0.76	7883.99
Anava															
FV	Bloque	n.s	n.s	n.s	**	n.s	*	n.s	n.s	n.s	n.s	*	n.s	n.s	n.s
	Legumin osa	*	n.s	n.s	n.s	**	**	**	n.s	n.s	n.s	n.s	*	*	**
	Abonos	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	*	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
	Leg*Ab	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	*	n.s	n.s	**
	C.V a	4.91	2.02	2.02	9.95	6.14	6.72	9.72	13.73	2.71	0.58	9.29	3.94	3.3	35.69
	C.V b	5.41	1.14	1.14	10.34	4.38	7.24	5.94	20.59	5.62	3.01	3.94	3.83	3.42	21.62
	R2	0.53	0.42	0.42	0.51	0.78	0.71	0.84	0.34	0.46	0.33	0.68	0.57	0.59	0.78

Dónde: ** (altamente significativo), * (significativo), n.s (no significativo)

5.1 Variables evaluadas de la caoba

En las variables evaluadas en la caoba no se observó diferencia estadísticamente significativa para la variable altura de la planta, número de hojas, diámetro a la base del tallo y volumen del fuste, sin embargo se observó diferencia significativa para la variable área foliar (Anexo 4).

5.1.1 Diámetro a la base del tallo de caoba

El diámetro a la base del tallo (DBT) de las plantas de caoba demostraron resultados donde los tratamientos: testigo (sin aplicación de abono orgánico), bocashi y lombricompost presentaron los mayores valores de DBT al final de la investigación (32.83 cm, 32.50 cm, 32.33 cm), mientras que la vacaza y cerdaza obtuvieron un menor DBT (30.17 cm y 30.67 cm). Con respecto a menor heterogeneidad entre los datos es el bocashi el que menor heterogeneidad presentó a los 90 días después de la primera aplicación (ddpa) de los abonos incluidos en el estudio, mientras que el testigo fue el que mayor variación entre los tratamientos presentó a los 90 ddpa (Figura 3).

También se puede apreciar que el lombricompost fue el que mantuvo un crecimiento más constante en el tiempo, mientras que el testigo se observó un crecimiento más fluctuante de mostrando un mayor aumento del DBT a los 15 ddpa y a los 90 ddpa que el desarrollo dado a de los 30 a 75 ddpa donde se mantuvo constante. Sin embargo el diámetro del tallo de los árboles depende del crecimiento que este tenga y al tener un crecimiento mayor, también indica que una mayor absorción de nutrientes (Figura 3).

Las plantas abonadas con lombricompost tuvieron una absorción de nutriente continua siendo que los nutrientes estaban disponibles en igualdad en el tiempo que duro el ensayo, por otro lado, la vacaza demostró una menor liberación de nutrientes esto debido a su pH (cuadro 8) el cual es el más alcalino de todos los abono (pH 8.2) reduciendo así su mineralización por parte de las bacterias debido a que el comportamiento de las bacterias en pH alcalino es más

reducido, y el lombricompost con pH de 5.8 (cuadro 8) es más propicio para que se dé la mineralización por parte de los microorganismos y estando más disponibles para las caobas (Figura 3).

Según lo ocurrido en el experimento es la cerdaza en donde se observa un mayor aumento del DBT del 0 al 15 ddpa y del 15 al 30 ddpa y posteriormente se mantuvo constante hasta la fecha de los 75 a 90 ddpa (Figura 3).

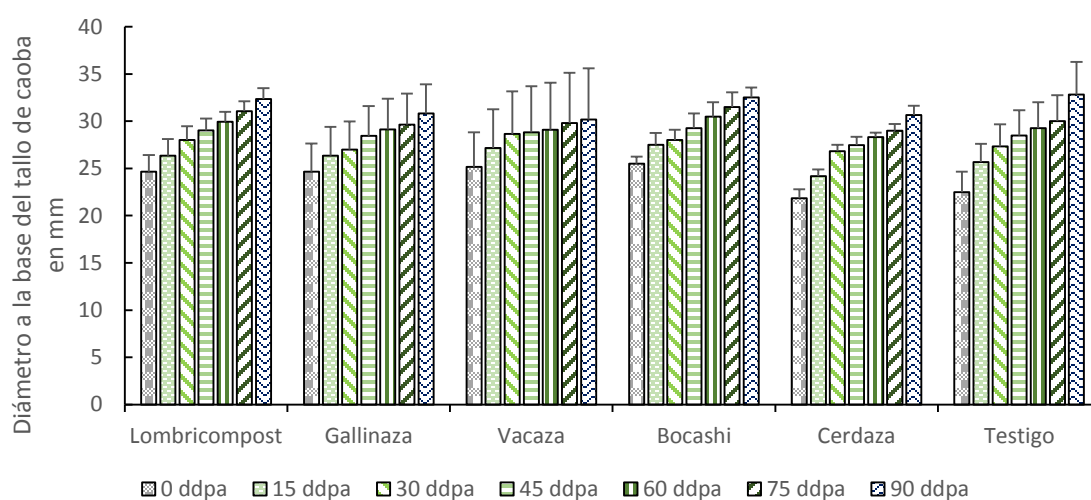


Figura 3. Diámetro de la base del tallo de la caoba en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en Catacamas, Olancho. Barras de error indican el error estándar.

No obstante se ve el crecimiento de DBT de la caoba en comparación a la primera toma a los 0 ddpa (línea base), en donde se muestra que el testigo provocó un mayor crecimiento del diámetro en base del tallo de la caoba durante el periodo del estudio, aumentando 10.33 mm en el diámetro, mientras que la vacaza produjo un aumento de 5 mm de DBT, por lo que se puede decir que no hubo efecto estadísticamente significativo de los abonos, produciendo un comportamiento igual entre tratamientos (Figura 4).

Pero la diferencia que se encuentra entre los abonos es debido al daño ocasionado por la *Hypsipyla grandella*, el cual ataca la parte apical, tomando sus alimentos de la parte central

del tallo y como el control aplicado fue cortar el tallo hasta donde no había daño (poda) y al hacer esto se redujo el área foliar de las plantas, reduciendo así su tasa fotosintética provocando un menor desarrollo de la planta, siendo así que el testigo fue el que menos corte apical se le realizó y obtuvo un mayor crecimiento (Figura 4).

El lombricompost mantuvo una tendencia similar durante el tiempo de estudio, y el testigo tuvo un mayor incremento de los 0 a 30 ddpa, pero constante de los 30 a 75 ddpa y aumentando de una forma mayor que los demás tratamientos de los 75 a los 90 ddpa, por otro lado la cerdaza provoco un mayor crecimiento de los 15 a 30 ddpa y amnteniendo un crecimiento más constante hasta los 75 ddpa e incrementándose de los 75 a 90 ddpa, posiblemente el efecto que ocurrió de los 75 a 90 ddpa en las plantas que se le aplico cerdaza, es debido a la segunda aplicación de los abonos a los 60 ddpa y a los 90 ddpa las plantas tuvieron una mayor cantidad de nutrientes asimilables para ellas (Figura 4).

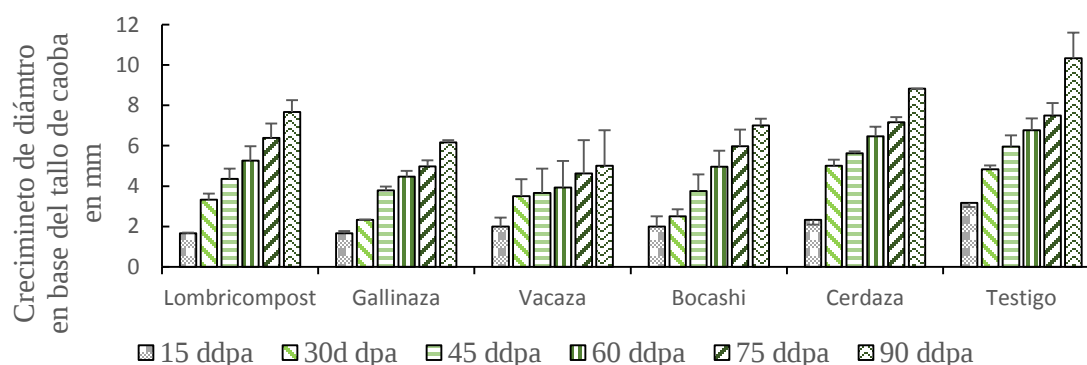


Figura 4. Crecimiento del DBT de la caoba en la en un sistema agroforestal de maíz y caoba en Catacamas, Olancho. Barras del error significan el error estándar.

5.1.2 Altura de la planta

En cuanto al crecimiento en la altura de las plantas de caoba hasta los 90 días después de la primera aplicación de los abonos orgánicos se mostró crecimientos diferentes entre los abonos, pero estadísticamente con un nivel de confianza de $P \leq 0.05$ no hubo efecto

significativo entre los tratamientos aplicados. En cuanto a los 90 días después de la primera aplicación (ddpa) es el lombricompost el que presenta una mayor altura con 120 cm y la vacaza con menor altura con 82 cm (Figura 5).

En cuanto a mayor crecimiento, se muestra que la cerdaza, el testigo y el bocashi tuvieron un mayor aumento en el crecimiento del tallo de las caobas, pero la gallinaza y la vacaza mostraron el menor aumento en altura del tallo, sin embargo podemos observar que a los 30 ddpa obtuvieron una altura inversa a la esperada, y en el caso del bocashi, cerdaza y testigo fue a los 15 ddpa que presentaron alturas menores que a las de 0 ddpa, esto, sin duda alguna, fue por el ataque del barrenador de la meliáceas (*HypsipHylla grandella*), creando un gran daño a las plantas que atacan debido a que disminuyen y retrasan su crecimiento (Figura 5).

Uno de los factores que favoreció a las plantas de caoba, para un buen crecimiento fue la disminución de la presencia del barrenador de las meliáceas ya que para la fecha del 22 de septiembre del 2013 (Figura 15), fecha que coincide de los 60 a 90 ddpa, la incidencia de la *Hypsipylla grandella* disminuyó hasta un 0% de incidencia y es por esto que las plantas tuvieron un mayor crecimiento en altura entre esta fecha (Figura 5).

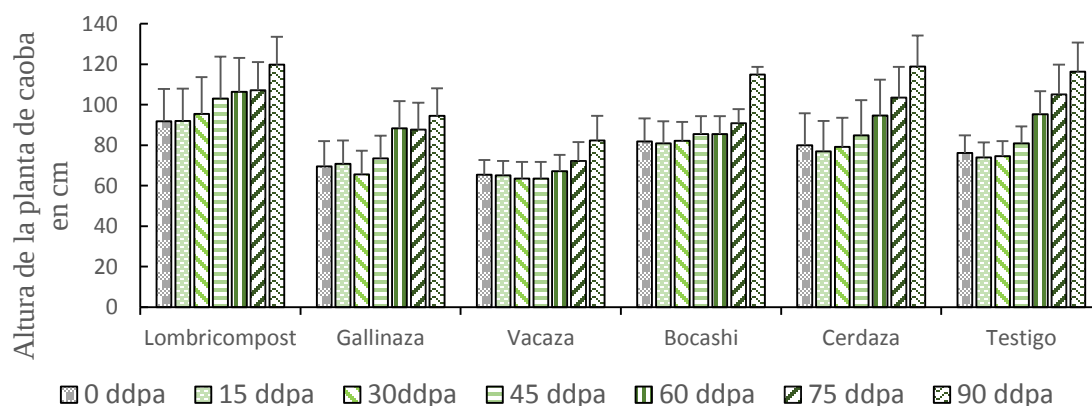


Figura 5. Altura de la planta de la caoba en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en Catacamas, Olancho. Barras del error significan el error estándar.

La gallinaza es la que sufrió un mayor daño provocado por la *Hypsipyla grandella* a los 30 ddpa, debido a que esta plaga, en el estado de larva se alimenta del centro del tallo, siendo, las partes más tiernas lo que más la atrae (Figura 9), y es por ello que, las mediciones obtenidas en el tiempo se ven inversas a lo esperado (Figura 6).

El testigo produjo el mayor crecimiento de las plantas de caoba alcanzando 40 cm en el crecimiento de altura de caoba hasta los 90 ddpa, mientras que la vacaza alcanzó el menor crecimiento con 16.83 cm, pero el incremento negativo que se produjo a los 45 y 60 ddpa producido por el barrenador de las meliáceas, influye mucho debido al corte que se aplicó a las plantas que fueron atacadas por la plaga, ya que esto produce un retraso en el crecimiento de la planta debido a la reducción del área foliar disminuyendo sus procesos fotosintéticos, también porque empieza un proceso en donde la planta busca cicatrizar la zona donde se realizó el corte y posteriormente la emergencia de los brotes (Figura 6).

Como el ataque del barrenador se detuvo para los intervalos de 60 a 90 ddpa es aquí donde el efecto de los abonos no es interrumpida por el ataque del barrenador, de mostrando que en la última fecha (90 ddpa) el testigo produjo el mayor crecimiento, seguido de la cerdaza y posteriormente el bocashi y el menor crecimiento obtenido fue la vacaza (Figura 6).

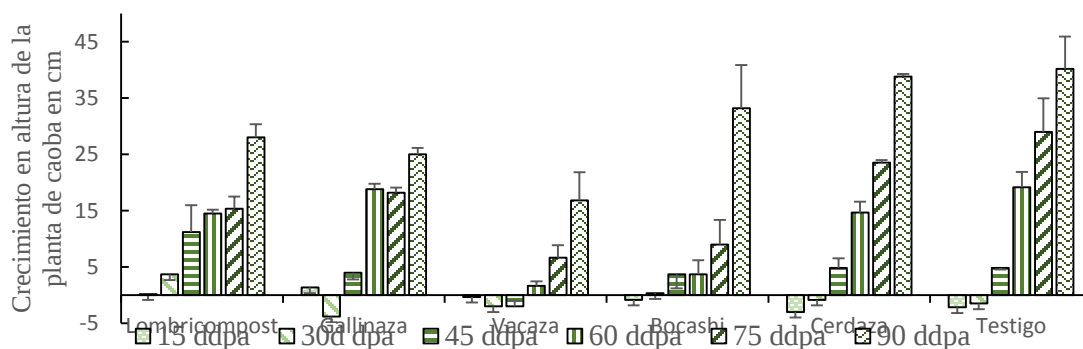


Figura 6. Crecimiento en altura de la planta de la caoba en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en Catacamas, Olancho. Barras del error significan el error estándar.

5.1.3 Número de hojas

Se observa una fluctuación para cada uno de los tratamientos esto debido al barrenador de las meliáceas (*Hypsipyla grandella*), la cual dañaba el ápice del fuste y al hacerle el control (corte de la parte dañada), se eliminaban también las hojas incluidas en el tallo eliminado en el tratamiento cultural (poda) (Figura 9 a, b, c.), demostrando para los 15 ddpa una disminución mayor del número de hojas para el lombricompost, mientras que el bocashi tuvo un menor corte a los 15 ddpa (figura 7).

Se registró la cantidad de hojas que aumentaba o disminuía según la comparación con la línea base tomada a los 0 ddpa, pudiéndose argumentar que en los 15 ddpa es el lombricompost el que obtuvo un mayor descenso en el número de hojas perdiendo 6 hojas, lo que se asemeja con la vacaza a los 15 ddpa y se mantuvo con el mismo número de hojas a los 30 ddpa (Figura 7).

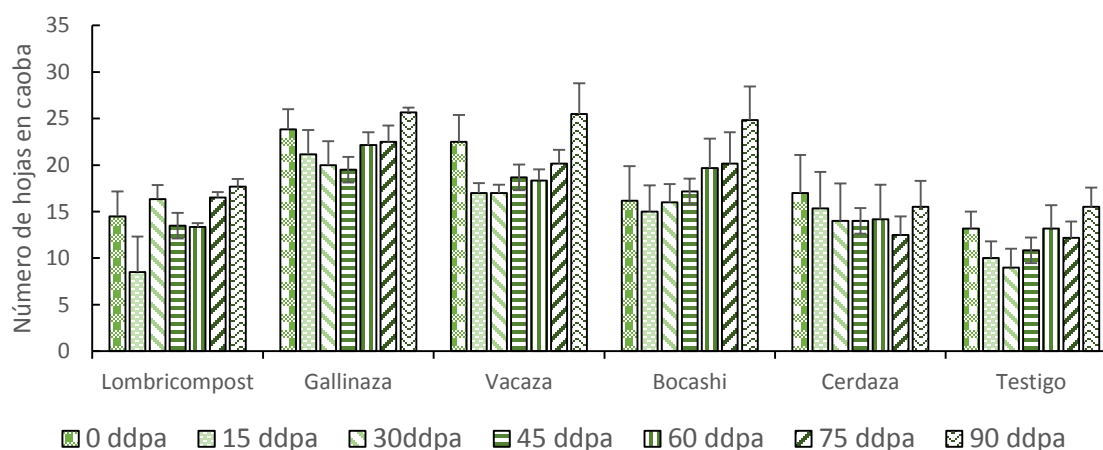


Figura 7. Número de hojas de la caoba en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en Catacamas, Olancho. Barras del error significan el error estándar.

En cuanto al aumento positivo de numero de hojas es el bocashi el que presentó el mayor incremento de hojas a los 90 ddpa con 8.67 hojas (~9) y esto en parte se debe a que el daño por la *Hypsipyla grandella*, no le produjo tanta perdida de las hojas, como en el caso de la

vacaza y la gallinaza, pero la gallinaza fue la que tuvo un menor aumento con 1.83 en los 90 ddpa. Sin embargo el tratamiento con cerdaza no pudo aumentar el número de hojas positivamente, obteniendo un numero de hojas de 1.5 a los 90 ddpa por debajo del número total de hojas al inicio del ensayo a los 0 ddpa (Figura 8).

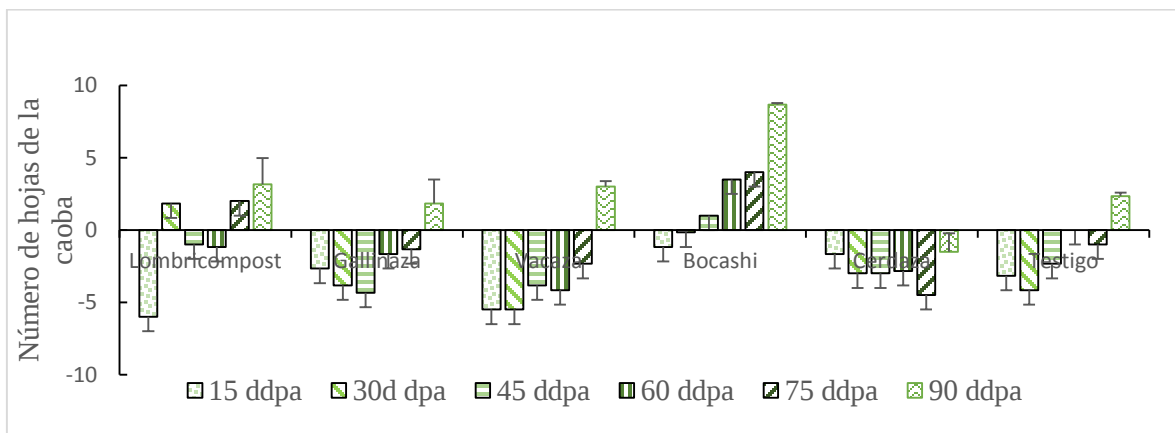


Figura 8. Número de hojas de la caoba según su incremento o descenso en comparación a 0 ddpa (línea base) en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba. barras del error significan el error estándar.

La pérdida de hojas se pronuncia en su mayoría por la presencia del barrenador de las meliáceas el cual empieza atacando los brotes jóvenes debido a que son más succulentos para el barrenador pudiéndose apreciar las una las heces que son parecido al aserrín las que se ven de una formas más claras cuando no tienen mucho tiempo de haber sido expuestas al exterior, sin embargo al aumentar el tiempo esta muestra va cambiando de color, siendo un color naranja y posterior mente se torna de un color oscuro y esto nos indica que la larva llano se encuentra dentro del fuste (Figura 10).

Mientras que la larva de *Hypsipyla grandella* sigue perforando el centro del fuste de la planta de caoba, esta se ve afectada debido a que la cantidad de nutrientes que la planta absorbe no se mueven hasta la parte apical debido al daño que ocasiona, ya que, al alimentarse del centro del tallo está eliminando los vasos (xilema) que transportan la sabia bruta desde las raíces

hasta las hojas para su transformación en sabia elaborada. Este daño produce que la parte del tallo que ha sido barrenada sea infuncional, por lo que se debe aplicar una poda para controlar que el daño prosiga y mientras que a menor daño producida por la plaga esta obtendrá un crecimiento más favorable (Figura 10).



Figuras 9 a, b, c. Presencia y daño provocado por la *Hypsipyla grandella* en la caoba en un sistema agroforestal de maíz y caoba en la sección de Cultivos Industriales en la UNA a. Daño ápice de caoba y presencia de la *Hypsipyla grandella*, b. Pérdida del ápice de caoba, c. Poda realizada para controlar el ataque de la *Hypsipyla grandella*.

El desarrollo de las plantas de caoba con la aplicación de los abonos orgánicos no se desempeñó de igual manera para las variables del diámetro a la base (DAB) del tallo, altura de la planta y número de hojas, esto posiblemente por el ataque del barrenador de las meliáceas (Figura 10).

Sin embargo la variable altura de la planta demostró un comportamiento similar a la variable número de hojas según la regresión aplicada, esto debido al daño que le ocasionó la *Hypsipyla grandella*, provocando un disminuyo en la altura de la planta y como el control cultura (poda) aplicado, se eliminó la parte dañada y al eliminar parte del ápice, también se eliminan las hojas compuestas que se presentaban en la ápice desechado (Figura 10). Mientras que la variable DAB del tallo de la caoba demostró un comportamiento positivamente, sin embargo su aumento posterior a los 30 ddpa fue constante en el tiempo pero un desarrollo menor que el ocurrido de 0 ddpa a los 30 ddpa (Figura 10).

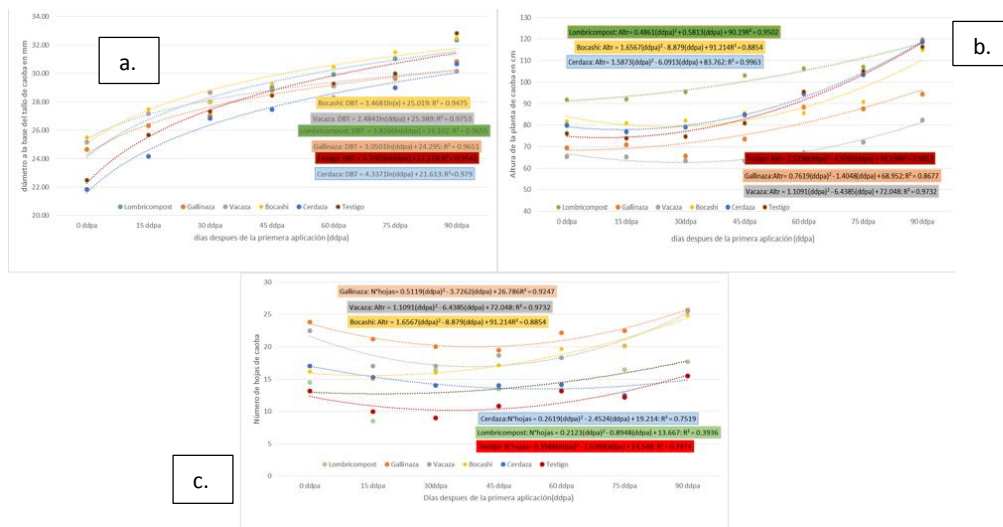


Figura 10. Modelo de regresión de las variables de la caoba: diámetro a la base del tallo, altura de la planta de caoba y número de hojas de la caoba y volumen del fuste, con respecto al tiempo. a. regresión logarítmica para diámetro a la base, b. regresión polinómica para altura y c. regresión polinómica para número de hojas.

5.1.4 Área foliar

De acuerdo al análisis estadístico ocurrió un efecto significativo con una $P \leq 0.05$ en el uso de los abonos orgánicos para la variable área foliar. Se observa al bocashi con una mayor área foliar de 608.33 dm^2 y la gallinaza con el menor área foliar con 281.33 dm^2 (Figura 11).

Mientras el barrenador de las meliáceas causaba daños al ápice e indirectamente a las hojas debido al corte que se le aplicó, se puede apreciar que el bocashi logró obtener un mayor área foliar, por el contrario, la gallinaza obtuvo el comportamiento más bajo, dando un comportamiento menor que el testigo (sin aplicación de abono). Sin embargo el número de hojas alcanzado a los 90 ddpa es similar para la vacaza, gallinaza y bocashi, es el bocashi el que desarrollo hojas con mayor número área foliar, indicando que las hojas del bocashi obtuvieron un mayor desarrollo foliar, mientras que la gallinaza tubo un menor área foliar (Figura 11).

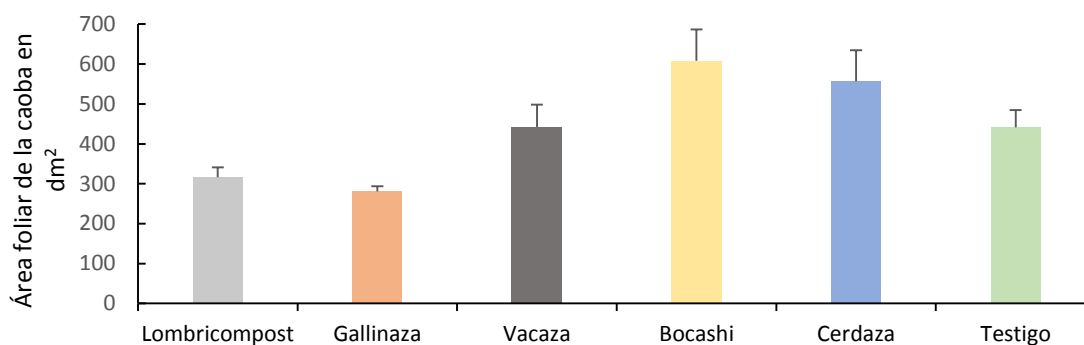


Figura 11. Área foliar de la caoba en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba. Barras del error significan el error estándar.

5.1.5 Volumen del fuste

Para la variable volumen del fuste no hubo efecto significativo estadísticamente, no obstante se observa al testigo con un mayor aumento en el volumen del fuste, sin embargo fue el testigo el que menor daño le produjo el barrenador de las meliáceas (Figura 12) manteniendo un mayor fuste por lo que no obtuvo un retraso en su crecimiento y desarrollo (Figura 12).

Mientras que la vacaza produjo un menor aumento en el volumen del fuste aunque según el análisis de los abonos (Cuadro 8), la vacaza cuenta con un mayor contenido de nitrógeno y mayor contenido de materia orgánica pero esto no indica que obtengamos los mejores resultados, debido a que la vacaza cuenta con una tasa de mineralización de 30.5 % anual (SAGRAPA, sf) haciendo que los nutrientes se liberen más lentamente (Figura 12).

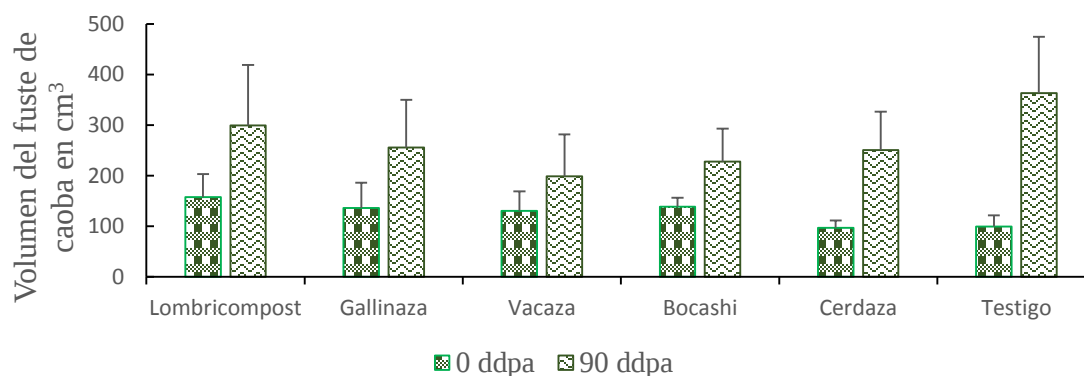


Figura 12. Volumen del fuste de la caoba en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba. Barras del error significan el error estándar.

5.1.6 Monitoreo

Las plantas que mayor daño obtuvieron por el ataque de barrenador de las meliáceas fueron los tratamientos: Lombricompost, gallinaza, y Cerdaza con grado 3 (corte mayor a 5 cm) mientras que las que menor daño obtuvieron fueron el testigo, Bocashi y bacaza con grado 2 (corte de 1 a 5 cm) (Cuadro 6)

Cuadro 6. Daño provocado por la *Hypsipyla grandella* al ápice de las plantas de caoba.

Tratamiento	grado de daño
Lombricompost	3 (Severo)
Gallinaza	3 (Severo)
Vacaza	2 (Leve regular)
Bocashi	2 (Leve regular)
Cerdaza	3(Severo)
Testigo	2 (Leve regular)

Clasificación de daño: 0 (0 cm), 1 (>1 cm), 2 (1-5 cm), 3 (>5 cm).

Profundidad del corte

En cuanto a la longitud del corte al ápice para cada tratamiento que evaluado, siendo que la gallinaza es la que le realizó un mayor corte con 13.67 cm de profundidad del ápice, mientras que el testigo es el que menos daño obtuvo, cortándose 2.50 cm de longitud, mientras que es el bocashi el que menor corte obtuvo entre los 5 abonos (Figura 15).

La gallinaza cuenta con un porcentaje de mineralización mayor que todos los abonos procedentes de estiércol, siendo esta de 95 % (SAGRAPA, sf), para el caso del nitrógeno y su liberación es más rápida que los demás abonos, puede ser que la planta al tener mayor cantidad de nitrógeno, esta lo absorbió para su crecimiento longitudinal y como la *Hypsipyla grandella* es atraída hacia la parte del tallo más sucultenta, y como el nitrógeno lo necesita la planta para ser más vigorosa, también hace que la planta sea más tierna y sucultenta en su parte apical, atrayendo así al barrenador de las meliáceas, obteniendo de este modo la mayor cantidad de daño que los otros tratamientos (Figura 15).

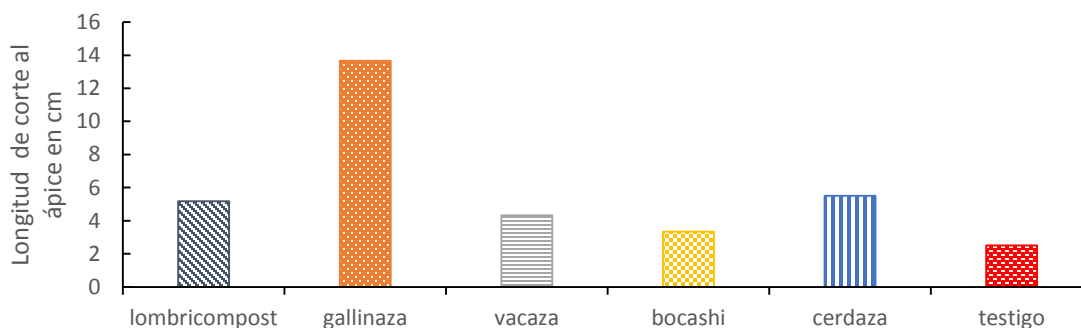


Figura 13. Longitud de corte al ápice en cm, en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho.

Calidad del rebrote

En cuanto al porcentaje de brotes deseados y brotes no deseados, se obtuvo un 87 % de brotes no deseados y solo un 13% de brotes deseados, esta mayoría de brotes son en su totalidad brotes axilares, esto es porque al aplicar el corte para controlar el ataque del barrenador de las meliáceas, la concentración de auxinas (hormona controladora del crecimiento del brote) que estaba en el ápice se pierde y posteriormente la planta concentra la síntesis de hormonas en las yemas laterales, haciendo así que la mayor cantidad de brotes que obtuve fuese en la parte lateral de la planta (Figura 16).

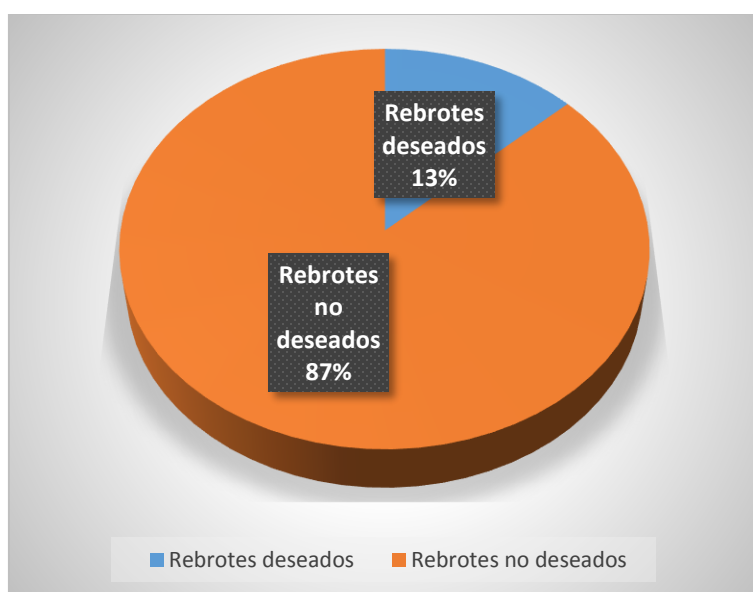


Figura 14. Porcentaje de rebrotes deseados y no deseados en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho.

Sin embargo el desarrollo de los brotes que se desarrollaron después del corte, obteniendo en menor porcentaje el 15% adecuado (Anexo 4), el 37% de no adecuado (Anexo 6) y un 48% de brotes que obtuvieron un desarrollo regular (Anexo 5), observando que el daño que ocasiona la *Hypsipyla grandella* crea daños muy severos a las plantaciones de caoba, ya que el daño que ocasiona a las plantas que ataca, hace que estas pierdan su crecimiento perpendicularmente, creando un crecimiento menos deseados, debido a que la curva que se crea en el tallo de los arboles hace que obtengamos madera menos deseada (Figura 17)

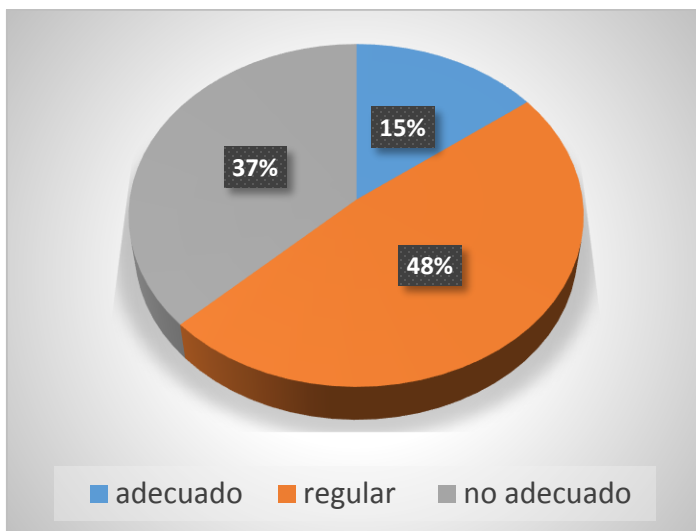


Figura 15. Desarrollo del rebrote en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho.

Longitud del rebrote de caoba

Se observó el crecimiento que tuvo el brote resultante del control de la *Hypsipyla grandella*, mostrando se el testigo como el que mayor longitud alcanzo y siendo el bocashi el que menor longitud logro alcanzar. En donde se puede apreciar que el testigo fue el que menos fluctuaciones obtuvo por parte del ataque del barrenador, mientras que la gallinaza, cerdaza y lombricompost tuvieron mayores declives en su crecimiento, sin embargo es la vacaza la que presento una mejor tendencia debido a que ataque del barrenador no fueron muy pronunciados (Figura 16).

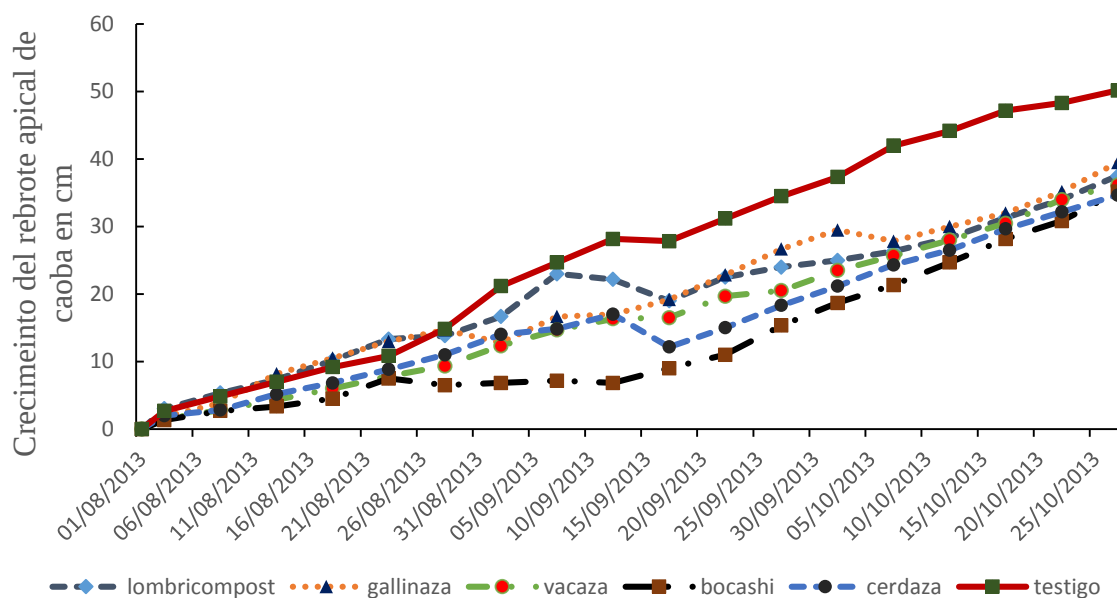


Figura 16. Longitud del rebrote de caoba en (cm) en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en Catacamas, Olancho.

Monitoreo de la *Hypsipyla grandella*

En cuanto a la incidencia de la *Mucuna* se observó un aumento a inicios del mes de junio, esto puede ser por la presencia de la lluvia, ya que en este tiempo empezaba el periodo lluvioso (Figura 17) produciendo mejores condiciones para el desarrollo de la plaga (Figura 17).

Sin embargo se obtuvo un comportamiento similar que la observada en la zona de La Masica, Atlántida (FHIA, 2010). Para el mes de julio obteniendo un porcentaje de 32 % en la Universidad nacional de Agricultura en Catacamas, Olancho, no obstante en la zona de La Masica, Atlántida se presentó un 30.1% de incidencia (Figura 17).

Mientras que lo ocurrido en el mes de agosto en La Masica se obtuvo un nivel de incidencia del 0% y en la zona de Catacamas, Olancho se presentó un nivel de 12 %, el que posterior

mente fue descendiendo para el mes de septiembre observando un 5% de incidencia, por otra parte en La Masica se encontró el 21.5% en el mes de septiembre (Figura 17).

Para el final del mes la presencia del barrenador disminuyó a 0%, mientras que en La Masica la incidencia del barrenador disminuyó a 8% para el mes de octubre. Demostrando que en la zona de Catacamas se obtuvo una disminución al 0% para el mes de octubre (Figura 17).

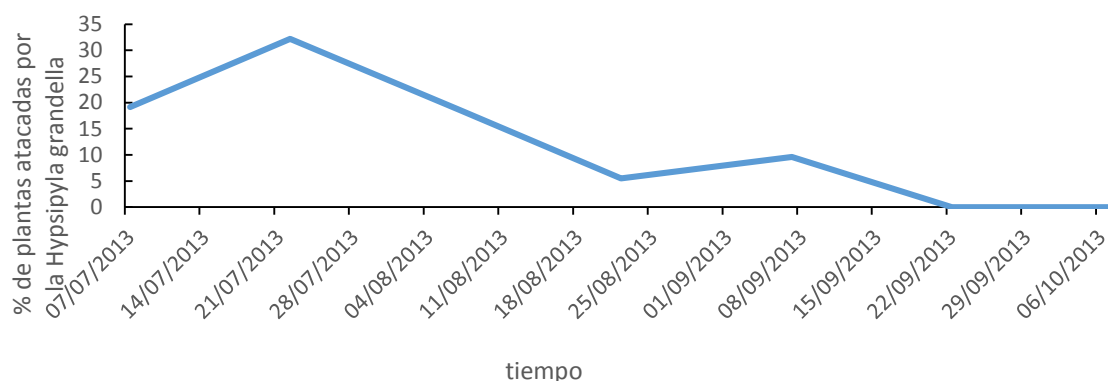


Figura 17. Porcentaje de plantas atacadas por *Hypsipyla grandella* en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho.

Es posible que el control cultural realizado en las caobas para controlar la plagas en combinación con el aumento de las lluvias tenga que ver con el disminuyo de la presencia del barrenador de las meliáceas, ya que en a mediados del mes de agosto se presentó un aumento en las lluvias (Figura 18) y en la incidencia de las plaga se produjo un disminuyo a mediados del mes de agosto y posiblemente la presencia de la lluvias en el mes de agosto, haya influido en la descenso de la plaga hasta un porcentaje de 0% de incidencia (Figura 17).

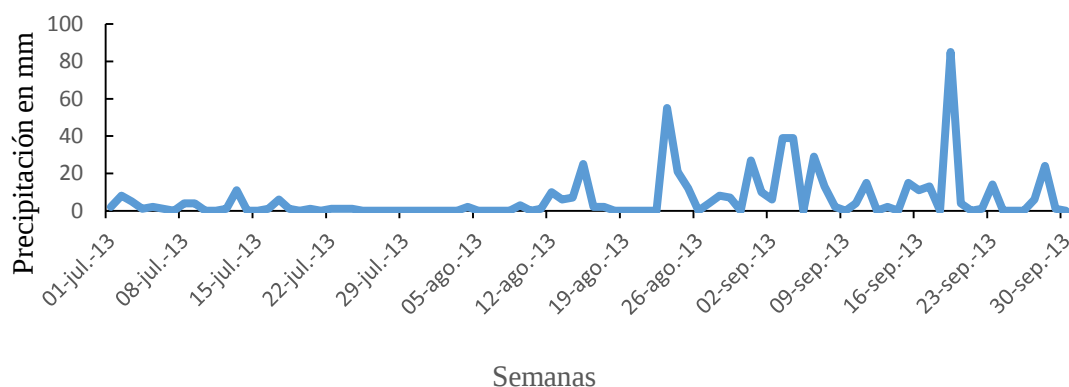


Figura 18. Precipitación presentada durante los meses de julio a septiembre en Catacamas, Olancho.

Crecimiento de la larva de *Hypsipyla grandella* y el daño al brote apical

El control del barrenador de las meliáceas es muy importante en plantaciones de caoba ya que estas pueden reducir y retrasar el crecimiento de las plantaciones de caoba, sin embargo al crecimiento de la larva aumenta según el tiempo y consigo el daño que puede causar al brote apical reduciendo hasta 290 mm en altura a una planta, solo el ataque de una larva (Figura 19).

Sin embargo la presencia de la larva se observó durante 17 días en donde la larva se presentó al inicio con una longitud de 16.5 mm y su crecimiento avanzó hasta alcanzar una longitud de 25.5 mm creciendo un total de 9 mm en un periodo de 17 días y lo ocurrido al tallo del árbol es muy perjudicial debido al gran consumo de alimento en el centro del fuste debido que puede consumir hasta 29 cm (290 mm) en longitud si no se hace un control (Figura 19).

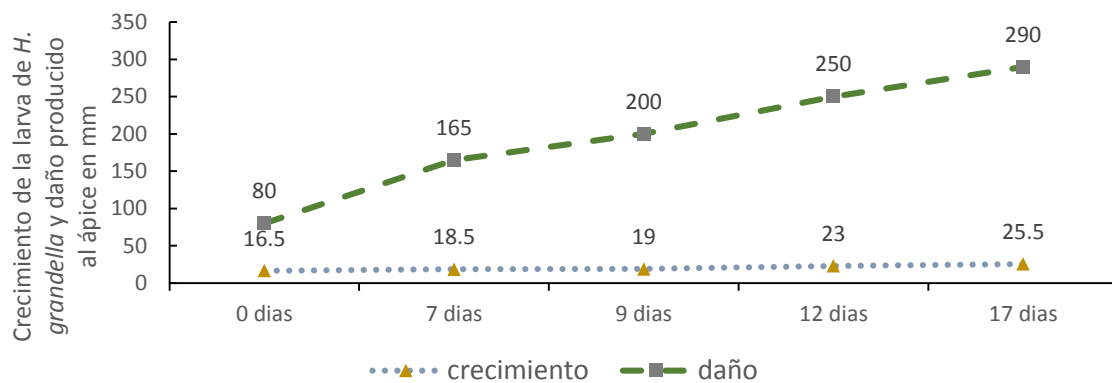
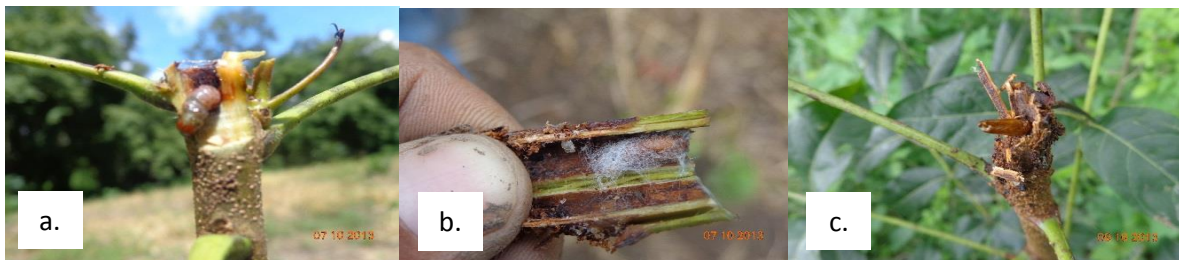


Figura 19. Crecimiento de la larva de *Hypsipyla grandella* y el daño producido al ápice en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho.

Por otro lado la presencia de la larva en el tallo no se encontró después de los 17 días, lo que puede indicar que la larva busco un lugar favorable para su desarrollo de metamorfosis, pero se puede decir que la larva también cumple su metamorfosis dentro del brote dañado (Figura 18), pero la huida de la larva es posible al corte que se le aplico al fuste (Anexo 18) para ver hasta donde se encontraba el daño y para medir la larva (Figuras 18 a, b, c).



Figuras 20 a, b, c. Desarrollo de la larva y de la pupa de *Hypsipyla grandella* en el tallo de la caoba en un sistema agroforestal de maíz y caoba. **a.** Corte realizado al ápice para tomar medida al daño y medición a la longitud de la larva, **b.** Presencia de la pupa de la *Hypsipyla grandella* dentro del tallo de caoba, **c.** Pupa ya eclosionada de la *Hypsipyla grandella* en el ápice y tallo de la caoba.

5.2 Variables evaluadas en maíz

5.2.1 Número de hojas

El desarrollo foliar del maíz demostró un comportamiento similar para los tratamientos, sin embargo las parcelas que estaban con *Cannavalia ensiformis* demostraron obtener un mayor número de hojas, pero fue la gallinaza la que demostró un mayor número de hojas a los 70 días después de la siembra (dds), no obstante esta diferencia no es estadísticamente significativa ni entre los tratamientos y ni entre la utilización de los abonos verdes (Figura 21).

El desarrollo que presentó el maíz para los 15, 30 y 45 dds no hubo diferencia para cada uno de las parcelas principales (Maíz+ *Mucuna* sp., Maíz + *Cannavalia ensiformis*), esto por causa de la fecha en la cual se sembró los abonos verdes siendo a los 15 dds del maíz, en donde se realizó la siembra de las leguminosas y para los 70 dds las leguminosas tenían un tiempo de 45 días de haber sido sembradas, por lo que se ve la diferencia entre las sub-parcelas demostrando a la canavalia contribuir en el desarrollo del maíz en comparación del frijol de abono (Figura 21).

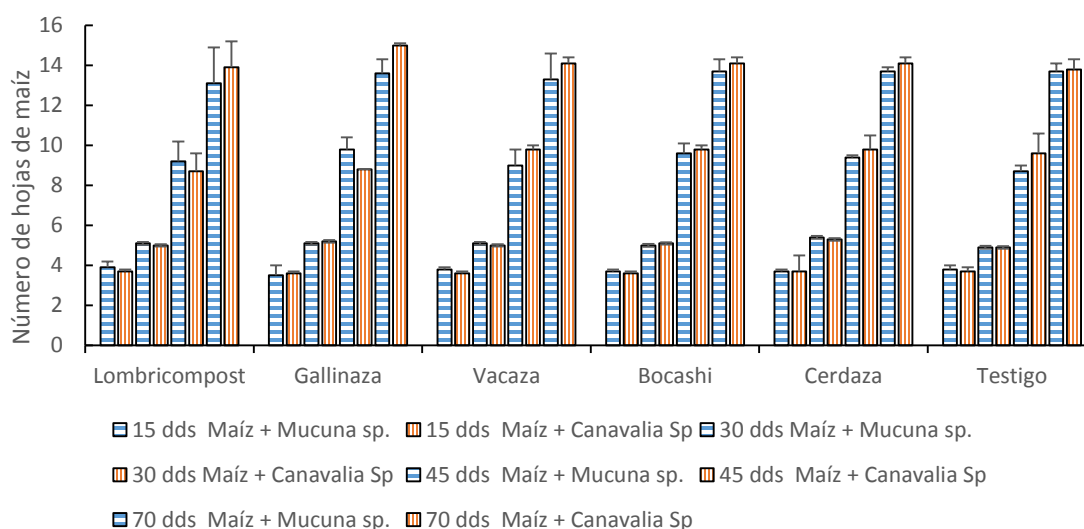


Figura 21. Número de hojas del maíz en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.

5.3.2 Área foliar

Al final para cada uno de los tratamientos según su parcela principal se obtuvo el área foliar, demostrando que los tratamientos aplicados al Maíz+ *Canavalia* sp. Demostraron un mayor desarrollo foliar, sin embargo esta diferencia no es estadísticamente significativa para ninguno de los tratamientos ni entre parcelas principales (Figura 22).

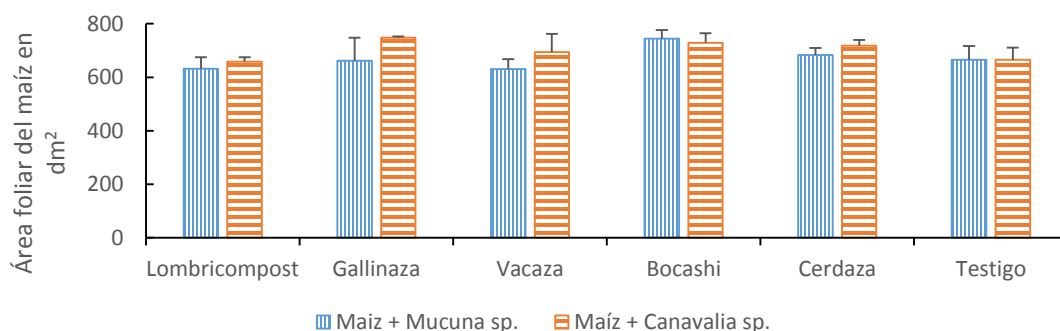


Figura 22. Área foliar del maíz en dm² en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.

5.3.3 Días a floración masculina y femenina

Para las variables días a floración masculina y días a floración femenina no fue influenciada por los abonos orgánicos ni por las leguminosas obteniendo se una floración similar de 54+1 y 54+ 2 días después de la siembra para los tratamientos de lombricompost, gallinaza, vacaza y bocashi en cada una de las parcelas principales y la cerdaza y el testigo ya que se obtuvo a los.

5.3.4 Altura de la planta

Al obtener una mayor altura significa una mayor absorción de nutrientes ayudando a la expresión genética del híbrido lo que demuestra a la cerdaza con una mayor altura combinada

con la *Cannavalia ensiformis* con una altura de 286.3 cm y la menor altura fue expresada por la vacaza en combinación con canavalia, por otro lado los abonos en combinación con el frijol de abono (*Mucuna* sp.) demostraron obtener una altura muy similar (Figura 21).

Sin embargo no hubo efecto significativo para el uso de los abonos, pero si un efecto altamente significativo para el caso de las leguminosas utilizadas obteniendo mejores resultados con el uso de la canavalia + abonos (Figura 21).

Mientras que la combinación de Maiz + Canavalia + cerdaza tiene un efecto mayor que los demás esto debido a que la cantidad de nódulos activos (Figura 26) es mayor en esta combinación que en los demás tratamientos, obteniendo así una mayor altura (Figura 21).

Por otro lado la cerdaza contiene mayor cantidad de nitrógeno y un pH optimo (Cuadro 8), obteniendo una mejor absorción de nutrientes por parte de la planta, sin embargo el suelo presenta cantidades bajas de los macronutrientes (Cuadro 8), pero el desarrollo del maíz fue de manera similar que el desarrollo del maíz al cual se le aplico abono, esto puede ser debido a la cantidad de nitrógeno que es fijado por las leguminosas estando en un rango de 35 a 341 kg/ha⁻¹ para el frijol de abono (Brunner *et al*, 2008) y según CEDICO (1993) un rango de 50 a 251 kg/ha⁻¹ para la canavalia, pero el estudio demuestra un mejor desarrollo del maíz en asocio con canavalia que con frijol de abono, esto sugiere que la canavalia presentó un mayor funcionalidad que la *Mucuna* sp.(Figura 23).

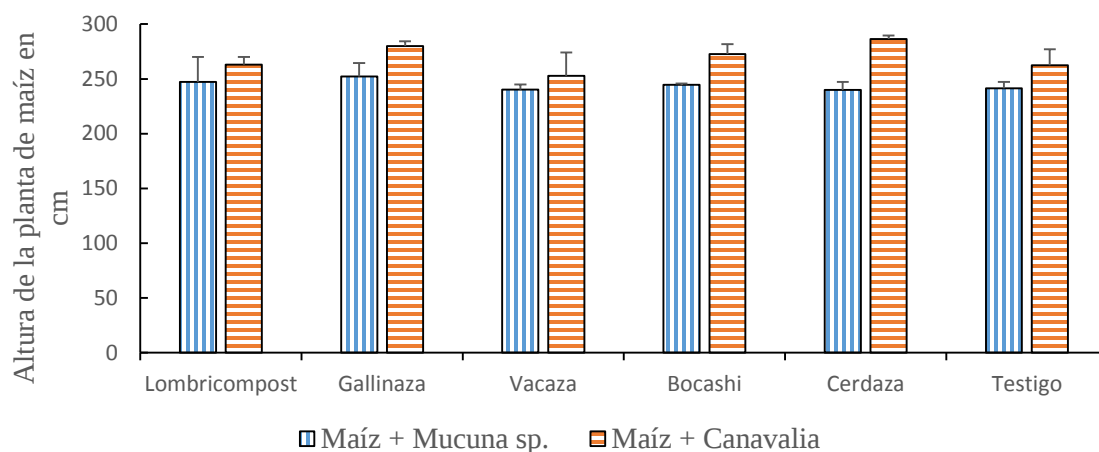


Figura 23 Altura de la planta de maíz en cm en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.

5.3.5 Diámetro del tallo de maíz

Le diámetro del tallo de maíz es importante dependiendo de la altura de la mata, debido a que el viento puede provocar el acame del tallo por los vientos que se pueden producir durante la plantación del cultivo, sin embargo en el estudio se mostró que la gallinaza y la cerdaza alcanzaron los valores más altos (25.5 mm y 25 mm) y el testigo (sin aplicación de abono) alcanzo el valor más bajo (22 mm), en la combinación de maíz + canavalia, mientras que en la combinación de maíz + *Mucuna* sp. la gallinaza presentó el valor mas alto (24.7 mm) y el menor valor fue obtenido por la vacaza (20 mm), lo que demuestra que en la combinación de maíz + canavalia se obtienen valores mayores que en el uso de maíz + *Mucuna* sp. (Figura 22).

En cuanto al testigo, se observa que no hubo un gran efecto para la variable diámetro del tallo entre las combinaciones de maíz + canavalia y maíz + frijol de abono (*Mucuna* sp.) Solo con una diferencia de 0.7 mm mayor en el uso de canavalia que en frijol de abono, pero se demuestra que hubo una mayor variación en el datos del testigo en el maíz + canavalia (Figura 22).

Sin embargo en el uso de la gallinaza en las combinaciones de maíz + canavalia y maíz + frijol de abono logró presentar valores más altos que los demás abonos con las combinaciones de maíz más las leguminosas esto debido a la fijación de nitrógeno de las leguminosas más la aportación de nitrógeno por parte del abono, ya que la mineralización del nitrógeno en la gallinaza es más alta que los demás abonos procedentes de animales (SAGRAPA, sf), demostrando que el nitrógeno influye en gran medida en el diámetro del tallo, por lo que a mayor cantidad de nitrógeno disponible para la planta influye positivamente en esta variable (Cantarero *et al*, 2002) (Figura 22).

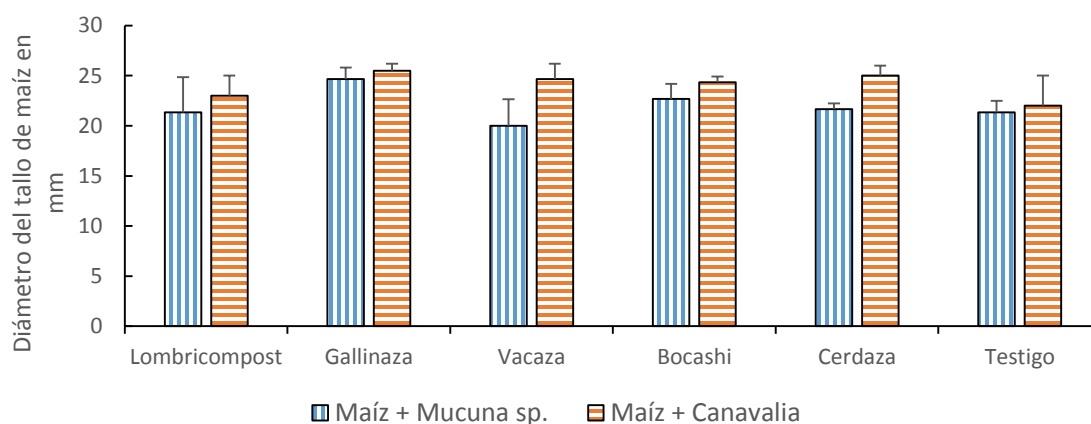


Figura 24. Diámetro del tallo de maíz en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.

5.3.6 Inserción de la mazorca

Según Maya y Robles citado por Cantarero *et al*(2002), sugieren que mientras menor sea la altura de inserción de la mazorca esta tendrá más hojas que los provea de nutrientes y posteriormente se obtendrá un mayor rendimiento del cultivo, mientras que Somarriba citado por Cantarero *et al*(2002), considera que para la recolección mecanizada esta no deberá de ser muy alta ya que los rodillos de los mecanismos de cosecha recorrerán una mayor longitud del tallo y esto puede producir atascos, sin embargo no hay valores definidos para un altura óptima.

La variable inserción de la mazorca y altura de la planta se ve influenciada por la nutrición, ya que, en el caso de la cerdaza y gallinaza que presentan los valores más altos (140 cm y 140 cm) en la combinación de maíz + canavalia, para esta variable, también obtuvieron los datos mayores en la variable altura de la planta (286.3 cm y 280 cm). Siendo la cerdaza la que presentó una mayor diferencia en la altura de inserción de la mazorca a la altura de la planta (Figura 25).

Por otro lado fue la vacaza el que presento menor altura a la inserción de la mazorca en la parcela de maíz + canavalia a la altura de 123.3 cm obteniendo una diferencia de 129 cm con respecto a la altura de la planta, reflejando la baja nutrición que aportó. Esto relacionado al pH del abono, el cual contiene un pH alcalino (Cuadro 8), provocando que la actividad microbiana se a mas disminuida que en las demás parcelas, ya que a pH alcalinos la presencia de microorganismo (bacterias) es menor que en los pH menores a 7 (Figura 25).

En la parcela de maíz + *Mucuna* sp. fue la gallinaza en donde se observó una mayor altura de inserción de mazorca (118 cm), sin embargo, obtuvo el segundo lugar en alcanzar una mayor longitud demostrado por la diferencia que hay en altura de la planta y la inserción de la mazorca, siendo el lombricompost el que alcanzo el primer lugar en la diferencia que hay de la altura de la planta (247 cm) y la inserción de la mazorca (107 cm), esto se relaciona con la cantidad de nutrientes disponibles para la planta, siendo que la gallinaza libero con mayor rapidez los nutrientes (especialmente el nitrógeno) y el lombricompost mas paulatino (Figura 25).

Sin embargo fue el bocashi en la parcela de Maíz + *Mucuna* sp. el que alcanzo datos con una variabilidad menor obteniendo datos más homogéneos siendo interesante para el caso de ser cosechada con maquinaria agrícola (Figura 25).

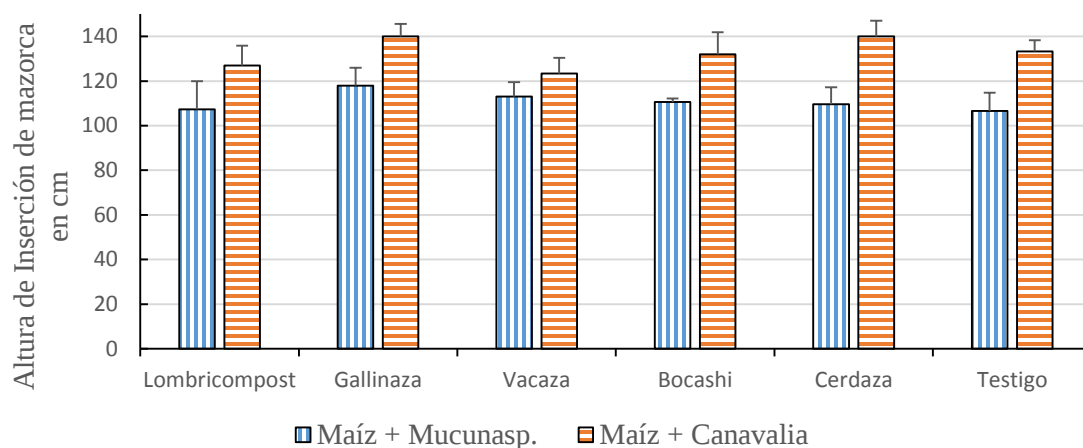


Figura 25. Altura de inserción de mazorca en maíz, en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.

5.3.7 Mazorcas cosechadas

Según Castillo y Arana (1997) aseguran que el número de mazorcas cosechadas está influenciada por la densidad de siembra, la fertilidad del suelo y las condiciones climáticas que se presentan durante el ciclo del cultivo, coincidiendo con lo propuesto por Orozco citado por Cantarero *et al*(2002),

Sin embargo en el estudio realizado en Catacamas, Olancho mostraron un efecto no significativo estadísticamente (Anexo 8, K) para la variable número de mazorcas cosechadas por planta.

Para la variable número de mazorcas cosechadas por planta fue el lombricompost el que presento los valores más altos obteniendo 1.18 para el caso de Maíz + *Mucuna* sp. y 1.11 en la parcela de Maíz + Canavalia, demostrando que en un lote donde tengamos 100 plantas de maíz obtendremos un total de 118 mazorcas cosechadas si sembramos Maíz + *Mucuna* sp. y 111 mazorcas si combinamos Maíz + Canavalia. Pero esto no indica que el rendimiento sea

mayor que los demás tratamientos, ya que también influye el diámetro de la mazorca, longitud de la mazorca, índice de desgrane y otros (Figura 26).

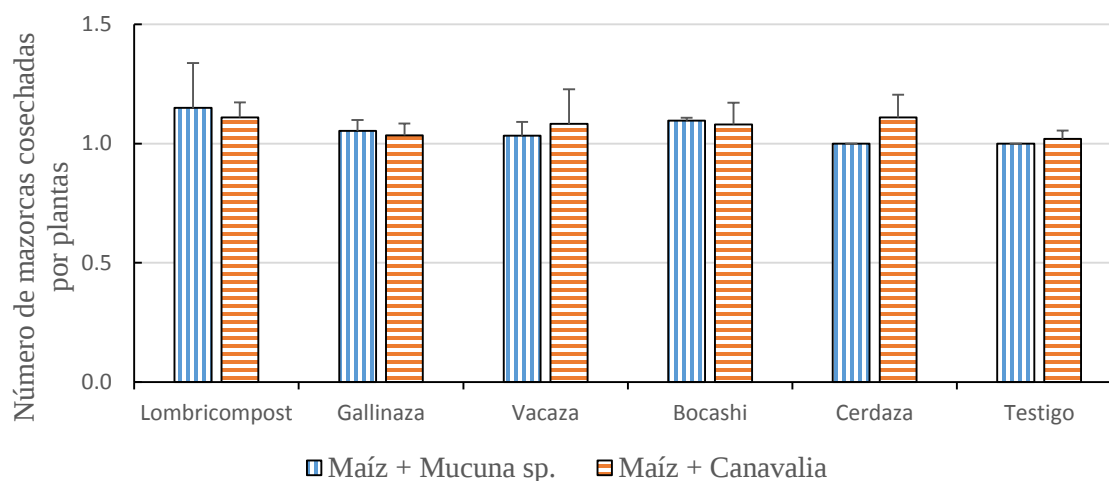


Figura 26. Número de mazorcas cosechadas en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.

5.3.8 Variables longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por mazorca

Según el análisis estadístico no se encuentra diferencia significativa para las variables longitud de mazorca, diámetro del tallo, número de hileras por mazorca y número de granos por hileras, sin embargo se muestra una diferencia significativa para el uso de las leguminosas para la variable granos por hilera (Cuadro 7).

Se expresó que el tratamiento que mostró un mayor longitud es el lombricompost en el la sub-parcela de Maiz + *Canavalia ensiformis* (18.33 cm) y contradictorio con lo expresado en la sub-parcela de Maiz + *Mucuna* sp. donde obtuvo el menor resultado de todos los tratamientos (16.67 cm) (Cuadro 7).

Demostrando lo expuesto por Adetiloye *et al* citado por Cantarero *et al*(2002), quien explica que la longitud de la mazorca está influenciado por condiciones climáticas, condiciones del suelo (la humedad del suelo y cantidad de nitrógeno) y radiación solar, sin embargo las unidades experimentales del lombricompost fueron la más propensas al encharcamiento porque su densidad aparente se muestra mayor (Cuadro 9) que el suelo perteneciente a los otros tratamientos, influenciando en el desarrollo de las plantas .

La gallinaza en la sub-parcela de Maíz + *Mucuna* sp. obtuvo los valores más altos para las variables de longitud de mazorca, diámetro del mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera, refutando lo que expone Cantarero *et al*(2002), en donde la cantidad de granos por hilera está relacionado con el número de hileras por mazorca y esta se encuentra relacionada con el diámetro de la mazorca, la cual está directamente relacionado con la longitud de la mazorca, mientras que la longitud de la mazorca esta depende de la variedad y un buen suministro de nitrógeno (Cuadro 7).

Sin embargo en la sub-parcela de Maíz + *Canavalia* fue el bocashi el que presentó el mayor diámetro de la mazorca, pero no obtuvo el valor más alto para la variable longitud de la mazorca, pero si el mayor para el número de hileras por mazorca

No obstante la vacaza y el lombricompost alcanzaron los valores más altos para la variable longitud de la mazorca, pero su comportamiento en las demás variables fue diferente, porque la vacaza obtuvo los datos más bajos para la variable diámetro de la mazorca (5.367 cm), obteniendo un mayor dato el lombricompost (5.467 cm), sin embargo para el numero de granos, la vacaza obtuvo valores más altos que el lombricompost con 40.33 y el lombricompost resulto con 38.67 (Cuadro 7)

Cuadro 7. Medias para las variables de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hilera por mazorca y granos por hilera en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba.

		Variable			
Sub-parcela	Abono	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de Mazorca (cm)	Hileras/Mazorca	Granos/Hilera
Maíz + <i>Mucunasp.</i>	Lombricompost	16.67 ⁻⁻	5.567 ⁺	16.67	39 ⁺
	Gallinaza	18 ⁺⁺	5.6 ⁺⁺	18 ⁺⁺	39.67 ⁺⁺
	Vacaza	17.33	5.433	17.67 ⁺	39 ⁺
	Bocashi	17.67 ⁺	5.4	17	39.67 ⁺⁺
	Cerdaza	17	5.367 ⁻⁻	17	37.33 ⁻⁻
	Testigo	17.67 ⁺	5.467	16.33 ⁻⁻	39.33
Maíz + <i>Canavalia</i>	Lombricompost	18.33 ⁺⁺	5.467	17.67 ⁺	38.67
	Gallinaza	18	5.5 ⁺	17.5 ⁻⁻	40
	Vacaza	18.33 ⁺⁺	5.367 ⁻⁻	16.67	40.33 ⁺
	Bocashi	18 ⁺	5.533 ⁺⁺	18 ⁺⁺	40.33 ⁺
	Cerdaza	18 ⁺	5.5 ⁺	17.67 ⁺	41 ⁺⁺
	Testigo	17.67 ⁻⁻	5.5 ⁺	17.67 ⁺	38 ⁻⁻

5.3.9 Rendimiento

Se encontró una diferencia altamente significativa para el caso de las leguminosas y la interacción de leguminosa por abono.

Esto refuta que la canavalia produjo un mayor desempeño que el frijol de abono (*Mucuna* sp.) haciendo que el maíz obtuviese un mayor resultado en comparación con el frijol de abono, mientras que en la interacción abono + leguminosa, fue la utilización de la cerdaza con la canavalia la que produjo un mayor producción (10,213.91 kg/ha⁻¹), sin embargo el menor resultado se observó en la cerdaza con la combinación de maíz + *Mucuna* sp (3927.65 kg/ha⁻¹) (Figura 27).

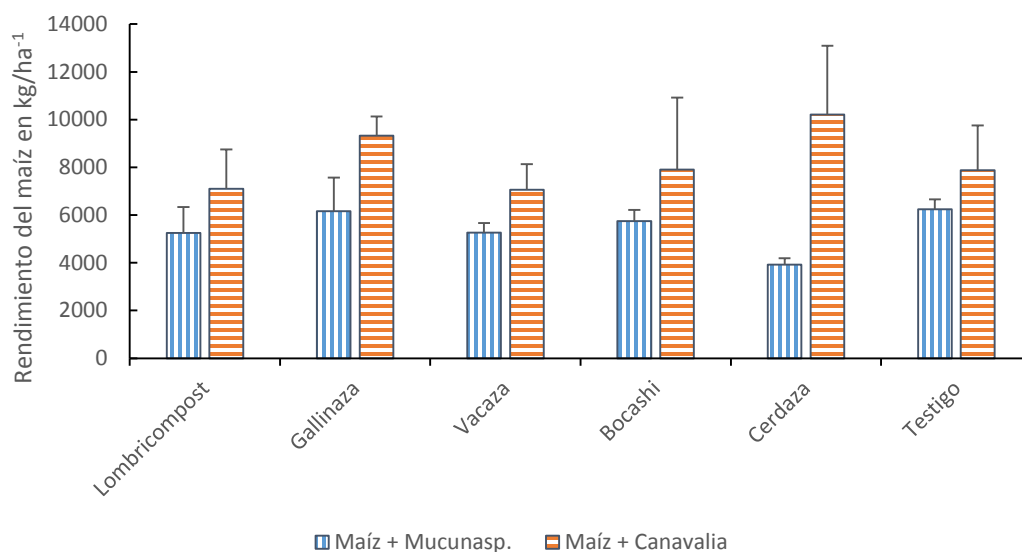


Figura 27. Rendimiento del maíz en kg/ha^{-1} en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba. Barras del error significan la desviación estándar.

5.4 Variables de las leguminosas

5.4.1 Número de raíz y de nódulo

Según el estudio realizado en la sección de Cultivos Industriales de la Universidad Nacional de Agricultura fue la *Mucuna* sp. la que presentó mayor número de raíces en comparación con la canavalia, sin embargo en la parcela donde se aplicó gallinaza y vacaza consta de menor número de raíces que la canavalia pero si la supera con los demás tratamientos (Figura 28).

Sin embargo fue la parcela en donde se aplicaba el bocashi y el lombricompost obtuvieron similar número de raíces, mientras que la canavalia fue en la parcela de maíz a la cual se le aplicó la gallinaza y la cerdaza la que obtuvo el mayor número de raíces, siendo la parcela de maíz que pertenecía al testigo (sin aplicación de abono orgánico), la que presento el menor número de raíces, por lo que se puede decir que fue el frijol de abono (*Mucuna* sp) la que obtuvo una mejor extensión radicular en comparación con la *Canavalia ensiformis* (Figura 28).

Sin embargo fue la *Mucuna* sp. la que presentó mayor desarrollo de nódulos en comparación con la *Canavalia ensiformis* que presentó menor número de nódulos, esto se puede relacionar con el área radicular que presentó cada una de ellas, ya que el frijol de abono en su mayoría demostró tener más raíces que la canavalia, pero esto no indica que sea una regla debido a que en la parcela de maíz a la que se le aplicó bocashi fue la canavalia la que demostró tener un menor número de raíces, pero presentó mayor cantidad de nódulos (Figura 28).

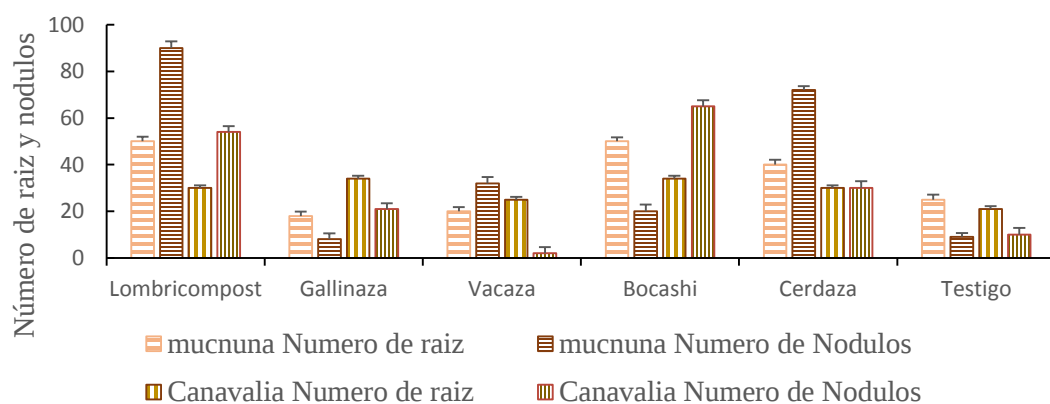


Figura 28. Número de raíces y de nodulos presentes en los abonos verde en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba. Barras del error significan el error estándar.

5.4.2 Número de nódulos activos e inactivos

La cantidad de nódulos activos en las leguminosas pueden ser un buen indicativo para saber la funcionalidad que presentan como plantas fijadoras de nitrógeno demostrando que la simbiosis se lleva a cabo sus procesos fijación de nitrógeno, sin embargo en la comparación de la *Mucuna* sp. con respecto a la canavalia, fue la canavalia en donde se encontró mayor número de nódulos activos y esto nos puede indicar una mayor fijación de nitrógeno logrando tener un mayor desempeño que el frijol de abono al momento de crear un asocio con maíz (Figura 28).

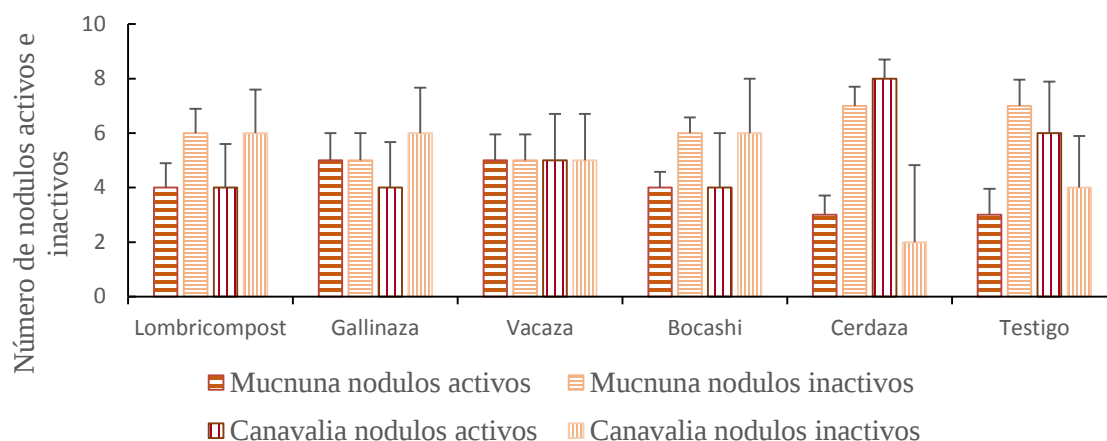


Figura 31. Número de nodulos activos e inactivos en los cultivos de cobertura en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba. Barras del error significan el error estándar.

Mientras que el número mayor de nódulos activos, fue en las parcelas que se les aplicó la cerdaza y a la del testigo (sin aplicación de abonos orgánicos), un número mayor de nódulos que realizaban esta función que posiblemente repercutió en el desarrollo del maíz (Figura 26).

5.4.3 Biomasa fresca y biomasa seca

Según lo observado en el estudio fue la canavalia (*Cannavalia ensiformis*) la que presentó un mayor biomasa fresca y biomasa seca a los 70 días después de haber sido sembradas. Demostrando un desarrollo más acelerado que el frijol de abono (*Mucuna* sp.) esto en parte también es atribuido al tipo de tallo que presentan cada uno de ellas, siendo el frijol de abono el que presenta un tallo menos lignificado y la canavalia es más leñoso, mientras que la *Mucuna* sp. presentó tener un mayor follaje que la canavalia (Figura 25)

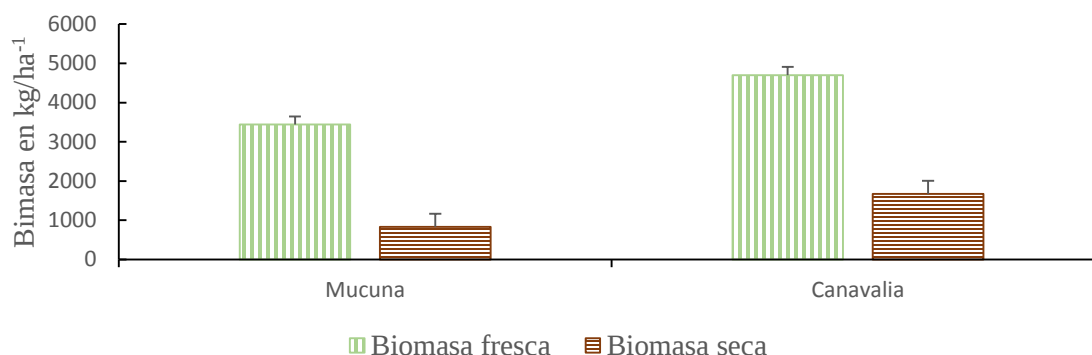


Figura 30. Biomasa fresca y biomasa seca en kg/ha⁻¹ para las leguminosas: *Mucuna* sp. y *Canavalia ensiformis* en la evaluación de un sistema agroforestal de maíz y caoba en catacamas, Olancho. Barras del error significan la desviación estándar.

5.5 Variables del suelo

5.5.1 Análisis químico del suelo y de los abonos

Según los análisis realizados en el laboratorio de la FHIA, se encuentra a la vacaza con un pH mayor que los otros abonos (8.2), mientras que fue el lombricompost el que presentó un pH menor con 5.8, sin embargo en el contenido de materia orgánica (M.O, nitrógeno (N) y potasio (K), también fue la vacaza la que presentó la mayor cantidad, mientras que en fósforo (P) fue la cerdaza la que presentó mayor cantidad (y por otro lado fue el bocashi que presentó una menor cantidad de M.O, N, P y en K fue el lombricompost (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis químico de los abonos orgánicos y del suelo del sitio de estudio en la evaluación de un sistema agroforestal

Variable	Unidad	Análisis químico de los abonos orgánicos y del suelo del sitio de estudio											
		Lombricompost		Gallinaza		Vacaza		Bocashi		Cerdaza		Suelo	
pH		5.8 ⁻	O	7.8	A	8.2 ⁺⁺	A	7.8	A	6	O	6.6	O
M.O.	g/kg ⁻¹	183.7	A	172.3	A	242 ⁺⁺	A	151 ⁻	A	235	A	30	M
N		9.18	A	8.61	A	12.1 ⁺⁺	A	7.55 ⁻	A	11.79	A	1.5	B
P	mg/kg ⁻¹	2821	A	2520	A	2993	A	1630 ⁻	A	10342 ⁺⁺	A	4	B
K		1230 ⁻	A	5640	A	7560 ⁺⁺	A	2960	A	5120	A	43	B

Ca		4940 ⁻⁻	M	15020 ⁺⁺	A	9400	A	9670	A	7600	A	2690	M
Mg		4020	A	3340	A	4140	A	7730 ⁺⁺	A	2040 ⁻⁻	A	249	M
Fe	mg/dm ³	20 ⁺⁺	A	19.1	A	18.9	A	19.9	A	8.0 ⁻⁻	M	32.6	A
Mn		2.8 ⁻⁻	M	36.1 ⁺⁺	A	20	A	14.5	A	6.5	M	24	A
Cu		8.91	A	7.6	A	7.14 ⁻⁻	A	20.7 ⁺⁺	A	7.65	A	1.87	A
Zn		239 ⁺⁺	A	30.8	A	15.7 ⁻⁻	A	16.4	A	97	A	1.16	M
Relación C/N		11	B	11	B	20	O	20	O	20	O		

*Letras mayúsculas indican: A (alto), O (óptimo), M (medio), B (bajo).

No obstante según el pH contenido en el suelo es más recomendable el uso de un abono que no sea alcalino ni muy ácido, siendo la cerdaza el más óptimo para este suelo, debido a su pH (6) es más cercano al pH del suelo (6.6) y con el uso de este abono el cambio en el pH, podría ser no muy drástico, mientras que utilizando un abono como el la vacaza, puede tener un incremento en el pH cambiándolo a alcalino, y esto nos puede afectar en la acción microbiana, debido al rango de pH que los microorganismos se presentan ya que en suelos alcalinos es favorable para el desarrollo de hongos, pero no de bacterias especialmente las bacterias que nos ayudan a descomponer los nutrientes de forma orgánica a forma inorgánica en la cual está presente para que las plantas la puedan absorber (Cuadro 8)

Según el contenido de nutrientes que presentó el análisis químico del suelo, indica ser un suelo con bajo contenido de macronutrientes este indicativo que dio la FHIA para este suelo nos muestra la necesidad de realizar aplicaciones de fertilizantes o abonos para obtener un buen resultado en producción, por lo que el uso de cerdaza es un buen indicativo para su aplicación, ya que este abono presenta cualidades óptimas para su utilización, esto atribuido al pH, relación C/N, contenido de M.O. , a su calificación de alto contenido en macronutrientes (N, K, P), y debido a su porcentaje de mineralización según SAGRAPA (1997) consta de un 65 % anual, demostrando que al siguiente año también tendremos un efecto residual por parte del abono (Cuadro 8).

5.5.2 Variable Físicas del suelo

Determinación en campo de característica biológica del suelo

La variable biológica del suelo nos puede indicar cómo se encuentra nuestro suelo hablando nutritivamente, ya que en suelos pobres se presenta una baja cantidad de macroorganismos y al haber mayor cantidad de macroorganismos, nos indica que es un suelo en el cual presenta una buena actividad biológica dándonos a entender que las condiciones del suelo son favorables para la agricultura. Sin embargo en el suelo de la sección de cultivos industriales de la Universidad Nacional de Agricultura donde se realizó el experimento, demostró tener una buena actividad biológica (Figura 31).

Demostrando en la parcela a la que se le aplicó lombricompost, mayor presencia de macroorganismos, sin embargo dentro de estos organismos se pudo apreciar tanto benéficos como, organismos que presentan problemas para el desarrollo de algunos cultivos como la gallina ciega (*Philofaga* sp.). pero sin duda el porcentaje de organismos benéficos era mayor que los dañinos (Figura 31).

La presencia de macroorganismos como las lombrices, es un indicativo de la porosidad del suelo, ya que las lombrices al moverse bajo el suelo, crean galerías que producen una mejor porosidad ayudando a la infiltración del agua evitando el encharcamiento. Sin embargo a la profundidad de 0 a 10 cm se encuentra la mayor cantidad de macroorganismos, según el estudio en la zona de Cultivos Industriales, mientras que a la profundidad de 10 a 30 cm la presencia biológica es menor y en la profundidad de 20 a 30 cm puede existir o no organismos, por lo que se puede decir que la fauna del suelo se encuentra mayormente en una profundidad de 0 a 20 cm, encontrando una minoría a la profundidad de 20 a 30 cm (Figura 29).

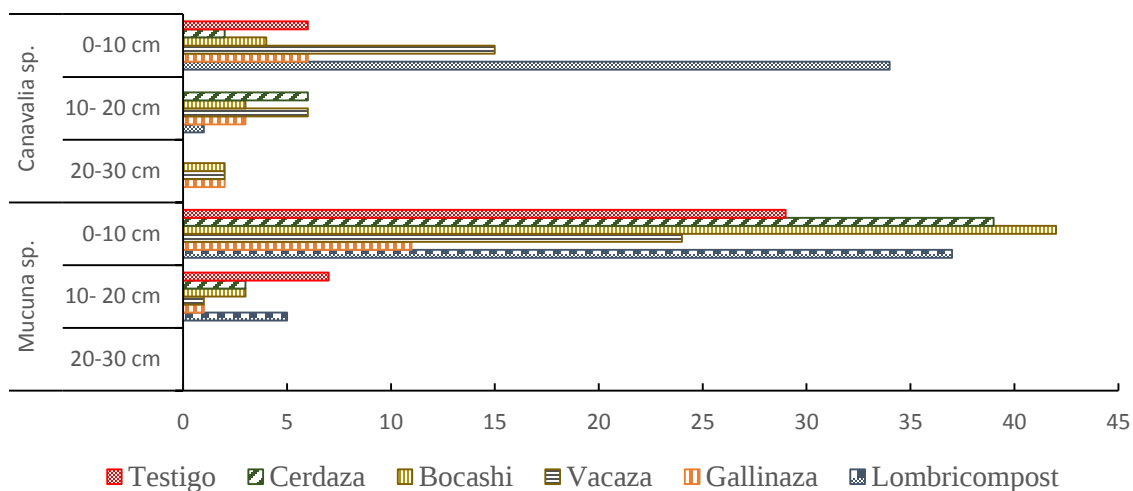


Figura 31. Variable biológica del suelo, muestreo de macroorganismos a una profundidad de 10, 20 y 30 cm, en la evaluación de un sistema agroforestal

Determinación en campo del tiempo de infiltración del agua

La cantidad de agua que se infiltra en un suelo nos puede indicar el nivel de compactación que presenta ese suelo, también nos puede indicar que tan vulnerable está el suelo a la erosión, ya que a menor infiltración el suelo está más propenso a la escorrentía especialmente en las zonas que la pendiente es más pronunciada y por otra parte, en zonas planas es un factor que nos determina la facilidad de encharcamiento del suelo. Mientras que en la zona de Cultivos Industriales se presentó un nivel de infiltración rápida (1 a 2 cm) para los primeros 15 segundos y posterior mente ocurrió un proceso de infiltración (Figura 32).

Según la capacidad de retención de agua y la porosidad del suelo así será el nivel de infiltración que el suelo presente, sin embargo de los 30 segundos a los 75 presento un nivel de infiltración lenta (0.5 a 1 cm), y lo que posteriormente se estableció un nivel de infiltración muy lenta (menor a 0.5 cm) indicándonos que a los 180 segundos el nivel de infiltración se estandarizaba (Figura 32).

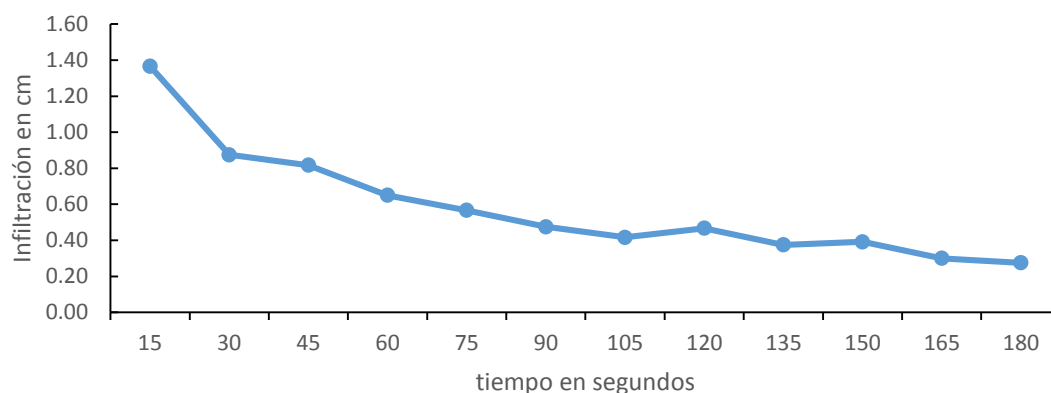


Figura 32. Determinación en campo del tiempo de infiltración en la zona de Cultivos Industriales, en la evaluación de un sistema agroforestal.

Determinación de la densidad aparente del suelo

Según Ingaramo *et al*(2003) la densidad aparente se puede incluir dentro del grupo mínimo para evaluar la calidad del suelo, como indicador de la estructura, la resistencia mecánica y la cohesión del suelo. Mientras que cambios en la densidad aparentes reflejan cambios en la estructura del suelo, debido a la relación existente entre la densidad aparente y la porosidad total. Sin embargo en el estudio se reflejó un cambio entre las parcelas de 0.1 a 0.2 entre las diferencias de las densidad aparente esto demuestra una baja variación de la densidad aparente del suelo (Cuadro 9).

Sin embargo la densidad aparente del suelo está influenciada por la textura del suelo que denota o la cohesión que puede existir entre las partículas, el contenido de materia orgánica, hasta el manejo agrícola que se utilice para la preparación del suelo.

Cuadro 9. Determinación de la densidad aparente del suelo en la evaluación de abonos orgánicos y verdes, y monitoreo de la *Hypsipyla grandella* en un sistema agroforestal

Variable	Densidad aparente del suelo (g/cm ³)					
	Lombricompost	Gallinaza	Vacaza	Bocashi	Cerdaza	Testigo
<i>Mucuna</i> sp.	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0
<i>Canavali aensisformis</i>	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1.0

VI. CONCLUSIONES

- a. El uso del maíz en asocio con leguminosas, contribuye considerablemente en el comportamiento del cultivo, obteniéndose buenos resultados de producción, mientras que al hacer aplicaciones de abonos orgánicos más abonos verdes los resultados de rendimiento del maíz se incrementan aún más.
- b. Según lo observado, la presencia de la *Hypsipyla grandella*, aumentó al comienzo de la época de lluvia, provocando un crecimiento lento en la caoba, sin embargo la presencia de lluvias constantes y una poda a las plantas dañadas redujeron el ataque de esta plaga.
- c. La *Cannavalia ensiformis* demostró mayor comportamiento de biomasa que la *Mucuna* sp. contribuyendo en un mayor reciclaje de nutrientes.
- d. El uso de la poda de la caoba para controlar la *Hypsipyla grandella*, es más factible cuando el ataque está iniciando o no se presenta daños severos.
- e. La diferencia estadística que obtuvieron las plantas de caoba a la aplicación de los abonos orgánicos, no se observó significancia, pero esta diferencia puede ser por el ataque de la *Hypsipyla grandella*

VII. RECOMENDACIONES

- a. En cuanto al uso de abonos orgánicos y el asocio de maíz más leguminoso, se recomienda el uso de la cerdaza y la canavalia en la producción de maíz.
- b. Continuar con los estudios de abonos orgánicos y abonos verdes sobre la producción de maíz en condiciones climáticas y topográficas diferentes a las que el estudio estuvo expuesto.
- c. Realizar un estudio más prolongado sobre el barrenador de las meliáceas (*Hypsipyla grandella*) para ver el comportamiento en periodo seco y periodo lluvioso
- d. Llevar acabo monitoreo más constantes para la eliminación de la *Hypsipyla grandella*, usando un control cultural (poda) en plantas que presenten su ataque.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Bocashi: abono fermentado (en línea). Consultado el 9 de marz del 2013. Disponible en <http://issuu.com/lubizha/docs/bocashi>.

Brunner, B; Breaver, J; Flores, L. 2011. Mucuna hoja informativa proyecto de agricultura organica. Estación experimental de Lajas Puerto Rico. 1 – 5 p.

Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza (CATIE). sf. *Swietenia humilis* usos y manejos en finca.

Centro Internacional de Informacion Sobre Cultivos de Cobertura (CEDICCO). 1991. El suo del Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) en Honduras. Para el control de maleza y asociación con maíz. 1- 4 p.

Centro para el desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF). 1998. Cultivo de Maíz, Guía tecnica N° 33 Serie cultivos.

Detlefsen G. 2010. Sistema Taungya. Ventajas del sistema taungya. Turrialba, CR, CATIE. 32- 33 p.

_____. 1993. Algunos datos sobre *Cannavalia ensiformis* informe técnico N° 10. 4 p.
Abono Orgánico y complemento alimenticio (en línea).sf. Consultado el 9 de marz del 2013. Disponible en http://www.gallinaza.com/obtencion_gallinaza.php

En tao, W; Martinez, J; Lopez, I. sf. Rhizobium y su destacada simbiosis con plantas (en línea). Consultado el 19 de may del 2013. Disponible en <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap8/capitulo.html>.

Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 2011. Evaluacion de estrategias para el control de la *Hypsipyla grandella* (Zeller) en la coba. 4 p.

Hernández Moya, GA. 2012. Caracterización Preliminar de un Sistema Agroforestal Sucesional (SAFS), Utilizando Maiz (*Zea mays*) como Cultivo Indicador en la finca la Cosmopolita, Restrepo, Colombia. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho.

Hoaddley K. 2010. Honduras puede logara soberanía alimentaria (en línea). Honduras. El Heraldó. Consultado 28 de apr. 2013. Disponible en. <http://archivo.elheraldo.hn/Ediciones/2010/09/20/Noticias/Honduras-puede-lograr-soberania-alimentaria>.

Howard, FW; Merida, MA. sf.. El taladrador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller) (insecta: Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae). 1- 5 p.

Iglesia J.M. 1999. Sistema de Producción Agroforestales, conceptos generales y definiciones. Estación experimental de pastos y forrajes Indio Hatuey Matanza, Cuba. 3-4 p.

Ingaramo, O; Paz , A; Dugo P, M. 2003 Evaluación de la densidad aparente del suelo, enel NO de la Península Ibérica. 2- 5 p.

Limongi Andrade, JR. 2002. Caracterizacion del Sistema Agroforestal “Maiz con Arboles Dispersos” en la Cuenca del Rio Carrizal, Manabi, Ecuador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 88 p.

Mendieta M; Rocha L. 2007. Sistemas Agroforestales. Universidad Nacional Agraria. 4-6 p. Otros métodos para el manejo del experimento (en línea). 2010. Consultado el 26 de may del 2013. Disponible en <http://masporcicultura.com/category/bioseguridad/>.

Palomeque E. 2009. Sistemas Agroforestales. Huehuetán, Chiapas, México. 6 p.

PASOLAC. sf. Guía técnica de la conservación de suelo y agua (en línea). Consultado el 9 de marz del 2013. Disponible en www.funica.org.nidocsconser_sueyagua_49.pdf

Praguer, M. 1989. Evaluacion de abonos verdes en el sistema de produccion Maiz-Leguminosas. 5 – 8 p.

Reina, H. 2010. Importancia de la materia orgánica en el suelo (en línea).consultado el 26 de may del 2013. Disponible en http://www.freshplaza.es/news_detail.asp?id=41158.

Reyes Martínez, AF. 2010. Comportamiento agronómico de 14 variedades de maíz QPM Vs dos testigos comerciales locales en el departamento de olancho. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Honduras. 48 p.

Rosas J. C.; Gallardo O; Jiménez J. 2006. Mejoramiento de maíces criollos de honduras mediante la aplicación de metodologías de fitomejoramiento participativo. 3 p.

Saenz Badillos, JA. 2007. La plantación de Teca y Caoba (en línea). Consultado el 5 de marz del 2013. Disponible en http://issuu.com/cusarzubialde/docs/manual_de_teca_y_caoba. 6-7 p.

SAGRAPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). sf. Abonos Orgánicos (en línea). Consultado el 9 de marz del 2013. Disponible en www.sagarpa.gob.mxdesarrolloRuralDocumentsfichasCOUSSAAbonosorganicos.pdf

Sánchez M, V; Velázquez E, C.1998. Evaluación de dos insecticidas biológicos en el control de *Hypsipyla grandella* (Zeller), barreandor de brotes de la meliáceas.CR, Tazonapa, campo experimental el Palmar. 7 p.

Servante, A. sf. Abonos orgánicos (En línea). Consultado el 9 de marz del 2013. Disponible en http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm

Tortosa German. 2011. La importancia de la materia orgánica (en línea). Consultado el 26 de may del 2013. Disponible en

Trejo, MT; Barrios, E; Turcios, W; Barreto, H. 1999. Metodo participativo para identificar y clasificar indicadores locales de calidad de suelo a nivel de microcuenca.45 – 78 p.

Young James. sf. Tipos de madera de color (En línea). Consultado el 5 de marz del 2013.
http://www.ehowenespanol.com/tipos-madera-caoba-sobre_151402/

ANEXOS

Anexo 1. Crecimiento del brote Deseado



Anexo 2. Crecimiento del brote recomendado



Anexo 3. Crecimiento del brote no deseado



Anexo 4. ANOVA para las variables de la caoba

a) ANOVA para la variable área foliar de caoba

F.V.	SC	G.L	CM	F	p-valor	Significancia
Bloque	94341,44	2	47170,72	3,91	0,0555	n.s
Tratamiento	247731,11	5	49546,22	4,11	0,0273	*
Error	120499,22	10	12049,92			
Total	462571,78	17				
C.V= 24.89		R ² = 0.74				

Anexo 5. ANOVAS para las variables de maíz

a) ANOVA para la variable número de hojas de maíz 70 dds

F.V.	SC	G.L	CM	F	p-valor	Significancia
Bloque	5.36	2	2.68	4.72	0,0217	n.s
Leguminosas	3	1	3	5.28	0,0330	*
Error a	0.91	2	0.46			
Abonos	1.48	5	0.3	0.52	0,7564	n.s
Leguminosas*Abonos	1.29	5	0.26	0.45	0,8062	n.s
Error b	10.8	19	0.57			
Total	22.85	34				
C.V. a=4.91		C.V. b= 5.45		R ² = 0.53		

b) ANOVA para la variable altura de la planta de maíz

F.V.	SC	G.L	CM	F	p-valor	Significancia
Bloque	152.31	2	76.15	0.61	0,5563	n.s
Leguminosas	5287.66	1	5287.66	42.01	<0,0001	**
Error a	494.92	2	247.46			
Abonos	1590.64	5	318.13	2.53	0,0647	n.s
Leguminosas*Abonos	1131.63	5	226.33	1.8	0,1614	n.s
Error b	2391.53	19	125.87			
Total	11048.69	34				

C.V a= 6.14	C.V b= 4.38	R ² = 0.78
-------------	-------------	-----------------------

c) ANOVA para la variable inserción de la mazorca de maíz

F.V.	SC	G.L	CM	F	p-valor	significancia
Bloque	81.17	2	40.59	0.78	0,4713	n.s
Leguminosas	3921.61	1	3921.61	75.64	<0,0001	**
Error a	277.52	2	138.76			
Abonos	581.51	5	116.3	2.24	0,0919	n.s
Leguminosas*Abonos	353.27	5	70.65	1.36	0,2819	n.s
Error b	985.09	19	51.85			
Total	6200.17	34				
C.V. a= 9.72	C.V b= 5.94	R ² =0.84				

d) ANOVA para la variable diámetro del tallo de maíz

F.V.	SC	G.L	CM	F	p-valor	Significanci a
Bloque	29.7	2	14.85	5.38	0,0141	*
Leguminosas	34.55	1	34.55	12.52	0,0022	**
Error a	4.77	2	2.38			
Abonos	42.17	5	8.43	3.06	0,0344	*
Leguminosas*Abono s	18.25	5	3.65	1.32	0,2967	n.s
Error b	52.44	19	2.76			
Total	181.89	34				
C.V. a= 6.72	C.V. b= 7.24	R ² = 0.71				

e) ANOVA para la variable hileras por mazorca de maíz

F.V.	SC	G.L	CM	F	p-valor	Significancia
Bloque	3.3	2	1.65	3.55	0,0491	*
Leguminosas	1.37	1	1.37	2.94	0,1027	n.s
Error a	5.18	2	2.59			
Abonos	2.37	5	0.47	1.02	0,4349	n.s
Leguminosas*Abonos	6.49	5	1.3	2.79	0,0470	*
Error b	8.84	19	0.47			
Total	27.54	34				
C.V. a= 9.29	C.V.b= 3.94	R ² =0.68				

f) ANOVA para la variable granos por hilera en maíz

F.V.	SC	G.L	CM	F	p-valor	Significancia
Bloque	9.45	2	4.73	2.08	0,1519	n.s
Leguminosas	11.15	1	11.15	4.92	0,0390	*
Error a	4.82	2	2.41			
Abonos	9.24	5	1.85	0.81	0,5538	n.s
Leguminosas*Abonos	22.14	5	4.43	1.95	0,1326	n.s
Error b	43.09	19	2.27			
Total	99.89	34				
C.V. a= 3.94	C.V. b= 3.83		R ² = 0.57			

g) ANOVA para la variable índice de desgrane del maíz

F.V.	SC	G.L	CM	F	p-valor	Significancia
Bloque	3.30E-03	2	1.60E-03	2.49	0,1094	n.s
Leguminosas	4.40E-03	1	4.40E-03	6.59	0,0189	*
Error a	1.20E-03	2	6.10E-04			
Abonos	0.01	5	1.20E-03	1.77	0,1667	n.s
Leguminosas*Abonos	3.70E-03	5	7.40E-04	1.11	0,3857	n.s
Error b	0.01	19	6.60E-04			
Total	0.03	34				
C.V. a= 3.3	C.V. b= 3.43		R ² =0.59			

h) ANOVA para la variable rendimiento del maíz

F.V.	SC	G.L	CM	F	p-valor	significancia
Bloque	9424189.02	2	4712094.51	2.4	0,1177	n.s
Leguminosas	40196117.43	1	40196117.4	20.47	0,0002	**
Error a	10700645.54	2	5350322.77			
Abonos	23448261.1	5	4689652.22	2.39	0,0768	n.s
Leguminosas*Abonos	45098115.73	5	9019623.15	4.59	0,0065	**
Error b	37310929.21	19	1963733.12			
Total	166178258	34				
C.V. a= 35.69	C.V. b= 21.62		R ² = 0.78			

Anexo 5. Croquis del experimento

