

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y DEL MANEJO A  
PLANTAS JÓVENES DE CACAO HÍBRIDO (*Theobroma cacao* L.) ESTABLECIDAS  
EN UN SISTEMA AGROFORESTAL SUCESIONAL EN CATACAMAS, HONDURAS

POR:

**EDWUIN EFRAÍN PINTO BARAHONA**

TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO  
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

**INGENIERO AGRÓNOMO**



**CATACAMAS**

**OLANCHO**

**DICIEMBRE, 2013**

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y DEL MANEJO A  
PLANTAS JÓVENES DE CACAO HÍBRIDO (*Theobroma cacao* L.) ESTABLECIDAS  
EN UN SISTEMA AGROFORESTAL SUCESIONAL EN CATACAMAS, HONDURAS

**POR:**

**EDWUIN EFRAIN PINTO BARAHONA**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**M.Sc. OSCAR FERREIRA CATRILEO**

**Asesor Principal**

**TESIS**

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA  
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**CATACAMAS**

**OLANCHO**

**DICIEMBRE, 2013**

## DEDICATORIA

A **mi Dios todo poderoso** por guiar siempre mis pasos durante mi recorrido a lo largo de mi formación profesional, por darme la fortaleza para enfrentar y sobreponerme a las situaciones difíciles en el camino, padre celestial gracias por tus incondicional bendiciones y compañía desde siempre y para siempre.

A mis padres, **Mario José Pinto y Ángela Barahona**, por poner en mí un consejo de bien y enseñarme que los mejores logros en la vida, requieren de un sacrificio.

A mí querida abuela **MARIETA CONTRERAS** muy especialmente por ayudarme a comprender, que el conocimiento es una herencia invaluable que nadie te puede arrebatar.

A **mis hermanos (as)** por ser mi primer apoyo inmediato en los momentos de dificultad.

A **MI ALMA MATER**, por darme la oportunidad de ser parte de esta inmensa familia **UNA** y formarme como profesional.

## AGRADECIMIENTO

A **mi Dios todo poderoso** por darme la valentía y la fuerza para llegar siempre hasta el final.

A mis padres **Mario Pinto y Ángela Barahona** por estar atentos a cada uno de mis llamados.

Al **Dr. Santos Ernesto Calix** por su apoyo, su generosidad, por ayudarme a comprender que en la vida las buenas oportunidades solo se dan una vez y hay que aprovecharlas.

A todas aquellas personas que durante mi formación, apartaron un poco de su tiempo para darme un consejo, a los que me dieron un espacio donde vivir y compartir con migo su familia gracias por todos ellos hoy soy un mejor ser humano.

A mis maestros por compartir con su conocimiento y darme una herramienta útil para poder ayudar a otros, gracias a mis asesores al **M.Sc. Oscar Ferreira**, por su ayuda y paciencia, gracias a la **M.Sc. Leonela Castellanos** y a mi maestro y amigo el **M.Sc. Josué Matute** por su apoyo, consejos y tiempo invertido en este trabajo.

Al **Programa de Educación Biológica (PEB)**, por el apoyo económico brindado durante el tiempo de desarrollo del estudio.

A mis compañeros de la clase **KAIROS**, especialmente para mis compañeros de las secciones C y D.

## CONTENIDO

|                                                                          | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA.....                                                         | ii   |
| AGRADECIMIENTO .....                                                     | iii  |
| CONTENIDO .....                                                          | iv   |
| LISTA DE CUADROS .....                                                   | vi   |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                   | vii  |
| LISTA DE ANEXOS.....                                                     | ix   |
| RESUMEN.....                                                             | x    |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                                     | 1    |
| II. OBJETIVOS .....                                                      | 3    |
| 2.1 General .....                                                        | 3    |
| 2.2 Específicos.....                                                     | 3    |
| III. REVISIÓN DE LITERATURA .....                                        | 4    |
| 3.1. Sistema agroforestal sucesional (SAFS) o sistema multiestrato ..... | 4    |
| 3.1.3. Sombra en plantación de cacao.....                                | 7    |
| 3.1.4. Función ecológica de las plantas de sombra .....                  | 8    |
| 3.1. Agroforestería.....                                                 | 10   |
| 3.2. Agricultura orgánica y agroecológica.....                           | 10   |
| 3.3. Macroorganismos del suelo .....                                     | 11   |
| 3.4. Historia e importancia del cacao.....                               | 18   |
| 3.4.1. Generalidades del cacao.....                                      | 18   |
| 3.4.2. Producción de cacao en Honduras.....                              | 19   |
| 3.4.3. Clasificación botánica del cacao.....                             | 20   |
| 3.5. Enfermedades comunes en plantas de cacao .....                      | 20   |
| 3.6. Plagas comunes en plantas de cacao .....                            | 22   |
| 3.7. Captura de carbono .....                                            | 23   |
| IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....                                            | 24   |
| 4.1. Ubicación del ensayo .....                                          | 24   |

|        |                                                                                   |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.   | Materiales y equipo utilizados en campo .....                                     | 25 |
| 4.3.   | Descripción de tratamientos y diseño experimental.....                            | 25 |
| 4.4.   | Modelo matemático lineal.....                                                     | 25 |
| 4.5.   | Metodología en el sistema agroforestal sucesional .....                           | 26 |
| 4.6.   | Variable que se midieron en el SAFS .....                                         | 27 |
| 5.1.1. | Análisis para altura de las plantas de cacao híbrido del SAFS.....                | 32 |
| 5.1.2. | Análisis para número de hojas de las plantas de cacao híbrido del SAFS.....       | 34 |
| 5.1.3. | Análisis para volumen de las plantas de cacao híbrido del SAFS.....               | 36 |
| 5.1.4. | Análisis para biomasa de las plantas de cacao híbrido del SAFS .....              | 37 |
| 5.1.5. | Análisis para Carbono de las plantas de cacao híbrido del SAFS. ....              | 38 |
| 5.1.6. | Análisis para nutrición foliar de las plantas de cacao híbrido del SAFS. ....     | 39 |
| 5.1.7. | Análisis para producción de biomasa por el núcleo y especies secundarias del SAFS | 41 |
| 5.1.8. | Análisis para la interpretación de resultados de suelos del SAFS .....            | 43 |
|        | Determinación de la Densidad aparente del suelo en el SAFS .....                  | 46 |
| VI.    | CONCLUSIONES.....                                                                 | 48 |
| VII.   | RECOMENDACIONES.....                                                              | 49 |
| VIII.  | BIBLIOGRAFIA.....                                                                 | 50 |
|        | ANEXOS .....                                                                      | 56 |

## LISTA DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>CUADRO 1.</b> TRATAMIENTO A UTILIZAR CON LAS COMBINACIONES DE LOS FACTORES.....                                                                                                             | 26 |
| <b>CUADRO 2.</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS FOLIARES REALIZADOS AL FINAL DEL ESTUDIO EN EL SAFS, EN EL<br>ESTUDIO DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y DEL MANEJO DE PLANTAS DE CACAO EN UN SAFS... | 41 |
| <b>CUADRO 3.</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELO ELABORADOS AL INICIO Y AL FINAL DEL ESTUDIO. ....                                                                                             | 44 |
| <b>CUADRO 4.</b> DETERMINACIÓN DE DENSIDAD APARENTE EN SUELOS DEL SAFS. ....                                                                                                                   | 46 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FIGURA 1.</b> DIAGRAMA COMPARATIVO DEL FLUJO DE ENERGÍA EN UN SISTEMA PRODUCTIVO CONVENCIONAL Y UN SISTEMA AGROFORESTAL SUCESIONAL (MILZ 2012). .....                                                                                                                                                                                    | 5  |
| <b>FIGURA 2.</b> UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PARCELA AGROFORESTAL SUCESIONAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA. IMAGEN DE GOOGLE EARTH 2013. ....                                                                                                                                                                                    | 24 |
| <b>FIGURA 3.</b> MEDICIÓN DE LA ALTURA DE LAS PLANTAS DE CACAO EN EL SAFS .....                                                                                                                                                                                                                                                             | 27 |
| <b>FIGURA 4.</b> MEDICIÓN DE LA ALTURA DE LAS PLANTAS DE CACAO EN EL SAFS .....                                                                                                                                                                                                                                                             | 27 |
| <b>FIGURA 5.</b> SELECCIÓN Y CONTEO DEL NÚMERO DE HOJAS PARA LAS PLANTAS DE CACAO EN EL SAFS. ....                                                                                                                                                                                                                                          | 28 |
| <b>FIGURA 6.</b> SELECCIÓN DE PLANTAS DE CACAO Y RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS PARA REALIZAR ANÁLISIS FOLIAR. ....                                                                                                                                                                                                                            | 29 |
| <b>FIGURA 7.</b> PESO DE LA BIOMASA PRODUCTO DE LAS PODAS REALIZADAS EN EL NÚCLEO Y ESPECIES SECUNDARIAS. ....                                                                                                                                                                                                                              | 29 |
| <b>FIGURA 8.</b> RECOLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MESOFAUNA DEL SUELO EN EL SAFS: A. EXTRACCIÓN DEL MONOLITO DE SUELO B. RECOLECCIÓN. ....                                                                                                                                                                                                | 30 |
| <b>FIGURA 9.</b> CALCULO DE LA DENSIDAD APARENTE EN LA PARCELA SAFS: A. MEDICIÓN DEL PESO DE SUELO B. SECADO DE LAS MUESTRAS EN HORNO. ....                                                                                                                                                                                                 | 30 |
| <b>FIGURA 10.</b> DIÁMETRO DEL TALLO DE PLANTAS DE CACAO A LOS 0, 15, 30, 45, 60 Y 75 DÍAS DESPUÉS DE PRIMERA APLICACIÓN DE ABONOS, EN EL ESTUDIO DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y DEL MANEJO DE PLANTAS DE CACAO EN UN SAFS. BARRAS DE ERROR INDICAN EL ERROR .....                                                                     | 32 |
| <b>FIGURA 11.</b> ALTURA DE PLANTAS DE CACAO A LOS 0, 15, 30, 45, 60 Y 75 DÍAS DESPUÉS DE PRIMERA APLICACIÓN DE ABONO, EN EL ESTUDIO DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y DEL MANEJO DE PLANTAS DE CACAO EN UN SAFS. BARRAS DE ERROR INDICA EL ERROR ESTÁNDAR DE LA MUESTRA. ....                                                            | 33 |
| <b>FIGURA 12.</b> NÚMERO DE HOJAS DE PLANTA DE CACAO A LOS 0, 15, 30, 45, 60 Y 75 DÍAS DESPUÉS DE PRIMERA APLICACIÓN DE ABONOS (CONSIDERANDO LOS TRATAMIENTOS CON Y SIN NÚCLEO), EN EL ESTUDIO DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y DEL MANEJO DE PLANTAS DE CACAO EN UN SAFS. BARRAS DE ERROR INDICAN EL ERROR ESTÁNDAR DE LA MUESTRA. .... | 35 |
| <b>FIGURA 13.</b> NÚMERO DE HOJAS DE PLANTA DE CACAO A LOS 0, 15, 30, 45, 60 Y 75 DÍAS DESPUÉS DE PRIMERA APLICACIÓN DE ABONOS, EN EL ESTUDIO DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y DEL MANEJO DE PLANTAS DE CACAO EN UN SAFS. BARRAS DE ERROR INDICAN EL ERROR ESTÁNDAR DE LA MUESTRA. ....                                                  | 36 |
| <b>FIGURA 14.</b> VOLUMEN DE PLANTAS DE CACAO A LOS 30, 45, 60 Y 75 DÍAS DESPUÉS DE PRIMERA APLICACIÓN DE ABONOS, EN EL ESTUDIO DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y DEL MANEJO DE PLANTAS DE CACAO EN UN SAFS. BARRAS DE ERROR INDICAN EL ERROR ESTÁNDAR DE LA MUESTRA. ....                                                                | 37 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FIGURA 15.</b> BIOMASA DE PLANTAS DE CACAO A LOS 30, 45, 60 Y 75 DÍAS DESPUÉS DE PRIMERA APLICACIÓN DE ABONOS, EN EL ESTUDIO DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y DEL MANEJO DE PLANTAS DE CACAO EN UN SAFS. BARRAS DE ERROR INDICAN EL ERROR ESTÁNDAR DE LA MUESTRA. .... | 38 |
| <b>FIGURA 16.</b> CARBONO DE PLANTA DE CACAO A LOS 30, 45, 60 Y 75 DÍAS DESPUÉS DE PRIMERA APLICACIÓN DE ABONOS, EN EL ESTUDIO DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y DEL MANEJO DE PLANTAS DE CACAO EN UN SAFS. BARRAS DE ERROR INDICAN EL ERROR ESTÁNDAR DE LA MUESTRA. ....  | 39 |
| <b>FIGURA 17.</b> APORTE DE BIOMASA POR ESPECIES SECUNDARIAS Y DEL NÚCLEO EN SAFS, EN EL ESTUDIO DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y DEL MANEJO DE PLANTAS DE CACAO EN UN SAFS. BARRAS DE ERROR INDICAN EL ERROR ESTÁNDAR DE LA MUESTRA. ....                                | 42 |
| <b>FIGURA 18.</b> NÚMERO DE MACRO ORGANISMOS DEL SUELO EN EL SAFS, EN EL ESTUDIO DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y DEL MANEJO DE PLANTAS DE CACAO EN UN SAFS. BARRAS DE ERROR INDICAN EL ERROR ESTÁNDAR DE LA MUESTRA. ....                                                | 45 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ANEXO 1.</b> ANÁLISIS DE VARIANZA .....                                                                                           | 57 |
| <b>ANEXO 2.</b> FORMATO PARA TOMA DE DATOS EN EL SAFS.....                                                                           | 65 |
| <b>ANEXO 3.</b> ARREGLO ESPACIAL DEL DISEÑO EXPERIMENTAL EN BLOQUES COMPLETOS AL AZAR EN EL SISTEMA<br>AGROFORESTAL SUCESIONAL ..... | 66 |
| <b>ANEXO 4.</b> ANÁLISIS DE SUELO Y FOLIARES .....                                                                                   | 67 |

**Pinto Barahona, EE. 2013.** Evaluación de la aplicación de abonos orgánicos y del manejo a plantas jóvenes de cacao híbrido (*Theobroma cacao* L.) establecidas en un sistema agroforestal sucesional en Catacamas, honduras, Tesis ing. Agro. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Honduras C. A. 70 p

## RESUMEN

El estudio se realizó en la finca agroecológica de la Universidad Nacional de Agricultura en Catacamas, Honduras. En los meses de junio – noviembre del 2013. Se evaluó la aplicación de abonos orgánicos a plantas jóvenes de cacao híbrido (*Theobroma cacao* L.) establecidas en un sistema agroforestal sucesional. Previo a la iniciación de aplicación de los abonos orgánicos, se evaluó el suelo mediante análisis químicos. Se utilizó un diseño factorial en bloques con dos factores, el fertilizante y el manejo con o sin núcleo. Las variables evaluadas fueron diámetro de tallo, ganancia de altura, número de hojas, volumen, biomasa, captura de carbono mesofauna del suelo. Durante cuatro meses se realizaron mediciones cada 15 días y las aplicaciones de los fertilizantes cada ocho después de cada medición. La variable grosor de tallo a los 60 días después de aplicación de fertilizante presento diferencias estadísticas significativas con una media de 2.10 cm. Para éste mismo número de días el resto de los tratamientos únicamente se observan tendencias numéricas que indican el mejor resultado para el testigo, manteniendo una tendencia de engrosamiento progresiva desde la primera aplicación. Para la variable altura no se presentó diferencia estadística significativa. Para la variable número de hojas se presentó diferencia estadística en las mediciones realizadas a los 15 días con una media de 19.3 hojas por planta, a los 45 días con una media de 25 hojas por plantas, y 60 días con una media de 37 hojas por planta, en los demás tratamiento par número de hojas no hay diferencia. Para la variable volumen, biomasa y carbono no presentan diferencias significativas entre los tratamientos. Para la variable mesofauna se encontró que la aplicación de materia orgánica aumenta en número de individuos benéficos por área, mejora las propiedades físicas y biológicas del suelo. Para la variable aporte de biomasa, el mejor resultado es para las plantas donde hay presencia del núcleo

**Palabras claves:** Bokashi, microorganismos de montaña, micorrizas arbusculares sistema agroforestal sucesional.

## **I. INTRODUCCIÓN**

A mediados del siglo XX países de América Latina inician a adoptar tecnologías utilizadas en países industrializados principalmente de Estados Unidos. Al ser tecnologías pensadas y elaboradas para países con climas templados y con políticas de protección económica para productores con programas de subsidios y créditos que facilitaban la adquisición de tecnologías, impactando en el aumento de productividad para los países del norte de América.

En América Latina el impacto de la adopción de tecnologías creadas en los países industrializados no tuvo ni ha tenido los impactos esperados. No hay duda que la adopción de tecnologías mostró incremento de la productividad de los sistemas agrícolas y las industrias a mediados del siglo xx. Los procesos de aumento de productividad los gobiernos las acompañaron con la aplicación de políticas agroexportadoras de cultivos no tradicionales. Para el caso de Honduras aplicó políticas neoliberales para un crecimiento macroeconómico, olvida los sectores, privatizando los procesos de capacitación y acompañamiento de productores.

El problema de los países de América Latina y principalmente Honduras se aumentó la pobreza principalmente de productores agrícolas. La pérdida de recursos naturales como bosque, suelo y agua han sido los principales problemas de empobrecimiento del campesinado hondureño. Para la década de 1990 según AFE COHDEFOR (2000) se mostró una degradación ecosistemas sin precedentes con pérdidas de 120 mil hectáreas por año de bosque, acompañado de erosión de suelos, sequías y cambio climático.

Por la problemática de degradación de ecosistemas y empobrecimiento de la población se han venido trabajando en la búsqueda de soluciones para mejorar la calidad de vida de los pobladores y la conservación de los recursos naturales. Uno de las alternativas que se propone es el sistema agroforestal sucesional (SAFs) para mejorar la relación entre la conservación de recursos naturales y desarrollo de las familias campesinas.

El sistema SAFs propone la producción ecológicamente estable y económicamente rentable para el beneficio de las familias productoras que adoptan estos sistemas. Con estos sistemas se pretende crear parcelas de interacción ecológica parecidas a un bosque natural. La principal característica del sistema es ocupar los espacios verticales y horizontales. Tiene diversidad de especies con diferentes ciclos de vida. Con el sistema se busca una sucesión natural y la generación de alimentos, economía y calidad de vida para las familias productoras (Milz 2010).

Por la importancia de los sistemas SAFs la Universidad Nacional de Agricultura de Honduras instaló una parcela SAFs con el propósito de realizar investigación, luego proponer la alternativa a los productores de la región conociendo sus ventajas y desventajas que ofrece el sistema.

El presente documento presenta información generada en la aplicación de abonos orgánicos y del manejo de plantas jóvenes de cacao híbrido (*Theobroma cacao* L.) establecidas el sistema agroforestal sucesional de la finca agroecológica de la Universidad Nacional de Agricultura en Catacamas del departamento de Olancho.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Evaluar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos y el manejo a plantas jóvenes de cacao híbrido (*Theobroma cacao* L.) establecidas en un sistema agroforestal sucesional en Catacamas, Olancho.

### **2.2 Específicos**

- a. Evaluar el efecto de los productos biológicos: microorganismos de montaña, micorrizas, bokashi, y un fertilizante químico, aplicados a las plantas jóvenes de cacao híbrido.
- b. Determinar los niveles de nutrición en el cacao híbrido por medio de análisis foliares a las plantas jóvenes.
- c. Cuantificar los aportes de biomasa a las plantas jóvenes de cacao híbrido por parte de los cultivos secundarios y los núcleos establecidos en el sistema agroforestal sucesional.

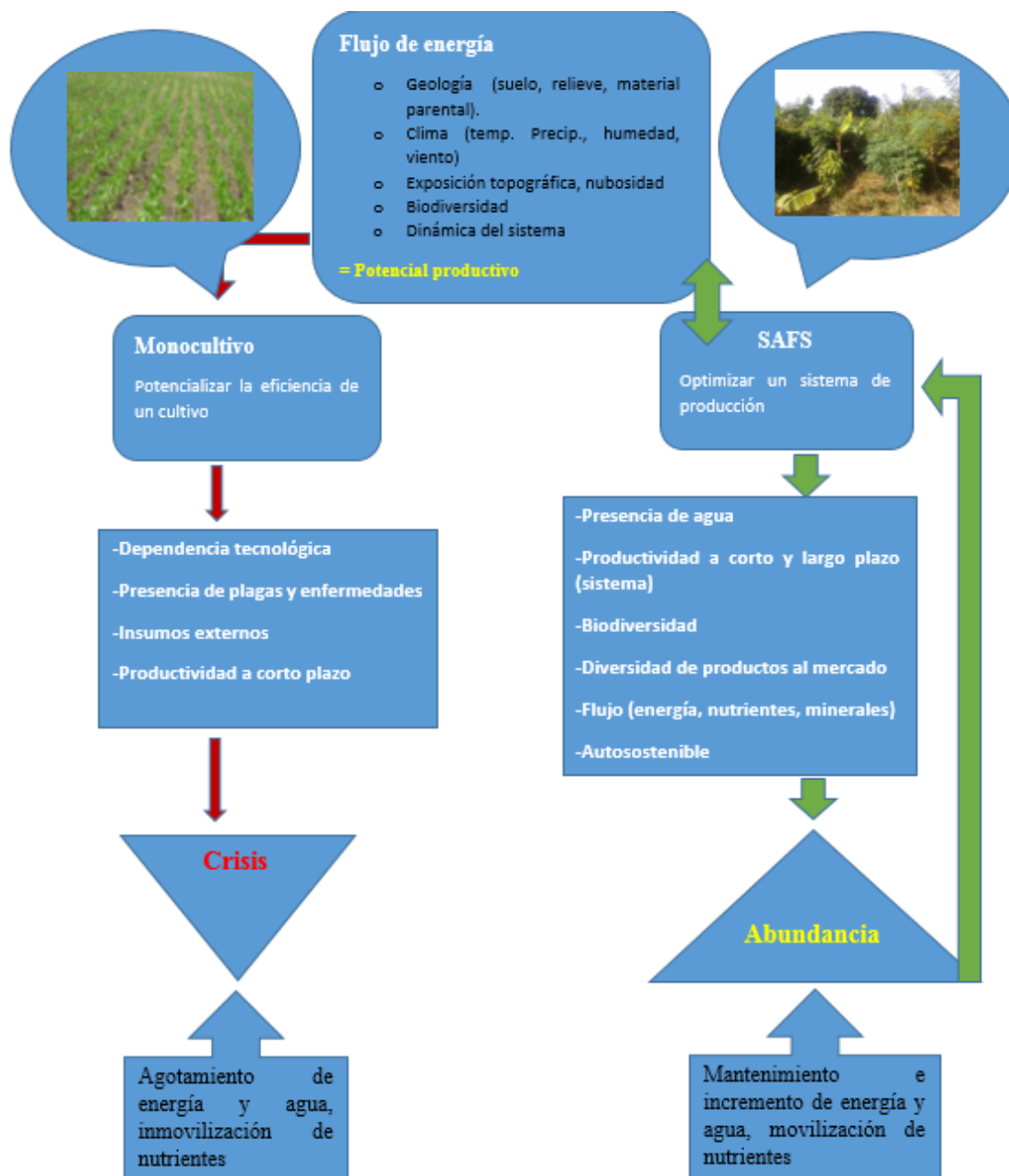
### **III. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1. Sistema agroforestal sucesional (SAFs) o sistema multiestrato**

Son una forma de producción agrícola y forestal que simula la estructura y dinámica de un bosque natural, combinan diversas especies nativas de la zona en amplia diversidad con otras especies aptas para la producción de alimentos. En otras palabras se asocian cultivos diversificando la producción adicionando el sistema especies maderables y frutales, palmeras y especies que generen biomasa. Con las técnicas utilizadas en un sistema multiestrato se produce alimentos sin empobrecer los suelos, para ello se usa de ejemplo de bosques naturales. En los primeros años dominan las especies de plantas de crecimiento y colonización rápida, luego se imponen los árboles y arbustos de mayor tamaño en donde se forma un sistema que esta ecológicamente estable (Yana, *et al.* 2001).

Las parcelas sucesionales multiestrato diversifican y satisfacen las necesidades de autoconsumo familiar y poseen grandes ventajas en la conservación del ecosistema natural (Milz 2001).

Toda planta que se encuentra en la parcela por insignificante que sea forma parte del sistema y aporta para mantener la estabilidad del mismo. Todo material vegetal dentro de SAFS es una fuente de energía al momento de su incorporación al suelo. La cantidad de biomasa aportada por el dosel de sombra en SAF con cacao, se encuentra entre 7 a 10 ton ha<sup>-1</sup> en relación a la existente en un sistema monocultivo que es de 4 a 5 ton ha<sup>-1</sup>, siendo los suelos bajo monocultivo de baja fertilidad por la poca biomasa encontrada. (Beer *et al.* 1990; Jaimez y Franco 1999).



**Figura 1.** Diagrama comparativo del flujo de energía en un sistema productivo convencional y un sistema agroforestal sucesional (Milz 2012).

### **3.1.1. Sucesión natural**

Consiste en una secuencia lenta de transformación de los ecosistemas a través del tiempo. Las especies pequeñas de plantas se reproducen rápidamente y las plantas más grandes tardan más tiempo en crecer y su crecimiento poblacional también es más lento. En consecuencia las especies pequeñas de plantas son las primeras en colonizar un área y son conocidas como pioneras dentro de la sucesión, posteriormente son sustituidas por plantas de mayor tamaño hasta alcanzar un bosque primario.

### **3.1.2. Descomposición del material orgánico en un SAFS**

De manera general, la descomposición es un proceso que se lleva a cabo a través de la función de la micro, meso y macrofauna del suelo, quienes mediante la desintegración física y la acción bioquímica transforman complejos orgánicos a moléculas inorgánicas de forma natural. A través de la descomposición las especies vegetales, por su aporte en biomasa, cumplen la función de transferir nutrientes, agua y energía, además de liberar dióxido de carbono (Milz 2010).

Las técnicas agroforestales son utilizadas en regiones de diversas condiciones ecológicas, económicas y sociales, en regiones con suelos fértiles los sistemas agroforestales pueden ser muy productivos y sostenibles; igualmente, estas prácticas tienen un alto potencial para mantener y mejorar la productividad en áreas que presenten problemas de baja fertilidad y exceso o escasez de humedad de los suelos (Musálem 2001).

Los sistemas agroforestales, son una forma de uso y manejo de los recursos naturales. Las especies leñosas como árboles y arbustos, son utilizados en asociación con cultivos agrícolas

y animales, en un arreglo en tiempo y espacio, en las cuales existen interacciones ecológicas y económicas entre los componentes de manera simultánea o temporal de manera secuencial. El objetivo es diversificar la producción, controlar la agricultura migratoria, aumentar los contenidos de materia orgánica en el suelo, fijar nitrógeno atmosférico, reciclar nutrientes, modificar el microclima y optimizar la producción del sistema respetando los principios de sostenibilidad (SAGARPA 2008).

### **3.1.3. Sombra en plantación de cacao**

El cacao como una especie originaria de los bosques americanos se desarrolló de forma silvestre bajo sombra. La característica de origen de la planta de cacao hace que la especie esté habituada a vivir bajo otros árboles lo cual es un beneficio desde el punto de vista ambiental facilitando la posibilidad de intercalar plantas de valor económico con el fin de fortalecer un sistema de cultivo. El cacao es considerado una planta de buena productividad con características especiales para ser usada en los sistemas agroforestales.

La selección de especies de sombra en sistemas de producción con cacao habitualmente se obedece a la búsqueda de beneficios socioeconómicos y de manejo como: obtención de productos rentables (madera, fruta, leña) (Schroth 2003). Al momento de la instalación de una plantación de cacao es necesario considerar el uso de sombra, este requisito disminuye a medida la plantación se hace adulta. En las primeras etapas del cultivo de cacao se necesita incluir plantas que proporcionen una mayor cobertura. Las coberturas ayudan a mantener las condiciones de humedad en el suelo y aireación adecuada. La práctica de cobertura se utiliza durante los tres primeros años de vida del cacao que corresponden a la etapa de instalación y levante de las plantas. También hay especies de plantas utilizadas después de los tres años que son plantas que protegen y acompañan al cacao en la etapa de producción y son llamados sombrío permanente, usualmente duran plantados el mismo tiempo o más que el cacao (FHIA 2004).

En las dos etapas de sombra transitoria y permanente se utilizan especies de plantas de importancia económica que aporte productos en beneficio de las familias y a la vez que contribuya a mejorar las condiciones del ecosistema. Actualmente se aconseja utilizar como sombra permanente especies frutales, maderables y de uso industrial potencializando la rentabilidad de un sistema de producción al incluir más de un componente productivo (FHIA 2004).

Según (Villegas 2008), los productores de cacao por falta de conocimientos técnicos y asesorías no consideran los beneficios y funciones de la biomasa que aportan las especies presentes en el dosel de sombra. Además, no cuentan con conocimientos ni herramientas para el manejo de la biomasa en prácticas de las podas realizadas en el sistema. El conocer las características de las especies en cuanto a fenología deposición y descomposición de las hojas de las diferentes especies arbóreas que se asocian con cacao es de importancia para optimizar los ciclos de nutrientes y mejorar la productividad de los sistemas.

En los SAF la cantidad de biomasa que se incorpora al suelo depende del tipo de especies que conforman el dosel de sombra, la edad de la plantación, condiciones del sitio y manejo que se le dé al sistema. La selección de especies arbóreas que produzcan alta cantidad de material orgánico o la implementación de prácticas de manejo como las podas contribuye a mayor producción de biomasa (Villegas 2008).

#### **3.1.4. Función ecológica de las plantas de sombra**

- Proveen y protegen la materia orgánica que se encuentra en la capa superficial del suelo.
- Los troncos, hojas y ramas permiten mantener un clima favorable dentro de la plantación y los restos que caen al suelo representan un aporte de materia orgánica que aumenta los nutrientes en el suelo.

- El sistema radicular de las plantas aumenta la capacidad de infiltración de agua en el suelo y proporciona las condiciones ambientales estables en caso de brascas y fuertes oscilaciones de temperatura, viento y humedad.
- Protegen al suelo de los efectos erosivos y proliferación de malezas.
- Protegen a las plantas de cacao de los efectos directos del sol en la etapa de crecimiento, proporcionando una sombra adecuada.
- En el caso de ser leguminosas ayudan a fijar nitrógeno atmosférico en beneficio de las plantas de cacao (Quiroz 2010).

#### **3.1.5. Uso de núcleos en sistemas agroforestales sucesionales**

**Los núcleos**, son un conjunto de plantas colocadas alrededor de las plantas de cacao, su función es brindar sombra temporal en los primeros dos a tres años de la plantación. Aparte son una importante fuente de materia orgánica al suelo, los núcleos se elaboran con plantas como la canavalia (*Cannavalia ensiformis*), gandul (*Cajanus gandul*) y maralfalfa (*Pennisetum sp.*) (Padilla 2012).

La canavalia es una especie leguminosa que se aprovecha como abono verde durante épocas lluviosas, aumenta los niveles de materia orgánica en el suelo, contribuye a la fijación de nitrógeno atmosférico es muy resistente a las sequías y brinda cobertura manteniendo los niveles de humedad durante el verano y reduciendo la presencia de hierbas en el sistema. La canavalia es de bajo costo lo que la hace accesible para productores con bajos recursos (Padilla 2012).

El frijol gandul y maralfalfa son de gran importancia en los núcleos elaborados para protección de las plantas de cacao ya que tienen un crecimiento rápido, estas sirven de sombra

y una excelente fuente de materia orgánica al suelo dentro del sistema agroforestal sucesional (Milz 2010).

### **3.1. Agroforestería**

Es considerada como una técnica multidisciplinaria ecológicamente viable, que combina una serie de principio que relaciona la agronomía, la silvicultura y la zootecnia, utilizando de manera apropiada la tierra, creando una interacción biológica entre planta alimenticias, árboles, arbustos y/o animales de manera simultánea, diversificando y optimizando la producción, respetando los principios de sostenibilidad garantizando a largo plazo una productividad aceptable y aplicando técnicas de manejo aceptables, que sean compatibles con las de la población (Figueroa 2009).

### **3.2. Agricultura orgánica y agroecológica**

El proceso de agricultura orgánica inicia con prácticas encaminadas a recuperar la fertilidad y vida del suelo, utilizando al máximo recursos de bajo costo, disponibles en nuestro medio.

Las bondades de los microorganismos pueden ser aprovechadas, bajo el enfoque de la agricultura ecológica, para dinamizar el proceso de transición de los suelos degradados hasta conseguir la restauración del equilibrio biológico del suelo. En un suelo fértil, la fauna y la flora microbiana presentes son las encargadas de regular los procesos de intercambio entre el suelo y las plantas, de manera que exista una eficiente utilización de los nutrientes presentes en el medio a causa de múltiples simbiosis beneficiosas entre microorganismos y plantas. Bajo este principio la agricultura orgánica desarrolla tecnología que promueva la utilización de microorganismos benéficos con el fin de mejorar la calidad de los suelos y potencializar su producción.

### 3.3. Macroorganismos del suelo

El suelo alberga organismos vivos dentro de las cuales la diversidad y la abundancia puede ser considerada un importante indicador de la fertilidad del suelo, dentro de estos organismos tenemos a la macrofauna del suelo, que es un componente importante dentro de los ecosistemas cumpliendo funciones como descomponedora y recicladora mejorando las características físicas y químicas del suelo (Contreras 2012).

La presencia de microorganismos en el suelo es influenciada positivamente con la aplicación de abonos orgánicos frescos, pero también la actividad biológica se reduce o se detiene si el suelo se torna muy frío o excesivamente seco, el número de microorganismos, la fauna edáfica, la temperatura y la humedad cambian con las estaciones condicionando la presencia de macro invertebrados (Contreras 2012).

Desde el punto de vista biológico, se puede tomar en cuenta la macrofauna edáfica, como un indicador del estado de conservación del suelo, la cual agrupa los invertebrados mayores de 2 mm de diámetro. Muchos organismos de la macrofauna son importantes en la transformación de las propiedades del suelo, entre ellos: las lombrices de tierra (*Annelida: Oligochaeta*), las termitas (*Insecta: Isoptera*) y las hormigas (*Insecta: Hymenoptera: Formicidae*), que actúan como ingenieros del ecosistema en la formación de poros, la infiltración de agua y la humificación y mineralización de la materia orgánica. Otra parte de los macroinvertebrados intervienen en la trituration de los restos vegetales (*Coleoptera, Diplopoda, Isopoda, Gastropoda*) y algunos funcionan como depredadores de animales vivos de la macrofauna y la mesofauna edáfica (Cabrera 2012).

Las comunidades de la macrofauna varían en su composición, abundancia y diversidad, en dependencia del estado de perturbación del suelo causado por el cambio de uso de la tierra, lo que permite valorar estas comunidades como bioindicadores de calidad o alteración ambiental (Cabrera 2012).

## **Mesofauna**

La mesofauna del suelo interviene en los procesos de descomposición de la materia orgánica, la aceleración y reciclaje de los nutrientes y en particular, en los procesos de mineralización del fósforo y el nitrógeno (Socarrás 2012).

Los grupos que integran la Mesofauna edáfica son sensibles a las perturbaciones naturales y antrópicas del medio, estas provocan cambios en su composición específica y su abundancia, y ocasionan la pérdida de especies y de su diversidad, con la consiguiente disminución de la estabilidad y la fertilidad del suelo.

La presencia y el balance de algunos de sus grupos de la mesofauna, son considerados indicadores biológicos potenciales del grado de conservación, perturbación y recuperación del suelo, por ser muy sensible a los cambios climáticos y a las perturbaciones antrópicas del medio edáfico, que provoca variaciones en su densidad y diversidad (Socarrás y Rodríguez 2007). La densidad de la mesofauna difiere significativamente con el tipo de plantación utilizada, La existencia de una densa vegetación o de un área con cobertura vegetal produce un alto valor de humedad y una reducción de la temperatura, condiciones favorables para la densidad y abundancia de la mesofauna (Ares *et. Al.* 2001).

El número, la densidad y el balance de estos grupos componentes de la Mesofauna, permite predecir y evaluar las transformaciones ocasionadas por la aplicación de diferentes métodos de producción agrícola en condiciones edafoclimáticas específicas; así como considerar, integralmente, el funcionamiento del ecosistema, de forma tal que la relación suelo-planta sea el eslabón básico para el mantenimiento de los otros componentes del sistema y, a su vez, permita valorar su influencia en el mantenimiento de la fertilidad y la conservación del suelo (Socarrás 2012).

Los microorganismos tienen la mayor influencia en las actividades de la descomposición y traslado de la materia orgánica y el reciclaje de los nutrientes en general, este efecto favorable de las excreciones de los animales en la actividad biológica del suelo es muy significativo, debido al papel que ellas desempeñan en la descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de los nutrientes en los ecosistemas (Ares *et.al.*, 2001).

**Microorganismos de montaña (MM):** El uso de la tecnología de microorganismos para la agricultura fue desarrollada en los años 80, fue ganando popularidad a través de los productos comerciales elaborados en laboratorios y conocidos como EM (Microorganismos Eficaz). Por otro lado, se desarrolló una tecnología para reproducir los microorganismos que viven naturalmente en nuestros bosques. Estos microorganismos son llamados comúnmente “Microorganismos de Montaña” MM (Picado 2005).

Muchos de estos MM cumplen roles benéficos en los procesos biológicos de los suelos y agroecosistemas, como: descomponen la materia orgánica, compiten con los microorganismos dañinos, reciclan los nutrientes para las plantas, fijan el nitrógeno en el suelo, degradan las sustancias tóxicas (pesticidas), producen sustancias y componentes naturales que mejoran la textura del suelo y pueden ser encontrados en la capa superficial y orgánica de todo suelo de un ecosistema natural donde no haya habido intervención depredadora del hombre (FUNDASES 2005).

Los microorganismos de montaña están formados por una fuente rica en microorganismos, principalmente actinomicetos y levaduras, y de otras bacterias descomponedoras de materia orgánica, cabe destacar que en poblaciones ya establecidas, las interacciones positivas entre poblaciones autóctonas se desarrollan con mayor frecuencia. Por lo tanto se puede inferir que el MM, es un tipo de inóculo microbial que podría presentar mayor interacción positiva que negativa, ya que la microbiología utilizada es extraída del bosque circundante a la región de aplicación (Samaniego 2006).

Cuando los microorganismos aumentan su población en el medio en que encuentran, potencializan las actividades ecológicas de todo el sistema, formando un entorno favorable para las especies vegetales, reduciendo la incidencia de enfermedades patógenas, inactivando microorganismos perjudiciales, favoreciendo la disponibilidad de nutrientes.

La aplicación foliar de microorganismos líquidos se recomienda desde 5 a 15 días, después de elaborados. Actúan como estimulantes de crecimiento y fructificación, una vez hecha la mezcla lo dejamos en contacto con el aire entre 3 y 5 días, de esta forma se activan los microorganismos (Samaniego 2006).

**Micorrizas:** Las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de cien años; estimándose que aproximadamente el 95% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos del suelo (Vacacela 2004).

Las micorrizas son órganos formados por la raíz de una planta y el micelio de un hongo. Funcionan como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y es capaz de proporcionar agua y nutrientes (nitrógeno y fósforo principalmente) a la planta, y proteger las raíces contra algunas enfermedades. El hongo por su parte recibe de la planta azúcares provenientes de la fotosíntesis, existiendo miles de especies de hongos micorrícicos que forman esta simbiosis con los árboles, por ejemplo las Endomicorrizas, que son hongos benéficos bioestimulantes con micorrizas vesículo-arbusculares que incrementan la absorción de nutrientes del suelo favoreciendo el crecimiento de las plantas (Vacacela 2004).

Se pueden distinguir dos grupos fundamentales según la estructura de la micorriza: ectomicorrizas o formadoras de manto, las endomicorrizas caracterizadas por la colonización intracelular del hongo.

**Ectomicorrizas:** Se caracterizan porque desarrollan una espesa capa de micelio sobre la zona cortical de las raíces absorbentes de la planta las hifas del hongo no penetran en el interior de las células de la raíz, si no que se ubican sobre y entre las separaciones de éstas. Se pueden observar a simple vista. Este tipo de micorrización predomina entre los árboles de zonas templadas, se producen principalmente sobre especies forestales y leñosas, siendo especialmente característico en robles, eucaliptus y pinos. Los hongos que la forman son tanto Basidiomycota como Ascomycota (Vacacela 2004).

**Endomicorrizas:** Los hongos que las producen se caracterizan por colonizar intracelularmente el córtex radical o sea que no hay manto externo que pueda verse a simple vista. Las hifas se introducen inicialmente entre las células de la raíz, pero luego penetran en el interior de éstas, formando vesículas alimenticias y arbusculos. Por ello este grupo se las conoce también como micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) los cuales constituyen la simbiosis más extendida sobre el planeta. Los hongos que la forman pertenecen a la división (Glomeromycota) y se dan en todo tipo de plantas, aunque predominan en hierbas y gramíneas. Abundan en suelos pobres como los de las praderas y estepas, la alta montaña y las selvas tropicales (Vacacela 2004).

**Bokashi:** El bokashi es un abono orgánico que se originó Japón. Se produce en un tiempo más corto que el compost. La palabra bokashi significa en japonés, abono fermentado, la mayoría de las ocasiones el bokashi se produce en un proceso aeróbico y no vía fermentación.

Tradicionalmente el bokashi se prepara con cascarilla de arroz, gallinaza, bokashi previamente preparado, levaduras, carbón, carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), semolina de trigo y melaza de caña. La cascarilla de arroz usa por ser una fuente de carbono (C) de degradación lenta, y la gallinaza es la principal fuente de N, que combinados melaza ayudan a comenzar los procesos de degradación. Y se le adiciona tierra de bosque, estos suelos contienen varios microorganismos benéficos que aceleran la preparación del abono. El Bokashi ha sido utilizado por los agricultores como un mejorador del suelo que aumenta la diversidad

microbiana, mejora las condiciones físicas y químicas, previene enfermedades del suelo y lo suple de nutrientes para el desarrollo de los cultivos (EARTH 2003).

La producción de abonos orgánicos, como el bokashi o el compost, es principalmente a base de desechos como alternativa viable para el manejo de los mismos, tanto en fincas pequeñas como grandes.

Estos desechos generalmente son subproductos del proceso de acondicionamiento y empaque de los productos agrícolas, productos de rechazo que no reúnen las características exigidas por el mercado internacional o productos que no se lograron colocar en el mercado local. Estos desechos requieren de un sistema de manejo adecuado, el cual algunas veces es inexistente. La búsqueda de alternativas para el manejo de estos desechos es muy importante debido al daño que éstos pueden causar al medioambiente, los materiales necesarios para elaborar un bokashi tradicional no se adquieren fácilmente. Sin embargo, estos podrían ser sustituidos por algunos de los desechos que se generan dentro de esta zona como una alternativa de manejo de desechos y producción de abonos orgánicos (EARTH 2003).

**Análisis foliares**, uno de los factores que más afecta el rendimiento y la calidad de los cultivos es su estado nutricional. Esta determinación requiere análisis muy precisos. El estado nutricional es una característica oculta cuyos síntomas visibles aparecen cuando existe ya un balance inadecuado entre los nutrientes. Los análisis foliares o de tejidos vegetales son el complemento indispensable a los análisis de suelo. Conforme avanzan los conocimientos sobre nutrición de la planta y sus requisitos nutrimentales en las diferentes etapas de crecimiento, el análisis foliar se ha convertido en una herramienta muy útil para lograr altos rendimientos.

El resultado del análisis de diferentes órganos de la planta varía considerablemente. Generalmente la hoja es el órgano más útil para diagnóstico por su marcada variación en

composición con diferentes niveles de fertilidad. La lámina foliar presenta casi siempre más altos contenidos de nutrientes que otros órganos de la planta.

Las carencias de nutrientes minerales se manifiestan en términos de reducción del rendimiento o de mala calidad del cultivo. Las plantas, para su crecimiento, desarrollo y producción, requieren de un suministro continuo, bien ajustado, de nutrientes minerales esenciales.

Los análisis foliares o de tejidos vegetales son el complemento indispensable a los análisis de suelo. Ambos son necesarios para lograr un buen diagnóstico. Con los elementos analizados se acompaña un informe en el que se establece, el diagnóstico nutricional de todos los nutrientes analizados, indicando en cada caso:

- La función realizada por el nutriente en la planta.
- La posible carencia o déficit del elemento en cuestión.
- Interacciones entre nutrientes, teniendo en cuenta posibles antagonismos y sinergismos entre varios elementos.
- Cálculo de los equilibrios fisiológicos, índice vegetativo e índice de hierro.
- Correctores de carencias a aplicar con sus dosis y épocas de aplicación, para la solución de los problemas nutricionales detectados.

La determinación del estado nutricional de una planta, o del flujo de nutrientes hacia la parte aérea durante la etapa de crecimiento, requiere de la determinación precisa en el laboratorio de los 11 elementos esenciales más importantes para el desarrollo de las plantas, y dos elementos no esenciales como el Sodio y el Aluminio. La determinación de Molibdeno es opcional (A-L 2011).

Los parámetros aconsejados para determinar el nivel nutricional de la planta son: nitrógeno, fósforo, boro y cationes (Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Cu, Zn).

**Factores que influyen en la descomposición de la MO:** Las condiciones climáticas, composición química del material orgánico, las comunidades de micro, meso y macro fauna del suelo y factores específicos de sitio (microclima) tienen alta influencia sobre la velocidad de la descomposición de la hojarasca (Anderson *et.al.* 1993).

### **3.4. Historia e importancia del cacao**

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie de planta de origen americano, se encontraba de manera natural en el bosque, siendo muy utilizada por nuestros antepasados para preparar bebidas, elaboración de dulces y principalmente como dinero, con el cual se podía comprar otros productos, por lo que aumento la necesidad de instalar numerosas plantaciones de cacao cuidadas por el hombre, el memento de la colonización de los pueblos indígenas, los españoles descubrieron la gran diversidad de usos que le daban y sus enormes cualidades (FHIA 2005).

El cacao es una parte de la economía de muchos países en desarrollo, este es cultivado bajo diferentes formas, como ser bosques sobre explotados, raleados o en campos agrícolas previamente deforestados. También ha sido motivo de discusión por las relaciones entre el, cacao, los árboles y los bosques, algunas veces conflictivas (deforestación y degradación de varias categorías de bosques naturales) y otras veces sinérgicas (reforestación y restauración de áreas agrícolas degradadas y sin cobertura arbórea (Velásquez 2007).

#### **3.4.1. Generalidades del cacao**

El árbol de cacao, (*Theobroma cacao* L. de la familia Sterculiaceae) es normalmente un árbol pequeño, entre 4 y 8 metros de alto, aunque si recibe sombra de árboles grandes, puede alcanzar hasta los 10 metros de alto. El tallo es recto, la madera de color claro, casi blanco, y la corteza es delgada, de color café. El fruto (la nuez de cacao) puede alcanzar una longitud

de 15-25 centímetros. Cada fruto contiene entre 30 y 40 semillas, que una vez secas y fermentadas se convierten en cacao en grano. Las semillas son de color marrón-rojizo en el exterior y están cubiertas de una pulpa blanca y dulce. Las plantas de cacao son arboles de altura media, crecen de 4 hasta los 10 metros de altura bajo condiciones de manejo, también pueden crecer libremente hasta 18 metros bajo sombra, su corona es redonda alcanzando diámetros de 7 a 8 metros, el tronco es erecto de formas diversas, según las condiciones ambientales y de manejo, presentan un sistema radicular pivotante que alcanza 1.5 a 2 metros de profundidad, presenta gran cantidad de raíces secundarias que se encuentran en los primeros 25 a 30 cm bajo el suelo, presenta hojas enteras de colores muy variables (colores verde, café claro, morado a rojo) depende su edad, según las hojas envejecen pasan de colores claros a verdes oscuros (Zambrano 2010).

### **3.4.2. Producción de cacao en Honduras**

Nuestro país cuenta con un gran potencial productivo, por lo cual la FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola) tiene ya muchos años trabajando en el desarrollo de nuevas y mejores tecnologías para producir cacao bajo sistemas agroforestales, en los cuales se ha obtenido notables avances, obteniendo grandes beneficios económicos y ambientales.

En los seis últimos años, la producción nacional de cacao y el número de productores ha aumentado notablemente, mejorando los sistemas de producción de cacao respecto a calidad. En el 2012 se estimó una producción de unas 850 toneladas, y se espera que para que la producción ascienda a las mil toneladas en 2013, lo que representa un aumento de 17.6 % en la producción, para ello se cuenta con unas 6,400 manzanas en producción.

APROCACHO (Asociación de productores de cacao de Honduras) registró que en Honduras se cuenta con un área cultivada de 1500 hectáreas, que manejan unos 1550 productores, lo cual evidencia que este es un cultivo que es manejado principalmente por pequeños productores. Logrando una producción nacional de unas 820 toneladas métricas

por año, de las cuales unas 25 toneladas, el resto se comercializa a nivel local y regional. (FHIA 2011).

### **3.4.3. Clasificación botánica del cacao**

La especie (*Theobroma cacao* L.) está clasificada en tres grupos, los cuales tienen características agronómicas específicas, se diferencian entre ellos por su centro de origen. Se agrupan entre tres grandes variedades de cacao es universalmente admitidas y reconocidas como Criollo, Forastero y Trinitario (Zambrano 2010).

Todos los más grandes chocolateros utilizan los cacaos llamados finos o aromáticos de Criollo, Trinitario y Forastero. Estos cacaos se diferencian por sus sabores afrutados, florales o arbolado pero también por sus colores y sus características morfológicas y agronómicas

### **3.5. Enfermedades comunes en plantas de cacao**

**Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*):** La enfermedad causa daños importantes en hojas y frutos. Ataca principalmente las hojas tiernas de los brotes jóvenes, ocasionando manchas que pueden avanzar por las nervaduras hacia el tallo. En frutos jóvenes se manifiesta por numerosos puntos necróticos, que pueden profundizar en la corteza, llegar a las almendras y detener el crecimiento. En frutos más desarrollados se producen manchas más grandes de diferentes formas, hundidas y de poca profundidad en la corteza. En condiciones de alta humedad y temperatura, sobre las lesiones se producen las estructuras de fructificación del hongo.

La enfermedad se presenta cuando no se realizan las prácticas de manejo correspondientes, su presencia está relacionada con una deficiente sombra y nutrientes. Un adecuado manejo

de la sombra en el campo (30%-40%), fertilización y eliminación de las partes enfermas contribuyen en el combate de antracnosis.

**Mal del machete (*Ceratosystis fimbriata*):** La enfermedad es causada por el hongo (*Ceratosystis fimbriata*) que comúnmente está asociada con insectos denominados pasadores (género *xyleborus*). El ataque se presenta generalmente en el tronco y ramas primarias, también en plantas durante están en el vivero, se manifiesta causando la enfermedad rápida de árboles o ramas aisladas, esta puede causar la muerte de las plantas dentro de la plantación, es causada por heridas que han sido producidas por machete, puede propagarse por herramientas que no son debidamente desinfectadas después de trabajar en árboles enfermos (INIAP 2009).

Al momento de manifestarse la enfermedad se observa en el tronco un polvillo o aserrín que dejan los insectos minadores (*xyleborus*) al hacer galerías. Al hacer un corte en la madera muerta, se observa una coloración rojo oscuro-vino tinto.

**Escoba de bruja (*Crinipellis pernicioso*):** Es una de las enfermedades limitantes en la producción de cacao en los países cacaoteros de América del sur, pero no se tiene conocimiento de su avance hacia los países de América central. El agente causal es el hongo (*Crinipellis pernicioso*) que ataca todos los puntos de crecimiento de las partes aéreas de la planta, causando un engrosamiento anormal de los órganos afectado.

El síntoma más conspicuo de la enfermedad es una deformación de los brotes terminales. Estos se ramifican y alargan. Presentando hojas sin desarrollarse, que dan la apariencia de “escobas de bruja”. Hay sin embargo, una cierta variación de síntomas que incluyen deformaciones y alteraciones de los tejidos, cuya intensidad varía según el tipo y la edad del tejido involucrado. (Suarez, 1993).

### 3.6. Plagas comunes en plantas de cacao

La mayoría de las plagas que afectan el cacao en Centro América usualmente no constituyen problemas económicos en el cultivo. Generalmente el mayor daño que causan en el cultivo del cacao es cuando atacan, plantas en viveros o recién sembradas en campo (James *et.al.* 2008).

**Áfidos (*Toxoptera sp*):** Insectos de cuerpo blando que viven en colonias sobre los tallos o en el envés de las hojas, se alimentan de la savia de la planta, la cual extraen de los tejidos tiernos del follaje, botones y flores. Si se presentan grandes poblaciones pueden causar la caída prematura de las flores y disminución del cuajado de frutos. Su control se facilita con el manejo agronómico de la plantación (Márquez *et.al.* 2005).

**Ácaros (*Floracarus theobromae*, *Eriophyes reyesi*):** Los ácaros se ubican en colonias numerosas en los brotes terminales y el envés de las hojas, los cuales producen atrofia, malformaciones con el posterior desprendimiento de las hojas en los brotes terminales (Enríquez 2008).

**Gusanos de foliadores:** Son larvas de lepidópteros que se alimentan generalmente el follaje tierno, en consecuencia generan un desbalance foliar debido a que los arbolitos tienen muy pocas hojas. El daño es más acentuado en la parte intervenal de las hojas. También se pueden incluir aquí los gusanos esqueletizadores que perforan las áreas intervenales y dejan solamente las venas de las hojas. Pueden causar daños graves estacionalmente, pero en general no constituye un problema grave en plantaciones adultas (Sánchez 2011).

**Hormigas arrieras o zompopos (*Atta sp*):** Estas hormigas defolian las plantas cortando porciones semicirculares típicas, fácilmente identificables que transportan hasta sus nidos para nutrir un hongo que a su vez le sirve de alimento a toda la colonia. Debido a que atacan

en grupos, una planta joven puede ser completamente defoliada en poco tiempo, también atacan plantas adultas pero el daño no es tan grave gracias a que han desarrollado abundante follaje (Enríquez 2008).

### **3.7. Captura de carbono**

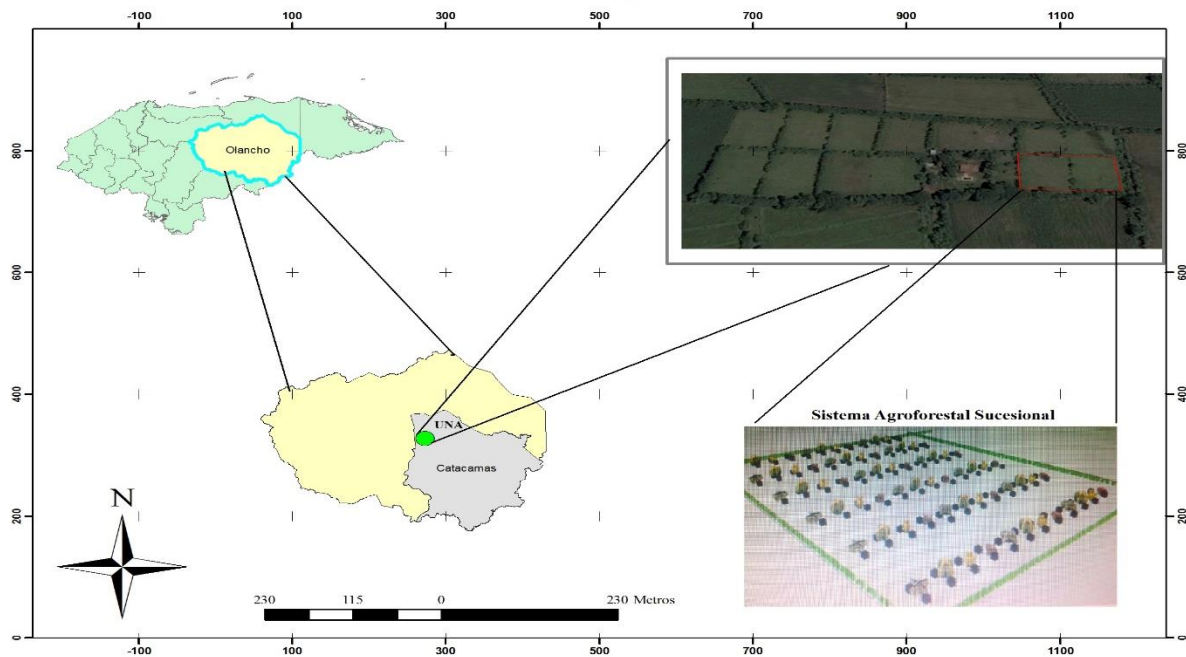
La captura de carbono ( $\text{CO}_2$  atmosférico causante del Calentamiento Global) ocurre únicamente durante el desarrollo de los árboles, y se detiene cuando los árboles llegan a su madurez, Si bien el desequilibrio está esencialmente causado por la combustión del carbono fósil, (petróleo, gas, carbón) y los cambios en la utilización de las tierras o las transformaciones de los ecosistemas en particular la deforestación. Los ecosistemas son primordiales por su capacidad en llegar a ser pozos de carbono cuando un bosque está en desarrollo restando carbono libre en la atmósfera.

Según Locatelli (2001), los bosques son entonces ecosistemas particularmente importantes en términos de captación de carbono, se estima que los bosques mundiales almacenan 80% del carbono de la biosfera aérea y 40% del carbono subterráneo y en términos de flujo las modificaciones antrópicas de los bosques tropicales emiten grandes cantidades de carbono en la atmósfera.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del ensayo

La investigación se realizó en la Universidad Nacional de agricultura, específicamente en la finca agroecológica situada entre los 14°54'04' latitud norte. Con una temperatura promedio anual 26°, precipitación pluvial 1200 mm y una altitud de 358 msnm.



**Figura 2.** Ubicación geográfica de la parcela Agroforestal Sucesional en la Universidad Nacional de Agricultura. Imagen de Google Earth 2013.

#### **4.2. Materiales y equipo utilizados en campo**

Barriles de plástico, instrumentos de medición (pie de rey, regla graduada, cinta métrica), calculadora, probeta, lápiz tinta y carbón, pinzas, cámara digital fotográfica, balanza analítica, rótulos para la identificación de tratamientos, tijera para podar, bolsas plásticas, cintas de colores para la identificación, microorganismos de montaña, bokashi, micorrizas y fertilizante químico (12-24-12).

#### **4.3. Descripción de tratamientos y diseño experimental**

La evaluación del estudio se realizó con un diseño experimental factorial en bloques, cada unidad experimental constaba de 12 plantas por parcela, donde se midió el efecto de la aplicación de abonos orgánicos que son, Microorganismos de montaña, bokashi y micorrizas, un fertilizante químico (12-24-12) y un testigo absoluto, evaluando también el aporte de la biomasa del núcleo, al momento de al realizar podas de manejo.

#### **4.4. Modelo matemático lineal**

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + N_j + I_{ij} + B_k + E_{ijk}$$

$\mu$ = Media muestral

$F_i$ = Efecto del i-esima fertilizacion

$N_j$ = Efecto del j-esimo núcleo

$I_{ij}$ = Interaccion de la i-esima fertilizacion x j-esimo núcleo

$B_k$ = Efecto del k-esimo bloque

$E_{ijk}$ = Efecto del error experimental, que es: independiente, constante, varianza=1, distribución normal, aleatorio, esperanza=0, media= 0.

#### 4.5. Metodología en el sistema agroforestal sucesional

Después de 13 meses de la instalación de la parcela agroforestal sucesional, se realizó un seguimiento en la aplicación de la metodología utilizada en el momento de la instalación de la parcela. Se aplicó los tratamientos en campo a las plantas de cacao híbrido en la parcela agroforestal sucesional para evaluar productos biológicos. Los resultados se determinaron por medio de las mediciones de las variables en cada tratamiento.

#### Dosis de aplicación

Micorrizas 45g/L/planta, Microorganismos activado 1L/planta al 20%, Bokashi 50g/planta y (12-24-12) 25g/planta.

**Cuadro 1.** Tratamiento a utilizar con las combinaciones de los factores.

| Tratamientos | Descripción   |          |               |
|--------------|---------------|----------|---------------|
|              | Fertilización |          | Uso de núcleo |
|              | Orgánica      | Químico  |               |
| T1           | MM+ Bokashi   |          | ausencia      |
| T2           | Micorrizas    |          | ausencia      |
| T3           |               | 12-24-12 | ausencia      |
| T4           |               | 12-24-12 | presencia     |
| T5           | MM + bokashi  |          | presencia     |
| T6           | Micorrizas    |          | presencia     |
| T7           | Testigo       |          | presencia     |
| T8           | Testigo       |          | Ausencia      |

#### 4.6. Variable que se midieron en el SAFS

**Altura de planta:** Se midieron plantas por unidad experimental la medición se realizaron desde la base del tallo hasta el extremo superior del meristemo apical utilizando una regla graduada en cm, las mediciones fueron cada 8 días después de la aplicación de los tratamientos durante 4 meses.



**Figura 3.** Medición de la altura de las plantas de cacao en el SAFS

**Diámetro de tallo:** Se realizó esta medición en 6 plantas de cada unidad experimental, se utilizó un calibrador vernier (pie de rey) con graduación en milímetros (mm), la medición en la planta fue 1 cm, arriba del cuello de la raíz

a.



b.



**Figura 4.** Medición de la altura de las plantas de cacao en el SAFS

**Número de hojas:** el conteo del número de hojas se realizó en 6 plantas de la unidad experimental, estas se realizaron 8 días después de la aplicación de los tratamientos durante 4 meses.



**Figura 5.** Selección y conteo del número de hojas para las plantas de cacao en el SAFS.

**Biomasa aérea:** Se determinó a partir del volumen de cada planta de cacao, multiplicando el volumen por la densidad de la madera 0.05.

**Volumen de la parte aérea:** Se determinó por medio de la fórmula de Smallian y Cono, a partir de mediciones previas del grosor de tallo y altura de las plantas de cacao, los resultados de las mediciones fueron ingresadas a las fórmulas y el producto de las formulas fue sumado para obtener el volumen total por planta.

$$\text{Formula de Smallian: } Vol = \frac{1}{4}\pi \left( \frac{D_1^2 + D_2^2}{2} \right) (al1) \quad \text{Formula de Cono: } Vol = \frac{1}{2}\pi(D_2^2)(al2)$$

**Captura de carbono:** Se multiplicó la biomasa de las plantas de cacao, por el factor de forma asumido (0.5), ya que el carbono fijado equivale al 50% de la biomasa de un árbol.

**Nutrición foliar:** Se realizó un muestreo foliar con el fin de determinar si los elementos nutricionales por planta presentan excesos o desbalances nutricionales o se encuentran bien balanceados; y así determinar la necesidad de aplicaciones de fertilizantes para ello se seleccionaron plantas al azar, de las cuales se tomaron sub muestras de cada tratamiento en los tres bloques para formar una muestra final por tratamiento de 20-25 hojas. El muestreo se realizó al finalizar con las aplicaciones de los tratamientos. Los análisis fueron realizados en Laboratorio Químico Agrícola de la FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).



**Figura 6.** Selección de plantas de cacao y recolección de las muestras para realizar análisis foliar.

**Peso de la biomasa producida por tratamiento:** Se realizaron podas parciales de (30%-40%) en las especies de cultivos secundarios que forman cada núcleo, la materia fresca producida por cada tratamiento fue pesada una balanza, para poder medir el aporte de materia fresca en kilogramos por núcleo, por tratamiento. Las podas se realizaron cada 45 días después de la primera poda.



**Figura 7.** Peso de la biomasa producto de las podas realizadas en el núcleo y especies secundarias.

**Abundancia de la mesofauna del suelo:** El muestreo realizado al finalizar la investigación se determinó la abundancia de la mesofauna del suelo, calculando el número de individuos por monolito de  $0.008 \text{ m}^3$  en cada uno de los tratamientos.

Para esta práctica se eligieron áreas al azar unidad experimental donde se extrajo los monolitos de suelo de  $20 \times 20 \text{ cm}$  de área y  $20 \text{ cm}$  de profundidad, luego se realizó la

extracción de los organismos del suelo de forma manual, realizando posteriormente su identificación.



**Figura 8.** Recolección e identificación de la mesofauna del suelo en el SAFS: a. Extracción del monolito de suelo b. Recolección.

**Densidad aparente (DA):** Se determinó por medio del cilindro, se realizaron las extracciones de suelo con un cilindro de  $212.3 \text{ cm}^3$ , las muestras fueron pesadas para obtener peso húmedo por muestra, luego colocadas en sobres de papel con su respectiva identificación para luego ponerlas a secar en un horno a  $105^\circ \text{C}$  durante 24 horas para finalmente hacer los cálculos respectivos usando la siguiente formula

Fórmula para determinación de DA:  $da = \frac{P_{ss}}{V_t}$



**Figura 9.** Calculo de la densidad aparente en la parcela SAFS: a. Medición del peso de suelo b. Secado de las muestras en horno.

## **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación se muestran los resultados y análisis obtenidos del trabajo de investigación en un sistema agroforestal sucesional en plantas de cacao, para las variables siguientes, diámetro del tallos, ganancia de altura, numero de hojas, volumen, biomasa, carbono, presencia de mesofauna y densidad aparente.

### **5.1. Resultados del experimento en el (Sistema Agroforestal Sucesional)**

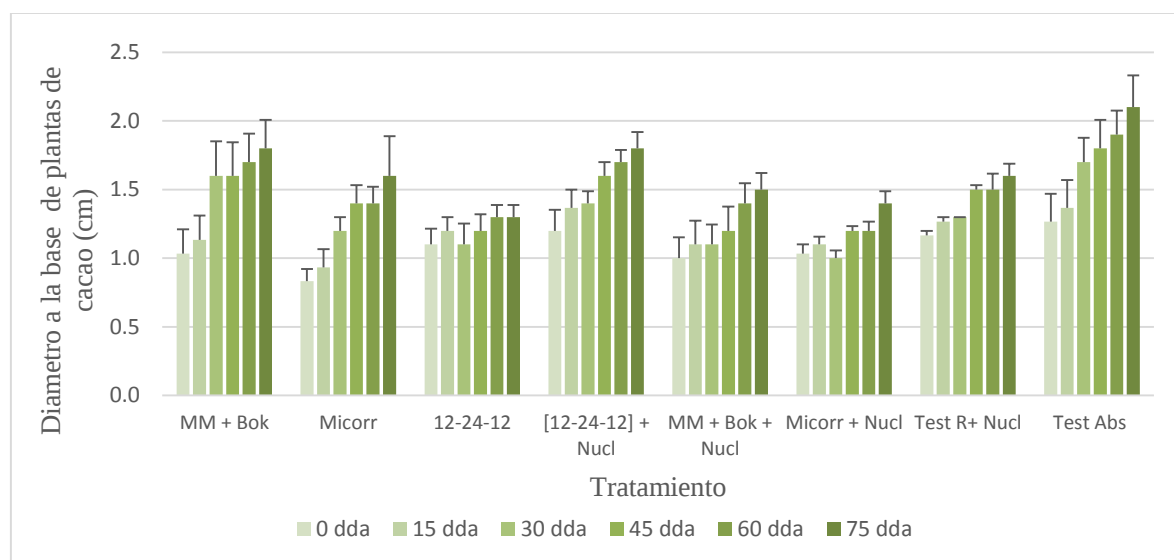
Al realizar la aplicación en de los abonos a las plantas de caco en el SAFS, durante el desarrollo del estudio se obtuvieron resultados positivos a su aplicación para las variables de grosor de tallos, numero de hojas los cuales presentaron diferencias estadísticas entre los resultados

En cuanto a la variable diámetro de tallos a la base de la planta, se encontró diferencias estadísticas significativas a los 60 días con una ( $p=0.0745$ ), para la aplicación de fertilizantes (Anexo 5), las plantas que presentaron diferencias estadísticas mayor promedio del diámetro fue el tratamiento testigo (2.10 cm.) Para las mediciones realizadas a los 15 días ( $p=0.1295$ ), 30 días ( $p=0.1259$ ), 45 días ( $p=0.1661$ ), y 75 días ( $p=0.8113$ ) días después de la aplicación, no presentan diferencias estadísticas significativas (Anexo 1), tanto en el fertilizante como en la presencia o ausencia del núcleo (Figura 10).

Según Gruberg (2009) Los SAFS fueron diseñados para ser autos sostenibles, de manera que las especies de plantas encontradas dentro del sistema no dependan de insumos externos. Según Milz (2001) no es necesaria la aplicación de fertilizantes minerales o fertilizantes orgánicos, ya que la energía en la parcela se repone por medio de la incorporación de materia orgánica generada por medio de plantaciones densas con distanciamientos cortos entre las plantas, con especies de distinto ciclo de vida, de esta manera las plantas aportan en forma

de biomasa, la energía necesaria para reponer alimento al suelo,

Según Duarte (2005) la incorporación de la materia orgánica optimiza los procesos naturales del agroecosistemas, aumentando las disponibilidad y equilibrio del flujo de nutrientes de manera que se potencialice la actividad biológica del suelo, y que el manejo responda a un manejo bajo en insumos.



**Figura 10.** Diámetro del tallo de plantas de cacao a los 0, 15, 30, 45, 60 y 75 días después de primera aplicación de abonos, en el estudio de aplicación de abonos orgánicos y del manejo de plantas de cacao en un SAFS. Barras de error indican el error

### 5.1.1. Análisis para altura de las plantas de cacao híbrido del SAFS.

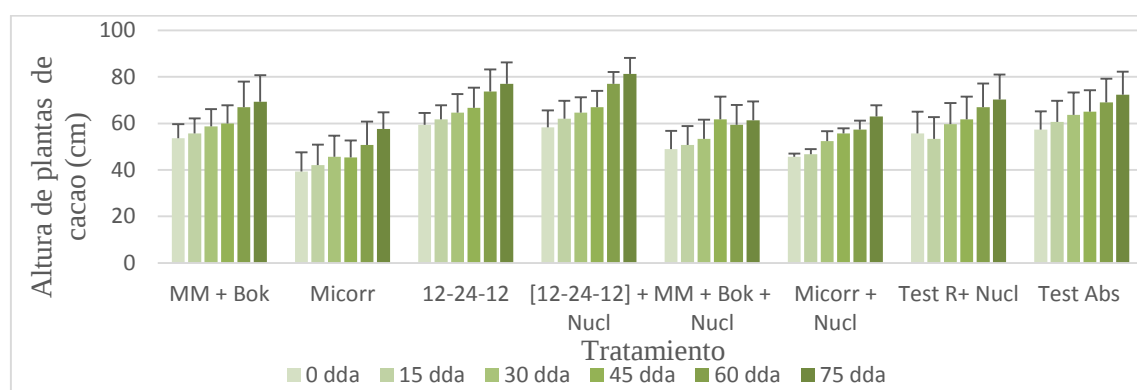
La variable altura de plantas de cacao, no presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos en las mediciones realizadas a los 15 días con ( $p=0.1503$ ), 30 días ( $p=0.2625$ ), 45 ( $p= 0.2137$ ), 60 días ( $p= 0.1560$ ) y 75 días ( $p= 0.2173$ ) después de la aplicación (Anexo 1).en la (Figura 11) se observa una diferencia numérica, a los 75 días, donde la aplicación del tratamiento químico 12-24-12 con presencia de núcleo presento mejor altura con promedio de (81.3 cm) en relación a los demás. En segundo lugar está el tratamiento 12-24-12 con media en altura de 77 cm.

Según estudios realizados por Salazar (2001) no es necesario hacer uso de productos tóxicos contaminantes como fertilizantes químicos sintéticos, ya que con la agricultura orgánica se conservan los recursos naturales, mediante la creación de sistemas agrícolas estables, diversificados respetuosos de los principios naturales.

Según SAGARPA (2010) el uso de fertilizantes es cada vez más indispensable para lograr buenos rendimientos debido al empobrecimiento y pérdida de la calidad de estos.

La respuesta ante la fertilización nitrogenada fue positiva, probablemente debido a que con este complementa las necesidades del cultivo permitiéndole desarrollarse mejor y más rápidamente.

Según la FAO (2002) cuando uno de nutrientes en el suelo es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. Los fertilizantes proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando. Según Queiros (2003), actualmente los sistemas de producción modernos son cada vez más vulnerables por la fuerte dependencia de fertilizantes químicos.



**Figura 11.** Altura de plantas de cacao a los 0, 15, 30, 45, 60 y 75 días después de primera aplicación de abono, en el estudio de aplicación de abonos orgánicos y del manejo de plantas de cacao en un SAFS. Barras de error indica el error estándar de la muestra.

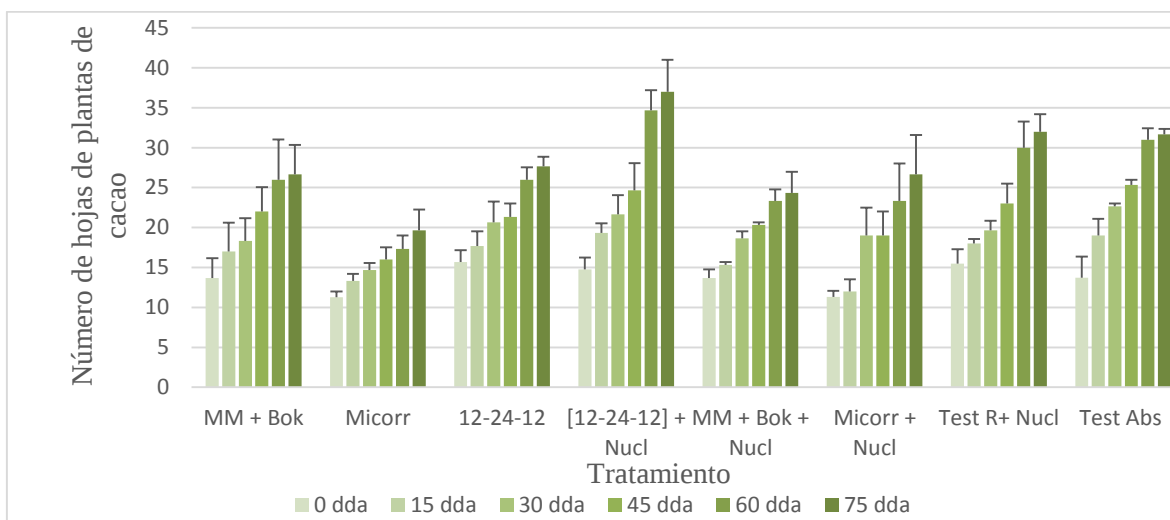
### **5.1.2. Análisis para número de hojas de las plantas de cacao híbrido del SAFS.**

En el número de hojas de plantas de cacao, se encontró diferencia estadística significativa para el conteo realizado a los 15 días ( $p=0.0092$ ), a los 45 días ( $p=0.0483$ ) y 60 días ( $P=0.0446$ ), después de la aplicación. El tratamiento que presentó mejor resultado corresponde al uso de fertilizante químico 12-24-12 con presencia del núcleo, con un promedio (37 hojas) por planta. A los 30 días ( $p=0.1656$ ). A los 75 días ( $p=0.1065$ ) no presentan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Anexo 1).

Posiblemente debido a la presencia de nutrientes disueltos en el suelo, que después de su aplicación y el microclima favorable creado por la densa presencia de plantas que forman el núcleo y que aportan materia orgánica, las plantas de cacao absorben con facilidad y más rápidamente los nutrientes, permitiendo que la emisión de hojas sea mayor favoreciendo el desarrollo adecuado de las plantas de cacao (Figura 12).

Según la FAO (1992). La materia orgánica crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales. La combinación de abono orgánico y fertilizantes minerales ofrece las condiciones de absorción de nutrientes ideales para el cultivo.

Según SAGARPA (2008), los abonos orgánicos son imprescindibles para mejorar y mantener sus características vivientes, su fertilidad natural y capacidad productiva. Sin embargo el cambio de uso total o parcial de abonos orgánicos por químicos en la fertilización de cultivos, provoca un agotamiento acelerado de la materia orgánica y de un desbalance en las concentraciones de nutrientes, perdiendo la capacidad productiva del suelo.

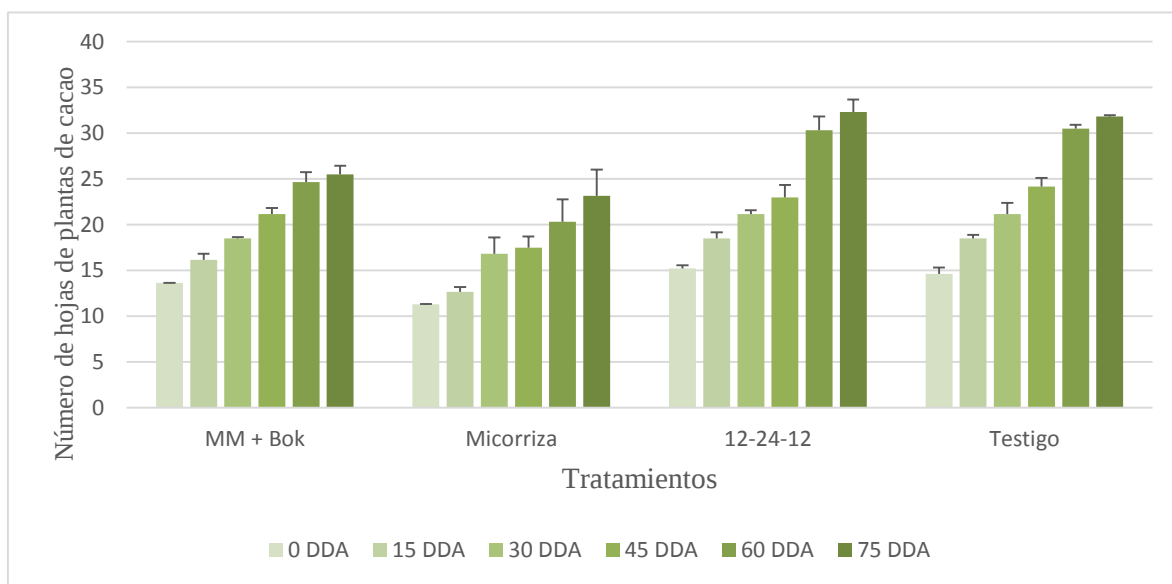


**Figura 12.** Número de hojas de planta de cacao a los 0, 15, 30, 45, 60 y 75 días después de primera aplicación de abonos (considerando los tratamientos con y sin núcleo), en el estudio de aplicación de abonos orgánicos y del manejo de plantas de cacao en un SAFS. Barras de error indican el error estándar de la muestra.

En la aplicación de abonos a plantas de cacao, se obtuvieron resultados en donde el testigo tiene una respuesta igual en comparación al tratamiento químico, posiblemente porque el suelo conserva un potencial natural que lo hace productivo gracias a la constante incorporación de materia orgánica y la dinámica de reciclaje de nutrientes que se mantiene dentro des SAFS, que por medio de microorganismos permite que la biomasa que se deriva de las plantas se reintegre nuevamente al suelo por acción de los microorganismos.

Según UNCCD (2011), La materia orgánica del suelo, se derivada de la producción de biomasa de vegetación que crece en el suelo, y esta materia orgánica determina, el principal componente que controla la fertilidad del suelo.

Según la FAO (2005), hay suelos que son naturalmente fértiles y son altamente productivos, mantienen su fertilidad sin aplicación de fertilizantes ya que los cultivos crecen solo si el suelo tiene los nutrientes en cantidades suficientes, Sin embargo un suelo pobre en nutrientes puede llegar a ser productivo bajo un buen manejo.

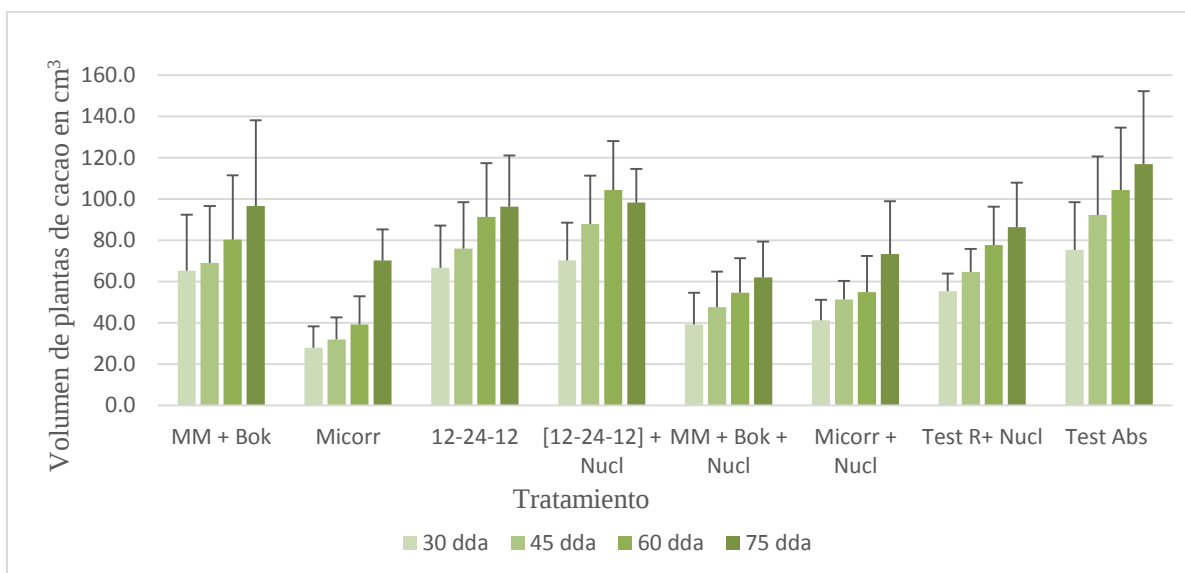


**Figura 13.** Número de hojas de planta de cacao a los 0, 15, 30, 45, 60 y 75 días después de primera aplicación de abonos, en el estudio de aplicación de abonos orgánicos y del manejo de plantas de cacao en un SAFS. Barras de error indican el error estándar de la muestra.

### 5.1.3. Análisis para volumen de las plantas de cacao híbrido del SAFS.

El volumen de plantas de cacao, no presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos en las mediciones realizadas a los 30 días ( $p=0.1766$ ), 45 ( $p=0.1370$ ), 60 días ( $p=0.1540$ ) y 75 días ( $p=0.7682$ ) después de la aplicación (Anexo 1). En la (figura 14) se observan algunas diferencias numéricas obtenidas por el testigo con una media de ( $117 \text{ cm}^3$ ). También se muestra un bajo rendimiento para el tratamiento micorriza ( $73.3 \text{ cm}^3$ ) respecto al testigo, posiblemente debido a una inadecuada forma de inoculación de los hongos.

Según SUPPRA (2010), la inoculación de las micorrizas debe realizarse en el semillero haciendo una mezcla con el sustrato, también pueden inocularse al trasplante colocando 100 g. de micorrizas al fondo del hoyo y luego colocar la planta de manera que tenga un contacto con las raíces de las plantas.

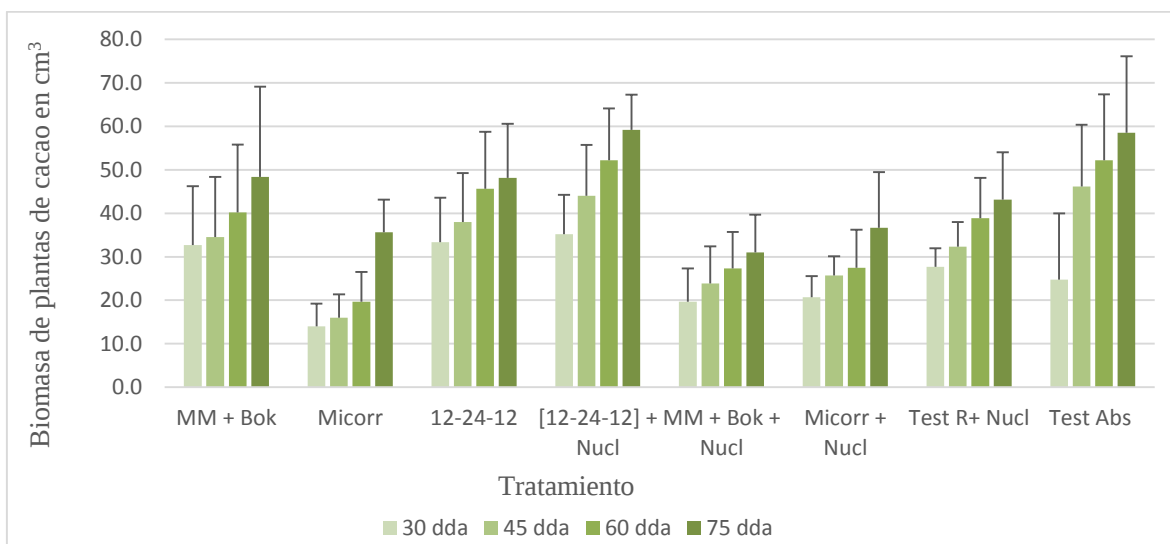


**Figura 14.** Volumen de plantas de cacao a los 30, 45, 60 y 75 días después de primera aplicación de abonos, en el estudio de aplicación de abonos orgánicos y del manejo de plantas de cacao en un SAFS. Barras de error indican el error estándar de la muestra.

#### 5.1.4. Análisis para biomasa de las plantas de cacao híbrido del SAFS

La variable biomasa de plantas de cacao, no presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos en las mediciones realizadas a los 30 días ( $p=0.1956$ ), 45 ( $p=0.1463$ ), 60 días ( $p=0.1570$ ) y 75 días ( $p=0.8530$ ) después de la aplicación (Anexo 1). En la (Figura 15) se presentan diferencias numéricas que indican que el tratamiento 12-24-12 con núcleo tubo mejor resultados con una media de  $59.1 \text{ cm}^3$  seguido por el testigo con una media de ( $58.5 \text{ cm}^3$ ) (figura 15).

La biomasa de un árbol es importante porque determina su capacidad de crecimiento y de almacenamiento de carbono. Cuando esta crece  $\text{CO}_2$  lo convierte en biomasa (Corral *et al*, 2006). El 90% de la biomasa acumulada en la tierra se encuentra en los árboles y la materia orgánica, Los bosques almacenan carbonos, son responsables del ciclo de carbono entre la tierra y la atmósfera.



**Figura 15.** Biomasa de plantas de cacao a los 30, 45, 60 y 75 días después de primera aplicación de abonos, en el estudio de aplicación de abonos orgánicos y del manejo de plantas de cacao en un SAFS. Barras de error indican el error estándar de la muestra.

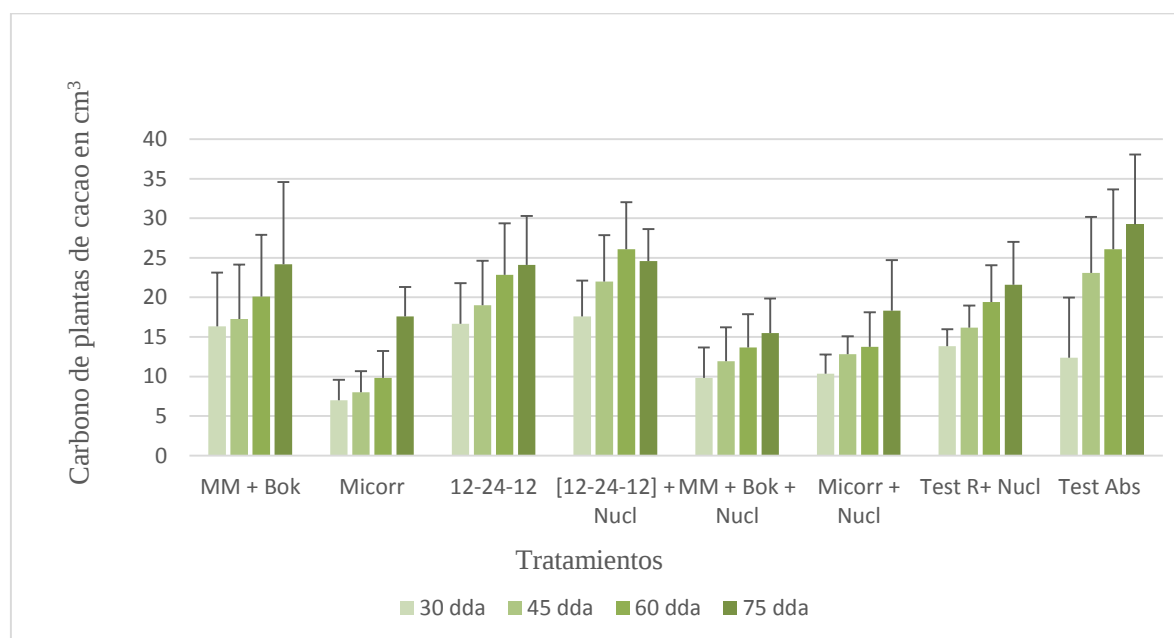
#### 5.1.5. Análisis para Carbono de las plantas de cacao híbrido del SAFS.

Para la variable carbono de plantas de cacao, no presentan diferencia estadística significativa entre los tratamientos en las mediciones realizadas a los 30 días ( $p=0.1766$ ), 45 ( $p=0.1370$ ), 60 días ( $p=0.1540$ ) y 75 días ( $p=0.7682$ ) después de la aplicación (Anexo 1). Solo Presentan diferencias numéricas que indican que el testigo tubo mejor resultados con una media de  $29.2 \text{ cm}^3$  (figura 16).

En estudios realizados por Aristizabal *et al.* (2002), Se estima que las concentraciones de dióxido de carbono han pasado de 285 a 366 partes por millón en volumen, desde comienzos de la revolución industrial hasta nuestros días, provocando el cambio climático, debido a esta problemática se han buscado alternativas dentro de las cuales se contempla la adopción de los denominados sumideros de carbono que básicamente están representados por la vegetación, el suelo y el océano.

El suelo y la vegetación contienen casi tres veces y medio más carbono que la atmósfera, lo cual convierte a los ecosistemas terrestres en importantes sumideros de carbono. Lo anterior convierte a los ecosistemas terrestres principalmente la vegetación y el suelo, en los únicos depósitos de carbono que pueden ser utilizados para este fin (Aristizabal *et al*, 2002).

Con base en los resultados en este estudio realizado En el SAFS con cacao se reportan una fijación de 45 t C/ha, a la edad de 18 meses, Según Corral (2006), los sistemas agroforestales con cacao, realizan una fijación de carbono de 196.7 t C/ha, a la edad de 6.5 años.



**Figura 16.** Carbono de planta de cacao a los 30, 45, 60 y 75 días después de primera aplicación de abonos, en el estudio de aplicación de abonos orgánicos y del manejo de plantas de cacao en un SAFS. Barras de error indican el error estándar de la muestra.

#### 5.1.6. Análisis para nutrición foliar de las plantas de cacao híbrido del SAFS.

En la variable nutrición foliar, de los tratamientos se encontró que los niveles de N, K y Cu, se encuentran por debajo de lo normal en los tratamientos (Cuadro 2), estos nutrientes posiblemente son limitantes para el desarrollo de las plantas, ya que no se encuentran en las

concentraciones que la planta las necesita. La demanda de nutrientes en las plantas son distintas entre las especie. Los nutrientes cumplen funciones específicas que ningún otro nutriente puede remplazar Según FAO (2002), el desarrollo de una planta no puede ser mayor que el que le permita los nutrientes con mayores limitantes en el suelo. (Figura 13).

En cuanto la concentración de Ca, se encuentra en un alto porcentaje (0.98- 1.19) posiblemente por las aplicaciones de caldo sulfocalsico que se han realizado durante el manejo del SAFS. De manera que se ha provocado un aumento en la concentración de carbonatos de calcio, provocando un aumento en el pH (7.4-7.6) provocando suelos básicos. Para los nutrientes P, Mg, Mn se presenta una condición normal en el suelo, lo que indica que no son limitantes en el desarrollo de las plantas de cacao.

**Cuadro 2.** Resultados de análisis foliares realizados al final del estudio en el SAFS, en el estudio de aplicación de abonos orgánicos y del manejo de plantas de cacao en un SAFS.

| Tratamiento                  | N              | P     | K    | Ca   | Mg   | Fe                | Mn  | Cu | Zn |
|------------------------------|----------------|-------|------|------|------|-------------------|-----|----|----|
|                              | % Materia seca |       |      |      |      | Partes por millón |     |    |    |
| T1: MM + Bokashi             | 1.89           | 0.182 | 1.17 | 1.03 | 0.4  | 268               | 56  | 6  | 22 |
|                              | B              | N     | B    | A    | N    | A                 | N   | B  | B  |
| T2: Micorriza                | 1.58           | 0.227 | 1.1  | 1.07 | 0.41 | 274               | 62  | 5  | 30 |
|                              | B              | N     | B    | A    | N    | A                 | N   | B  | N  |
| T3: 12-24-12                 | 1.94           | 0.164 | 1.36 | 0.98 | 0.37 | 116               | 196 | 5  | 20 |
|                              | B              | N     | N    | A    | N    | N                 | N   | B  | B  |
| T4: 12-24-12+<br>Núcleo      | 1.78           | 0.137 | 1.05 | 1.19 | 0.39 | 80                | 216 | 6  | 16 |
|                              | B              | N     | B    | A    | N    | N                 | N   | B  | B  |
| T5: MM + Bokashi +<br>Núcleo | 1.38           | 0.166 | 1.13 | 1.09 | 0.41 | 180               | 56  | 6  | 25 |
|                              | B              | N     | B    | A    | N    | N                 | N   | B  | N  |
| T6: Micorriza +<br>Núcleo    | 1.58           | 0.185 | 1.1  | 1.17 | 0.53 | 120               | 57  | 5  | 25 |
|                              | B              | N     | B    | A    | A    | N                 | N   | B  | N  |
| T7: Testigo + Núcleo         | 1.69           | 0.215 | 1.3  | 1.19 | 0.47 | 86                | 52  | 6  | 31 |
|                              | B              | N     | N    | A    | N    | N                 | N   | B  | N  |
| T8: Testigo                  | 1.53           | 0.184 | 1.29 | 0.91 | 0.41 | 97                | 47  | 5  | 25 |
|                              | B              | N     | B    | A    | N    | N                 | B   | B  | N  |

#### 5.1.7. Análisis para producción de biomasa por el núcleo y especies secundarias del SAFS

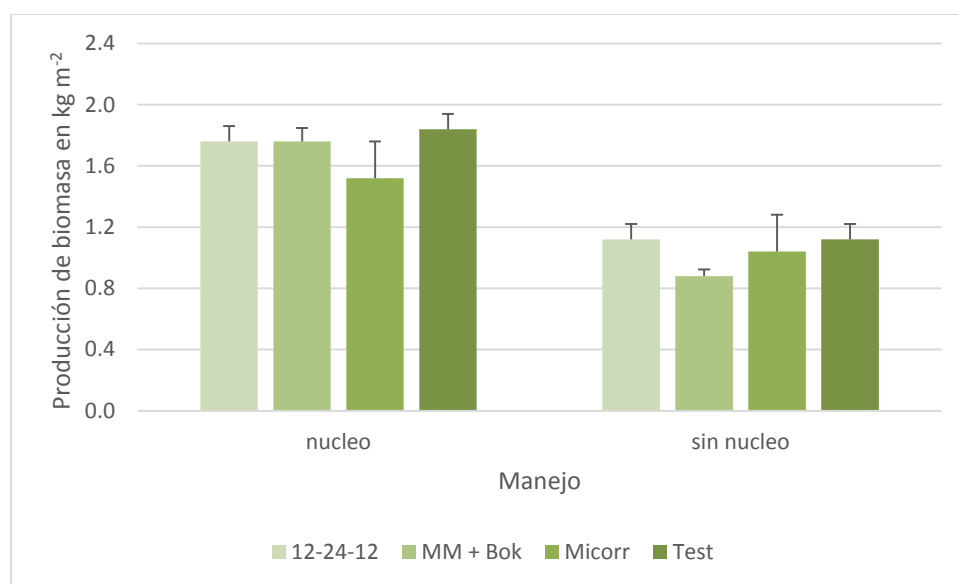
El manejo realizado en la parcela agroforestal sucesional, se obtuvieron resultados de producción constante de la biomasa, al realizar podas parciales a las especies secundarias y el núcleo. En las parcelas con núcleo la producción de biomasa oscila entre 1.52 a 1.84 kg/m<sup>2</sup>. En las parcelas que no utilizan núcleo, se realizan podas de manejo a las especies secundarias, con las cuales la producción de biomasa disminuye entre 0.98 a 1.12 kg/m<sup>2</sup> (Figura 17).

El núcleo es una barrera de protección física, que mejora el microclima a las plantas de cacao, brinda una sombra transitoria durante los primero 3 años de desarrollo. El núcleo es un productor potencial de Materia orgánica para el suelo dentro del sistema, mejora el reciclaje de nutrientes y disminuye la evaporación del agua. Según Padilla (2012), los núcleos se

elaboran con plantas de rápido crecimiento y altas productores de biomasa.

La de biomas es la fuente principal de energía en un SAFS, que por medio de la acción de microorganismos se reincorpora al suelo, mejorando sus características y transformándose en nutrientes para las plantas

Las técnicas empleadas para el manejo están orientadas a proteger el suelo de la erosión, mantener el ciclo de nutrientes, asegurar el suministro de agua y otros factores (Ramírez 2008).



**Figura 17.** Aporte de biomasa por especies secundarias y del núcleo en SAFS, en el estudio de aplicación de abonos orgánicos y del manejo de plantas de cacao en un SAFS. Barras de error indican el error estándar de la muestra.

Durante el manejo de la parcela agroforestal sucesional, se realizaron análisis de suelos para observar cual era el estado en que se encontraba el suelo de la parcela agroforestal sucesional al comienzo del estudio, y realizar otro análisis al finalizar.

#### **5.1.8. Análisis para la interpretación de resultados de suelos del SAFS**

Al comparar el análisis inicial con el análisis final, se observan cambios en las concentraciones de algunos elementos, del suelo

El pH, presenta una condición básica 7.6 este fenómeno es posiblemente debido al uso de caldo sulfocalsico en el área.

En cuanto a la concentración del fósforo (P)  $25 \text{ mg kg}^{-1}$ , el hierro (Fe)  $15.3 \text{ mg kg}^{-1}$  y el cobre (Cu)  $1.57 \text{ mg kg}^{-1}$  se encuentran en concentraciones altas, esta condición posiblemente disminuye la disponibilidad de los elementos en el suelo y puede estar relacionada con el nivel de pH. Según Madejón (2003) es necesario tomar en cuenta la citotoxicidad de los nutrientes a concentraciones altas, e incluso a concentraciones moderadas en especies de plantas sensibles (Cuadro 3).

La concentración de materia orgánica tiene un leve aumento de  $36 \text{ g kg}^{-1}$ . La evolución de un sistema agroforestal genera cambios físicos, químicos y biológicos según aumenta la presencia de materia orgánica, según Alonso (2007), los aportes de biomasa a la superficie del suelo genera cambios en la concentración de materia orgánica en el suelo, mejorando las características de los suelos, como la estructura y la densidad aparente.

**Cuadro 3.** Resultados de análisis de suelo elaborados al inicio y al final del estudio.

| Variable de medida | Unidad              | Análisis inicial |   | Análisis final |   |
|--------------------|---------------------|------------------|---|----------------|---|
| pH                 |                     | 7.4              | A | 7.6            | A |
| Materia Orgánica   | g kg <sup>-1</sup>  | 34.1             | M | 36             | M |
| Nitrógeno Total    | g kg <sup>-1</sup>  | 1.7              | B | 1.8            | B |
| Fósforo (P)        | mg kg <sup>-1</sup> | 14               | M | 25             | A |
| Potasio (K)        | mg kg <sup>-1</sup> | 91               | B | 118            | M |
| Calcio (Ca)        | mg kg <sup>-1</sup> | 4180             | M | 4160           | M |
| Magnesio (Mg)      | mg kg <sup>-1</sup> | 156              | M | 146            | B |
| Hierro (Fe)        | mg dm <sup>-3</sup> | 14.8             | M | 15.3           | A |
| Manganeso (Mn)     | mg dm <sup>-3</sup> | 11.9             | A | 7.0            | M |
| Cobre (Cu)         | mg dm <sup>-3</sup> | 2.03             | A | 1.57           | A |
| Zinc (Zn)          | mg dm <sup>-3</sup> | 1.15             | M | 1.39           | M |

| Interpretación |   |
|----------------|---|
| Alto           | A |
| Medio          | M |
| Bajo           | B |

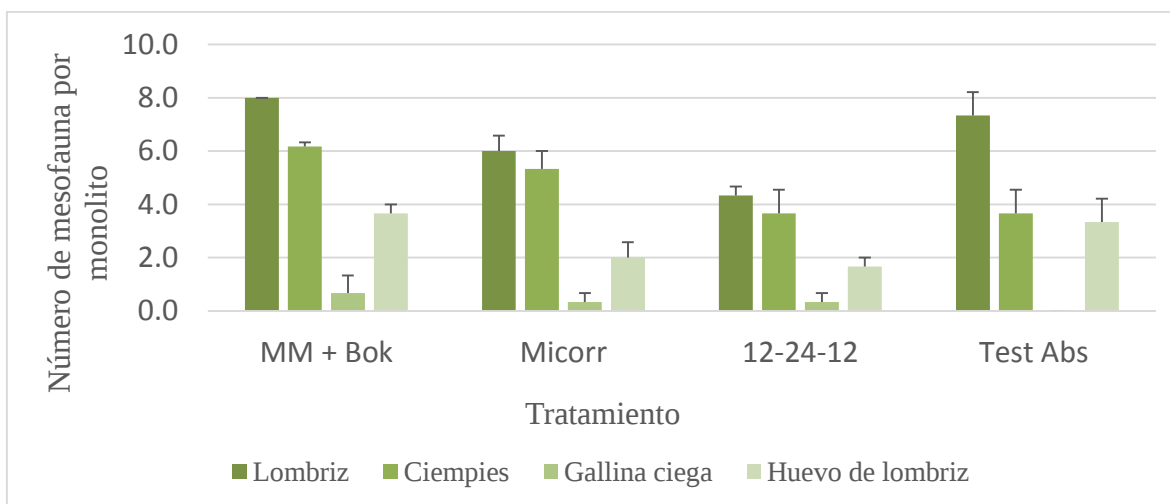
#### 5.1.9. Análisis para la interpretación de la presencia mesofauna del SAFS

Las especies encontradas en el muestreo de mesofauna fueron la lombriz de tierra común (*Lombricus terrestres*), ciempiés (*Scolopendra cingulata*), gallina ciega (*Phyllophaga sp*) y huevos de lombriz. Estos son importantes ya que muchos de los grupos son bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del suelo (Santacruz, 1990). Son muy sensibles a los cambios climáticos y a las perturbaciones antrópicas del medio edáfico, lo que provoca variaciones en su densidad y diversidad.

El uso indiscriminado de fertilizantes químicos conduce al surgimiento de problemas ecológicos y al deterioro de los recursos naturales reduciendo el tamaño de los ecosistemas (SAGARPA 2008).

Estudios realizados por Bracho *et al* (1999), encontró un aumento significativo en la presencia de mesofauna en el suelo con la aplicación de abonos orgánicos, según SAGARPA (2008), los resultados del aumento de la actividad biológica es debido al mejoramiento de la estructura del suelo por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

En lo referente a la presencia de mesofauna en el suelo, se puede visualizar que en las parcelas donde se aplicó abono orgánico se encontró una mayor cantidad de mesofauna por monolito extraído de suelo, 8 lombrices, 7 ciempiés, 0.7 gallina ciegas y 4 huevos de lombriz por monolito de suelo. En cambio en la parcela donde se utilizó fertilizante químico la presencia de mesofauna es mucho menor, 4 lombrices, 3 ciempiés, 0.3 gallina ciegas y 1.7 huevos por monolito de suelo. Es importante describir que la presencia hay mayor presencia de la mesofauna, sin presencia de gallina ciega en el testigo, comparado con los tratamientos químico y micorriza ,indicando que la fertilización reduce las condiciones óptimas de vida para la mesofauna promoviendo una progresiva degradación de las propiedades biológicas del suelo (Figura 18).



**Figura 18.** Número de macro organismos del suelo en el SAFS, en el estudio de aplicación de abonos orgánicos y del manejo de plantas de cacao en un SAFS. Barras de error indican el error estándar de la muestra.

## Determinación de la Densidad aparente del suelo en el SAFS

La densidad aparente es una característica que nos indica el grado de perturbación que se ha realizado en un suelo.

Estudios realizados por Ruiz (2012), menciona que la compactación de los suelos tiene una restricción relativa al desarrollo radicular de las plantas. Los valores altos de densidad aparente, son indicadores de suelos compactados, con baja porosidad, lenta infiltración del agua y no aptos para el uso agrícola.

Según García (2004), los cultivos bajo estas condiciones disminuyen el desarrollo, obteniendo pérdidas contables en el rendimiento, pues el estado de compactación del suelo forma una fuerza opositora al desarrollo radicular, impidiendo que las raíces lleguen hasta donde se encuentra la solución acuosa de nutrientes en el suelo.

En la variable densidad aparente, se encontró que los suelos en el sistema agroforestal sucesional tienen un alto grado de compactación, encontrándose valores de  $1.2 \text{ g cm}^3$  cuando se aplica materia orgánica y a  $1.4 \text{ g cm}^3$  se aplican fertilizantes químicos (Cuadro 4), esto probablemente se debe a las actividades de agricultura y ganadería que se practicaba anteriormente en este sitio. Según Dexter *et al*, (2004). El hombre a través del manejo agrícola o ganadero modifica la calidad física del suelo. La disminución de la calidad física tiene consecuencias graves en las condiciones químicas y biológicas.

**Cuadro 4.** Determinación de densidad aparente en suelos del SAFS.

| Tratamiento | MM + Bokshi | Micorriza | 12-24-12 | Testigo |
|-------------|-------------|-----------|----------|---------|
| DA          | 1.2         | 1.3       | 1.4      | 1.3     |

## VI. CONCLUSIONES

Con base en este estudio, la aplicación de fertilizantes no es necesaria en un SAFS, ya que su aplicación presenta los mismos resultados que el testigo en las variables grosor de tallo y número de hojas.

Los SASF son una alternativa producción autosostenible ya que la producción interna de materia orgánica suple sus necesidades sin depender de insumos externos.

La aplicación de abonos orgánicos produce un aumento de la mesofauna del suelo y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

La presencia del núcleo aumenta la capacidad de aporte de materia orgánica al suelo utilizando especies de plantas como la canavalia (*Cannavalia ensiformis*), gandul (*Cajanus glandul*) y maralfalfa (*Pennisetum sp*), también se pueden agregar especies rastreras como zapallo (*Cucurbita pepo*).

Se recomienda la implementación de SAFS por ser una alternativa que diversifica la producción utilizando diversidad de plantas de importancia agrícola, respetando los principios de la naturaleza.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso del núcleo, en sistemas SAFS con cacao, por su aporte de materia orgánica y sombra temporal al cacao durante los periodos críticos de sequía, utilizando especies de plantas como la canavalia (*Cannavalia ensiformis*), gandul (*Cajanus gandul*) y maralfalfa (*Pennisetum sp*), también se pueden agregar especies rastreras como zapallo (*Cucurbita pepo*).

Se recomienda la aplicación materia orgánica para promover el aumento de la mesofauna y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Con base en este estudio, se recomienda no aplicar fertilizantes en un SAFS, ya que su aplicación presenta los mismos resultados que el testigo en las variables grosor de tallo y número de hojas.

Para futuros estudios se recomienda utilizar otras prácticas de inoculación de micorrizas

## VIII. BIBLIOGRAFIA

A-L (Laboratorios A-L de México).2011. Análisis foliares. Aldana, JM. Guadalajara, México. Esmeralda, 21 pág.

Aristizabal J; Guerra A; Gutierrez B; Romero M.2002. Estimacion de la tasa de fijación de carbono en el sistema agroforestal nogal cafetero (*cordia alliodora*) – cacao (*theobroma cacao* L) – platano (*musa paradisiaca*) Bogota DC

EARTH, 2003. Comparación del contenido nutricional de bokashis elaborados con desechos de fincas del trópico húmedo de costa rica. Leblanc et al. Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica.89 pág.

INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias).2009. Manual de cultivo de cacao para la Amazonia ecuatoriana. Quito, Ecuador. 25 pág.

INEA (Escuela Universitarias de Ingeniería Agrícola). Análisis agrícola, Foliares. (En línea) Valladolid, España. Consultado el 8 de junio 2013. Disponible en: [http://www.inea.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=72&Itemid=154](http://www.inea.org/index.php?option=com_content&view=article&id=72&Itemid=154)

FAO (Organización de las naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2002. Los fertilizantes y su Uso, 4ta Edición.

FAO (Organización de las naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2005.mejoramiento de la fertilidad del suelo. Cartilla tecnológica Citado el 20/11/13 disponible (en línea). <http://www.fao.org/docrep/v5290s/v5290s30.htm>

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2004. Cultivo de cacao bajo sombra de maderables o frutales. La lima, Cortes. 23 Pág.

FHIA, (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola) 2011. Noticias de la FHIA. Cacaoteros analizan los servicios ambientales del cacao en honduras. N°.58. La lima, Cortez.

SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación) 2008. Sistemas agroforestales. Puebla, México. 8 pág.

SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación) 2010. Uso de fertilizantes. Montecillo, México. 11 pág.

Anderson, J; Ingram, J. 1993. Tropical soil biology and fertility. 2da edición. Oxford UK. CAB Internacional. 221p.

Alonzo, J.2007. Sistemas agrosilvopastoriles y su aporte al medio ambiente. Ciencias agrícolas. San José de las Lajas. La Habana, Cuba. 89 pág.

Ares, J. Bertiller y Valle.2001.Estructura funcional y paisajes indicadores de intensificación, la resiliencia y la resistencia en los agroecosistemas en el sur de Argentina basado en datos de teledetección, Ecología del Paisaje. Argentina. 108 pág.

Ayala Benítez, MF.2008. Manejo Integrado de Moniliasis en el Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*) Combinado con Labores Culturales. Tesis ing. Agro. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador 115 pág.

Beer, J. 1999. Sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica y Panamá. *Agroforestería en las Américas* (6)22:7-11.

Bracho A; Contreras M; Villalobos Y; Bracho B; Quirós M; Jiménez L y Larreal M. (1999) Cambios en la cantidad y la biodiversidad de la mesofauna en un suelo degradado con aplicación de abono orgánico. *Rev. Fac. Agron.*, p 187-195

Contreras, E. 2012. Efecto de la pulpa de café y la fertilización química en el rendimiento y en la macrofauna edáfica del cultivo de café (*coffea arabica L.*). UNAS (Universidad Nacional Agraria de la Selva). Pasco, Mexico. 6 pág.

Corral R; Duicela L; Maza Héctor. 2006. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café arábigo y cacao, Ecuador. 36 pág.

Cabrera, J.2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. *Pastos y Forrajes*. 35(.4): 16 pág.

Duarte, N.2005. Sostenibilidad socioeconómica y de sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) en la micro cuenca del Río Sesesmlles, copan, Honduras. MS.c, agroforestería tropical. CATIE.Turrialba, CR. 154 pág.

Dexter, A. y Birkas, M. 2004. Predicción del estado de los suelos producidos por la intervención agrícola. Provincia de Chaco, Argentina. 60 pág.

Figuerola, E.2009. Sistemas Agroforestales. Chiapas, México. 29 p.

García, I.2004. Propiedades físicas del suelo. Consultado (en línea) el 10 Diciembre 2013, disponible en:  
<http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/FISICAS/fisicas.pdf>

Gruberg, H.2009. Evaluación de la sostenibilidad económica, sociocultural y ecológica de la agroforestería sucesional en tres estudios de caso en la zona de Alto Beni, Bolivia. 68 pág.

Locatelli, B; Leonard, S.2001. Un método para medir el carbono almacenado en los bosques de malleco. 267: 81 pág..

Madejón, P.2003. Elemento traza y nutrientes en álamo blanco tras el vertido tóxico de las minas de Aznalcóllar. Instituto de recursos naturales y agrobiología. Sevilla, España. 98 pág.

Milz, J. 2001. Guía para el establecimiento de sistemas agroforestales en Alto Beni, Yucumo y Rurrenabaque. La Paz, BO, Editorial Desing. 91 p.

Milz, JM. 2010. Asociación de Organizaciones de Productores de Bolivia AOPEB, La Paz, Bolivia. Consultado (en línea) el 29 de mayo del 2013 Disponible en [http://www.aopeb.org/attachments/176\\_Naranja%20Art324-340Milz.pdf](http://www.aopeb.org/attachments/176_Naranja%20Art324-340Milz.pdf)

Musálem, S, 2001. Sistemas agrosilvopastoriles. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. 120 pág..

Picado J, Añasco, A. 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos líquidos y sólidos, CEDECO (Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense), Costa Rica. 8 pág.

Quiroz J; Mestanza, S. 2010. Establecimiento y manejo de una plantación de cacao. Guayaquil. 15 pág.

Ramírez, W.2008. Manejo de sistemas agroforestales. Quito-Ecuador. 11 pág.

Restrepo, J.2005. Abonos orgánicos fermentados, experiencias de agricultores en Centro América y Brasil. San José, CR. 24 pág.

Samaniego, RD, 2006.Efecto de la producción orgánica y conservación de chile dulce (*Capsicum annuum*) bajo invernadero sobre el componente planta-suelo en el cantón de Alfaro Ruíz. Mag. Sci. CATIE Costa Rica 92 pág.

Salazar, E.2001.Agricultura Orgánica. México.67 pág.

Santacruz, L. 1990. Composición por familia y caracterización ecológica de colémbolos edáficos en un ecosistema cañero. Trabajo de diploma. Facultad de Biología. Universidad de la Habana, Cuba. 46 pp.

Socarrás, A.2012. Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. Instituto de Ecología y Sistemática, (CITMA). Pastos y Forrajes, La Habana, Cuba. (36) 88 pág.

Schroth, G. 2003. Decomposition and nutrient supply from biomass. In Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods. Schroth, G; Sinclair, F. (Eds). CAB International. Wallingford, UK. 437 p.

Suárez, C.; Delgado J. 1993. Moniliasis del cacao. Doc N°10. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). Quito, Ecuador, 18 p.

Villegas, R. 2008. Descomposición de las hojas del cacao y de seis especies arbóreas, solas y en mezcla en Alto Beni, Bolivia. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 82 p.

Yana, W, Weinert, H. 2001. Técnicas de sistemas agroforestales multiestrato, manual practicó. Edit. IIAB (interinstitucional Alto Beni), PIAF-El ceibo, (Proyecto de Implementación Agroecológica y Forestales en Alto Beni-PIAF/El ceibo), Sapecho, Alto

Beni, Bolivia. 56 pág.

Zambrano, LA.2010. Establecimiento, manejo y capacitación en vivero de cacao (*Theobroma cacao L.*) utilizando dos tipos de injertos en la comunidad de naranjal II del cantón quininde provincia de esmeraldas. Tesis. Ing. Agri. Portoviejo Manabí Ecuador. 100 pág.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Análisis de varianza

| <b>F.V.</b>                         | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Modelo.                             | 5.6E-05   | 9         | 6.2E-06   | 1.24     | 0.3447         |
| Bloque                              | 1.7E-05   | 2         | 8.7E-06   | 1.73     | 0.2125         |
| FERTILIZANTE                        | 2.9E-05   | 3         | 9.8E-06   | 1.96     | 0.1658         |
| MANEJO                              | 1.0E-06   | 1         | 1.0E-06   | 0.21     | 0.6551         |
| FERTILIZANTE*MANEJO                 | 8.1E-06   | 3         | 2.7E-06   | 0.54     | 0.6616         |
| Error                               | 7.0E-05   | 14        | 5.0E-06   |          |                |
| Total                               | 1.3E-04   | 23        |           |          |                |
| R <sup>2</sup> =0.44      C.V=20.72 |           |           |           |          |                |

Para grosor de tallo a los 15 días.

| <b>F.V.</b>                         | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Modelo.                             | 6.2E-05   | 9         | 6.9E-06   | 1.28     | 0.3259         |
| Bloque                              | 1.6E-05   | 2         | 8.0E-06   | 1.50     | 0.2577         |
| FERTILIZANTE                        | 3.6E-05   | 3         | 1.2E-05   | 2.23     | 0.1295         |
| MANEJO                              | 1.5E-06   | 1         | 1.5E-06   | 0.28     | 0.6056         |
| FERTILIZANTE*MANEJO                 | 8.5E-06   | 3         | 2.8E-06   | 0.53     | 0.6708         |
| Error                               | 7.5E-05   | 14        | 5.4E-06   |          |                |
| Total                               | 1.4E-04   | 23        |           |          |                |
| R <sup>2</sup> =0.45      C.V=19.59 |           |           |           |          |                |

Para grosor de tallo a los 30 días.

| <b>F.V.</b>                         | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Modelo.                             | 6.6E-05   | 9         | 7.3E-06   | 1.35     | 0.2962         |
| Bloque                              | 2.0E-05   | 2         | 1.0E-05   | 1.85     | 0.1934         |
| FERTILIZANTE                        | 3.7E-05   | 3         | 1.2E-05   | 2.26     | 0.1259         |
| MANEJO                              | 6.7E-07   | 1         | 6.7E-07   | 0.12     | 0.7311         |
| FERTILIZANTE*MANEJO                 | 8.3E-06   | 3         | 2.8E-06   | 0.51     | 0.6804         |
| Error                               | 7.6E-05   | 14        | 5.4E-06   |          |                |
| Total                               | 1.4E-04   | 23        |           |          |                |
| R <sup>2</sup> =0.46      C.V=18.75 |           |           |           |          |                |

Para grosor de tallo a los 45 días.

| <b>F.V.</b>                         | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Modelo.                             | 6.6E-05   | 9         | 7.3E-06   | 1.31     | 0.3144         |
| Bloque                              | 2.8E-05   | 2         | 1.4E-05   | 2.51     | 0.1168         |
| FERTILIZANTE                        | 3.3E-05   | 3         | 1.1E-05   | 1.96     | 0.1661         |
| MANEJO                              | 1.0E-06   | 1         | 1.0E-06   | 0.19     | 0.6720         |
| FERTILIZANTE*MANEJO                 | 3.8E-06   | 3         | 1.3E-06   | 0.23     | 0.8761         |
| Error                               | 7.8E-05   | 14        | 5.6E-06   |          |                |
| Total                               | 1.4E-04   | 23        |           |          |                |
| R <sup>2</sup> =0.46      C.V=17.65 |           |           |           |          |                |

Para grosor de tallo a los 60 días.

| F.V.                           | SC      | gl | CM      | F    | p-valor |
|--------------------------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo.                        | 6.4E-05 | 9  | 7.1E-06 | 1.39 | 0.2820  |
| Bloque                         | 1.4E-05 | 2  | 7.0E-06 | 1.37 | 0.2860  |
| FERTILIZANTE                   | 4.4E-05 | 3  | 1.5E-05 | 2.86 | 0.0745  |
| MANEJO                         | 4.2E-08 | 1  | 4.2E-08 | 0.01 | 0.9295  |
| FERTILIZANTE*MANEJO            | 5.8E-06 | 3  | 1.9E-06 | 0.38 | 0.7718  |
| Error                          | 7.2E-05 | 14 | 5.1E-06 |      |         |
| Total                          | 1.4E-04 | 23 |         |      |         |
| R <sup>2</sup> =0.47 C.V=15.95 |         |    |         |      |         |

| FERTILIZANTE | Medias | n | E.E.        |
|--------------|--------|---|-------------|
| Micorriza    | 0.01   | 6 | 9.3E-04 A   |
| MM+Bokashi   | 0.01   | 6 | 9.3E-04 A B |
| 12-24-12     | 0.02   | 6 | 9.3E-04 B   |
| Testigo      | 0.02   | 6 | 9.3E-04 B   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Para grosor de tallo a los 75 días.

| F.V.                           | SC      | gl | CM      | F    | p-valor |
|--------------------------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo.                        | 6.7E-05 | 9  | 7.4E-06 | 0.47 | 0.8692  |
| Bloque                         | 1.7E-05 | 2  | 8.4E-06 | 0.53 | 0.5973  |
| FERTILIZANTE                   | 1.5E-05 | 3  | 5.0E-06 | 0.32 | 0.8113  |
| MANEJO                         | 8.2E-06 | 1  | 8.2E-06 | 0.52 | 0.4821  |
| FERTILIZANTE*MANEJO            | 2.7E-05 | 3  | 8.9E-06 | 0.57 | 0.6432  |
| Error                          | 2.2E-04 | 14 | 1.6E-05 |      |         |
| Total                          | 2.9E-04 | 23 |         |      |         |
| R <sup>2</sup> =0.23 C.V=25.53 |         |    |         |      |         |

Para altura a los 0 días.

| F.V.                           | SC      | gl | CM      | F       | p-valor |
|--------------------------------|---------|----|---------|---------|---------|
| Modelo.                        | 0.14    | 9  | 0.02    | 1.10    | 0.4214  |
| Bloque                         | 0.04    | 2  | 0.02    | 1.30    | 0.3037  |
| FERTILIZANTE                   | 0.09    | 3  | 0.03    | 2.20    | 0.1331  |
| MANEJO                         | 3.7E-05 | 1  | 3.7E-05 | 2.6E-03 | 0.9599  |
| FERTILIZANTE*MANEJO            | 0.01    | 3  | 3.3E-03 | 0.23    | 0.8746  |
| Error                          | 0.20    | 14 | 0.01    |         |         |
| Total                          | 0.34    | 23 |         |         |         |
| R <sup>2</sup> =0.41 C.V=22.85 |         |    |         |         |         |

Para altura a los 15 días.

| F.V.                           | SC      | gl | CM      | F    | p-valor |
|--------------------------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo.                        | 0.17    | 9  | 0.02    | 1.17 | 0.3809  |
| Bloque                         | 0.05    | 2  | 0.03    | 1.70 | 0.2190  |
| FERTILIZANTE                   | 0.10    | 3  | 0.03    | 2.07 | 0.1503  |
| MANEJO                         | 2.0E-03 | 1  | 2.0E-03 | 0.13 | 0.7270  |
| FERTILIZANTE*MANEJO            | 0.01    | 3  | 4.4E-03 | 0.27 | 0.8429  |
| Error                          | 0.22    | 14 | 0.02    |      |         |
| Total                          | 0.39    | 23 |         |      |         |
| R <sup>2</sup> =0.43 C.V=23.31 |         |    |         |      |         |

Para altura a los 30 días.

| F.V.                | SC      | gl | CM      | F    | p-valor |
|---------------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo.             | 0.13    | 9  | 0.01    | 0.76 | 0.6562  |
| Bloque              | 0.03    | 2  | 0.02    | 0.84 | 0.4537  |
| FERTILIZANTE        | 0.09    | 3  | 0.03    | 1.48 | 0.2625  |
| MANEJO              | 2.7E-04 | 1  | 2.7E-04 | 0.01 | 0.9080  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.01    | 3  | 4.4E-03 | 0.23 | 0.8768  |
| Error               | 0.27    | 14 | 0.02    |      |         |
| Total               | 0.40    | 23 |         |      |         |

R<sup>2</sup>=0.33 C.V=24.01

Para altura a los 45 días.

| F.V.                | SC      | gl | CM      | F    | p-valor |
|---------------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo.             | 0.18    | 9  | 0.02    | 1.12 | 0.4108  |
| Bloque              | 0.07    | 2  | 0.03    | 1.97 | 0.1761  |
| FERTILIZANTE        | 0.09    | 3  | 0.03    | 1.69 | 0.2137  |
| MANEJO              | 3.0E-03 | 1  | 3.0E-03 | 0.17 | 0.6832  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.02    | 3  | 0.01    | 0.29 | 0.8337  |
| Error               | 0.24    | 14 | 0.02    |      |         |
| Total               | 0.42    | 23 |         |      |         |

R<sup>2</sup>=0.42 C.V=21.90

Para altura a los 60 días.

| F.V.                | SC      | gl | CM      | F       | p-valor |
|---------------------|---------|----|---------|---------|---------|
| Modelo.             | 0.21    | 9  | 0.02    | 1.00    | 0.4803  |
| Bloque              | 0.05    | 2  | 0.03    | 1.10    | 0.3615  |
| FERTILIZANTE        | 0.14    | 3  | 0.05    | 2.03    | 0.1560  |
| MANEJO              | 4.2E-06 | 1  | 4.2E-06 | 1.8E-04 | 0.9896  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.02    | 3  | 0.01    | 0.25    | 0.8600  |
| Error               | 0.33    | 14 | 0.02    |         |         |
| Total               | 0.54    | 23 |         |         |         |

R<sup>2</sup>=0.39 C.V=23.62

Para altura a los 75 días.

| F.V.                | SC      | gl | CM      | F       | p-valor |
|---------------------|---------|----|---------|---------|---------|
| Modelo.             | 0.18    | 9  | 0.02    | 0.83    | 0.6018  |
| Bloque              | 0.04    | 2  | 0.02    | 0.84    | 0.4504  |
| FERTILIZANTE        | 0.12    | 3  | 0.04    | 1.68    | 0.2173  |
| MANEJO              | 4.2E-06 | 1  | 4.2E-06 | 1.8E-04 | 0.9896  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.02    | 3  | 0.01    | 0.24    | 0.8637  |
| Error               | 0.33    | 14 | 0.02    |         |         |
| Total               | 0.50    | 23 |         |         |         |

R<sup>2</sup>=0.35 C.V=22.22

Para número de hojas a los 0 días.

| F.V.                | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|---------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo.             | 91.25  | 9  | 10.14 | 1.38 | 0.2826  |
| FERTILIZANTE        | 55.17  | 3  | 18.39 | 2.51 | 0.1011  |
| MANEJO              | 0.67   | 1  | 0.67  | 0.09 | 0.7674  |
| Bloque              | 30.08  | 2  | 15.04 | 2.05 | 0.1653  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 5.33   | 3  | 1.78  | 0.24 | 0.8652  |
| Error               | 102.58 | 14 | 7.33  |      |         |
| Total               | 193.83 | 23 |       |      |         |

R<sup>2</sup>=0.47 C.V=19.45

Para número de hojas a los 15 días.

| F.V.                | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|---------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo.             | 191.88 | 9  | 21.32 | 2.66 | 0.0489  |
| FERTILIZANTE        | 136.79 | 3  | 45.60 | 5.70 | 0.0092  |
| MANEJO              | 2.04   | 1  | 2.04  | 0.26 | 0.6214  |
| Bloque              | 42.58  | 2  | 21.29 | 2.66 | 0.1050  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 10.46  | 3  | 3.49  | 0.44 | 0.7311  |
| Error               | 112.08 | 14 | 8.01  |      |         |
| Total               | 303.96 | 23 |       |      |         |

R<sup>2</sup>=0.63 C.V=17.19

| FERTILIZANTE | Medias | n | E.E.     |
|--------------|--------|---|----------|
| Micorriza    | 12.67  | 6 | 1.16 A   |
| MM+Bokashi   | 16.17  | 6 | 1.16 A B |
| 12-24-12     | 18.50  | 6 | 1.16 B   |
| Testigo      | 18.50  | 6 | 1.16 B   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Para número de hojas a los 30 días.

| F.V.                | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|---------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo.             | 147.50 | 9  | 16.39 | 1.18 | 0.3765  |
| FERTILIZANTE        | 81.83  | 3  | 27.28 | 1.97 | 0.1656  |
| MANEJO              | 2.67   | 1  | 2.67  | 0.19 | 0.6679  |
| Bloque              | 22.33  | 2  | 11.17 | 0.80 | 0.4670  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 40.67  | 3  | 13.56 | 0.98 | 0.4316  |
| Error               | 194.33 | 14 | 13.88 |      |         |
| Total               | 341.83 | 23 |       |      |         |

R<sup>2</sup>=0.43 C.V=19.19

Para número de hojas a los 45 días.

| F.V.                | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|---------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo.             | 235.38 | 9  | 26.15 | 1.74 | 0.1705  |
| FERTILIZANTE        | 152.79 | 3  | 50.93 | 3.39 | 0.0483  |
| MANEJO              | 2.04   | 1  | 2.04  | 0.14 | 0.7181  |
| Bloque              | 40.08  | 2  | 20.04 | 1.33 | 0.2953  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 40.46  | 3  | 13.49 | 0.90 | 0.4673  |
| Error               | 210.58 | 14 | 15.04 |      |         |
| Total               | 445.96 | 23 |       |      |         |

R<sup>2</sup>=0.53 C.V=18.07

| <b>FERTILIZANTE</b> | <b>Medias</b> | <b>n</b> | <b>E.E.</b> |
|---------------------|---------------|----------|-------------|
| Micorriza           | 17.50         | 6        | 1.58 A      |
| MM+Bokashi          | 21.17         | 6        | 1.58 A B    |
| 12-24-12            | 23.00         | 6        | 1.58 B      |
| Testigo             | 24.17         | 6        | 1.58 B      |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Para número de hojas a los 60 días.

| F.V.                | SC      | gl | CM     | F    | p-valor |
|---------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo.             | 646.88  | 9  | 71.88  | 1.74 | 0.1708  |
| FERTILIZANTE        | 432.46  | 3  | 144.15 | 3.49 | 0.0446  |
| MANEJO              | 45.37   | 1  | 45.37  | 1.10 | 0.3127  |
| Bloque              | 35.58   | 2  | 17.79  | 0.43 | 0.6587  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 133.46  | 3  | 44.49  | 1.08 | 0.3913  |
| Error               | 579.08  | 14 | 41.36  |      |         |
| Total               | 1225.96 | 23 |        |      |         |

$R^2=0.53$  C.V=24.31

| FERTILIZANTE | Medias | n | E.E.     |
|--------------|--------|---|----------|
| Micorriza    | 20.33  | 6 | 2.63 A   |
| MM+Bokashi   | 24.67  | 6 | 2.63 A B |
| 12-24-12     | 30.33  | 6 | 2.63 B   |
| Testigo      | 30.50  | 6 | 2.63 B   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Para número de hojas a los 75 días.

| F.V.                | SC      | gl | CM     | F    | p-valor |
|---------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo.             | 595.29  | 9  | 66.14  | 1.29 | 0.3235  |
| FERTILIZANTE        | 377.46  | 3  | 125.82 | 2.45 | 0.1065  |
| MANEJO              | 77.04   | 1  | 77.04  | 1.50 | 0.2408  |
| Bloque              | 5.33    | 2  | 2.67   | 0.05 | 0.9496  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 135.46  | 3  | 45.15  | 0.88 | 0.4753  |
| Error               | 718.67  | 14 | 51.33  |      |         |
| Total               | 1313.96 | 23 |        |      |         |

$R^2=0.45$  C.V=25.25

Para volumen a los 30 días.

| F.V.                | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|---------------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo.             | 4.47 | 9  | 0.50 | 1.37 | 0.2887  |
| Bloque              | 1.66 | 2  | 0.83 | 2.28 | 0.1385  |
| FERTILIZANTE        | 2.06 | 3  | 0.69 | 1.90 | 0.1766  |
| MANEJO              | 0.01 | 1  | 0.01 | 0.01 | 0.9065  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.74 | 3  | 0.25 | 0.68 | 0.5774  |
| Error               | 5.08 | 14 | 0.36 |      |         |
| Total               | 9.55 | 23 |      |      |         |

$R^2=0.47$  C.V=15.70

Para volumen a los 45 días.

| F.V.                | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|---------------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo.             | 4.45 | 9  | 0.49 | 1.59 | 0.2107  |
| Bloque              | 1.69 | 2  | 0.85 | 2.72 | 0.1005  |
| FERTILIZANTE        | 2.03 | 3  | 0.68 | 2.17 | 0.1370  |
| MANEJO              | 0.02 | 1  | 0.02 | 0.05 | 0.8213  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.72 | 3  | 0.24 | 0.77 | 0.5312  |
| Error               | 4.36 | 14 | 0.31 |      |         |
| Total               | 8.81 | 23 |      |      |         |

R<sup>2</sup>=0.51 C.V=13.90

Para volumen a los 60 días.

| F.V.                | SC      | gl | CM      | F       | p-valor |
|---------------------|---------|----|---------|---------|---------|
| Modelo.             | 3.68    | 9  | 0.41    | 1.08    | 0.4339  |
| Bloque              | 0.89    | 2  | 0.45    | 1.18    | 0.3373  |
| FERTILIZANTE        | 2.32    | 3  | 0.77    | 2.04    | 0.1540  |
| MANEJO              | 8.9E-04 | 1  | 8.9E-04 | 2.3E-03 | 0.9621  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.46    | 3  | 0.15    | 0.41    | 0.7508  |
| Error               | 5.31    | 14 | 0.38    |         |         |
| Total               | 8.98    | 23 |         |         |         |

R<sup>2</sup>=0.41 C.V=14.79

Para volumen a los 75 días.

| F.V.                | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|---------------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo.             | 1.65 | 9  | 0.18 | 0.34 | 0.9463  |
| Bloque              | 0.43 | 2  | 0.22 | 0.40 | 0.6778  |
| FERTILIZANTE        | 0.62 | 3  | 0.21 | 0.38 | 0.7682  |
| MANEJO              | 0.24 | 1  | 0.24 | 0.44 | 0.5165  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.36 | 3  | 0.12 | 0.22 | 0.8803  |
| Error               | 7.56 | 14 | 0.54 |      |         |
| Total               | 9.20 | 23 |      |      |         |

R<sup>2</sup>=0.18 C.V=16.63

Para biomasa a los 30 días.

| F.V.                | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|---------------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo.             | 1.50 | 9  | 0.17 | 1.16 | 0.3887  |
| FERTILIZANTE        | 0.75 | 3  | 0.25 | 1.73 | 0.2071  |
| MANEJO              | 0.02 | 1  | 0.02 | 0.11 | 0.7507  |
| Bloque              | 0.51 | 2  | 0.25 | 1.75 | 0.2093  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.23 | 3  | 0.08 | 0.54 | 0.6610  |
| Error               | 2.02 | 14 | 0.14 |      |         |
| Total               | 3.52 | 23 |      |      |         |

R<sup>2</sup>=0.43 C.V=19.96

Para biomasa a los 45 días.

| F.V.                | SC      | gl | CM      | F    | p-valor |
|---------------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo.             | 2.00    | 9  | 0.22    | 1.46 | 0.2553  |
| FERTILIZANTE        | 0.95    | 3  | 0.32    | 2.08 | 0.1487  |
| MANEJO              | 2.4E-03 | 1  | 2.4E-03 | 0.02 | 0.9024  |
| Bloque              | 0.69    | 2  | 0.35    | 2.28 | 0.1391  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.35    | 3  | 0.12    | 0.76 | 0.5351  |
| Error               | 2.13    | 14 | 0.15    |      |         |
| Total               | 4.13    | 23 |         |      |         |

R<sup>2</sup>=0.48 C.V=19.29

Para biomasa a los 60 días.

| F.V.                | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|---------------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo.             | 2.07 | 9  | 0.23 | 1.05 | 0.4532  |
| FERTILIZANTE        | 1.36 | 3  | 0.45 | 2.06 | 0.1521  |
| MANEJO              | 0.01 | 1  | 0.01 | 0.04 | 0.8453  |
| Bloque              | 0.41 | 2  | 0.20 | 0.92 | 0.4213  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.30 | 3  | 0.10 | 0.45 | 0.7180  |
| Error               | 3.09 | 14 | 0.22 |      |         |
| Total               | 5.16 | 23 |      |      |         |

R<sup>2</sup>=0.40 C.V=21.95

Para biomasa a los 75 días.

| F.V.                | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|---------------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo.             | 3.32 | 9  | 0.37 | 0.84 | 0.5922  |
| FERTILIZANTE        | 0.04 | 3  | 0.01 | 0.03 | 0.9924  |
| MANEJO              | 1.09 | 1  | 1.09 | 2.48 | 0.1375  |
| Bloque              | 0.94 | 2  | 0.47 | 1.07 | 0.3686  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 1.25 | 3  | 0.42 | 0.95 | 0.4427  |
| Error               | 6.13 | 14 | 0.44 |      |         |
| Total               | 9.45 | 23 |      |      |         |

R<sup>2</sup>=0.35 C.V=26.87

Para carbono a los 30 días.

| F.V.                | SC      | gl | CM      | F    | p-valor |
|---------------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo.             | 4.04    | 9  | 0.45    | 1.37 | 0.2884  |
| Bloque              | 1.39    | 2  | 0.70    | 2.13 | 0.1561  |
| FERTILIZANTE        | 2.07    | 3  | 0.69    | 2.11 | 0.1454  |
| MANEJO              | 3.5E-03 | 1  | 3.5E-03 | 0.01 | 0.9192  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.57    | 3  | 0.19    | 0.58 | 0.6372  |
| Error               | 4.59    | 14 | 0.33    |      |         |
| Total               | 8.63    | 23 |         |      |         |

R<sup>2</sup>=0.47 C.V=26.87

Para carbono a los 45 días.

| F.V.                | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|---------------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo.             | 4.19 | 9  | 0.47 | 1.43 | 0.2651  |
| Bloque              | 1.71 | 2  | 0.86 | 2.62 | 0.1076  |
| FERTILIZANTE        | 1.86 | 3  | 0.62 | 1.90 | 0.1762  |
| MANEJO              | 0.02 | 1  | 0.02 | 0.05 | 0.8237  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.61 | 3  | 0.20 | 0.62 | 0.6137  |
| Error               | 4.57 | 14 | 0.33 |      |         |
| Total               | 8.76 | 23 |      |      |         |

R<sup>2</sup>=0.48 C.V.=28.88

Para carbono a los 60 días.

| F.V.                | SC      | gl | CM      | F       | p-valor |
|---------------------|---------|----|---------|---------|---------|
| Modelo.             | 3.98    | 9  | 0.44    | 1.11    | 0.4163  |
| Bloque              | 0.99    | 2  | 0.49    | 1.24    | 0.3203  |
| FERTILIZANTE        | 2.53    | 3  | 0.84    | 2.11    | 0.1444  |
| MANEJO              | 9.2E-04 | 1  | 9.2E-04 | 2.3E-03 | 0.9625  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.46    | 3  | 0.15    | 0.39    | 0.7645  |
| Error               | 5.59    | 14 | 0.40    |         |         |
| Total               | 9.57    | 23 |         |         |         |

R<sup>2</sup>=0.42 C.V.=34.30

Para carbono a los 75 días.

| F.V.                | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|---------------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo.             | 1.71 | 9  | 0.19 | 0.34 | 0.9453  |
| Bloque              | 0.43 | 2  | 0.22 | 0.39 | 0.6838  |
| FERTILIZANTE        | 0.67 | 3  | 0.22 | 0.40 | 0.7532  |
| MANEJO              | 0.22 | 1  | 0.22 | 0.40 | 0.5350  |
| FERTILIZANTE*MANEJO | 0.38 | 3  | 0.13 | 0.22 | 0.8775  |
| Error               | 7.78 | 14 | 0.56 |      |         |
| Total               | 9.49 | 23 |      |      |         |

R<sup>2</sup>=0.18 C.V.=47.21

.

**Anexo 2.** Formato para toma de datos en el SAFS

|                                 |  |          |  |
|---------------------------------|--|----------|--|
| SISTEMA AGROFERESTAL SUCESIONAL |  | BLOQUE # |  |
| VARIABLE                        |  | FECHA:   |  |

| TRATAMIENTO |    | TRATAMIENTO |    | TRATAMIENTO |    | TRATAMIENTO |    |
|-------------|----|-------------|----|-------------|----|-------------|----|
| 1           | 7  | 1           | 7  | 1           | 7  | 1           | 7  |
| 2           | 8  | 2           | 8  | 2           | 8  | 2           | 8  |
| 3           | 9  | 3           | 9  | 3           | 9  | 3           | 9  |
| 4           | 10 | 4           | 10 | 4           | 10 | 4           | 10 |
| 5           | 11 | 5           | 11 | 5           | 11 | 5           | 11 |
| 6           | 12 | 6           | 12 | 6           | 12 | 6           | 12 |

| TRATAMIENTO |    | TRATAMIENTO |    | TRATAMIENTO |    | TRATAMIENTO |    |
|-------------|----|-------------|----|-------------|----|-------------|----|
| 1           | 7  | 1           | 7  | 1           | 7  | 1           | 7  |
| 2           | 8  | 2           | 8  | 2           | 8  | 2           | 8  |
| 3           | 9  | 3           | 9  | 3           | 9  | 3           | 9  |
| 4           | 10 | 4           | 10 | 4           | 10 | 4           | 10 |
| 5           | 11 | 5           | 11 | 5           | 11 | 5           | 11 |
| 6           | 12 | 6           | 12 | 6           | 12 | 6           | 12 |

**Anexo 3.**Arreglo espacial del diseño experimental en bloques completos al azar en el Sistema agroforestal sucesional



## Anexo 4. Análisis de suelo y foliares

### FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA LABORATORIO QUÍMICO AGRÍCOLA

#### RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS

Nombre: Universidad Nacional de Agricultura

Municipio: Catacamas

Identificación: UNA extension 3,500 mz 18 meses fert. con bocashi

Departamento: Olancha

No. Solicitud: 34396

Cultivo: Cacao

No. Laboratorio: 2379

Fecha: 3/12/13

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                          |   |                |                         |   |                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---|----------------|-------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 7.6                      | A | Hierro (Fe)    | 15.3 mg/dm <sup>3</sup> | A | <div>Interpretación</div> <div>% = g/kg<br/>10</div> <div>ppm = mg kg<sup>-1</sup></div> <div>ppm = mg/dm<sup>3</sup></div> <div>A = Alto</div> <div>M = Medio</div> <div>B = Bajo</div> |
| Materia Organica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 36 g/kg                  | M | Manganeso (Mn) | 7.0 mg/dm <sup>3</sup>  | M |                                                                                                                                                                                          |
| Nitrogeno Total                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1.8 g/kg                 | B | Cobre (Cu)     | 1.57 mg/dm <sup>3</sup> | A |                                                                                                                                                                                          |
| Fosforo (P)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 25 mg kg <sup>-1</sup>   | A | Zinc (Zn)      | 1.39 mg/dm <sup>3</sup> | M |                                                                                                                                                                                          |
| Potasio (K)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 118 mg kg <sup>-1</sup>  | M | Boro (B)       | mg/dm <sup>3</sup>      | B |                                                                                                                                                                                          |
| Calcio (Ca)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4160 mg kg <sup>-1</sup> | M |                |                         |   |                                                                                                                                                                                          |
| Magnesio (Mg)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 146 mg kg <sup>-1</sup>  | B |                |                         |   |                                                                                                                                                                                          |
| Azufre (S)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | mg kg <sup>-1</sup>      | B |                |                         |   |                                                                                                                                                                                          |
| <div>Recomendación: Kilogramo/Hectarea</div> <div>Nitrogeno ( N ) :                      Calcio ( CaO ) :                      Zinc ( Zn ) :                      Boro ( B ) :                      <br/>Fosforo ( P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ) :                      Magnesio ( MgO ) :                      <br/>Potasio ( K<sub>2</sub>O ) :                      Azufre ( S ) :                      </div> |                          |   |                |                         |   |                                                                                                                                                                                          |
| <div>Comentario:</div> <div>Si su bocashi tiene un 0.38 % de N, 2.33% de P2O5 y 1.87% de K2O:<br/>Aplicar 0.50 kg/planta cada 6 meses.</div> <div>Densidad = 800 plantas/ha</div>                                                                                                                                                                                                                                |                          |   |                |                         |   |                                                                                                                                                                                          |

Jefe del Laboratorio Químico



FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA  
LABORATORIO QUÍMICO AGRÍCOLA

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS

Nombre: Oscar Ferreira

Municipio: Catacamas

Identificación: Fca Agroecologica parcela sucesional Muestra D

Departamento: Olancho

No. Solicitud: 33608-3

Cultivo: Cacao

No. Laboratorio: 1644

Fecha: 21/6/13

|                                                                                                                                                        |                          |                   |                |                         |   |                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pH                                                                                                                                                     | 7.4                      | A                 | Hierro (Fe)    | 14.8 mg/dm <sup>3</sup> | M | Interpretación                                                                                                                                                                         |
| Materia Organica                                                                                                                                       | 34.1 g/kg                | M                 | Manganeso (Mn) | 11.9 mg/dm <sup>3</sup> | A | <div>% = <math>\frac{\text{g/kg}}{10}</math></div> <div>ppm = mg kg<sup>-1</sup></div> <div>ppm = mg/dm<sup>3</sup></div> <div>A = Alto</div> <div>M = Medio</div> <div>B = Bajo</div> |
| Nitrogeno Total                                                                                                                                        | 1.7 g/kg                 | B                 | Cobre (Cu)     | 2.03 mg/dm <sup>3</sup> | A |                                                                                                                                                                                        |
| Fosforo (P)                                                                                                                                            | 14 mg kg <sup>-1</sup>   | M                 | Zinc (Zn)      | 1.15 mg/dm <sup>3</sup> | M |                                                                                                                                                                                        |
| Potasio (K)                                                                                                                                            | 91 mg kg <sup>-1</sup>   | B                 | Boro (B)       | mg/dm <sup>3</sup>      | B |                                                                                                                                                                                        |
| Calcio (Ca)                                                                                                                                            | 4180 mg kg <sup>-1</sup> | M                 |                |                         |   |                                                                                                                                                                                        |
| Magnesio (Mg)                                                                                                                                          | 156 mg kg <sup>-1</sup>  | M                 |                |                         |   |                                                                                                                                                                                        |
| Azufre (S)                                                                                                                                             | mg kg <sup>-1</sup>      | B                 |                |                         |   |                                                                                                                                                                                        |
| Recomendación: Kilogramo/Hectarea                                                                                                                      |                          |                   |                |                         |   |                                                                                                                                                                                        |
| Nitrogeno ( N ):                                                                                                                                       | 40                       | Calcio ( CaO ):   |                | Zinc ( Zn ):            |   |                                                                                                                                                                                        |
| Fosforo ( P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ):                                                                                                             | 25                       | Magnesio ( MgO ): |                | Boro ( B ):             |   |                                                                                                                                                                                        |
| Potasio ( K <sub>2</sub> O ):                                                                                                                          | 50                       | Azufre ( S ):     |                |                         |   |                                                                                                                                                                                        |
| Comentario:                                                                                                                                            |                          |                   |                |                         |   |                                                                                                                                                                                        |
| Al inicio de las lluvias aplicar 4.59 onzas/planta de 12-24-12 mas 2.61 onzas/planta de nitrato de amonio mas 1.10 onzas/planta de cloruro de potasio. |                          |                   |                |                         |   |                                                                                                                                                                                        |
| Al final de las lluvias aplicar 1.44 onzas/planta de nitrato de amonio mas 1.65 onzas/planta de cloruro de potasio.                                    |                          |                   |                |                         |   |                                                                                                                                                                                        |
| Densidad = 800 plantas/ha                                                                                                                              |                          |                   |                |                         |   |                                                                                                                                                                                        |

Jefe del Laboratorio Químico





## Fundación Hondureña de Investigación Agrícola

### Laboratorio Químico Agrícola INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

CODIGO: RT-41

Versión No. 1

Pag 1/2

Cliente: Universidad Nacional de Agricultura  
Dirección: Cateacamas, Olancho  
Contacto: Sr. Edwin Pinto  
Entregada Por: Encomienda  
Mtra. Recolectada por: El Cliente  
Tipo de Muestra: Hoja de Cacao

Fecha de Ingreso: 12/11/2013  
Fecha de Ejecución del análisis: 12-19/11/2013  
Solicitud #: 34396  
Factura #: 10426  
Informe Lqa #: 0180/13  
Fecha de Emisión de Informe: 04 de diciembre de 2013

| Lab. No. | Identificación | N                 | P          | K         | Ca        | Mg        | Fe                | Mn       | Cu     | Zn      |
|----------|----------------|-------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|----------|--------|---------|
|          |                | % de Materia Seca |            |           |           |           | Partes por Millón |          |        |         |
| 1013     | T 1            | 1.89<br>B         | 0.182<br>N | 1.17<br>B | 1.03<br>A | 0.4<br>N  | 268<br>A          | 56<br>N  | 6<br>B | 22<br>B |
| 1014     | T 2            | 1.58<br>B         | 0.227<br>N | 1.1<br>B  | 1.07<br>A | 0.41<br>N | 274<br>A          | 62<br>N  | 5<br>B | 30<br>N |
| 1015     | T 3            | 1.94<br>B         | 0.164<br>N | 1.36<br>N | 0.98<br>A | 0.37<br>N | 116<br>N          | 196<br>N | 5<br>B | 20<br>B |
| 1016     | T 4            | 1.78<br>B         | 0.137<br>N | 1.05<br>B | 1.19<br>A | 0.39<br>N | 80<br>N           | 216<br>N | 6<br>B | 16<br>B |

UL

#### Referencias:

A Alto  
B Bajo  
N Normal  
NB Muy Bajo  
NA Muy Alto

#### Valores % de Rango Normal:

N 2,00 2,50  
P 0,13 0,25  
K 1,30 2,30  
Ca 0,30 0,60  
Mg 0,20 0,50

#### Valores ppm, Rango Normal:

Fe 60 200  
Mn 50 300  
Cu 8 12  
Zn 20 100  
B 25 70

  
Arturo Suárez, Ph. D.  
Jefe Lab. Químico Agrícola



ma/sol34396/Cacao

Los resultados presentados corresponden únicamente a las muestras recibidas y no se responsabiliza por el cliente al Ministerio Químico Agrícola de la FHIA.

Los valores de Rango de la FHIA no se puede reproducir excepto en su totalidad, en la aplicación escrita del Lab. Químico Agrícola de la FHIA. Los resultados son válidos tal como se los muestra en este informe.

Apartado Postal 2067, San Pedro Sula, Cortés, Honduras, C.A.  
Tele: PBX: (504) 2668-2470, 2668-2827, 2668-2864, Fax: (504) 2668-2313  
Correo Electrónico: [fhia@fhia.org.hn](mailto:fhia@fhia.org.hn)  
La Lima, Cortés, Honduras, C.A.  
[www.fhia.org.hn](http://www.fhia.org.hn)



## Fundación Hondureña de Investigación Agrícola

### Laboratorio Químico Agrícola INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

CODIGO: ET-41  
Versión No. 1  
Pag 2/2

Cliente: Universidad Nacional de Agricultura  
Dirección: Catocamas, Olancho  
Contacto: Sr. Edwin Pinto  
Entregada Por: Encomienda  
Mtra. Recolectada por: El Cliente  
Tipo de Muestra: Hoja de Cacao

Fecha de Ingreso: 12/11/2013  
Fecha de Ejecución del análisis: 12-19/11/2013  
Solicitud #: 34396  
Factura #: 10426  
Informe Lqa #: 0180-A/13  
Fecha de Emisión de Informe: 04 de diciembre de 2013

| Lab. No | Identificación | N                 | P          | K         | Ca        | Mg        | Fe                | Mn      | Cu     | Zn      |
|---------|----------------|-------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|---------|--------|---------|
|         |                | % de Materia Seca |            |           |           |           | Partes por Millón |         |        |         |
| 1017    | T 5            | 1.38<br>B         | 0.166<br>N | 1.13<br>B | 1.09<br>A | 0.41<br>N | 180<br>N          | 56<br>N | 6<br>B | 25<br>N |
| 1018    | T 6            | 1.58<br>B         | 0.185<br>N | 1.1<br>B  | 1.17<br>A | 0.53<br>A | 120<br>N          | 57<br>N | 5<br>B | 25<br>N |
| 1019    | T 7            | 1.69<br>B         | 0.215<br>N | 1.3<br>N  | 1.19<br>A | 0.47<br>N | 86<br>N           | 52<br>N | 6<br>B | 31<br>N |
| 1020    | T 8            | 1.53<br>B         | 0.184<br>N | 1.29<br>B | 0.91<br>A | 0.41<br>N | 97<br>N           | 47<br>B | 5<br>B | 25<br>N |

U.L.

#### Referencias:

A Alto  
B Bajo  
N Normal  
MB Muy Bajo  
MA Muy Alto

#### Valores % de Rango Normal:

N 2,00 2,50  
P 0,13 0,25  
K 1,30 2,30  
Ca 0,30 0,60  
Mg 0,20 0,50

#### Valores ppm, Rango Normal:

Fe 60 200  
Mn 50 300  
Cu 8 12  
Zn 20 100  
B 25 70

Arturo Suárez, Ph. D.  
Jefe Lab. Químico Agrícola

ma/sol34396/Cacao

Los resultados presentados corresponden únicamente a las muestras enviadas y no representan el promedio de las muestras analizadas.

Este informe de Resultados de Ensayo no se puede reproducir, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del Lab. Químico Agrícola de la FIA. Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.

Apartado Postal 2067, San Pedro Sula, Cortés, Honduras, C.A.  
Tels: PBX: (504) 2668-2470, 2668-2827, 2668-2864, Fax: (504) 2668-2313  
Correo Electrónico: [fhia@fhia.org.hn](mailto:fhia@fhia.org.hn)  
La Lima, Cortés, Honduras, C.A.  
[www.fhia.org.hn](http://www.fhia.org.hn)