

**EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON
CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE**

**EVALUACION INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO
EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE**



Miguel Ángel Piña Meza Cod. 222-1103218655

Evaristo Manuel Márquez Osorio Cod. 222-1102847533

Universidad de Sucre

Facultad de Ingeniera

Departamento de Ingeniera Agrícola

Sincelejo – Sucre

2019



**EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON
CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE**

**EVALUACION INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO
EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE**

Miguel Ángel Piña Meza Cod. 222-1103218655

Evaristo Manuel Márquez Osorio Cod.1102847533

Tesis.

Trabajo de grado para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÍCOLA

Directora

Judith Martínez Atencia

Ing. A., Phd. en ciencias agrarias

Co-director

Antonio Tovar Ortega

Ing. A., Esp. MSc, en suelos

Universidad de Sucre

Facultad de Ingeniera

Departamento de Ingeniera Agrícola

Sincelejo – Sucre

2019



**EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON
CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE**

NOTA DE ACEPTACION:

Firma del jurado

Firma del jurado

Sincelejo, Octubre de 2019.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Agradecimientos

Primeramente agradecemos a Dios por la vida, por todas las oportunidades que nos ha dado a lo largo de esta, por darnos siempre fuerzas en los momentos difíciles, gracias a Dios por no permitírnos desistir en este largo camino y por darnos también sabiduría, la cual hoy hace ser lo que somos y nos hace estar donde estamos.

Gracias a nuestros padres: Evaristo y Argelia; Ángel y Maritza, por ser los que siempre nos han impulsado para lograr nuestras metas, por los valores y principios inculcados y por siempre creer en nosotros.

Agradecemos a la UNIVERSIDAD DE SUCRE y AGROSAVIA, por el convenio mediante el cual fuimos partícipes para la realización del trabajo de grado, a los docentes de ingeniería agrícola de la universidad de sucre por los conocimientos y la experiencia compartida a lo largo de nuestra formación de pregrado, de forma especial agradecemos a nuestra directora, Doctora Judith Del Carmen Martínez Atencia, a nuestro codirector Ing. Antonio Tovar Ortega, al master José Luis contreras, tutor de nuestro trabajo de investigación, al equipo de profesionales que acompañaron en la toma de muestras, José Rodríguez, Leonardo López y al doctor Antonio Martínez Reina, por su orientación en los análisis de costos en los SAF evaluados.

Evaristo Márquez y Miguel Piña



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

DEDICATORIAS

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Evaristo Márquez y Argelia Osorio, a mis hermanas Dina y Derlis, que han sido un pilar fundamental mostrando esa fuerza y apoyo en los momentos más difíciles para alcanzar este logro, No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia, al Igual se la dedico a Norleidys la persona en la cual siempre he encontrado luz cuando el camino trata de opacarse, gracias a su compañía cariño y consejos que me motivan a seguir adelante. A mis profesores que participaron en mi formación a lo largo de mis estudios y a los compañeros que me tope a lo largo de estos.

Evaristo Márquez

A mis padres Ángel Piña y Maritza Meza, a mi hermana Estephany quienes con su esfuerzo y sacrificio han sido el principal apoyo a lo largo de mi vida, sin ellos este sueño que hoy estoy cumpliendo no sería posible, gracias por estar conmigo siempre, por sus consejos, oraciones y por todo lo que sacrificaron para ayudarme a salir adelante; gracias también a esa persona que siempre está cuando se necesita un apoyo extra, una voz más de aliento y unos brazos que me llenan de fuerza, Luisa. Finalmente, gracias a todas y cada una de los compañeros y personas que aportaron de una u otra forma a lograr esto que tanto quise, siempre los llevo conmigo.

Miguel Piña



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE ANEXOS	12
Resumen.....	13
Abstract	14
Introducción	15
Planteamiento del Problema	16
Justificación	17
Objetivos	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos.....	18
Antecedentes	19
Marco Conceptual	22
Sistemas Agroforestales con Cacao.	22
Reducir la erosión y mantener la fertilidad del suelo	24
Agroforestería	33
METODOLOGÍA.....	39
Arreglos Agroforestales.....	39
Análisis estadístico	41
Evaluación económica en el marco del modelo de agricultura familiar	41
Localización	42
INDICADORES DE CALIDAD DE SUELO DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO, EN FASE DE ESTABLECIMIENTO	44
La línea base de parámetros físicos de suelo.....	44
Densidad Aparente (Da).....	44
Resistencia Mecánica del suelo a la Penetración RMP	45
Estabilidad estructural (IE)	46
Porosidad total	47
Micro y macro porosidad	47
Agua aprovechable.....	48



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Línea base de parámetros químicos	49
DESCRIPCIÓN DE PERFILES	54
COLOSÓ	54
BUENAVISTA.....	58
Evaluación de parámetros fisicoquímicos de suelo después de un año de establecimiento de los SAFs.	61
Resistencia Mecánica a la Penetración RMP	61
Densidad Aparente (Da)	62
Porcentaje de Humedad (%W).....	63
Porosidad Total	64
Macro y Microporosidad	65
Estabilidad estructural	67
% W Aprovechable	68
pH	69
Conductividad eléctrica (C.E)	71
% Materia orgánica (%M.O)	72
Azufre (S)	73
Fosforo (P)	74
Calcio (Ca).....	74
Magnesio (Mg)	75
Potasio (K)	77
Sodio (Na).....	78
Hierro (Fe)	79
PARAMETROS DE CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES USADAS COMO SOMBRIO PERMANENTE EN SISTEMAS AGROFORESTALES.....	81
VALORAR EL POTENCIAL ECONOMICO DE UN ESQUEMA DE AGRICULTURA FAMILIAR COMO ALTERNATIVA DE INGRESOS ADICIONALES EN MODELOS AGROFORESTALES CON CACAO (COLOSÓ Y SAN MARCOS).....	85
RESULTADOS Y DISCUSION.....	85
Aspectos tecnológicos de los sistemas agroforestales con Cacao	85
Costos de produccion de sistemas Agroforestales con Cacao y maderables Sucre.	90
CONCLUSIONES	94
BIBLIOGRAFIA	95
ANEXOS	100



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Interpretación de la relación entre Densidad aparente y textura para el desarrollo radicular de las plantas.	26
Tabla 2: Resistencia mecánica de suelo	27
Tabla 3: clasificación de estabilidad estructural del suelo	27
Tabla 4: Clasificación de porosidad total del suelo.....	28
Tabla 5: Interpretación pH	30
Tabla 6: interpretación de porcentaje de materia orgánica	31
Tabla 7: interpretación de conductividad eléctrica.....	31
Tabla 8: interpretación de elementos presentes en el suelo.....	32
Tabla 9: clasificación general de relaciones ideales entre los cationes intercambiables	33
Tabla 10: comportamiento de la densidad aparente (Da) en línea base, en las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.	45
Tabla 11: Estabilidad estructural del suelo durante el levantamiento de la línea base en las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.	47
Tabla 12: Macroporosidad y Microporosidad del suelo a diferentes profundidades durante el levantamiento de la línea base para las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.	48
Tabla 13: Retención de humedad del suelo a partir del levantamiento de la línea base en las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.	49
Tabla 14: Mediciones de conductividad eléctrica y clases de salinidad durante el levantamiento de la línea base para una suspensión de suelo: agua de 1:1, en las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.	50
Tabla 15: análisis de los macronutrientes presentes en el suelo en el levantamiento de la línea base en las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó	51
Tabla 16: relación de elementos presentes en el suelo en el levantamiento de la línea base en las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.	54
Tabla 17: Descripción del perfil de suelo en Colosó, corregimiento de chinulito durante el levantamiento de la línea base.....	54
Tabla 18: Descripción del perfil de suelo en San Marcos, corregimiento de Buenavista durante el levantamiento de la línea base.....	58
Tabla 19: análisis de altura y diámetro de tres especies forestales dentro de los SAFs después de un año de establecidos, en dos municipios del departamento de sucre.	82
Tabla 20: Altura de tres especies forestales después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Buenavista- sucre.	83
Tabla 21: Altura de tres especies forestales evaluadas después de un año de establecidas dentro de los SAFs en la localidad de Colosó – Sucre.	84
Tabla 22: Uso del suelo de acuerdo con los sistemas de producción en promedio para cada una de las unidades productivas en el departamento Sucre de acuerdo con la muestra encuestada.	85
Tabla 23: Uso del suelo en cultivos en promedio por unidad productiva en el departamento Sucre, de acuerdo con la muestra encuestada.....	86



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 24: Área cultivada en cada una de especies agrícolas en promedio en el departamento Sucre de acuerdo con la muestra encuestada,.....	87
Tabla 25: Destino de la producción en las especies agrícolas más importantes en porcentaje de participación en el departamento Sucre de acuerdo con la muestra encuestada,	87
Tabla 26: Principales especies arbóreas de la región objeto de estudio departamento Sucre de acuerdo con la una parte de la muestra encuestada.	88
Tabla 27: Costos de establecimiento de sistema agroforestal con Cacao en Colosó	90
Tabla 28: Costos mantenimiento por hectárea de un sistema agroforestal con Cacao en Colosó....	91
Tabla 29: Costos de establecimiento de sistema agroforestal con Cacao en San Marcos.....	91
Tabla 30: Costos de mantenimiento de sistema agroforestal con Cacao en San Marcos.....	92
Tabla 31: Análisis económico de sistemas agroforestal con Cacao en sucre, con proyección a 12 años de vida del proyecto.....	93



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Plano de campo.....	39
Figura 2: Arreglos Agroforestales.....	40
Figura 3: Línea base de la Resistencia mecánica a la penetración de las raíces en el perfil de suelo estudiado, en los municipios de San Marco y Colosó – Sucre. 2018.....	46
Figura 4: Perfil de suelo durante el levantamiento de la línea base en la localidad de Chinulito - Colosó.	57
Figura 5: Perfil de suelo en el levantamiento de la línea base en la localidad de Buenavista – San Marcos.....	60
Figura 6: Resistencia Mecánica a la Penetración del suelo a diferentes profundidades en línea base y SAFs después de un año de establecidos para la localidad de Buenavista –San Marcos.....	62
Figura 7: Resistencia Mecánica a la Penetración del suelo a diferentes profundidades en línea base y SAFs después de un año de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.....	62
Figura 8: Densidad Aparente del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Buenavista- San Marcos.....	63
Figura 9: Densidad Aparente del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.....	63
Figura 10: Porcentaje de Humedad del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Buenavista-San Marcos.	64
Figura 11: Porcentaje de Humedad del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.	64
Figura 12: Porosidad total del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Buenavista- San Marcos.....	65
Figura 13: Porosidad total del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.	65
Figura 14: Macroporosidad del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Buenavista-San Marcos.....	66
Figura 15: Macroporosidad del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Chinulito- Colosó.....	66
Figura 16: Microporosidad del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Buenavista-San Marcos.....	67
Figura 17: Microporosidad del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.	67
Figura 18: Estabilidad Estructural del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Buenavista-San Marcos.	68
Figura 19: Estabilidad Estructural del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.	68
Figura 20: Agua Aprovechable del suelo en línea base y dentro de los SAFs después de un año de establecidos para la localidad de Buenavista-San Marcos.....	69
Figura 21: Agua Aprovechable del suelo en línea base y dentro de los SAFs después de un año de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.....	69
Figura 22: pH a diferentes profundidades en línea base y después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Chinulito-Colosó.....	71



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Figura 23: pH a diferentes profundidades en línea base y después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Buenavista-San Marcos.....	71
Figura 24: Conductividad Eléctrica a diferentes profundidades en línea base y después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Chinulito-Colosó	72
Figura 25: Conductividad Eléctrica a diferentes profundidades en línea base y después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Buenavista-San Marcos.....	72
Figura 26: Porcentaje de Materia Orgánica (%M.O) a diferentes profundidades en línea base y después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Chinulito-Colosó	73
Figura 27: Porcentaje de Materia Orgánica (%M.O) a diferentes profundidades en línea base y después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Buenavista-San Marcos.....	73
Figura 28: Azufre (S) en el suelo a diferentes profundidades dentro de SAFs (línea base y un año después de establecidos) en localidad de Chinulito-Colosó.....	74
Figura 29: Azufre (S) en el suelo a diferentes profundidades dentro de SAFs (línea base y un año después de establecidos) en localidad de Buenavista-San Marcos	74
Figura 30: Calcio (Ca) en SAFs en línea base y un año después de establecidos, en la localidad de Chinulito- Colosó	75
Figura 31: Calcio (Ca) en SAFs en línea base y un año después de establecidos, en la localidad de Buenavista-San Marcos.....	75
Figura 32: Magnesio (Mg) en SAFs en línea base y un año después de establecidos, en la localidad de Chinulito-Colosó	76
Figura 33: Magnesio (Mg) en SAFs en línea base y un año después de establecidos, en la localidad de Buenavista-San Marcos	76
Figura 34: Potasio (K) en diferentes profundidades de suelos en SAF (línea base y un año después de establecidos) para localidad de Chinulito- Colosó.	77
Figura 35: Potasio (K) en diferentes profundidades de suelos en SAF (línea base y un año después de establecidos) para localidad de Buenavista-San Marcos	77
Figura 36: sodio (Na) en diferentes profundidades en suelo de parcelas SAF (línea base y un año después de establecidos) de la localidad de Chinulito-Colosó.....	78
Figura 37: hierro (Fe) en el suelo en parcelas SAF de la localidad de Chinulito-Colosó.....	79
Figura 38: Hierro (Fe) en diferentes profundidades en los SAFs de la localidad de Chinulito-Colosó	79
Figura 39: Hierro (Fe) en el suelo en parcelas SAFs de la localidad Buenavista-San Marcos	80
Figura 40: altura de tres especies forestales evaluadas después de un año de establecidas dentro de los SAFs en la localidad de Buenavista – Sucre.	83
Figura 41: Altura de tres especies forestales evaluadas después de un año de establecidas dentro de los SAFs en la localidad de Colosó – Sucre.	84
Figura 42: Flujo de caja de sistema agroforestal con Cacao en San Marcos, con proyección a 12 años de vida del proyecto.	92



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: ANOVA Resistencia Mecánica a la Penetración (RMP) Buenavista- San Marcos	100
Anexo 2: ANOVA Resistencia Mecánica a la Penetración (RMP) Chinulito-Colosó	100
Anexo 3: ANOVA Densidad aparente (Da) Buenavista- San Marcos	100
Anexo 4: ANOVA Densidad aparente (Da) Chinulito-Colosó.....	100
Anexo 5: ANOVA Porcentaje de Humedad (%W) Buenavista-San Marcos	101
Anexo 6: ANOVA Porcentaje de Humedad (%W) Chinulito-Colosó.....	101
Anexo 7: ANOVA Porosidad Total Buenavista- San Marcos	101
Anexo 8: ANOVA Porosidad Total Chinulito-Colosó	101
Anexo 9: ANOVA Macroporosidad Buenavista-San Marcos	102
Anexo 10: ANOVA Macroporosidad Chinulito- Colosó,	102
Anexo 11: ANOVA Microporosidad Buenavista-San Marcos.....	102
Anexo 12: ANOVA Microporosidad Chinulito-Colosó.....	102
Anexo 13: ANOVA DMP Buenavista-San Marcos.....	103
Anexo 14: ANOVA DMP Chinulito-Colosó.....	103
Anexo 15: ANOVA %W Aprovechable Buenavista-San Marcos.....	103
Anexo 16: ANOVA %W Aprovechable Chinulito-Colosó	104
Anexo 17: ANOVA pH Chinulito-Colosó.....	104
Anexo 18: ANOVA pH Buenavista-San Marcos	104
Anexo 19: ANOVA CE Chinulito-Colosó	104
Anexo 20: ANOVA CE Buenavista-San Marcos	105
Anexo 21: ANOVA Porcentaje de Materia Orgánica (%MO) Chinulito-Colosó.....	105
Anexo 22: ANOVA Porcentaje de Materia Orgánica (%MO) Buenavista-San Marcos	105
Anexo 23: ANOVA S Chinulito-Colosó	105
Anexo 24: ANOVA S Buenavista-San Marcos.....	106
Anexo 25: ANOVA Ca Chinulito- Colosó	106
Anexo 26: ANOVA Ca Buenavista-San Marcos.....	106
Anexo 27: ANOVA Mg Chinulito-Colosó.....	106
Anexo 28: ANOVA Mg Buenavista-San Marcos.....	107
Anexo 29: ANOVA K Chinulito- Colosó.....	107
Anexo 30: ANOVA K Buenavista-San Marcos	107
Anexo 31: ANOVA Na Chinulito-Colosó.....	108
Anexo 32: ANOVA Fe Chinulito-Colosó	108
Anexo 33: ANOVA Fe Buenavista-San Marcos	108



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Resumen

La principal importancia de los sistemas agroforestales (SAF), es ayudar a la conservación y recuperación de áreas de suelo degradadas ya sea por efectos de la naturaleza o por el mal uso dado por el hombre, para el caso de esta investigación titulada EVALUACION INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE, la cual se llevó a cabo dentro del macro proyecto “Adaptación y validación de modelos agroforestales con Cacaos especiales” financiado por el fondo de regalías del departamento de Sucre, el cual es desarrollado por AGROSAVIA, sede C.I. Turipaná. Se inició a partir de los objetivos propuestos, evaluar los indicadores de calidad del suelo, indicadores Dasométricos y el potencial económico en la etapa inicial, se estudia los tres sistemas agroforestales (SAF) con Cacao en dos municipios del departamento de Sucre, San Marcos en la zona de la Mojana, en el corregimiento de Buenavista y en el municipio de Colosó en la zona Montes de María en el corregimiento de Chinulito. De acuerdo con la evaluación realizada se establecieron las diferentes plantaciones de la siguiente manera; asocio de Caoba (*Swietenia macrophylla*) + Platano (*Musa paradisiaca*) + Cacao (*Theobroma Cacao*), (SAF1), asocio de Abarco (*Cariniana pyriformis*) + Platano (*Musa paradisiaca*) + Cacao (*Theobroma Cacao*), (SAF2) y asocio de Iguá (*Albizia guachapele*) + Platano (*Musa paradisiaca*) + Cacao (*Theobroma Cacao*), (SAF3). Con el fin de identificar los principales indicadores de calidad edáfica, se evaluaron variables físicas y químicas de suelo, de las que se registraron variaciones, lo cual influyó en el desarrollo vegetal, y en la dinámica del sistema suelo-planta, obteniendo que después de un año de establecidos los SAF, las variables determinantes en la fertilidad y desarrollo de la planta registraron cambios favorables para el establecimiento de cultivos. Para el capítulo de parámetros dasométricos en los forestales, se realizaron mediciones en cuanto a diámetro a la altura de pecho (DAP), y altura total del árbol; obteniendo como resultado que las especies forestales evaluadas mostraron un comportamiento optimo, debido a que el IMA tanto en diámetro como altura estuvo por encima de lo esperado. Con respecto al potencial económico se reflejó que a partir del cuarto año los SAFs alternados con cultivos transitorios, empiezan a ser sostenibles económicamente, debido a que la relación B/C es mayor a 1.

Palabras clave: Agroforestería, Suelo, Edafología, Rentabilidad.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Abstract

The main importance of agroforestry systems (SAF), is to help the conservation and recovery of degraded soil areas, whether due to the effects of nature or by the misuse given by man, in the case of this research entitled INTEGRAL EVALUATION OF AGROFORESTAL SYSTEMS WITH COCOA IN TWO MUNICIPALITIES OF THE DEPARTMENT OF SUCRE , which was carried out within the macro project “Adaptation and validation of agroforestry models with special Cacaos” financed by the royalty fund of the department of Sucre, which is developed by AGROSAVIA , CI Turipaná headquarters . It started from the proposed objectives, assess the indicators of soil quality, indicatorsDasometric and economic potential in the initial stage, the three agroforestry systems (SAF) with Cocoa are studied in two municipalities of the department of Sucre, San Marcos in the Mojana area , in the district of Buenvista and in the municipality of Colosó in the Montes de María area in the Chinulito district . According to the evaluation carried out, the different plantations were established as follows; partner of Mahogany (*Swietenia macrophylla*) + Banana (*Musa paradisiaca*) + Cocoa (*Theobroma Cacao*), (SAF1), partner of Abarco (*Cariniana pyriformis*) + Banana (*Musa paradisiaca*) + Cocoa (*Theobroma Cacao*), (SAF2) and partner of Iguá (*Albizia guachapele*) + Banana (*Musa paradisiaca*) + Cocoa (*Theobroma Cacao*), (SAF3). In order to identify the main indicators of edaphic quality, physical and chemical soil variables were evaluated, of which variations were recorded, which influenced plant development, and the dynamics of the soil-plant system, obtaining that after One year after the SAFs were established, the determining variables in the fertility and development of the plant registered favorable changes for the establishment of crops. For the chapter on dasometric parameters in forestry, measurements were made regarding diameter at chest height (DAP), and total tree height; obtaining as a result that the forest species evaluated showed an optimal behavior, because the IMA in both diameter and height was above expectations. Regarding the economic potential, it was reflected that from the fourth year onwards, the SAFs, alternated with transient crops, begin to be economically sustainable, because the B / C ratio is greater than 1.

Keywords: Agroforestry, Soil, Edaphology, Profitability.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Introducción

El Cacao (*Theobroma Cacao*) es una especie del sotobosque neotropical lluvioso. Como cultivo perenne comercial se considera el más importante del mundo y se cultiva en las áreas tropicales de Centro y Sur América, Sureste de Asia y África. Millones de agricultores, principalmente pequeños agricultores, dependen del Cacao como medio de subsistencia. Los sistemas del cultivo tradicionales se establecen mediante la siembra del Cacao bajo bosques primarios con modificaciones menores al dosel boscoso. Sin embargo, el cultivo de Cacao tiene lugar en un rango de sistemas de manejo de agrobosques de sombra (bajo el resto de cobertura de los forestales o sembrados con árboles de sombra) a monocultivos sin sombra (Schwendenmann *et al.*, 2010).

Las principales características de los sistemas agroforestales en lo que refiere al aspecto suelo-planta reducen la erosión del suelo y mantienen la fertilidad, debido a que los forestales brindan protección contra la erosión y la pérdida de nutrientes presentes en el suelo; mantenimiento de la cantidad y calidad del agua, ayudan a aumentar la cantidad de agua para el crecimiento vegetal y a la vez mejoran la disponibilidad estacional del agua, la cantidad y calidad del agua distribuida en represas; retención de carbono y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, mantenimiento de la diversidad biológica en el paisaje agrícola, brindando condiciones para la regeneración natural de muchas especies Mendieta y Rocha (2007); Nair (2007).

Adicionalmente, Mendieta y Rocha (2007) expresan que “la agroforestería genera ingresos en efectivo por generación de empleo y venta de madera, estos sistemas también, generan ingresos adicionales, al incluir cultivos transitorios”.

La presente investigación describe modelos productivos de Cacao bajo sistemas agroforestales (SAF) en aspectos relevantes tales como calidad de suelo (físicoquímica), dasometría o crecimiento y desarrollo de las especies forestales evaluadas, además los factores económicos en primeras fases del sistema productivo. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue generar indicadores edáficos, dasométricos y económicos de tres arreglos agroforestales con Cacao en los municipios de Colosó y San Marcos, departamento de Sucre.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Planteamiento del Problema

En Latinoamérica los productores de Cacao tradicionalmente han incluido leguminosas arbóreas como árbol de sombrío. Sin embargo, estudios que involucran la combinación de especies leguminosas y especies maderables son muy escasos. Los sistemas agroforestales han combinado varias especies maderables y otras especies como el plátano para modificar la radiación; no obstante, en otras estrategias se involucra el uso exclusivo de especies maderables (Somarriba y Beer 2011). Generalmente, se utilizan dos Modelos de manejo del sombrío para la producción de Cacao, el primero es Cacao bajo la sombra de una especie de servicio; y el segundo Cacao bajo la sombra de una especie productiva (madera o cultivo perenne). En el primer modelo las especies se siembran y podan de acuerdo con las necesidades del Cacao y en el segundo modelo el árbol acompañante y el Cacao suministran valiosos productos y el manejo de la parcela se hace simultáneamente para satisfacer el crecimiento y producción de todas las especies establecidas.

Las especies maderables no se podarán solo para suministrar el régimen de luz requerido por el Cacao, sino para asegurar árboles con mejor formación y de mayor crecimiento, que mantengan futuras cosechas. Por otra parte, se promueve la conservación de un número significativo de árboles frutales y maderables en la parcela con el objetivo de mantener la producción, aunque en algunos casos producen sombrío excesivo y se obtienen producciones de Cacao por debajo de su óptimo.

Así, en el presente estudio se describen modelos productivos en arreglos agroforestales desde el punto de vista edáfico, dasométrico y económico, para contribuir con la generación de recomendaciones acordes a las necesidades de los productores Cacaoteros de las zonas de evaluación, en el marco del proyecto **Desarrollo e Innovación en Cacaos Especiales bajo Sistemas Agroforestales**, financiado con recursos del Sistema General de Regalías, ejecutado por la Corporación Colombiana de investigación agropecuaria - Agrosavia, en alianza con la Universidad de Sucre y la Gobernación de Sucre.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Justificación

En sistemas agroforestales con Cacao, la selección de la especie maderable se correlaciona fuertemente con la cantidad de sombra que esta provee a los árboles de Cacao durante su desarrollo y hasta que ellas alcancen su desarrollo productivo. El sombrío excesivo incrementa la incidencia de enfermedades y reduce la floración y la producción. Por otra parte, la excesiva radiación incrementa el estrés fisiológico incrementando la vulnerabilidad al daño de insectos (Jaimez et al. 2013).

Por esta razón, la selección de la especie maderable y del tipo de clon de Cacao para el modelo agroforestal son importantes para la adaptación de los arreglos agroforestales a zonas de trabajo. Por lo anterior, este trabajo se evaluó el comportamiento de tres especies forestales con Cacao en distintas localidades, evaluando indicadores físicoquímicos del suelo, que contribuyen a mejorar e la fertilidad y a controlar la erosión del suelo, considerando que en el departamento de Sucre se encuentran suelos con alto índice de degradación, afectando directamente las producciones agrícolas y su potencial competitividad en los mercados regionales y nacionales.

Desde la academia es importante conocer la existencia de las adaptaciones de los sistemas agroforestales con Cacao en las plantaciones de Buenavista San Marcos y en Chinulito Colosó para identificar las clases de Cacao y cultivos transitorios en el departamento a partir del estudio.

Para el programa de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Sucre esta investigación será un aporte por la aplicación de los sistemas agroforestales en cuanto a la determinación del potencial económico que estos generan, debido a que simultáneamente se pueden alternar con cultivos transitorios (corto y mediano plazo), en este caso Cacao y plátano, al Igual que generar ingresos económicos a través de la venta de madera producida dentro de los sistemas agroforestales (largo plazo).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Objetivos

Objetivo general

Generar indicadores edáficos, dasométricos y económicos de tres arreglos agroforestales con Cacao en los municipios de Colosó y San Marcos, departamento de Sucre.

Objetivos específicos

- Evaluar indicadores de calidad de suelo de sistemas agroforestales con Cacao, en fase de establecimiento.
- Evaluar el crecimiento y desarrollo de tres especies forestales de uso múltiple dentro de arreglos agroforestales con Cacao.
- Valorar el potencial económico de un esquema de agricultura familiar como alternativa de ingresos adicionales en modelos agroforestales con Cacao.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Antecedentes

En Colombia el grado de erosión y afectación del suelo en relación a los sistemas agroforestales en cultivos de Cacao resulta ser uno de los temas menos estudiados a nivel nacional, además la clasificación de las plantaciones utilizando los sistemas agroforestales se dificulta en dar una definición precisa de las tipologías de Cacao favorables para la adaptación del ambiente en la región del caribe colombiano.

De acuerdo a lo anterior, el autor Rojas en el año 2015 publica el artículo **“Fertilidad de suelos en plantaciones forestales del trópico colombiano”**, donde realiza un estudio sobre los aspectos más relevantes para hacer una fertilización de suelo en sistemas agroforestales, dado que, están ligados a la escogencia del sitio y especie forestal, en suelos ácidos se realiza encalado y fertilización en cantidades proporcionadas, para mejorar la absorción de agua y de nutrientes de baja movilidad como el fosforo, recomienda el uso de hongos formadores de micorrizas.

Por otro lado, los autores Beer, y otros, en el año 2003 publica el artículo **“Servicios ambientales de los sistemas agroforestales”**, realiza un estudio sobre los sistemas agroforestales en contribución al mejoramiento de los servicios ambientales, disminuyendo la erosión mediante el aporte de materia orgánica, fijación de nitrógeno y reciclaje de nutrientes, también ayuda a favorecer la infiltración y disminuir la escorrentía, lo que se refleja en la conservación del agua tanto cantidad como calidad.

Además, para los autores Mata Anchundia, Rivero Herrada, & Segovia Montalván en el año 2018 publica el artículo **“Sistemas agroforestales con cultivo de Cacao fino de aroma: entorno socio-económico y productivo”**, realizan un estudio sobre los sistemas agroforestales (SAFs), y el favorecimiento de los mismos, también los múltiples propósitos que benefician el suministro de muchos productos a una diversidad de usuarios del suelo, entre ellos las familias de los productores en su entorno.

Para el autor Agudelo en el año 2016 publica el artículo **“Crecimiento Y Productividad De Sistemas Agroforestales (SAF) Con Cacao En Estados Tempranos De Desarrollo En El Bosque Seco Tropical (Bs-T) Del Departamento De Antioquia”**,



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

realiza un estudio sobre la luminosidad porque, es un factor crucial en el rendimiento de cosecha ya que en parcelas con alta densidad de forestales la producción de plátanos fue menor en comparación con parcelas de baja densidad forestal, además, los cultivos transitorios involucrados en los SAF también favorecen en gran parte las propiedades físico-químicas del suelo pues el aporte de biomasa seca contribuye al aumento de materia orgánica, aumento de la biodiversidad y cobertura vegetal.

Uno de los estudios que especifica la clasificación de las plantaciones en parcelas es el realizado por Groothous en el año 2000 en el artículo **“Las parcelas de muestreo permanente: Bases para estudios de crecimiento y rendimiento en Bosques de Pino en Honduras”**, el estudio realizado es en el país de Honduras, especificando que en la primera parcela de muestreo permanente se estableció en un rodal de *Pinus oocarpa* en noviembre 1972 y desde entonces se han establecido 326 parcelas en diferentes sitios y ecosistemas forestales del país, con el fin de generar bases para estudios de crecimiento y rendimiento de las especies forestales de importancia comercial para el país.

Además de los estudios de crecimiento y rendimiento, Jara en el año 2001 publica el artículo **“Monitoreo de plantaciones forestales para fijación de carbono en el Ecuador”**, en dicho estudio, el sistema de monitoreo de parcelas permanentes ha sido utilizado desde el año 1993 en Ecuador para estimar el carbono de las plantaciones y obtener información sobre el desarrollo de la vegetación natural y de los plantíos como base para un adecuado manejo con miras a la producción de madera y de mantener un stock mínimo de carbono.

Por otro lado, los autores Muñoz, Mogollón, Rivas, González, & González, en el año 2016, publica el artículo **“Evaluación de la calidad del suelo bajo diferentes sistemas agrícolas en la península de Paraguaná mediante el uso de indicadores de sustentabilidad”**, realizan una investigación sobre la determinación de los indicadores, densidad aparente (Da), profundidad (Prof), pedregosidad, pH, conductividad eléctrica (CE), porcentaje de sodio intercambiable (PSI), carbono orgánico (COS), respiración basal (RB) y carbono de la biomasa microbiana (C-BM), para determinar si los cultivos son sustentables, y los efectos causados por estos en el suelo.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

De esta manera los autores Mata, Rivero, & Segovia, anteriormente mencionados en el artículo **“Sistemas agroforestales con cultivo de Cacao fino de aroma: entorno socio-económico y productivo”**, en sus resultados sobre el Cacao fino mediante aplicación de encuestas realizadas a 35 agricultores de la población la parroquia El Vergel del cantón Valencia, provincia de Los Ríos, Ecuador, con el fin de evaluar los factores socioeconómicos y productivos en sistemas agroforestales, se obtuvo como resultado, el (71,4 %) desconocen los sistemas agroforestales, todos dedicados a la producción de Cacao de aroma fino y otros cultivos secundarios donde se destacan los sistemas agroforestales (48,6%), familias conformadas en su mayoría por mujeres (50,5 %), los indicadores sociales y productivos analizados no se encuentran en el nivel requerido para lograr el desarrollo sustentable de estos sistemas agroforestales.

Por último el autor Rodriguez, en el año 1999 publica el artículo **“Análisis de crecimiento de Caoba swietenia macrophylla king asociada con tres diferentes especies de inga spp en la región tropical húmeda de Costa Rica”**, realiza el estudio sobre el Caoba, dado que es uno de los principales forestales utilizados en los SAF por su gran potencial comercial pero padece de amenazas, al Igual que otras especies de Meliáceas está sujeta al ataque del barrenador, para esto se asoció el Caoba con tres especies forestales diferentes (inga oerstediana, inga samanensis e inga marginata), con el fin de controlar este depredador, se hicieron mediciones al Cacao de diámetro a la altura del pecho, altura, sanidad y número de ataques ,obteniendo mejores resultados en los tratamientos asociados con inga oerstediana.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Marco Conceptual

Sistemas Agroforestales con Cacao.

El Cacao (*Theobroma Cacao*) es una especie del sotobosque neotropical lluvioso. Como cultivo perenne comercial se considera el más importante del mundo y se cultiva en las áreas tropicales de Centro y Sur América, Sureste de Asia y África. Millones de agricultores, principalmente pequeños agricultores, dependen del Cacao como medio de subsistencia.

Los sistemas del cultivo tradicionales se establecen mediante la siembra del Cacao bajo bosques primarios con modificaciones menores al dosel boscoso. Sin embargo, el cultivo de Cacao tiene lugar en un rango de sistemas de manejo de agrobosques de sombra (bajo el resto de cobertura de los forestales o sembrados con árboles de sombra) a monocultivos sin sombra (Schwendenmann *et al.*, 2009).

El Cacao se encuentra a menudo establecido con especies de árboles fijadoras de nitrógeno de rápido crecimiento, tal como es el caso de *Gliricidia* spp. o *Erythrina* spp. (Schwendenmann *et al.*, 2009). Los mayores beneficios que el Cacao recibe de los árboles de sombrío pueden ubicarse en dos categorías, ambas asociadas con la reducción del estrés del árbol:

- Mejoramiento de las condiciones climáticas y de sitio a través de: (1) la reducción de las temperaturas extremas del aire y suelo; (2) reducción de la velocidad del viento; (3) amortiguación de humedad y disponibilidad de la humedad del suelo, y (4) mejoramiento o mantenimiento de la fertilidad del suelo incluyendo la reducción de la erosión (Beer *et al.*, 1998).
- Reducción en la cantidad y calidad de luz transmitida y el crecimiento vegetativo excesivo. La sombra reduce los desbalances nutricionales reduciendo el síndrome de muerte regresiva (Beer *et al.*, 1998).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Si bien se reconocen las ventajas que proporcionan los árboles de sombra sobre las plantas jóvenes de Cacao, los agricultores a menudo remueven estos árboles después que el Cacao inicia a dar frutos. Esto se da debido a que ellos temen que se presente una competencia entre los árboles de sombra y el Cacao por agua y nutrientes, bajando así la producción de Cacao (Belsky y Siebert 2003; Schwendenmann *et al.*, 2009). Aunque la combinación de cultivos con árboles de sombrero mantiene los riesgos competitivos entre las especies por luz, agua y/o nutrientes, estos riesgos podrían reducirse mediante la selección de especies de sombrero y prácticas de manejo apropiadas (Beer *et al.*, 1998; Schwendenmann *et al.*, 2009). La competencia por agua subterránea, por ejemplo, se puede minimizar mediante la siembra de especies de árboles que pierden sus hojas durante la estación seca (Broadhead *et al.*, 2003; Schwendenmann *et al.*, 2009), o árboles que tomen agua de horizontes diferentes a los cultivos como el Cacao (van Noordwijk *et al.*, 1996; Schwendenmann *et al.*, 2009).

Varios estudios indican que la disponibilidad de agua afecta funciones claves de las plantas de Cacao. Rada *et al.* (2005) demostraron que plantas de Cacao de 4 años de edad sufren estrés hídrico severo tras 25 días sin agua, disminuyendo la tasa de transpiración de las hojas y bajan considerablemente la conductancia estomática, cuando se compararon con las plantas control (Schwendenmann *et al.*, 2009). También, la fenología de la planta depende de la precipitación y presuntivamente de la disponibilidad de agua, por lo cual, la caída máxima de las hojas coincide con la baja precipitación o sequía (Alvim *et al.*, 1974; Ling 1986).

Los picos de floración con las primeras lluvias después de periodos secos (Alvim *et al.*, 1974; Young 1994) y la producción de Cacao se correlaciona con la lluvia durante los meses que preceden la cosecha (Alvim y Alvim 1978). Usando un modelo de producción fisiológica para simular la producción de Cacao, Zuidema *et al.* (2005) demostraron que el 70% de la variabilidad en la producción de Cacao se puede explicar mediante la combinación de la radiación anual total y la precipitación durante los meses secos. Al simular la producción de Cacao con limitación de agua se tuvo una reducción por encima del 50% para locaciones con una fuerte estación seca combinada con condiciones de suelo desfavorable (Schwendenmann *et al.*, 2009).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

- Servicios Ambientales de la Agroforestería

Los servicios de los sistemas agroforestales son el resultado de las funciones del ecosistema que benefician a los seres humanos, e.g. mejor caza y pesca, agua más limpia, mejores paisajes, polinización gratuita, áreas seguras o menos vulnerables a los desastres naturales, menor calentamiento global, nuevos descubrimientos para usos farmacéuticos, y suelos más productivos. En principio, los servicios incluyen tanto a los productos (e.g. frutos, madera, entre otros), como los servicios propiamente dichos. Los servicios de los sistemas agroforestales no pueden verse de manera aislada del contexto humano, y requieren de alguna interacción con los humanos. Las funciones se definen como servicios cuando los humanos las consideran en su sistema social de generación de valores. Sin embargo, a diferencia de los productos, muchos de los servicios del bosque no se pagan.

Esto significa que cada vez con más frecuencia el valor económico de los servicios permanece sin contraparte financiera; en otras palabras, quienes poseen o controlan bosques donde se generan esos servicios no capturan los beneficios económicos resultantes (Somarriba y Harvery 2003).

Los servicios ecológicos de los sistemas agroforestales son muchos:

Reducir la erosión y mantener la fertilidad del suelo

Uno de los beneficios de considerables ventajas en el trópico es que los árboles y otro tipo vegetación mejoran la productividad del suelo. Los resultados de las investigaciones de las últimas dos décadas muestran los principales procesos árbol-mediados que determinan la extensión y tasa de suelo mejorado en sistemas agroforestales. Estos procesos incluyen el incremento de la entrada de nitrógeno (N) a través de la fijación biológica del nitrógeno por los árboles fijadores de nitrógeno (sigla en inglés NFTs), aumentando la disponibilidad de nutrientes como resultados de la producción y descomposición de la biomasa del árbol, y la mayor toma y utilización de nutrientes de las capas más profundas de los suelos por las raíces profundas de los árboles. Además, la presencia de raíces profundas en los sistemas puede contribuir a mejorar las condiciones físicas del suelo y mayor actividad microbiana del suelo bajo sistemas agroforestales (Nair 2007).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

La Agroforestería tiene el potencial de reducir el riesgo de erosión y desertificación, como también de rehabilitar tierras degradadas y conservar el suelo y el agua. El uso directo o suplementario de los árboles y arbustos para controlar la erosión del suelo es ahora una práctica agroforestal común tanto en regiones tropicales como templadas (Nair 2007).

Una gestión cuidadosa del suelo constituye un factor esencial de la agricultura sostenible y proporciona también un resorte valioso para regular el clima y un camino para salvaguardar los servicios ecosistémicos y la Biodiversidad.

En la actualidad, los suelos están perdiendo la capacidad de ser fértil para producir por lo cual se debe medir la forma de utilizarlos es así como el USDA, (1999), citado por, Lutens & Salazar

Para medir la calidad del suelo se deben tener en cuenta los componentes físicos, químicos, biológicos y sus interacciones, por tal motivo para mirar las condiciones en las que se encuentra el suelo se deben medir todos los parámetros, sin embargo no todos tendrían la misma relevancia dependiendo de la zona (2000, p. 20).

Al evidenciar lo fundamental y la forma de medir los suelos se debe traer a colación la física de los mismos para Bautista, Del Castillo, Echeverry, & Gutiérrez (2004), la física de los suelos se define como, “La estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son características físicas del suelo, fundamentales para determinar su calidad” (pp. 90-97).

Dentro de la física de los suelos Jaramillo menciona el concepto de **la densidad aparente (Da)**, está la define a partir de una fórmula para ser considerada en la clarificación de la calidad del suelo y la capacidad de producir.

Se obtiene a partir de la fórmula $Da = \frac{pss}{V_c}$,

Dónde: Da es densidad aparente expresada en (gr/cm-3)



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

pss, masa de suelo seco expresada en (gr)

vc, volumen del cilindro expresado en (cm³)

[...] teniendo en cuenta el volumen de los poros al cuantificar el volumen ocupado por la muestra, por tanto, el valor de D_a aparente dependerá de la organización que presente la fracción de sólido, y es afectada por variables como textura del suelo, estructura, materia orgánica, humedad (en especial en suelos con material expansivo), el valor de densidad aparente sirve como estimador del grado de compactación del suelo. Para la toma de esta muestra se recomienda que el suelo se encuentre a capacidad de campo (2002, p. 196).

Tabla 1: Interpretación de la relación entre Densidad aparente y textura para el desarrollo radicular de las plantas.

Textura del suelo	Densidad aparente ideal (g/cm ³)	Densidad aparente que puede afectar el crecimiento radicular (g/cm ³)	Densidad aparente que restringe el crecimiento radicular (g/cm ³)
Arena, areno-franco	<1,6	1,69	>1,80
Franco-arenosa, franco	<1,4	1,63	>1,80
Franco-arcilla-arenosa, franco-arcillosa	<1,4	1,6	>1,75
Limosa, franco-limosa	<1,3	1,6	>1,75
Franco-limosa, franco- arcillo-limosa	<1,4	1,55	>1,65
Arcillo-arenosa, arcillo- limosa, algunas franco- arcillosas (35-45% de arcilla)	<1,1	1,39	>1,58
Arcillosa (>45% de arcilla)	<1,1	1,39	>1,47

Fuente: SENA (2013)



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Para Díaz y Rava, la física de los suelos, se basa en el concepto de **la resistencia mecánica a la penetración** es considerada como “un buen indicador de la calidad del suelo, debido a que permite monitorear el estado de compactación del suelo, que es una medida de la degradación de la estructura del mismo” (2006, p.15).

En ese sentido se amplía el concepto con la tabla realizada por el autor.

Tabla 2: *Resistencia mecánica de suelo*

Resistencia Mecánica del Suelo (MPa)	Clasificación del Suelo
0,8 – 1,5	Suficientemente blando
1,5 – 3,5	Con ligera restricción al crecimiento
3,5 – 5,0	Con alta restricción al crecimiento
> 5	Con muy alta restricción al crecimiento

Fuente: Pla (1998)

Continuando con las propiedades físicas del suelo el concepto de **la estabilidad estructural (IE)** para la FAO es la encargada de regir la erosionabilidad de un suelo, el desprendimiento de las partículas de suelo por el impacto de las gotas de lluvia está en relación inversa de la magnitud de las fuerzas cohesivas que fijan las partículas en el agregado natural del suelo (1977, p. 20).

En relación a su definición el autor considera mostrar en tabla lo expresado.

Tabla 3: *clasificación de estabilidad estructural del suelo*

DMP (mm)	Estabilidad estructural
< 0,5	Inestable
0,5 – 1,5	Ligeramente estable
1,5 – 3,0	Moderadamente estable
3,0 – 5,0	Estable
> 5	Muy estable

Fuente: SENA (2013)



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

En segunda instancia el concepto de **porosidad** para Jaramillo se debe dividir en dos; en porosidad total, la macro y micro porosidad, para el concepto de **porosidad total**, esta es definida como “el volumen en el suelo que no está ocupado por material sólido, está la constituyen los espacios porosos conformados por los líquidos y gases presentes en el suelo” (2002, p.197).

En la siguiente tabla se especifica lo anteriormente dicho.

Tabla 4: *Clasificación de porosidad total del suelo*

Porosidad total (%)	Calificación
>70	Excesiva
55-70	Excelente
50-55	Satisfactoria
40-50	Baja
<40	Muy baja

Fuente: Kaurichev, (1984), actualizada por Jaramillo (2002)

Además Jaramillo expresa que “la porosidad del suelo depende de su clasificación textural, contenido de materia orgánica y de la estructura” (2002, p. 196). Definiéndose dos tipos de espacios porosos como lo son.

La Microporosidad, constituida por los poros más finos, se encuentra en su mayoría dentro de los pedos de suelos y **la Macroporosidad**, está constituida por los poros de mayor tamaño, se encuentran en su mayoría entre los pedos (2002, pp. 196-197).

Sin dejar atrás, Baver de (1973), citado por Jaramillo (2002, p. 199), este expresa que “lo ideal para el buen desarrollo de cultivos, es encontrar estos poros en Igual proporción, clasificando como restrictivos para el desarrollo radicular cuando el porcentaje de macroporos es menor a 10%”.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Continuando con lo anterior se puede afirmar la existencia de la física de los suelos también la química de los mismos por tal sentido, Lal; Doran & Zeiss, citado por Ferreras (2009, p. 50), para definir **la química de suelos**, primeramente el autor considera tener en cuenta la calidad de los suelos, desde el ámbito químico, por consiguiente expresa.

La calidad de suelos comprende distintos factores con los cuales se es indispensable contar en su respectiva proporción y/o cantidad puesto que estos contribuyen a establecer la sustentabilidad de los diferentes sistemas de manejos. Los suelos con máxima calidad tienen la ventaja de mantener alta productividad y causar el mínimo impacto ambiental negativo. Si la calidad del suelo se refiere a un adecuado funcionamiento, la degradación o la restauración de los suelos pueden ser evaluadas a través del análisis de las propiedades que determinan las principales funciones del suelo, en particular las propiedades que respondan a los cambios en el manejo.

Dentro de la química de los suelos **el pH** para la FAO lo define como:

El grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo.

El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). Los suelos muy ácidos ($<5,5$) tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos ($>8,5$) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6,5 (2015, p. 7).

Así el autor amplía su concepto por la tabla siguiente.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 5: Interpretación pH

pH	INTERPRETACION
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6,0	Medianamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Medianamente básico
7,9 – 8,4	Moderadamente básico
8,5 – 9,0	Ligeramente alcalino
9,1 – 10,0	Alcalino
> 10,0	Fuertemente alcalino

Fuente: Rioja Molina, A. (2.002), *Apuntes de Fitotecnica General*, E.U.I.T.A., Ciudad Real.

Continuando con los conceptos de la química de los suelos debe señalarse el término propuesto por Rotenberg (2007).

El **porcentaje de materia orgánica (% M.O)**, lo define como la composición y la cantidad de materia orgánica edáfica juegan un rol fundamental en el funcionamiento y sustentabilidad de los sistemas agropecuarios, debido a que impactan significativamente sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (p. 39).

Además para Quiroga y Funaro (2004), “los numerosos estudios coinciden en que la MO, es el principal indicador e indudablemente el que posee una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su productividad” (p. 476).

De este modo el autor considera ampliar en concepto por medio de la siguiente tabla



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 6: *interpretación de porcentaje de materia orgánica*

%M.O.	INTERPRETACION
< 0,9	Muy bajo
1,0 – 1,9	Bajo
2,0 – 2,5	Normal
2,6 – 3,5	Alto
> 3,6	Muy alto

Fuente: Rioja Molina, A. (2.002), *Apuntes de Fitotecnica General*, E.U.I.T.A., Ciudad Real.

Luego de definir los conceptos relacionados con la física y química de los suelos, el termino de **conductividad eléctrica** propuesto por USDA y Doerge (2015) la define como “la capacidad de la solución acuosa del suelo para transportar corriente eléctrica y es directamente proporcional al contenido de sales disueltas o ionizadas contenidas en la solución” (p. 30).

Generalmente la CE según López (2015) se expresa “en unidades de miliSiemens por metro (mS/m). En algunas ocasiones, se reporta en unidades de deciSiemens por metro (dS/m), que equivalen al valor de mS/m dividido por 100. Esta propiedad, puede servir como un indicador de la salinidad del suelo”. (p. 15). En la tabla siguiente el autor amplía el concepto

Tabla 7: *interpretación de conductividad eléctrica*

Cond. Eléctrica (dS/m a 25°C)	Clase de salinidad
0-0.98	No salino
0.98-1.71	Muy ligeramente salino
1.71-3.16	Ligeramente salino
3.16-6.07	Moderadamente salino
>6.07	Fuertemente salino

Fuente: Tomado de (López, et. al. 2015).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

NUTRIENTES Y RELACIONES

Tabla 8: interpretación de elementos presentes en el suelo

PARAMETRO	UNIDAD	INTERPRETACIÓN				
		MUY				
		BAJA	BAJA	SUFICIENTE	ALTA	MUY ALTA
P	mg kg ⁻¹	< 5	5-15	15-30	30-45	>45
S	mg kg ⁻¹	< 3	3-6	6-12	12-15	>15
Fe	mg kg ⁻¹	< 10	10-25	25-50	50-100	>100
Mn	mg kg ⁻¹	< 2.5	2.5-5	5-10	10-20	>20
Cu	mg kg ⁻¹	< 0.5	0.5-1	1-3	3-5	>5
Zn	mg kg ⁻¹	< 0.5	0.5-1.5	1.5-5	5-10	>10
B	mg kg ⁻¹	< 0.2	0.2-0.5	0.5-1	1-15	>1.5
Ca	cmol _c kg ⁻¹	< 1	1-3	3-6	6-9	>9
Mg	cmol _c kg ⁻¹	< 0.5	0.5-1.5	1.5-2.5	2.5-3	>3
K	cmol _c kg ⁻¹	< 0.05	0.05-0.15	0.15-0.3	0.3-0.5	>0.5
Na	cmol _c kg ⁻¹	< 0.5	0.5-1			>1
Al	cmol _c kg ⁻¹	< 0.5	0.5-2			>2

Fuente: Tomado de (Osorio, 2012).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 9: *clasificación general de relaciones ideales entre los cationes intercambiables*

RELACIÓN	IDEAL	DEFICIENCIAS DE K
Mg/K	3	Mayor de 18
Ca/K	6	Mayor de 30
(Ca+Mg)/K	10	Mayor de 40
Ca/Mg	2-4	

Tomado de *Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (Coffea arabica L.) en la etapa de almacigo*. Khalajabadi, 2012.

Agroforestería

Según Martel citado por Villagaray & Bautista (2011):

La agroforestería es el conjunto de técnicas de uso y manejo de la tierra que implica la combinación de árboles forestales con cultivos agrícolas (anuales y/o perennes), con animales o con ambos a la vez, en una parcela, ya sea simultáneamente o sucesivamente, para obtener ventajas de la combinación. Los sistemas agroforestales son alternativas válidas para el productor como herramienta indispensable para el mejoramiento de la producción, su economía familiar y su calidad de vida. Este sistema facilita una producción diversificada y más duradera (sustentable), estabilidad económica y social, permitiendo a las familias convertirse en agentes de cambio para lograr el arraigo en sus tierras (p.5)

Por otra parte en la página web de Infoagro (2017) expresa:

El correcto desarrollo de un cultivo dependerá del contenido nutricional del suelo sobre el que se desarrolla. Pero la cantidad de nutrientes a añadir al suelo, no depende solo del estado químico del suelo sino también de factores



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

como el clima local, la estructura física, la existencia de cultivos previos y presentes, etc (p.15).

Sin embargo, a nivel de las fincas la agroforestería genera cambios positivos en las propiedades y estructura del suelo, para Coello.M, & Haro.R (2012) entre ellos encuentran:

Mejoramiento de fertilidad de suelo: fijación de nitrógeno, interacción con micorrizas, extracción profunda de nutrientes, aumentos en materia orgánica (que también aumenta la capacidad de intercambio catiónico de los suelos y mejorar sus características físicas)

Mejoramiento de aspectos hidrológicos: Protección de fuentes de agua y cauces, extracción profunda de agua del suelo, incorporación de materia orgánica que mejora la capacidad de retención de agua y penetrabilidad, mantenimiento de capacidad de infiltración por estructura de macro poros y poca compactación, intercepción de precipitación por el follaje con menor impacto sobre el suelo, mayor humedad ambiental (p.21).

Es así, como el Instituto geográfico Agustín Codazzi afirma, “los suelos del departamento de Sucre se pueden catalogar como deterioradas o en proceso de deterioro, debido en gran medida al uso indiscriminado del recurso” (2015, p. 2).

Por eso estas prácticas intenta evaluar la influencia de sistemas agroforestales en los suelos basándose en la investigación realizada por Murray, M., Orozco, Hernández, & Lemus

Donde plantea el estudio mediante el seguimiento de un sistema de arreglo agroforestales durante 8 años (de 2005 a 2012), es así, como el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo en los primeros 20 cm, aumenta la materia orgánica en un 85% y disminuye de la densidad aparente, mejorando la infiltración del agua en el suelo, debido al cambio en la estructura del -suelo, de estructura de bloques a estructura granular, considerando que a esa



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

profundidad se encuentra el horizonte (A en este caso) más influenciado a corto plazo por la hojarasca (2014, pp. 23-31).

Con respecto al ambiente edáfico Álvarez, Rojas, & Suarez determinó que en

Suelos con rangos bajos de fertilidad, y que afectan el desarrollo óptimo de crecimiento y producción de plantaciones de Cacao, se obtuvo mediante arreglos agroforestales y poca utilización de fertilizantes inorgánicos, mostro una mayor disponibilidad de los nutrientes del suelo (2012, p. 149).

Otro de los conceptos para definir e identificar los sistemas agroforestales con mejor adaptación es el de **crecimiento y desarrollo** para Agudelo

Una forma de mitigar el impacto ambiental causado por las actividades agropecuarias mal llevadas, y el uso irracional de los recursos, son los Sistemas Agroforestales (SAF). Para cuantificar los beneficios ambientales que ellos proporcionan, se utilizan varias mediciones, entre ellas está la acumulación de la biomasa vegetal y las relacionadas con el desarrollo alométrico y dasométrico de las especies involucradas en dichos SAF. (2016, p. 2).

En otras palabras el crecimiento y desarrollo de los cultivos de Cacao debe ser medido continuamente para evaluar el crecimiento e identificar el desarrollo de los mismos, teniendo en cuenta las variables medibles propuestas por Agudelo.

Debe señalarse, el concepto propuesto por Imaña y Encinas citado por Brien y Zuidema, para definir el **Crecimiento en diámetro** para los autores

Se refiere al aumento del diámetro de un árbol en un determinado periodo de tiempo, este crecimiento es también denominado de crecimiento secundario, generalmente el árbol crece primero en altura y después en diámetro. Este crecimiento es influenciado principalmente por su distribución espacial; el crecimiento en diámetro no es Igual a lo largo del árbol, para evaluarlo se emplea generalmente la variable DAP (diámetro a la altura del pecho) al inicio y al final del periodo requerido, los árboles adultos de las zonas tropicales,



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

generalmente presentan índices de crecimiento en diámetro bastante bajos, entre 1 y 2 mm por año (2008, p. 43).

Además, Imaña y Encinas traen a colación el **Crecimiento en altura**

Se produce por la actividad de la yema apical o terminal, a través de la división celular. Este crecimiento es también llamado de crecimiento primario. Esta variable, altura del árbol, produce la modificación más notoria de crecimiento, especialmente en la edad juvenil en que es fácil observar la rapidez de la modificación de la altura en periodos cortos de tiempo.

El crecimiento en altura es evaluado midiendo las alturas al inicio y al final de un intervalo de tiempo definido. En algunos árboles, donde es posible realizar el análisis del tronco, se pueden determinar los correspondientes valores e índices de crecimiento en altura. Para algunos árboles tropicales existen registros bibliográficos que señalan que el crecimiento en altura para varias especies se produce con un incremento de hasta 1 metro para cada centímetro de DAP, correspondiente a la edad juvenil del árbol (2008, p.42)

Sin dejar atrás la clasificación de las especies arbóreas más aprovechadas por su calidad y resistencia, de acuerdo a Gómez y Toro, es

El Abarco (*Cariniana pyriformis*), especie forestal perteneciente a la familia Lecythidaceae, ampliamente distribuida en la región chocoana; su madera es moderadamente dura con 378,8% en los lados y 340,9% en los extremos, sin olor y sabor característico, de textura mediana a fina con buen acabado, presenta alta durabilidad natural y elevada resistencia al ataque de termitas y hongos producto de su alta concentración de sílice; se emplea en construcción, carpintería y ebanistería (elaboración de cabos y chapas) y en construcciones aeronáuticas y navales (2007, p.5).

Continuando con la clasificación de especies arbórea Jiménez, en su investigación, producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con Cedro y Caoba en Honduras, encontró que



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

El incremento medio anual en diámetro de la especie de Caoba a los 5 años es de 1.26 cm, y una altura promedio de 3.64 metros. Para el caso del Cedro, el incremento medio anual en diámetro es de 1.38 cm, y una altura promedio de 3.84 m. También menciona que en Honduras el Cedro parece ser una especie de rápido crecimiento en comparación con la Caoba, ya que llega a alcanzar tasas decrecimiento de hasta 2.54 cm anuales (2012, p.9).

Los recursos económicos permiten satisfacer y llevar a cabo los procesos productivos de un proyecto, son necesarios para el desarrollo de las operaciones económicas o comerciales de este mismo. Para que todo lo anterior suceda se requiere una inversión de dinero, la cual mediante la ejecución de dicho proyecto deberá ser recuperada.

En este sentido el **potencial económico** para Ramírez citado por CATIE

Es un hecho ampliamente aceptado que los sistemas agroforestales (SAF) son rentables para los productores bajo diferentes condiciones y fines económicos. Los SAF permiten que los pequeños productores cumplan con las necesidades básicas de sus familias; únicamente cuando se hayan satisfecho las necesidades familiares, se busca vender el excedente en los mercados locales o nacionales. Los estudios realizados demuestran que los SAF con producción destinada al mercado son rentables pero, a la vez, son de mayor riesgo que los sistemas de subsistencia debido a los problemas inherentes a la demanda y precios de mercado (2012, p.91)

De este modo para la Fundación Hondureña de investigación agrícola Citada por Agudelo, expresa

Los sistemas agroforestales con cultivos permanentes como Cacao y Café, representan buena opción para los agricultores, al incrementar la rentabilidad de sus sistemas de producción por incluir más de un componente productivo, en especial los árboles. Entre los beneficios del sistema de producción de Cacao con sombra se tienen:

- Lograr a través de la sombra un menor agotamiento del Cacao y menor demanda de insumos que cuando está a plena exposición solar.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

- Prolongar la vida productiva del Cacao.
- Reducir los costos de mantenimiento, específicamente en el control o regulación de malezas.
- Producir un mejoramiento y estabilización de la fertilidad del suelo por el aumento de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes.

Una mayor rentabilidad por el valor de las maderas y frutos (2016, p. 244).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

METODOLOGÍA

Esta investigación tiene como línea investigativa suelos y plantas. Las técnicas de recolección de la información, los tratamientos, materiales aplicativos para el estudio y descripción del lugar se detallan a continuación:

Arreglos Agroforestales

Se evaluaron tres sistemas agroforestales, establecidos en un diseño de bloques completos al azar (BCA), con tres repeticiones, con unidades experimentales de 24 x 28 m de área, incluyendo 28 árboles maderables, 50 árboles de Cacao y 50 plantas de plátano. El área total del experimento por localidad fue de 8000 m² (Figura 1).

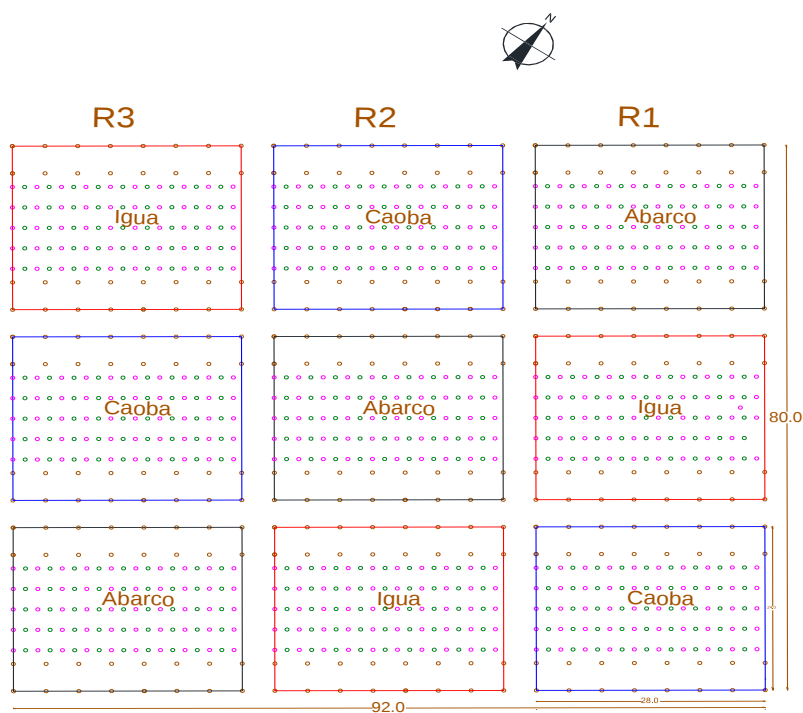


Figura 1: Plano de campo.

Fuente: Autor.

Los arreglos agroforestales fueron:

Arreglo agroforestal 1 (SAF1): Surcos dobles de Caoba (*Swietenia macrophylla*)-sombrió permanente, sembrados a 4 x 4 m, a ambos lados y separados 2 m de 5 surcos de



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

plátano (sombrío temporal), intercalados con árboles de Cacao, sembrados a 3 x 3, entre cada especie.

Arreglo agroforestal 2 (SAF2): Surcos dobles de Abarco (*Cariniana pyriformis*) - sombrío permanente, sembrados a 4 x 4 m, a ambos lados y separados 2 m de 5 surcos de plátano (sombrío temporal), intercalados con árboles de Cacao, sembrados a 3 x 3, entre cada especie.

Arreglo agroforestal 3 (SAF3): Surcos dobles de Iguá (*Albizia guachapele*) - sombrío permanente, sembrados a 4 x 4 m, a ambos lados y separados 2 m de 5 surcos de plátano (sombrío temporal), intercalados con árboles de Cacao, sembrados a 3 x 3, entre cada especie.

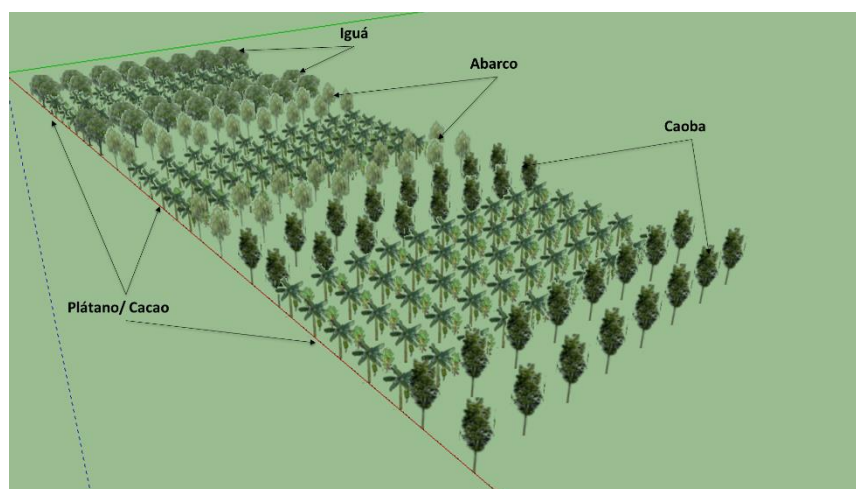


Figura 2: Arreglos Agroforestales.

Fuente: Autor.

En los forestales se realizaron tres mediciones de parámetros dasométricos. Se midió el diámetro a la altura de pecho (DAP), usando forcípula y altura total del árbol, empleando cinta métrica.

En el suelo se realizaron mediciones para determinar textura por bouyoucos, densidad aparente por núcleo indisturbado y densidad real por el método del picnómetro (Burt, 2014), porcentaje de porosidad por método indirecto (Collin 1961), humedad por gravimetría, curva de retención de humedad con membranas y ollas de presión (Richards,

EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

1960))¹, estabilidad estructural en húmedo por el método de Yoder (IGAC, 2006) y resistencia mecánica a la penetración con el penetrológico Stoboka de Eljikelkamp y fertilidad total (pH, CE, % MO, elementos mayores y menores y CIC).

Entre los surcos de plantas de plátano, en la fase temprana del cultivo se incluyeron cultivos transitorios de ciclo corto (yuca, maíz, ñame, etc.). En esta fase, se realizaron registros de costos de establecimiento, manejo y cosecha de estos cultivos, así como registros de rendimiento de cada transitorio establecido. Lo anterior, con el fin de analizar económicamente el sistema y valorar el mejoramiento del flujo de caja del productor en las primeras fases de establecimiento de estos sistemas.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de las variables dasométricas, fisicoquímicas del suelo se realizó un análisis de varianza utilizando la prueba de comparación de Tukey ($p < 0,05$) con el programa estadístico SAS Systems versión 9.4.

Evaluación económica en el marco del modelo de agricultura familiar

Se realizaron visitas exploratorias a las fincas que cultivan Cacao en las zonas de estudio, además se hicieron entrevistas a los productores usando la técnica del sondeo, de lo anterior permitió definir los temas de la encuesta, como instrumento de recolección de información.

La encuesta formal fue estructurada con los temas definidos previamente y constó de un formulario con 32 preguntas distribuidas en cuatro capítulos, la cual se probó en campo y se aplicó a 23 agricultores. Dado la dispersión de estos y que muchos no reunían los requisitos como haber cultivado Cacao o estar estableciendo el cultivo no fue posible ampliar la muestra. Para la definición del tamaño de la muestra se usó un muestreo determinístico considerando a los agricultores de municipios en el área de influencia de las zonas de estudio.

¹ Richards, L. 1960. Advance in soil physics. Trans. 7th int. Congr. Soil Sci. 1:67-79



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Para la evaluación económica se aplicó la metodología del consenso con expertos en el cultivo del Cacao en el departamento de Sucre, en reuniones realizadas en las regiones Montes de María y la Mojana, se definió la tecnología que utiliza el agricultor y se tomó como el manejo modal del cultivo en la zona.

Se definieron las unidades a tener en cuenta en el proceso de construcción de patrones de costos, se consideraron las diferentes actividades que tienen lugar durante el ciclo productivo del cultivo y del sistema de producción de Cacao con maderables, las cantidades de los insumos a utilizar, al Igual que los precios tanto de insumos como de productos, los cuales se expresaron a precios de campo (Cimmyt 1998), es decir el valor del insumo en el almacén agrícola más el costo del transporte a la finca y el precio del producto descontando el costo del transporte de llevarlo al mercado, en este caso a la ciudad de Sincelejo. Seguidamente se hizo la ponderación de los diferentes componentes del sistema de producción de Cacao.

Los materiales utilizados por el procedimiento fueron:

El penetrológico, el barretón, la pala, el mazo de madera, el muestreador de densidad aparente, los cilindros, la espátula, las bolsas plásticas, la cinta enmascarar, el clinómetro, el pie de rey, la cinta métrica.

Localización

El estudio se realizó bajo las condiciones ambientales del municipio de San Marcos, Corregimiento de Buenavista finca Villa del Carmen (W 75° 16' 57.7" de longitud, N8°42'16.3" de latitud) con 55 metros de altura sobre el nivel del mar, dos periodos marcados de lluvias (abril – Junio y Agosto - Diciembre) con temperaturas promedios de 27 °C.año⁻¹, con predominio de suelos de incipiente desarrollo y de origen depositacional (Inceptisoles).

En el municipio de Colosó, vereda La Ceiba finca El Ojito (W75°23'45,0" de longitud, N9°37'32.0" de latitud), con 54 msnm, distribución bimodal de las lluvias (Abril – junio, Agosto Diciembre), temperatura promedio de 27 °C, con predominio de suelos de incipiente desarrollo y de origen sedimentario de materiales calcáreos (Inceptisoles), según



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

la clasificación de (Holdridge 1967), la zona se clasifica ecológicamente como Bosque seco Tropical (bs-T).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

I

INDICADORES DE CALIDAD DE SUELO DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO, EN FASE DE ESTABLECIMIENTO

Los sistemas agroforestales con Cacao en cuanto a los indicadores de calidad del suelo, la adaptación y validación de los modelos para los municipios de San Marcos y Colosó se dividen en líneas de base químicas y físicas.

La línea base de parámetros físicos de suelo

Densidad Aparente (Da).

De acuerdo con la tabla 11 se evidencia los valores de Da y textura, determinando como un suelo de textura franco-arcillosa el presente en San Marcos, corregimiento Buenavista, ideal para el buen desarrollo del sistema radicular de las plantas, presentando, valores de Da en un rango de 1,29 a 1,4 (gr/cm³).

En Colosó, corregimiento Chinulito se evidencia un suelo de textura arcillosa, con valores de Da aparente superiores al ideal para el buen desarrollo de las plantas, pero que no exceden el valor de restricción del desarrollo radicular de las plantas; por tanto, se puede considerar como un suelo ligeramente compactado sin restricción del desarrollo radicular, Según, SENA (2013).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 10: comportamiento de la densidad aparente (Da) en línea base, en las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.

ID	Prof (cm)	Da (gr/cm ³)	Textura
San Marcos	0-10	1,33	FAr
	10-20	1,4	Ar
	20-40	1,29	FAr
Colosó	0-10	1,15	Ar
	10-20	1,09	Ar
	20-40	1,17	Ar

Fuente: Autor.

Resistencia Mecánica del suelo a la Penetración RMP

Se determinó la variable RMP en ambas localidades obteniendo como resultados: Para San Marcos, corregimiento Buenavista, la curva de resistencia a la penetración en la Figura número 3, muestra un comportamiento ascendente, evidenciando un suelo blando hasta los 20 cm de profundidad, ideal para el desarrollo radicular de las plantas, a partir de los 20 cm se comporta como un suelo con ligera restricción al crecimiento radicular, basados en Pla (1998).

Para Colosó, corregimiento Chinulito, se obtuvo la curva de la variable RMP, en la Figura número 3, muestra un comportamiento ascendente hasta los 10 cm, con valores ligeramente restrictivos para el desarrollo radicular de las plantas, a partir de los 20 cm de profundidad se obtuvo un suelo suficientemente blando para el desarrollo radicular de las plantas, Pla (1998).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

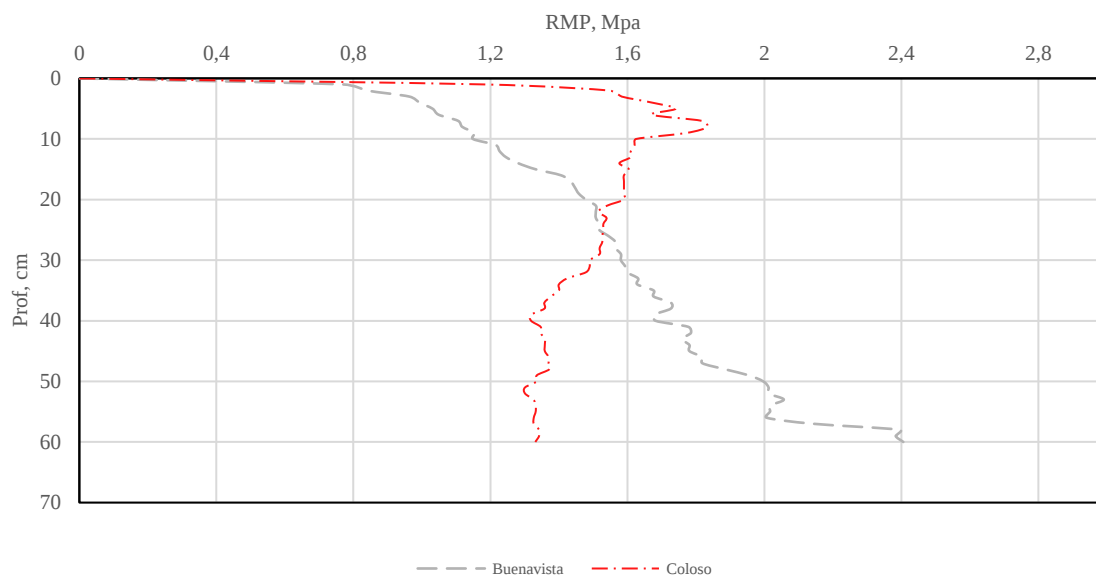


Figura 3: Línea base de la Resistencia mecánica a la penetración de las raíces en el perfil de suelo estudiado, en los municipios de San Marco y Colosó – Sucre. 2018

Fuente: Autor.

Estabilidad estructural (IE)

Los valores de Diámetro Medio Ponderado (DMP) obtenidos en Buenavista presentan una clasificación ligeramente estable presentándose entre 0,53 a 1,17 mm, en Chinulito los valores de DMP se encontraron en un rango de 1,35 a 1,76 mm, ver tabla 12, considerándose como un suelo moderadamente estable. SENA (2013)

EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 11: Estabilidad estructural del suelo durante el levantamiento de la línea base en las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.

LOCALIDAD	PROF(cm)	DMP(mm)
SAN MARCOS	10	1,17
	20	0,63
	30	0,53
COLOSÓ	10	1,76
	20	1,76
	30	1,35

Fuente: Autor.

Porosidad total

La porosidad total presente en el suelo durante el levantamiento de la línea base para el establecimiento de los SAFs aparece en la tabla número 13, mostrando, para San Marcos, corregimiento Buenavista, valores moderadamente bajos, oscilando entre 47,2 a 51,33 %, según Jaramillo (2002).

En Colosó, corregimiento Chinulito, valores de porosidad total satisfactorios, oscilando entre 56,45 a 57,73 %, Según, Jaramillo (2002).

Micro y macro porosidad

De acuerdo con los datos reportados en la tabla número 13, se encontraron valores desproporcionados de Microporosidad con respecto a la Macroporosidad, en las dos localidades, en Buenavista, la Microporosidad se mostró un rango de 27,19 a 38,68 %, mientras que la Macroporosidad sus valores oscilan entre 10,54 a 26,39 %, se evidencia una buena proporción en la profundidad de 20 a 40 cm, según Jaramillo (2002).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

En Chinulito, la Microporosidad reflejo valores en un rango de 45,16 a 51,11 %, la Macroporosidad evidenció valores entre 7,5 a 11,42 %, según Jaramillo (2002).

Tabla 12: *Macroporosidad y Microporosidad del suelo a diferentes profundidades durante el levantamiento de la línea base para las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.*

ID	Prof (cm)	%Porosidad total	Macroporos %	Microporos %
SAN	0-10	49,37	11,90	38,68
MARCOS	10-20	47,20	10,54	31,26
	20-40	51,33	26,39	27,19
COLOSÓ	0-10	55,90	11,42	45,16
	10-20	57,73	9,55	51,11
	20-40	56,45	7,50	50,30

Fuente: Autor.

Agua aprovechable

Se determinó la capacidad de campo y punto de marchitez permanente en las dos localidades, (Buenavista y Chinulito), con el fin de determinar el agua aprovechable en el suelo obteniendo resultados, para San marcos, corregimiento Buenavista, porcentajes de agua aprovechable con valores en un rango de 1,52 a 6,96 %, considerándose como bajos, Según SENA (2013).

En Colosó, corregimiento Chinulito, los porcentajes de agua aprovechable obtenidos fueron oscilaron entre 4,12 a 6,11 %, en suelos con clase textural arcillosa los porcentajes característicos están en un rango de 20 a 25 %, considerándose como bajos, SENA, (2013).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 13: Retención de humedad del suelo a partir del levantamiento de la línea base en las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.

Retención de humedad				
(% p/v)				
ID	Prof (cm)	CC (%)	PMP (%)	Agua aprovechable (%)
SAN	0-10	40,96	38,68	1,52
MARCOS	10-20	38,18	31,26	6,92
	20-40	34,14	27,18	6,96
COLOSÓ	0-10	49,28	45,16	4,12
	10-20	57,22	51,11	6,11
	20-40	56,28	50,30	5,98

Fuente: Autor

Línea base de parámetros químicos

En lo que corresponde a la parte química, más específicamente en cuanto a la influencia sobre los cultivos que tiene la conductividad eléctrica; para la localidad de Buenavista se tienen valores a diferentes profundidades que están entre 0,06 y 0,36 lo cual indica que la influencia es inapreciable, según Molina (2002); comportamiento similar fue evidenciado en la localidad de Colosó, con valores de conductividad eléctrica inferiores a 0,35. Por otro lado, según Martínez (2009) un suelo ácido (pH menores de 6,5) provoca una toxicidad de H, Fe y Mn; muy ácidos (pH menores de 5,5) toxicidad de Al para las plantas, mientras que para un suelo básico (pH mayores de 7,5), se pueden tener problemas con la succión del agua por las raíces de la planta y toxicidad de Na.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 14: Mediciones de conductividad eléctrica y clases de salinidad durante el levantamiento de la línea base para una suspensión de suelo: agua de 1:1, en las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.

MUNICIPIO	Prof. Cm.	pH	%M.O	C.E (dS/m)
BUENAVISTA	0-10	6,19	2,19	0,36
	10-20	6,63	0,73	0,08
	20-30	6,58	0,56	0,06
COLOSÓ	0-10	5,88	3,13	0,28
	10-20	6,25	0,760	0,14
	20-30	5,95	1,19	0,16

Fuente: Autor.

Para los resultados obtenidos y según lo anterior se encontró que los suelos en la localidad de Buenavista están en el rango de ligeramente ácidos, mientras que en Colosó se obtuvieron valores de pH ácido.

Los resultados de contenidos de materia orgánica (%MO) exhiben valores que van desde muy bajos a normales, para la localidad de Buenavista y valores de bajos a altos para Colosó; presentándose el mayor valor de porcentaje de materia orgánica en el primer estrato para ambas localidades, Molina (2002).

Los nutrientes son necesarios para el desarrollo de los árboles y los requerimientos de estos deben ser satisfechos para que el crecimiento ocurra en forma normal, por tanto, sin la plena disponibilidad de estos para el árbol, se ocasionara deficiencias y esto disminuirá el crecimiento en general, Aristizábal, (2003).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Al igual que para cualquier otro tipo de plantas, los requerimientos nutricionales de los árboles maderables son los mismos, unos en cantidades grandes, llamados macronutrientes, tales como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), Calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), y otros se requieren en cantidades pequeñas por lo que se conocen como micronutrientes o elementos traza, entre ellos el hierro (Fe), cobre (Cu), cloro (Cl), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), níquel (Ni) y molibdeno (Mo), los cuales son absorbidos por la planta en medio líquido (agua). Además, el carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) son tomados del aire vía fotosíntesis y del agua del suelo, Alvarado (2007).

Tabla 15: análisis de los macronutrientes presentes en el suelo en el levantamiento de la línea base en las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.

MUNICIPIO	Prof. Cm.	P (mg/kg)	S (mg/kg)	Ca (cmol(+) /kg)	Mg (cmol(+) /kg)	K (cmol(+) /kg)	Na (cmol(+) /kg)
BUENAVISTA	0-10	4,3	10,44	11,44	8,09	0,24	<0,1
	10-20	<3,51	6,71	9,88	12,85	0,21	0,12
	20-40	<3,51	<2,5	8,38	14,01	0,23	0,16
COLOSÓ	0-10	<3,51	3,43	17,1	12,62	0,28	0,33
	10-20	<3,51	5,54	14,5	16,89	0,25	1,56
	20-40	<3,51	14,65	13,94	15,02	0,28	0,98

Fuente: Autor.

Es evidente que para ambas localidades se encuentra deficiencia de fósforo severa, lo que afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas, una nutrición inadecuada de fósforo puede provocar severos trastornos fisiológicos en las plantas, las cuales se consideran más eficientes cuando en el aprovechamiento de este nutriente aún bajo determinadas condiciones



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

nutricionales, normales o adversas, consiguen utilizarlo para su crecimiento y desarrollo. Fernández (2007).

En cuanto al aluminio, aluminio intercambiable y ácidos intercambiables no se reportaron valores debido a que los valores de pH se encuentran por encima de 5,4, por lo tanto no se encuentran disponibles.

Se encontraron valores muy altos de calcio y magnesio para ambas localidades; según Gutiérrez (1995) los suelos agrícolas contienen calcio procedente de las rocas originarias, dominando entre los demás cationes. La mayor o menor cantidad se refleja en el grado de saturación de la arcilla, cuyo indicador es el pH del terreno. Es decir, los contenidos de cationes en suelos naturales dependen fundamentalmente del material de origen y de los procesos de meteorización y lixiviación.

También se ha encontrado que la alta saturación de Mg^{+2} tiene características dispersivas y causa efectos adversos sobre las propiedades de agregación de manera similar a como lo hace el Na^{+} , produciendo obstrucción de poros y disminución de las propiedades de flujo de los suelos.

También crea problemas al incrementar la capacidad de expansión de las arcillas y como consecuencia produce alta pegajosidad y plasticidad, haciendo que los suelos no presenten estructura, o que esta sea masiva en algunos casos y que requieran el uso de prácticas especiales de manejo. García (1994), citado por Arboleda (2009).

En cuanto a micronutrientes (Fe, Zn, Cu, B) se encontró que para la localidad de Buenavista la disponibilidad de estos es mucho menor que en la localidad de Colosó, La disponibilidad de los nutrientes del suelo para las plantas depende de la cantidad y la naturaleza de estos en la solución del suelo, y su asociación con los nutrientes adsorbidos o contenidos en la fase sólida.

En cuanto a las interacciones negativas o “competencias” entre los nutrientes y la absorción por las plantas se refiere, se consideran importantes las siguientes relaciones



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

antagónicas: K^+ sobre Mg^{2+} , K^+ sobre NO_3^- , Ca^{2+} sobre Mg^{2+} , $H_2PO_4^-$ sobre Zn^{2+} y NO_3^- sobre $H_2PO_4^-$ – Barber (1995). Citado por Khalajabadi (2012).

El hecho de que las células vegetales estén cargadas negativamente, implica la presencia de un exceso equivalente negativo. De esta forma, la especie más rápidamente absorbida tiende a neutralizar los equivalentes aniónicos disponibles reduciendo así la carga electrostática para los demás cationes. La velocidad de absorción depende del mecanismo de absorción y de la concentración de iones individuales presentes en la solución nutritiva. Estas reacciones pueden darse por competencia no específica pero también por efectos de competencia entre transportadores Mengel y Kirkby (2000). Citado por Khalajabadi (2012).

Dos de las tres relaciones mostradas se encuentran en los rangos de deficiencia de Potasio (K) lo que indica que aunque en el suelo hayan niveles suficientes de potasio, como lo muestran los resultados de los análisis de suelos, los niveles elevados de Calcio (Ca) no permiten que la planta absorba de manera adecuada el potasio.

En otras palabras la presencia de cantidad suficiente de elementos nutritivos en el suelo no garantiza la correcta nutrición de las plantas, puesto a que estos elementos han de encontrarse en formas moleculares que permitan su asimilabilidad por la vegetación.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 16: relación de elementos presentes en el suelo en el levantamiento de la línea base en las localidades de Buenavista-San Marcos y Chinulito-Colosó.

ID	Relación Ca/Mg	Relación (Ca+Mg)/K	Relación Mg/K
Buenavista	1,4	81,4	33,7
	0,8	108,3	61,2
	0,6	97,4	60,9
Colosó	1,4	106,1	45,1
	0,9	127,4	68,5
	0,9	101,8	52,8

Fuente: Autor.

DESCRIPCIÓN DE PERFILES

COLOSÓ

Tabla 17: Descripción del perfil de suelo en Colosó, corregimiento de Chinulito durante el levantamiento de la línea base.

Horizontes	Descripción
Ap (0 – 16 cm)	Horizonte mineral, de acumulación de materia orgánica, que se forma en la superficie o adyacentes a ella, con pérdida de aluminio (Al), Hierro (Fe) o arcillas (A), con concentraciones resultantes de cuarzo, arenas o limos, que ha tenido perturbación por cultivo o pastoreo. Colores en Húmedo pardo oscuro a pardo (7.5 YR 4/4); textura Arcillo (Ar); estructura bloques sub angulares de clase muy fina a finos, con grado moderado; consistencia en seco ligeramente duro, en húmedo friable y mojado ligeramente pegajoso y plástico; con mucha presencia de raíces con tamaños de medios a finas, distribuidas de manera normal y ubicadas en el horizonte; cantidad de poros frecuentes con tamaños medios de forma tubulares y continuos; diferenciación (limite) del horizonte es gradual.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Bg (16 - 29 cm)	Horizonte sub superficial de iluminación de arcillas silicatadas, hierro (Fe), Aluminio (Al) o Humus, solos o en combinación, concentración residual de sesquióxidos o arcillas silicatadas, que se han formados por medios diferentes a solución y remoción de carbonatos o sales más solubles, de coloraciones fuertes o más rojos que los de los horizontes supra adyacentes y subyacentes en el mismo secuum, con acumulación aluvial de materia orgánica. Condiciones estágnicas: designa horizontes en los que ocurre un patrón demoteado distinto que refleja condiciones de alternancia entre oxidación y reducción de sesquióxidos, causados por anegación o saturación estacional por agua superficial. Si los agregados están presentes (peds), el interior de los agregados mostrará colores de oxidación y las partes superficiales colores de reducción. Con estratificación vertical Colores en Húmedo rojo amarillento claro (5 YR 5/8), con moteados de color pardo oliva (2.5 Y 4/8), textura Franco Arcilloso (FAR); estructura bloques sub angulares de clase muy fina a fina, con grado débil; consistencia en seco dura, en húmedo friable y en mojado pegajoso; cantidad de poros pocos, con tamaños finos, de forma tubular, localizados en el perfil del horizonte; poca presencia de raíces, de tamaños finas en el horizonte; la diferenciación (limite) del horizonte es claro.
Cg 1 (29 – 56 cm)	Horizonte o capa mineral que excluye la roca madre, la cual puede ser Igual o diferente del material de formación, con poca afectación de los procesos edafogenéticos y con ausencia de propiedades características de A o B, sin estructura. Condiciones estágnicas: designa horizontes en los que ocurre un patrón demoteado distinto que refleja condiciones de alternancia entre oxidación y reducción de sesquióxidos, causados por anegación o saturación estacional por agua superficial. Si los agregados están presentes (peds), el interior de los agregados mostrará colores de oxidación y las partes superficiales colores de reducción. Con estratificación vertical Colores en Húmedo pardo grisáceo (2.5 Y 5/2), con moteados de color rojo amarillento (5 YR 5/2), textura Arcillo (Ar); sin estructura (suelta); consistencia en seco muy dura, en húmedo muy friable y mojado muy pegajoso; muy poca presencia de raíces, de tamaños muy finas; cantidad de muy pocos de formas irregulares y discontinuos.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Cg 2 (56 – x cm)	Horizonte o capa mineral que excluye la roca madre, la cual puede ser Igual o diferente del material de formación, con poca afectación de los procesos edafogenéticos y con ausencia de propiedades características de A o B, sin estructura. Condiciones estágnicas: designa horizontes en los que ocurre un patrón demoteado distinto que refleja condiciones de alternancia entre oxidación y reducción de sesquióxidos, causados por anegación o saturación estacional por agua superficial. Si los agregados están presentes (peds), el interior de los agregados mostrará colores de oxidación y las partes superficiales colores de reducción. Con estratificación vertical Colores en Húmedo pardo grisáceo (2.5 Y 6/6), con moteados de color gris verdoso (6/10GY), textura Arcillo (Ar); sin estructura (suelta); consistencia en seco muy dura, en húmedo muy friable y mojado muy pegajoso; muy poca o nulas presencia de raíces, de tamaños muy finas; cantidad de muy pocos de formas irregulares y discontinuos
---------------------	--

Fuente: José Contreras (2018).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

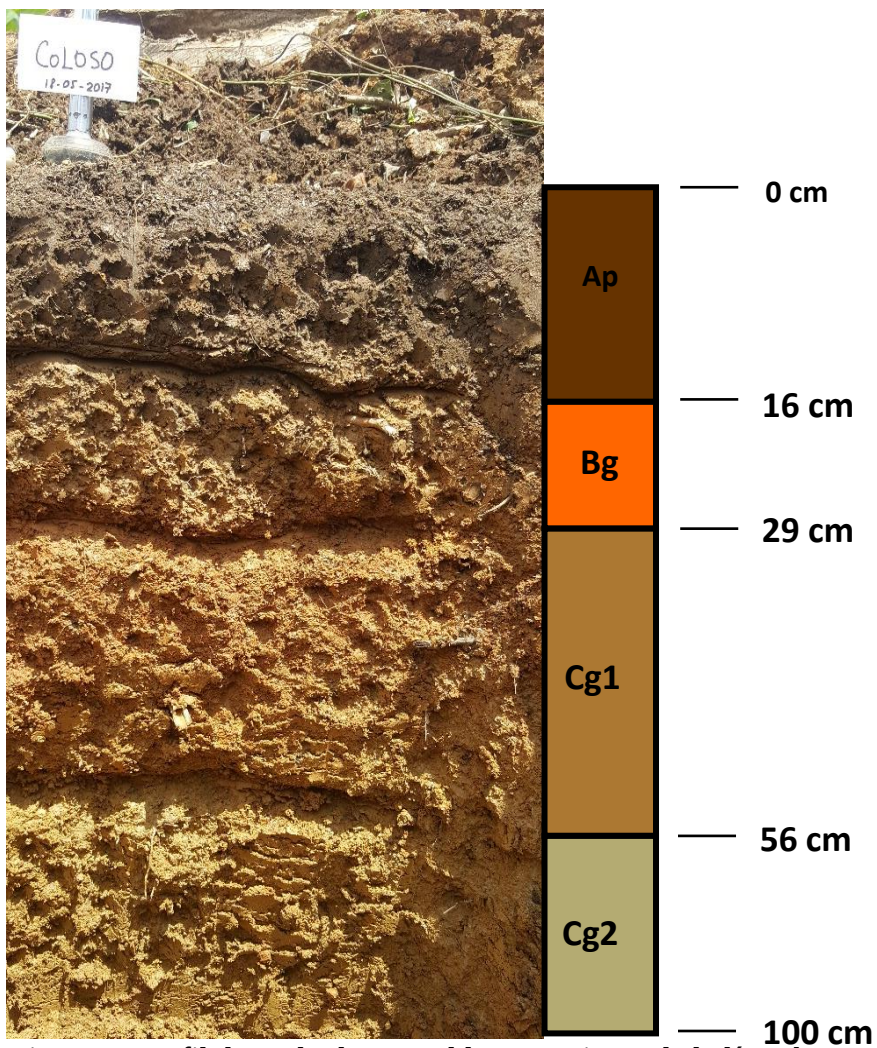


Figura 4: Perfil de suelo durante el levantamiento de la línea base en la localidad de Chinulito - Colosó.

EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

BUENAVISTA

Tabla 18: Descripción del perfil de suelo en San Marcos, corregimiento de Buenavista durante el levantamiento de la línea base.

Horizontes	Descripción
Ap (0 – 14 cm)	Horizonte mineral, de acumulación de materia orgánica, que se forma en la superficie o adyacentes a ella, con pérdida de aluminio (Al), Hierro (Fe) o arcillas (A), con concentraciones resultantes de cuarzo, arenas o limos, que ha tenido perturbación por cultivo o pastoreo. Colores en Húmedo pardo (7.5 YR 5/3); textura Arcillo arenosa (ArA); estructura bloques angulares de clase media, con grado fuerte; consistencia en seco ligeramente duro, en húmedo suelto y mojado pegajoso y plástico; con mucha presencia de raíces con tamaños de medios a finas, distribuidas de manera normal y ubicadas en el horizonte; cantidad de poros muchos con tamaños medios de forma tubulares y continuos; diferenciación (limite) del horizonte es gradual.
AB (14 – 27 cm)	Horizonte transicional dominado por propiedades de un horizonte mayor pero con propiedades de otro subordinado, se usa dos letras mayúsculas como AB, EB, BE y BC. El símbolo del horizonte mayor que se encuentra primero, designa el tipo de horizonte cuyas propiedades dominan el horizonte transicional Colores en Húmedo pardo amarillento (10 YR 5/6), textura Franco Limosa (FL); estructura bloques sub angulares de clase fina, con grado moderado; consistencia en seco dura, en húmedo suelta y en mojado ligeramente pegajoso; cantidad de poros muchos, con tamaños finos, de forma tubular, localizados en el perfil del horizonte; poca presencia de raíces, de tamaños finas en el horizonte; la diferenciación (limite) del horizonte es claro.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Bw (27 – 46 cm)	Horizonte sub superficial de iluminación de arcillas silicatadas, hierro (Fe), Aluminio (Al) o Humus, solos o en combinación, concentración residual de sesquióxidos o arcillas silicatadas, que se han formados por medios diferentes a solución y remoción de carbonatos o sales más solubles, de coloraciones fuertes o más rojos que los de los horizontes supra adyacentes y subyacentes en el mismo secuum, con acumulación aluvial de materia orgánica. Colores en Húmedo pardo amarillento (10 YR 5/8), textura Franco Arcilloso (FL); estructura en migajones de clase muy fina a fina, con grado débil; consistencia en seco ligeramente dura, en húmedo friable y en mojado ligeramente pegajoso; cantidad de poros pocos, con tamaños finos, de forma tubular, localizados en el perfil del horizonte; poca presencia de raíces, de tamaños finas en el horizonte; la diferenciación (limite) del horizonte es claro.
C (46 – 67 cm)	Horizonte o capa mineral que excluye la roca madre, la cual puede ser Igual o diferente del material de formación, con poca afectación de los procesos edafogenéticos y con ausencia de propiedades características de A o B, sin estructura. Colores en Húmedo pardo grisáceo (2.5 Y 6/6), textura Arenosa (A); sin estructura (suelta); consistencia en seco muy dura, en húmedo muy friable y mojado no pegajoso no plástico; muy poca o nulas presencia de raíces, de tamaños muy finas; cantidad de muy pocos de formas irregulares y discontinuos
CR (67 – x cm)	Horizonte o capa mineral que excluye la roca madre, la cual puede ser Igual o diferente del material de formación, con poca afectación de los procesos edafogenéticos y con ausencia de propiedades características de A o B, sin estructura. Colores en Húmedo con matriz principal de color pardo amarillento (10 YR 5/8), matriz secundaria de color gris claro (2.5 Y 7/1), textura Arenosa (A) mezclado con fragmentos rocosos finos a medios; sin estructura (suelta); consistencia en seco muy dura, en húmedo muy friable y mojado muy pegajoso; muy poca o nulas presencia de raíces, de tamaños muy finas; cantidad de muy pocos de formas irregulares y discontinuos

Fuente: José Contreras (2018).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

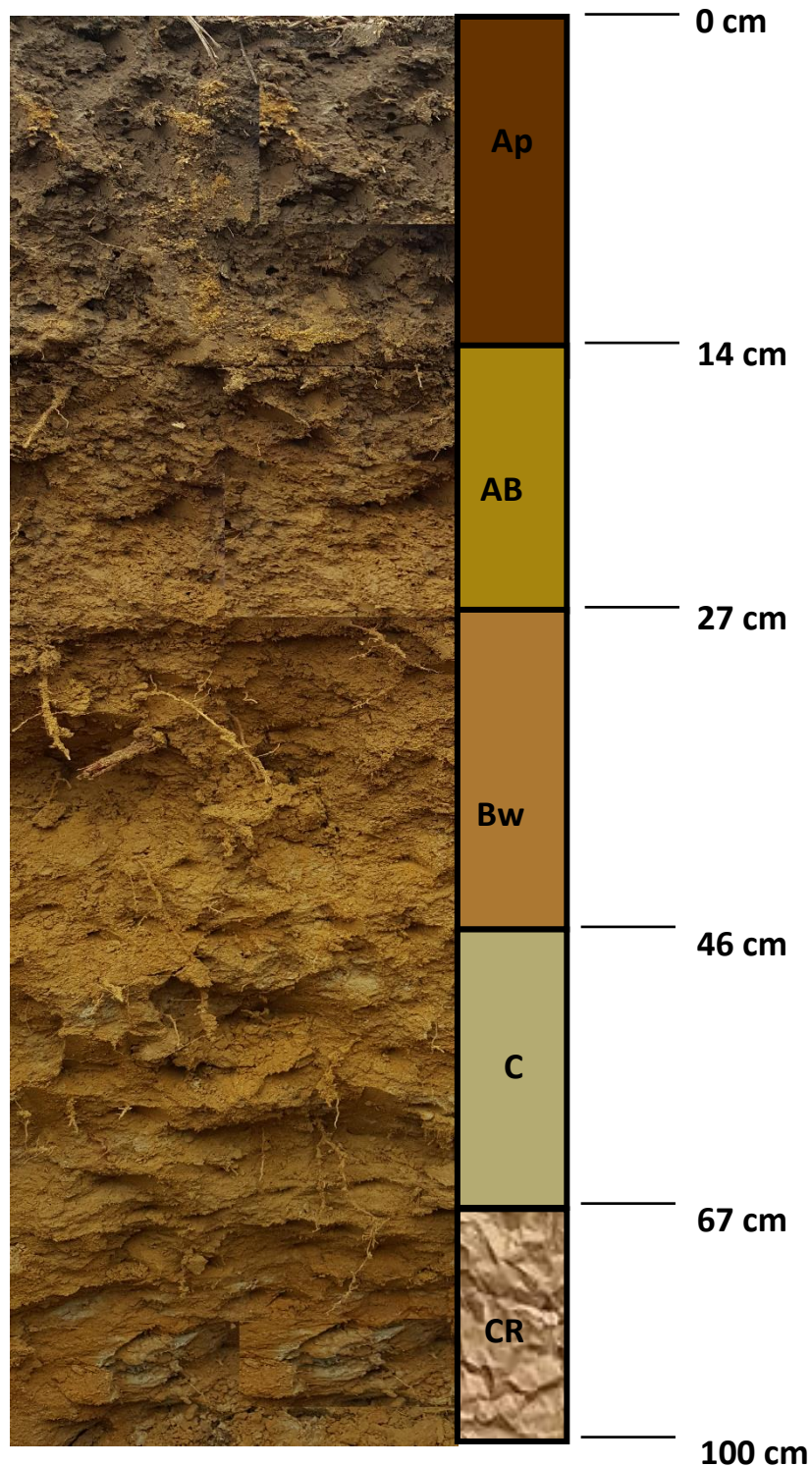


Figura 5: Perfil de suelo en el levantamiento de la línea base en la localidad de Buenavista – San Marcos.

EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Evaluación de parámetros fisicoquímicos de suelo después de un año de establecimiento de los SAFs.

Los resultados obtenidos en la línea base de las variables fisicoquímicas de suelo, no fueron incluidos en los análisis estadísticos, por tal motivo este, solo se utilizaron como referencia del estado inicial del terreno, contrastados con un año después del establecimiento de los SAFs.

Resistencia Mecánica a la Penetración RMP

El ANOVA realizado para la variable Resistencia Mecánica a la Penetración (RMP) en ambas localidades (Buenavista-San Marcos, Chinulito-Colosó) mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) entre las profundidades evaluadas, Anexo 1 y Anexo 2 respectivamente.

Después de un año de establecidos los sistemas agroforestales, la variable RMP mostró, tanto para San Marcos, corregimiento Buenavista, como para Colosó, corregimiento Chinulito, valores menores dentro de las profundidades evaluadas, respecto a los reportados en el levantamiento de la línea base (Figura 6) y (Figura 7), obteniendo valores para San Marcos se obtuvo que a los 10 cm disminuyo el valor de RMP manteniéndose en su clasificación como un suelo blando, a los 20cm el suelo paso de ser un suelo con ligera restricción al desarrollo radicular a ser un suelo blando, a los 30cm a pesar que disminuyo el valor con respecto al establecido en línea base su clasificación se mantuvo en un suelo con ligera restricción para el crecimiento de las raíces, Pla (1996).

Para Colosó, se obtuvo según su clasificación a los 10 a 20 cm paso de ser un suelo con ligera restricción al desarrollo radicular a ser un suelo blando, mientras a los 40cm a pesar de disminuir el valor reportado con respecto a la línea base se mantuvo en el rango de suelos con ligera restricción radicular, Pla (1996).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

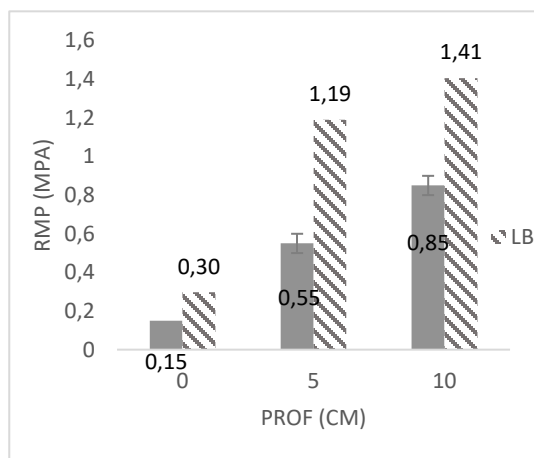


Figura 6: Resistencia Mecánica a la Penetración del suelo a diferentes profundidades en línea base y SAFs después de un año de establecidos para la localidad de Buenavista –San Marcos.

Fuente: Autor.

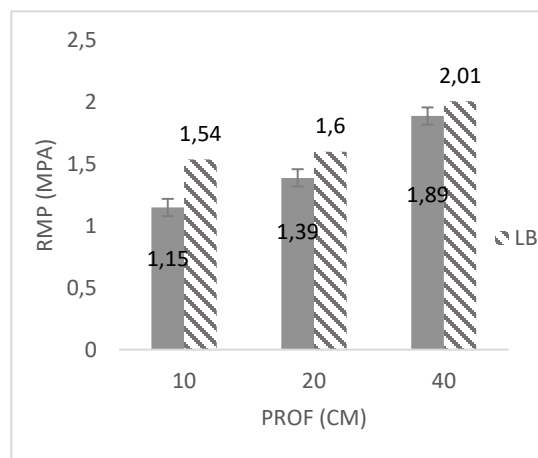


Figura 7: Resistencia Mecánica a la Penetración del suelo a diferentes profundidades en línea base y SAFs después de un año de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

Densidad Aparente (Da)

El ANOVA realizado para la variable Da en ambas localidades (Buenavista-San Marcos, Chinulito-Colosó) no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) en profundidad y SAFs, anexo 3 y anexo 4 respectivamente.

La variable Da después de un año de establecidos los SAFs, presento para San Marcos, corregimiento Buenavista, valores mayores dentro de los tratamientos, a los reportados en el levantamiento de la línea base (Figura 8), los valores encontrados después de un año de establecidos los SAFs, oscilan entre 1,37 a 1,43 kg/cm³, a diferencia de los reportados en la línea base, 1,34 gr/cm³, a pesar del aumento de este valor se mantuvo en el rango de suelos ideales para el desarrollo de la planta, a diferencia del SAF 1 que mostro un valor por encima pero muy cercano al ideal, según USDA (1999).

Para Colosó, corregimiento Chinulito, La variable Da después de un año de establecidos los SAFs, mostro valores mayores con respecto a la línea base, en los SAF 1 y SAF 3, mientras que el SAF 2 evidencio un valor menor con respecto a la línea base (Figura



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

9), los valores reportados después de un año de establecidos los SAFs, para el SAF1 y SAF 3, fueron, 1,18 y 1,17gr/cm³ respectivamente, mientras que el obtenido en el SAF 2, fue 1,11 gr/cm³, a diferencia del reportado en la línea base 1,14 gr/cm³. Evidenciando valores cercanos al ideal para el desarrollo radicular en suelos arcillosos, Según USDA (1999).

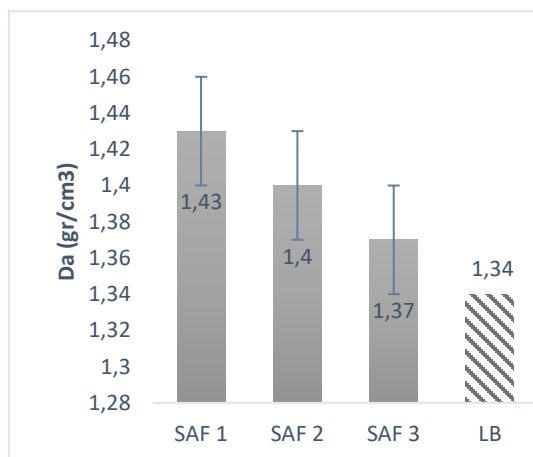


Figura 8: Densidad Aparente del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Buenavista- San Marcos.

Fuente: Autor.

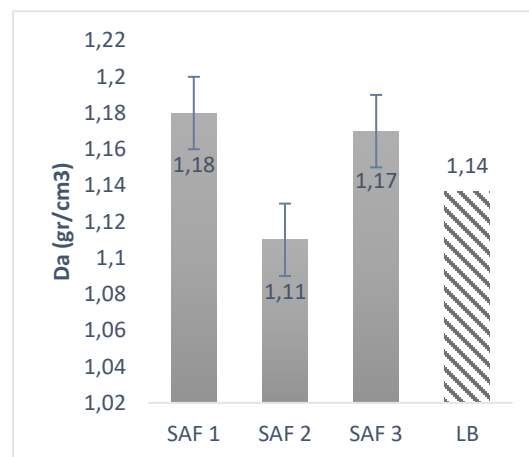


Figura 9: Densidad Aparente del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

Porcentaje de Humedad (%W)

El ANOVA realizado para la variable %W en ambas localidades (Buenavista-San Marcos, Chinulito-Colosó) no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) en profundidad y SAF, anexo 5 y anexo 6 respectivamente.

Después de un año de establecidos los SAF la variable %W mostro, para San Marcos, corregimiento Buenavista valores mayores en los SAFs con respecto a los evidenciados en el levantamiento de la línea base (Figura 10), los porcentajes de % W obtenidos en los SAF oscilan entre 41,83 a 43,44 %, a diferencia del determinado a partir del levantamiento de la línea base 19,37 %.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Para Colosó, corregimiento Chinulito, Después de un año de establecidos los SAF se obtuvieron valores de %W que oscilan entre 43,5 a 44,94 %, evidenciando valores mayores en los SAFs con respecto al obtenido en el levantamiento de la línea base 41,85% (Figura 11).

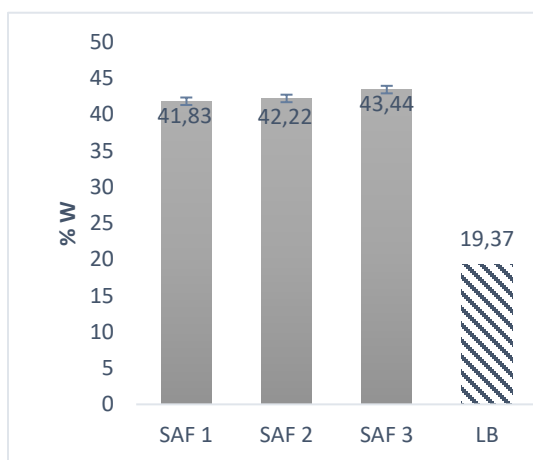


Figura 10: Porcentaje de Humedad del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.

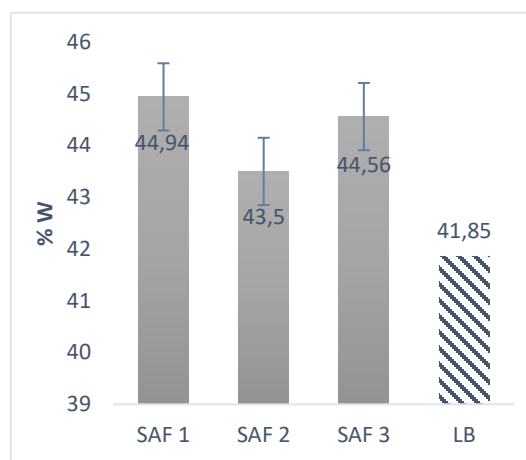


Figura 11: Porcentaje de Humedad del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

Porosidad Total

El ANOVA realizado para la variable Porosidad Total en ambas localidades (Buenavista-San Marcos, Chinulito-Colosó) no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) en profundidad y SAFs, anexo 7 y anexo 8 respectivamente.

Después de un año de establecidos los SAFs, la variable porosidad total mostró, para San Marcos, corregimiento Buenavista, valores menores con respecto a los reportados en la línea base (Figura 12), para los SAFs, con porcentajes de porosidad total que oscilan entre 40,9% a 43,69%, a diferencia del evidenciado en el levantamiento de la línea base 48,29 %, clasificándose como suelos con baja porosidad total tanto en los SAFs como en la línea base.

Para Colosó, un año después de establecidos los SAF se evidencio valores de porosidad total del suelo menores, con respecto a los obtenidos en el levantamiento de la



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

línea base (Figura 13), Mostrando diferencias significativas el SAF 1, con respecto al SAF 2 y SAF 3, que no muestran diferencias significativas entre sí. Los valores de porosidad total en los SAFs se encontraron en un rango de 48,43 a 53,73 %, a diferencia del reportado en la evaluación de la línea base 56,82%, clasificándose esta variable, baja en el SAF 1, satisfactoria en los SAF 2 y SAF 3, excelente en el reportado en la línea base. Según Jaramillo (2002).

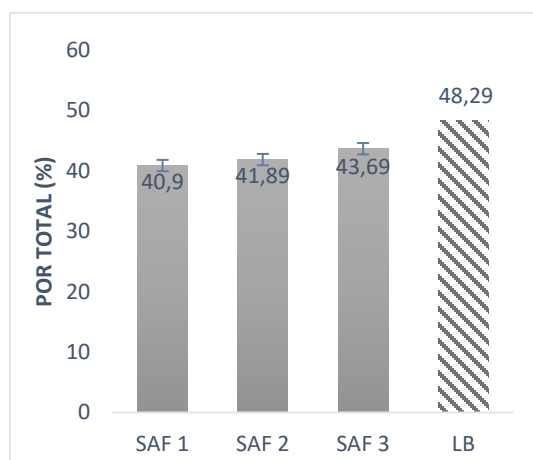


Figura 12: Porosidad total del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Buenavista- San Marcos.

Fuente: Autor.

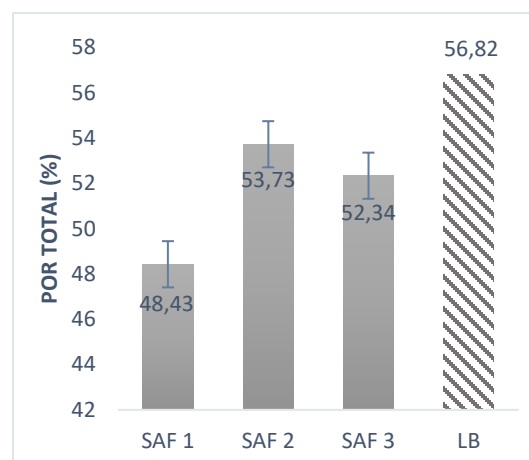


Figura 13: Porosidad total del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

Macro y Microporosidad

El ANOVA de la variable Macroporosidad para la localidad de San Marcos, corregimiento Buenavista, evidencio diferencias significativas en los SAFs ($p < 0,05$) anexo 9, mientras en la localidad de Chinulito-Colosó no mostro diferencias significativas en profundidad y SAFs ($p > 0,05$), anexo 10.

Después de un año de establecidos los SAFs las variables Macroporosidad y Microporosidad, en la localidad de, San Marcos, corregimiento Buenavista, se obtuvieron valores mayores de macroporos en el SAF 2, con respecto a los obtenidos en la línea base, mientras los porcentajes obtenidos en los SAF 1 y SAF 3 mostraron valores menores al



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

obtenido en la línea base (Figura 14), los valores obtenidos en los SAFs se evidenciaron, para SAF 2 de 12,84 %, SAF 3 y SAF 1, con valores de 11,02 y 11,03 % respectivamente y para la línea base 11,22 %.

Se evidencia una amplia desproporción entre las variables Macroporosidad y Microporosidad. En la localidad de Colosó, corregimiento Chinulito la Macroporosidad después de un año de establecidos los SAF, evidencio valores mayores a los reportados en la línea base (Figura 15), los porcentajes obtenidos en los SAFs oscilan entre 12,24% a 13,53% con respecto al obtenido en la línea base 10,49.

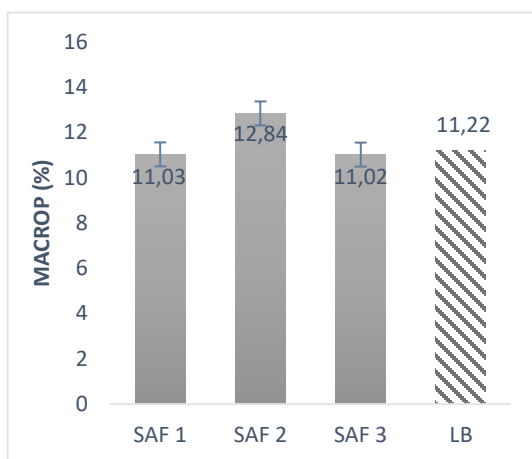


Figura 14: Macroporosidad del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.

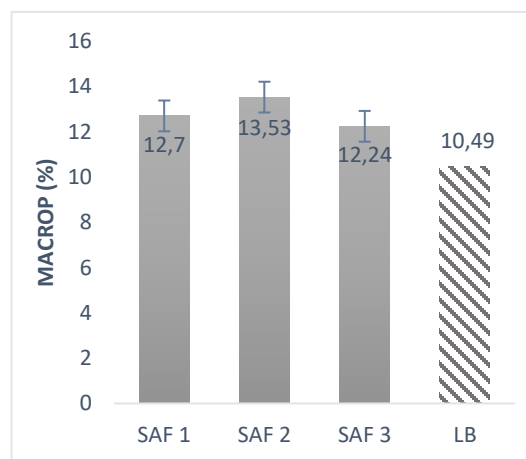


Figura 15: Macro porosidad del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

El ANOVA realizado para la variable Microporosidad en ambas localidades (Buenavista-San Marcos, Chinulito-Colosó) no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) en profundidad ni SAFs, anexo 11 y anexo 12 respectivamente.

La variable Microporosidad evidencio valores mayores en los SAFs 2 y 3, con respecto a los porcentajes obtenidos en el levantamiento de la línea base, el SAF 1 mostro valores menores a los captados en la línea base, los porcentajes reportados para los SAFs 2 y 3 fueron 36,40 y 40,06 % respectivamente, para el SAF 1 el porcentaje de microporos fue 34,54 % y para la línea base 34,97 %.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

En cuanto la variable Microporosidad después de un año de establecidos los SAFs, se obtuvo valores menores dentro de los SAFs con respecto a los reportados en la línea base (Figura 17), los porcentajes de microporos obtenidos en los SAFs se encuentran entre 43,22 a 46,64 %, a diferencia de los reportados en el levantamiento de la línea base 48,13 %. A pesar de existir una desproporción entre las dos variables, en los SAFs la diferencia entre estas es menor con respecto a la diferencia presente en la línea base. Según Bayer, et al, (1993), citado por Jaramillo, (2002), se considera un suelo como ideal cuando los macroporos y microporos se encuentran en igual proporción, agrega, cuando la Macroporosidad es menor a 10% , se restringe la proliferación de las raíces.

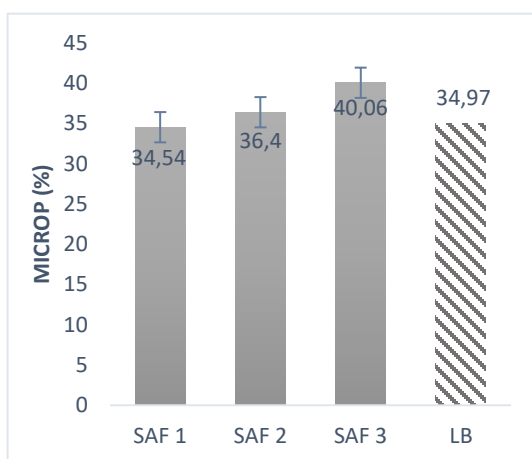


Figura 16: Microporosidad del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.

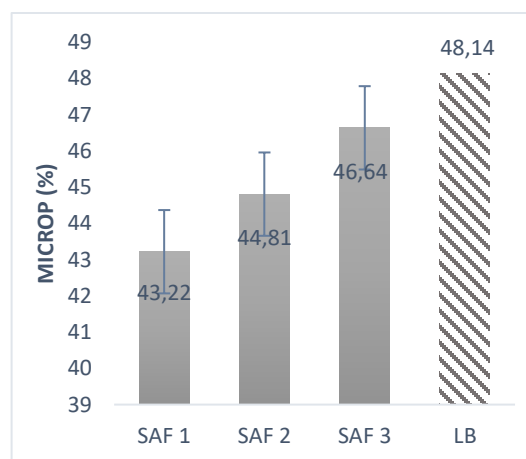


Figura 17: Microporosidad del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

Estabilidad estructural

El ANOVA de la variable Diámetro Medio Ponderado (DMP) para la localidad de San Marcos, corregimiento Buenavista, evidenció diferencias significativas en los SAFs y Profundidad ($P > 0,05$), anexo 13, mientras para la localidad Chinulito-Colosó hubo diferencias significativas solo entre SAFs ($P > 0,05$), anexo 14.

Después de un año de establecidos los SAFs, la variable DMP mostró, para San Marcos, corregimiento Buenavista, valores mayores en el SAF 2 a los reportados en la línea



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

base, a diferencia de los obtenidos en el SAF 1 y SAF3, (Figura 18), en el SAF 2 se obtuvo un valor 0,93 mm, mientras que en el SAF 1 y SAF 3 los valores fueron 0,74 mm y 0,42 mm, respectivamente, siendo menores a los reportados en línea base 0,78 mm, clasificándose tanto los SAFs como línea base como suelos ligeramente estables según SENA (2013).

Para Colosó, corregimiento Buenavista la variable DMP después de un año de establecidos los SAFs, evidencio valores menores con respecto al obtenido en el levantamiento de la línea base, mostrando diferencias significativas entre los SAF 1 Y SAF 3, mientras el SAF 2 no tuvo diferencias significativas con los tratamientos antes mencionado (Figura 19). Los valores de DMP en los SAFs se encontraron en un rango entre 1,08 a 1,4 mm, clasificándose como suelos ligeramente estables, evidenciando valores menores con respecto al calculado en la línea base 1,62mm clasificado como suelo moderadamente estable, SENA (2013).

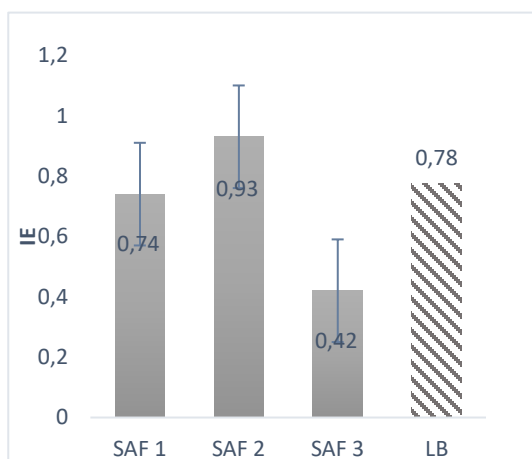


Figura 18: Estabilidad Estructural del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.

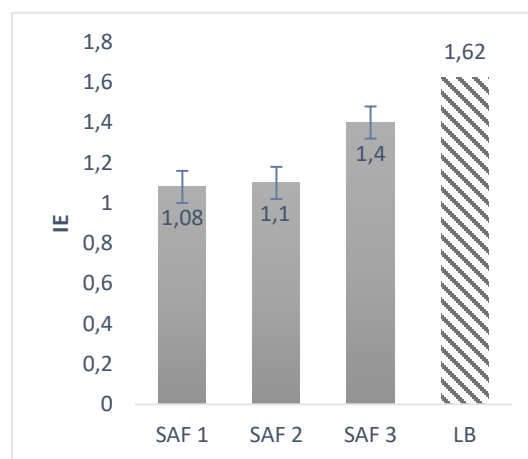


Figura 19: Estabilidad Estructural del suelo en línea base y en los SAFs un año después de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

% W Aprovechable

El ANOVA realizado para la variable %W Aprovechable en ambas localidades (Buenavista-San Marcos, Chinulito-Colosó) no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) en profundidad y SAFs, anexo 15 y anexo 16 respectivamente.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Después de un año de establecidos los SAFs, la variable agua aprovechable mostro, para San Marcos, corregimiento Buenavista, valores mayores en el SAF 3 con respecto a la línea base, mientras los SAF 1 y SAF 2 reflejo valores menores a los establecidos en la línea base (Figura 20). El valor de agua aprovechable en el SAF 3 fue de 4,61% mientras los reportados en los SAF 1 y SAF 2 oscilo entre 4,16% a 4,52%, mientras el valor de línea base reportado fue 4,6 %, considerándose como porcentajes muy bajos de agua aprovechable tanto los reportados en la línea base con en los SAFs, SENA (2013).

Para Colosó, corregimiento Chinulito, los valores obtenidos después de un año de establecidos los SAFs en cuanto a la variable porcentaje de agua aprovechable, los SAFs muestran valores menores con respecto a la línea base (Figura 21), los valores reportados oscilan entre 4,13% a 4,65 %, a diferencia de los reportados en la línea base 5,12 %, clasificándose como suelos con muy bajo contenido de humedad tanto los reportados en la línea base como en los SAFs, SENA (2013).

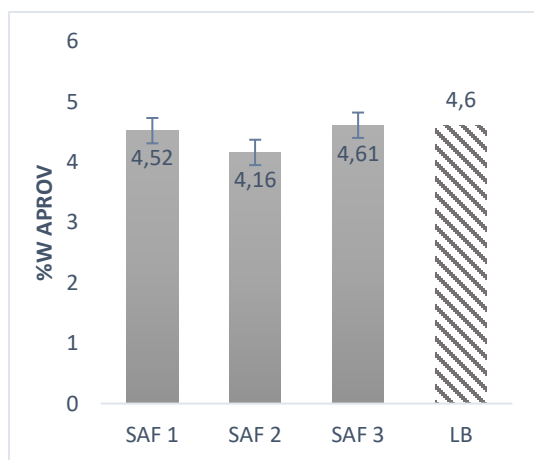


Figura 20: Agua Aprovechable del suelo en línea base y dentro de los SAFs después de un año de establecidos para la localidad de Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.

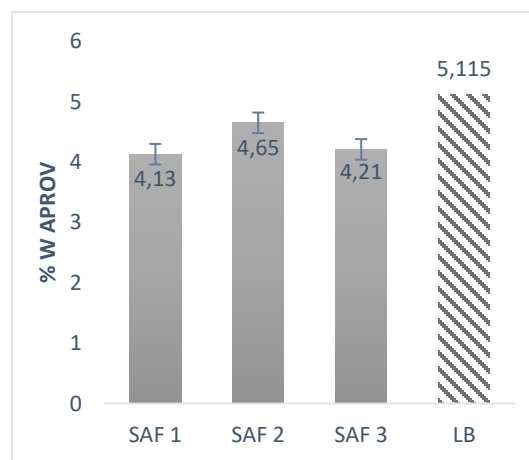


Figura 21: Agua Aprovechable del suelo en línea base y dentro de los SAFs después de un año de establecidos para la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

pH

Los anexos 17 y 18, muestran los ANOVA de pH para las localidades de Colosó, corregimiento Chinulito y San Marcos, corregimiento Buenavista respectivamente, para la



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

localidad de Colosó se puede ver que hay significancia tanto en los SAFs como en profundidad ($p < 0,05$), a diferencia del ANOVA realizado para esta variable en Buenavista, donde no se evidencian diferencia significativa en las profundidades y SAFs evaluados para los diferentes arreglos (SAF).

Para la localidad de Colosó los valores de pH disminuyeron respecto a los obtenidos en línea base; el pH encontrado en los SAFs luego de un año de la intervención fue medianamente ácido y va de 5,63 a 5,91, rango menor al registrado en línea base que tuvo un valor de 6,03, como se observa en la figura 22.

Los resultados de pH no solo disminuyeron entre SAFs sino también en profundidad, los dos mayores valores de cambio se evidencian de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm (Figura 22).

Mientras que como se puede ver en el ANOVA; para la localidad de Buenavista no hay diferencia significativa entre los SAFs y mucho menos en las profundidades estudiadas debido a que los aumentos y/o disminuciones presentadas son relativamente pequeñas como lo muestran en las anteriores gráficas, por tanto la variación para este caso se encuentra en un rango de error estadístico inapreciable; no obstante los valores de pH obtenidos siguen estando en los rangos de ligeramente ácido y neutro (valores entre 6,1 y 6,5) y (valores entre 6,6 y 7,3) respectivamente, según Molina, (2002).



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

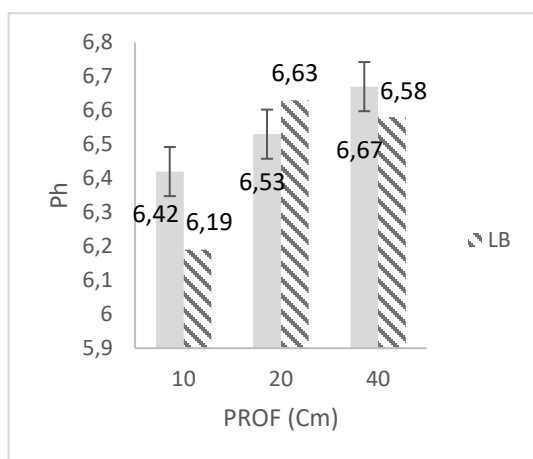


Figura 22: pH a diferentes profundidades en línea base y después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

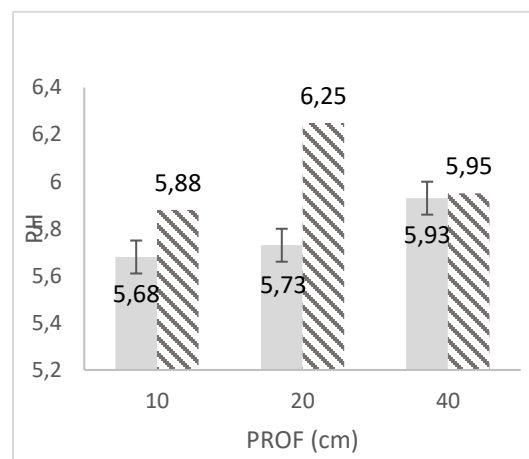


Figura 23: pH a diferentes profundidades en línea base y después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.

Conductividad eléctrica (C.E)

Los anexos 19 y 20, muestran los ANOVA de C.E para las localidades de Colosó, corregimiento Chinulito y San Marcos, corregimiento Buenavista respectivamente, para ambas localidades se encontró diferencia altamente significativa ($p < 0,0001$), en las profundidades evaluadas, dentro de tres arreglos agroforestales con Cacao (SAF).

En Colosó los valores de C.E disminuyeron para las profundidades de 0 a 10 y 20 a 40 cm, mientras que, para Buenavista, los valores de CE aumentaron para las profundidades de los estratos inferiores con respecto a los datos de línea base, pero la salinidad sigue siendo inapreciable a pesar del aumento ya que todos los resultados obtenidos un año después de la intervención siguen estando en el rango “no salinos” para ambas localidades (valores entre 0 y 0.98) según López, et. al. (2015).

EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

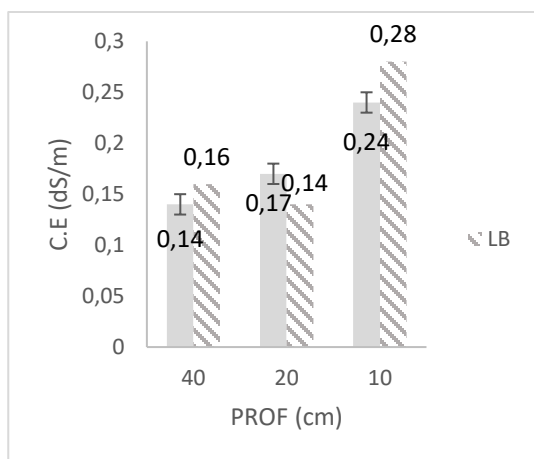


Figura 24: Conductividad Eléctrica a diferentes profundidades en línea base y después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

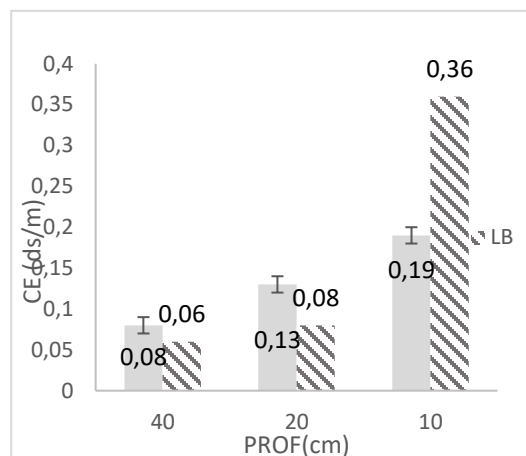


Figura 25: Conductividad Eléctrica a diferentes profundidades en línea base y después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.

% Materia orgánica (%M.O)

Los anexos 21 y 22, muestran los ANOVA de %M.O para las localidades de Colosó, corregimiento Chinulito y San Marcos, corregimiento Buenavista respectivamente, para ambas localidades se evidencia alta diferencia significativa en las profundidades analizadas, ($p < 0,0001$).

Los valores de % de M.O variaron en profundidad, aumentaron significativamente en los dos estratos inferiores evaluados de las dos localidades, (de 10 a 20 cm y de 20 a 40 cm); aunque para Colosó en el primer estrato, (de 0 a 10 cm) disminuyó, el valor sigue estando en un rango alto % M.O entre 2,6 y 3,5 siendo el valor encontrado un año después de la intervención en el primer estrato de 3,13; para Buenavista se sigue estando en el rango “bajo” (valores entre 1 y 1,9), la profundidad superior aumentó también pero sigue estando en el rango “normal” según Molina (2002).

EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

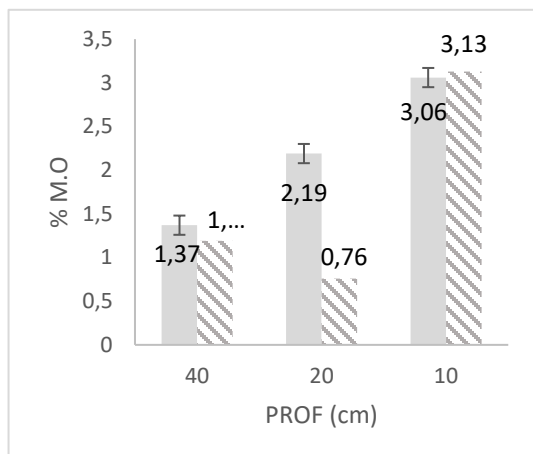


Figura 26: Porcentaje de Materia Orgánica (%M.O.) a diferentes profundidades en línea base y después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

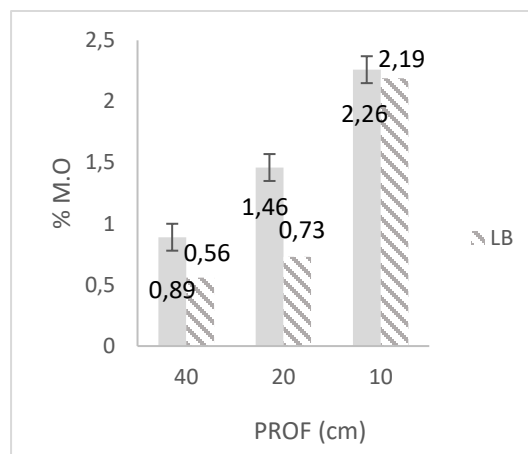


Figura 27: Porcentaje de Materia Orgánica (%M.O.) a diferentes profundidades en línea base y después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.

Azufre (S)

Los Anexos 23 y 24, muestran los ANOVA de S para las localidades de Colosó, corregimiento Chinulito y San Marcos, corregimiento Buenavista respectivamente se evidencia que para las dos localidades hay diferencia significativa entre las profundidades evaluadas, ($p < 0,05$).

Los niveles de S, para la localidad de Colosó aumentaron significativamente en las dos profundidades superiores evaluadas (de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm) mientras que de (20 a 40 cm), se encontraron valores inferiores a los encontrados al hacer el levantamiento de línea base, sin embargo, en promedio en Colosó el elemento S pasó de estar en niveles bajos a tener niveles suficientes (valores entre 6 y 12).

Por otro lado para la localidad de Buenavista los niveles de S variaron en todas las profundidades evaluadas, para las dos primeras disminuyeron y para la profundidad de 20 a 40 cm aumentó, sin embargo en los datos de línea base se tenía que los valores de S para las profundidades de 0 a 10 y de 10 a 20, se encontraban en los rangos de suficiente (valores

EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

entre 6 y 12), mientras que un año después de la intervención los valores de S para todas las profundidades se encuentran en el rango bajo (valores entre 3 y 6), Osorio (2012).

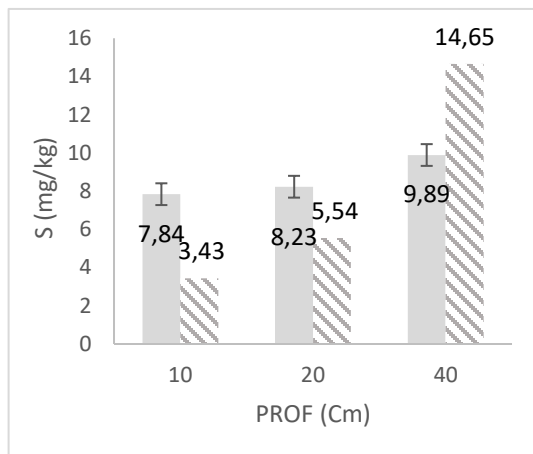


Figura 28: Azufre (S) en el suelo a diferentes profundidades dentro de SAFs (línea base y un año después de establecidos) en localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

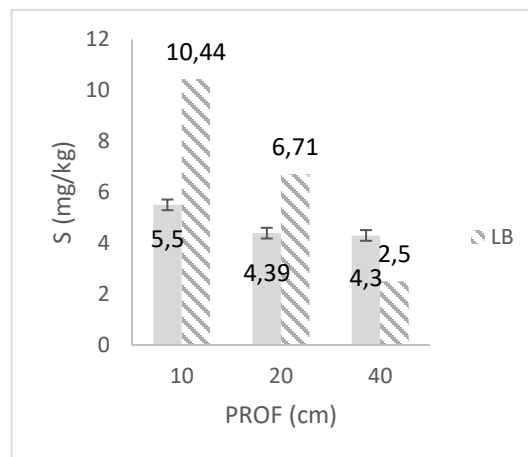


Figura 29: Azufre (S) en el suelo a diferentes profundidades dentro de SAFs (línea base y un año después de establecidos) en localidad de Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.

Fosforo (P)

Para las localidades de Colosó, corregimiento Chinulito y San Marcos, corregimiento Buenavista se obtuvo que valores de $P < 3,87$ entre SAFs y profundidades evaluadas, por tanto dichos datos no fueron corridos estadísticamente a la hora de hacer los análisis de varianza.

Dicho lo anterior se tiene deficiencias de P para ambas localidades debido a que este elemento se encuentra en un rango “muy bajo” según Osorio (2012).

Calcio (Ca)

Los anexos 25 y 26, muestran los ANOVA de Ca para las localidades de Colosó, corregimiento Chinulito y San Marcos, corregimiento Buenavista respectivamente, Para la localidad de Colosó se obtuvo diferencia significativa entre los SAFs, Mientras que para



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Buenavista no se registró diferencia significativa dentro de los SAFs ni las profundidades evaluadas.

Luego de un año de haber intervenido, para la localidad de Colosó en los SAF 2 y SAF 3 se registró un aumento en los niveles de Ca, mientras que en el SAF 1 mostro valores a los reportados en la línea base ver figura 30, lo que fue benéfico aunque siguen estando dentro del rango “muy alto” (valores >9) lo cual conlleva a tener toxicidad por Ca. Según Osorio (2012).

En Buenavista las diferencias entre los valores obtenidos en línea base y los obtenidos un año después de la intervención no son significativos como es posible ver en el ANOVA, pero si han de tenerse en cuenta por lo que si hay diferencia numérica en los resultados debido a que hubo un aumento del elemento Ca tanto en los SAFs como en profundidad como se puede observar en las anteriores gráficas, para ambos casos se sigue registrando valores de Ca “muy altos” (valores >9), Osorio (2012).

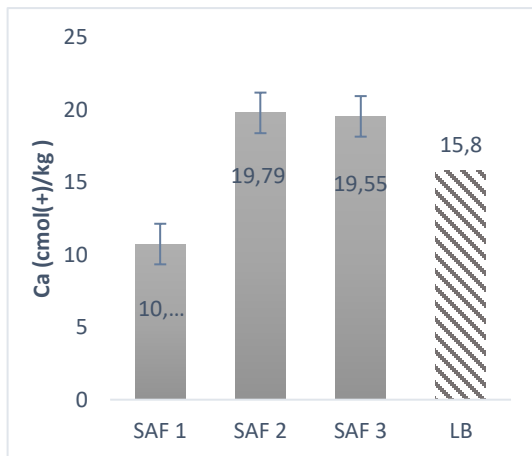


Figura 30: Calcio (Ca) en SAFs en línea base y un año después de establecidos, en la localidad de Chinulito- Colosó.

Fuente: Autor.

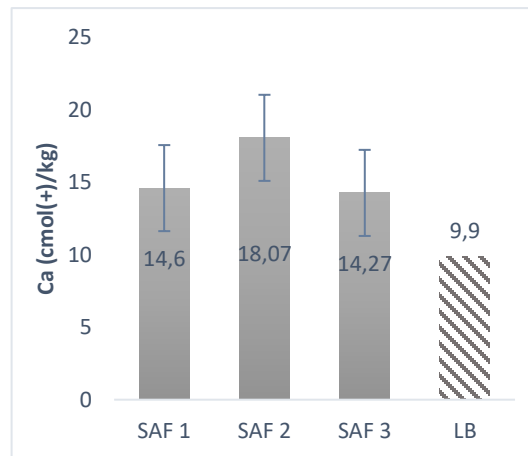


Figura 31: Calcio (Ca) en SAFs en línea base y un año después de establecidos, en la localidad de Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.

Magnesio (Mg)

Los Anexos 27 y 28, muestran los ANOVA de Mg para las localidades de Colosó, corregimiento Chinulito y San Marcos, corregimiento Buenavista respectivamente, Para



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

ambas localidades hay diferencia significativa entre los SAFs evaluados, Con la salvedad de que para la localidad de Colosó la diferencia significativa es alta ($p < 0,0001$).

Analizando los resultados obtenidos en el ANOVA se evidencia una disminución del elemento Mg en los SAFs establecidos en Colosó, con respecto a los datos promedio de línea base, en el SAF 1 se evidenció la mayor disminución y pasó de 14,84 un año antes de la intervención a 9,69, para esta misma localidad, En profundidad también se presenta una diferencia significativa, generalmente bajaron los niveles de Mg para todas las profundidades, siendo la profundidad de (10 a 20 cm) donde se presentó el mayor cambio paso de estar en línea base en 16,89 a 12,51 un año después de la intervención.

En Buenavista los niveles de Mg disminuyeron con respecto al valor promedio de línea base para el SAF2, mientras que para los SAF1 y SAF3 se registraron aumentos de este elemento, presentándose para este último mencionado el mayor de todos los valores de Mg, sin embargo los niveles de este elemento, al igual que en línea base, siguen estando para ambas localidades en el rango “muy alto” (valores > 3) según Osorio (2012).

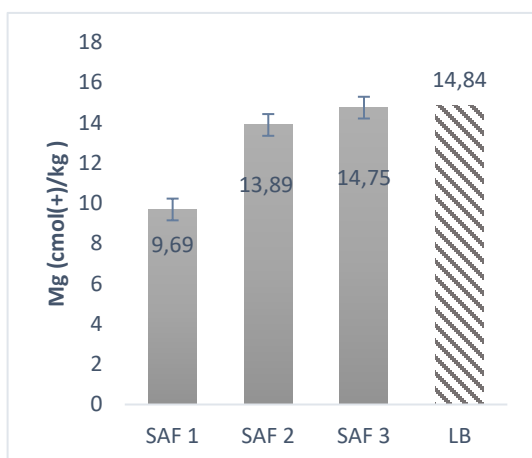


Figura 32: Magnesio (Mg) en SAFs en línea base y un año después de establecidos, en la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

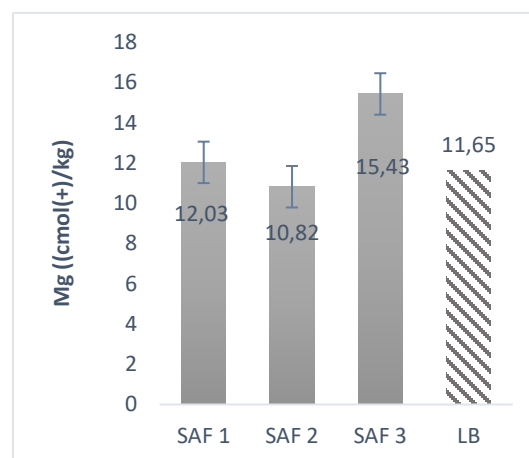


Figura 33: Magnesio (Mg) en SAFs en línea base y un año después de establecidos, en la localidad de Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Potasio (K)

Los Anexos 29 y 30, muestran los ANOVA de K para las localidades de Colosó, corregimiento Chinulito y San Marcos, corregimiento Buenavista respectivamente, Para Colosó se obtuvo diferencia significativa entre las profundidades evaluadas, Mientras que para Buenavista la diferencia significativa se obtuvo entre los SAFs evaluados; ($p < 0,05$).

Se obtuvo disminución del elemento K en Colosó para las tres profundidades evaluadas, los mayores cambios se presentaron en las dos profundidades inferiores, de 10 a 20 cm bajó de 0,25 a 0,18, mientras que de 20 a 40 cm, se registró el mayor cambio, bajó de 0,28 a 0,19.

En Buenavista los niveles de K variaron para cada uno de los SAFs evaluados, para los SAF 1 y SAF 2 se presentó una disminución de este elemento con respecto al valor promedio de línea base, mientras que para el SAF 3 se registró un aumento de la variable K, además de esto el K presente en el suelo se clasificó como suficiente según Osorio (2012).

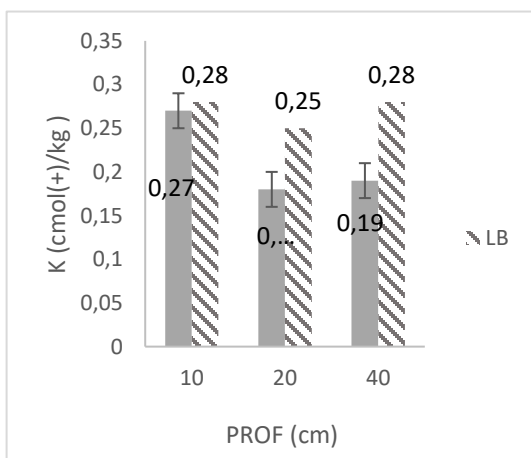


Figura 34: Potasio (K) en diferentes profundidades de suelos en SAF (línea base y un año después de establecidos) para localidad de Chinulito- Colosó.

Fuente: Autor.

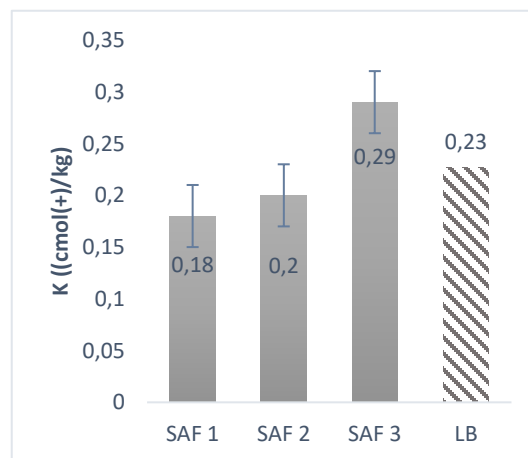


Figura 35: Potasio (K) en diferentes profundidades de suelos en SAF (línea base y un año después de establecidos) para localidad de Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.

EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Sodio (Na)

El anexo 31, muestra el ANOVA de Na para la localidad de Colosó, corregimiento Chinulito la cual presenta alta diferencia significativa en las profundidades evaluadas para los diferentes arreglos (SAF).

Los niveles de Na tuvieron una disminución altamente significativa con respecto a los valores obtenidos en línea base un año antes de la intervención, la disminución se presentó en todas y cada una de las profundidades evaluadas y pasaron a ubicarse en rangos de bajo (valores entre 0,5 y 1) y muy bajo (valores $<0,5$), (Osorio 2012), evidenciando así deficiencia de Na.

Los resultados de Na obtenidos para la localidad de Buenavista presentaron valores $< 0,14$ en los SAFs y profundidades evaluadas, por tanto, dichos datos no fueron corridos estadísticamente a la hora de hacer los análisis de varianza; sin embargo, el resultado obtenido para esta localidad indica al Igual que en la localidad de Buenavista, deficiencia de Na.

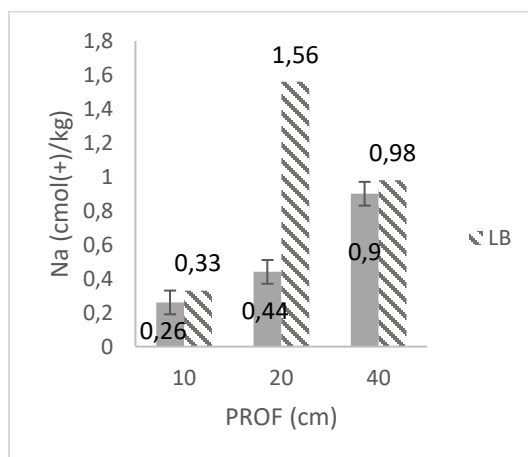


Figura 36: sodio (Na) en diferentes profundidades en suelo de parcelas SAF (línea base y un año después de establecidos) de la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Hierro (Fe)

Los anexos 32 y 33, muestran los ANOVA de Fe para las localidades de Colosó, corregimiento Chinulito y San Marcos, corregimiento Buenavista respectivamente, Para Colosó se obtuvo diferencia significativa en las profundidades y SAFs evaluados.

Para Colosó el elemento Fe evidenció un aumento significativo entre los SAFs con respecto al valor promedio de línea base, los SAF 2 y 3 a pesar del aumento siguen estando en el rango de “suficiente” (valores entre 25 y 50) mientras que para el SAF 1 los niveles de Fe pasaron a estar en el rango de “muy alto” (valores >100) En profundidad también se registró una diferencia significativa debido a que para las profundidades de 0 a 10cm y de 10 a 20 cm aumentaron los niveles de Fe, lo cual llevó a que este elemento en las dos profundidades mencionadas se ubicara en el rango de “muy alto” (valores >100), según Osorio (2012).

Las diferencias obtenidas entre los SAFs y entre las profundidades evaluadas en la localidad de Buenavista no son significativas, los valores de Fe para ambos casos anteriormente mencionados siguen encontrándose entre los rangos “muy bajo” (valores <10), “bajo” (valores entre 10 y 25) y “suficiente” (valores entre 25 y 50), Osorio (2012).

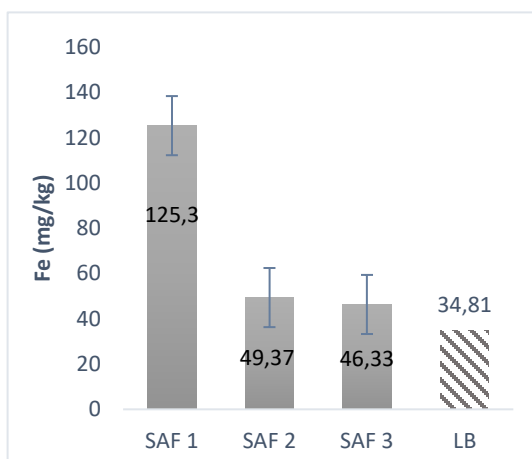


Figura 37: Hierro (Fe) en el suelo en parcelas SAF después de un año de establecidos en la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.

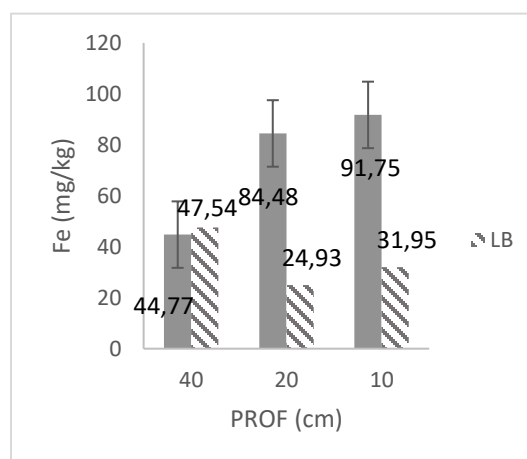


Figura 38: Hierro (Fe) en diferentes profundidades en los SAFs después de un año de establecidos en la localidad de Chinulito-Colosó.

Fuente: Autor.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

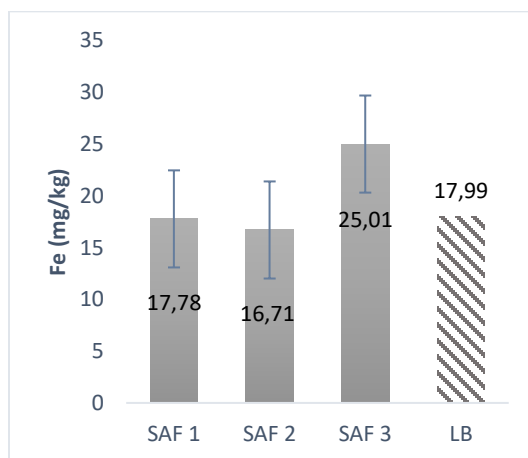


Figura 39: Hierro (Fe) en el suelo en parcelas SAFs después de un año de establecidos en la localidad Buenavista-San Marcos.

Fuente: Autor.

EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

II

PARAMETROS DE CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES USADAS COMO SOMBRIO PERMANENTE EN SISTEMAS AGROFORESTALES

La variable diámetro mostró diferentes comportamientos por especie dentro de los (SAF) establecidos en cada municipio, en San Marcos, corregimiento Buenavista, la especie que mostro mayor rendimiento en diámetro fue el CAOBA con un diámetro medio anual de 4,3 cm/año, seguida del IGUÁ con un incremento medio anual de 2,3 cm/año y con menor crecimiento medio anual el ABARCO con 1,8 cm/año ver tabla 19, (Cardenas, 2014); el incremento medio anual de diámetro esta entre 1,45-2,5 cm/año y para el IGUÁ 0,94 cm/año por lo que los arreglos tuvieron un desarrollo óptimo en diámetro medio anual a los establecidos, el CAOBA tuvo un incremento medio anual bastante óptimo basados en lo expuesto por (peralta, 2015) donde plantea que el IMA óptimo es 0,86 cm/año.

Para Colosó, corregimiento Chinulito, el arreglo que mayor rendimiento estuvo fue el CAOBA con un IMA de 3,7 cm/año, seguido del IGUÁ con un IMA de 2,4 cm/año y por último el ABARCO con un IMA de 1,7 cm/año ver tabla 19, basados en lo expuesto por (Cardenas, 2014), los arreglos con ABARCO e IGUÁ se encontraron en el rango óptimo de desarrollo, ya que para la especie ABARCO el IMA está entre 1-1,93 cm/año y el arreglo CON IGUÁ está por encima de 0,94 cm/año, ver tabla 19. El CAOBA también presento un desarrollo óptimo de crecimiento ya que el IMA estuvo por encima del expuesto por (peralta, 2015), donde plantea que el IMA para esta especie es de 0,86 cm/año.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 19: análisis de altura y diámetro de tres especies forestales dentro de los SAFs después de un año de establecidos, en dos municipios del departamento de sucre.

Especie	Localidad	Diámetro (Cm)			Incremento Medio Anual en Diámetro (Cm/año)	Diámetro Cuadrático	Altura Total (m)			Incremento Medio Anual en Diámetro (m/año)
		Media	Max	Min			Media	Max	Min	
CAO	Buenavista	5,1	6,5	3,6	4,3	5,2	3,1	4,8	1,4	2,6
ABA	Buenavista	1,9	2,4	1,6	1,8	2,0	1,6	3,2	0,9	1,5
IGUÁ	Buenavista	3,0	3,8	1,6	2,3	2,9	2,7	3,4	1,8	2,3
CAO	Colosó	3,1	3,8	2,3	3,7	3,2	2,1	2,7	1,2	2,5
ABA	Colosó	1,4	2,1	0,8	1,7	1,5	0,9	1,4	0,5	1,1
IGUÁ	Colosó	2,3	2,5	1,4	2,4	2,0	2,4	3,1	1,2	2,9

Fuente: Autor.

En la altura, esta variable presentó diferentes comportamientos por especie dentro de los (SAF) establecidos en cada municipio, debido a que para San Marcos, corregimiento Buenavista, la especie que tuvo un mayor crecimiento en el tiempo evaluado fue el CAOBA, con una altura media de 3,1 m, con un incremento medio anual de 2,6 m/año, seguido de la del IGUÁ con 2,7 m de altura e incremento medio anual de 2,3 m/año y finalmente el ABARCO, con 1,6m de altura e incremento medio anual de 1,5 m/año ver figura 40.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 20: *Altura de tres especies forestales después de un año de establecidos los SAFs en la localidad de Buenavista- sucre.*

Localidad	Especie	Altura (m)	Error estándar
Buenavista	CAO	3,11	0,204
Buenavista	ABA	1,61	0,209
Buenavista	IGU	2,70	0,209

Fuente: Autor.

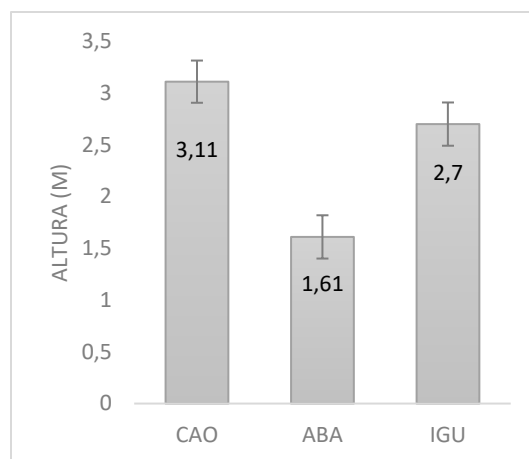


Figura 40: altura de tres especies forestales evaluadas después de un año de establecidas dentro de los SAFs en la localidad de Buenavista – Sucre.

Fuente: Autor.

A diferencia de los valores obtenidos en el municipio de Colosó, corregimiento Chinulito, donde se obtuvo que la especie que alcanzo mayor altura fue el IGUÁ, alcanzando una altura media de 3,28 m, con un incremento medio anual de 2,9 m/año, seguido del CAOBA con 2,37 m de altura e incremento medio anual de 2,5 m/año y finalmente el ABARCO con 1,22 m de altura e incremento medio anual de 1,1 m/año ver figura 41.

Evidenciando el ABARCO como el de menor crecimiento medio anual pero dentro del rango óptimo para esta especie, según Cardenas (2014) el crecimiento medio anual está a partir de 1 m/año, al Igual que las demás especies todos reflejaron valores por encima del promedio de crecimiento medio anual, Cardenas (2014) establece que para la especie CAOBA el incremento medio anual optimo es de 0,8 m/año y para especies de la familia del IGUÁ el valor óptimo de crecimiento medio anual es de 0,94 m/año.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 21: *Altura de tres especies forestales evaluadas después de un año de establecidas dentro de los SAFs en la localidad de Colosó – Sucre.*

Localidad	Especie	Altura (m)	Error estándar
Colosó	CAO	2,37	0,158
Colosó	ABA	1,22	0,158
Colosó	IGU	3,28	0,162

Fuente: Autor.

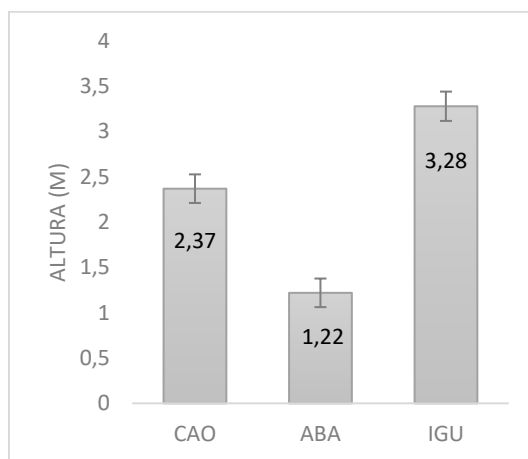


Figura 41: *Altura de tres especies forestales evaluadas después de un año de establecidas dentro de los SAFs en la localidad de Colosó – Sucre.*

Fuente: Autor.

EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

III

VALORAR EL POTENCIAL ECONOMICO DE UN ESQUEMA DE AGRICULTURA FAMILIAR COMO ALTERNATIVA DE INGRESOS ADICIONALES EN MODELOS AGROFORESTALES CON CACAO (COLOSÓ Y SAN MARCOS)

RESULTADOS Y DISCUSION

La información del trabajo de campo se analizó mediante la aplicación de técnicas estadísticas con el fin de interpretar la realidad de la región.

Aspectos tecnológicos de los sistemas agroforestales con Cacao

Dentro de los aspectos tecnológicos se consideró el uso del suelo distribuido en cultivos, pastos naturales o pasturas con brotación espontánea, área en pastos de corte, en árboles dispersos y área en árboles plantados, los cuales se pueden apreciar en la tabla 22.

Tabla 22: *Uso del suelo de acuerdo con los sistemas de producción en promedio para cada una de las unidades productivas en el departamento Sucre de acuerdo con la muestra encuestada.*

Uso del suelo	Promedio hectáreas	Porcentaje
Cultivos	6	15
Pastos	27	67
Pastos corte	5	12
Árboles dispersos	1,7	4
Árboles plantados	0,5	1
Total	40,2	100

Fuente: Autor.

La información sobre uso del suelo muestra que el mayor porcentaje lo ocupa el área en pastos de brotación o generación espontánea y una parte de pasturas establecidas cuyo porcentaje es muy bajo, El área en cultivos, aunque representa un porcentaje menor que el de pasturas, resulta interesante toda vez que se trata de cultivos misceláneos que aportan productos o bienes para el consumo de las familias o para el mercado, por lo general son policultivos o cultivos asociados, Se aprecia una baja participación en el componente de árboles plantados lo que da a entender que no han desarrollado mucho los cultivos de tardío rendimiento como el Cacao.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

La variable de uso del suelo, en términos del área usada en cultivos se muestra en la tabla 23.

Tabla 23: *Uso del suelo en cultivos en promedio por unidad productiva en el departamento Sucre, de acuerdo con la muestra encuestada.*

Area (ha)	Frecuencia	Porcentaje
0,5 - 3	12	55
3 - 5	7	32
5 - 20	1	5
> 20	2	9
Total	22	100

Fuente: Autor.

La tabla 23 permite apreciar que existe una alta concentración del área en cultivos si se tiene en cuenta que las áreas menores de tres hectáreas ocupan el 55% de la muestra encuestada y en esta área geográfica es muy baja la presencia de producción a gran escala lo que indica que se trata de producción bajo sistemas de economía campesina o agricultura familiar.

El área promedio por cada uno de los cultivos de acuerdo con la información del encuestado, se relaciona en la tabla 24, Se aprecia que los cultivos tradicionales como el maíz, la yuca, el ñame presentan el área más pequeña con 0,5 ha, En algunos casos siembran hasta un cuarto de hectárea o 2,000 metros cuadrados.

En Cacao se encontró un promedio de 1,3 hectáreas que se considera un dato importante toda vez que este cultivo ahora es que comienza su fase de expansión, En el caso del plátano, se aprecia también alguna importancia considerable lo que se explica por el hecho de que este cultivo se usa como sombra para el Cacao.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 24: Área cultivada en cada una de especies agrícolas en promedio en el departamento Sucre de acuerdo con la muestra encuestada,

Área cultivada		
Rango	(ha)	Porcentaje
Maíz	0,5	2
Yuca	0,6	2
Ñame	0,5	2
Cacao	1,3	5
Hortalizas	0,9	3
Plátano	0,95	4
Frutales	0,7	3
Ajonjolí	0,4	2
Arroz	20	77
Total	25,85	100

Fuente: Autor.

El destino de la producción de los principales cultivos se puede apreciar en la tabla 25, Se tuvo en cuenta el porcentaje que va para autoconsumo, venta, y venta y autoconsumo.

Tabla 25: Destino de la producción en las especies agrícolas más importantes en porcentaje de participación en el departamento Sucre de acuerdo con la muestra encuestada,

Cultivo	Autoconsumo	Venta	Autoconsumo y Venta	Total
Maíz	46,2	7,7	46,2	100
Yuca	42,8	7,1	50,0	100
Ñame	33,3	8,3	58,3	100
Cacao	13,3	46,7	40,0	100
Hortalizas	62,5	12,5	25,0	100
Plátano	31,3	68,8	0	100
Frutales	20,0	10,0	70,0	100
Arroz	13,0	87,0	0	100

Fuente: Autor.

Se aprecia que el mayor porcentaje de la producción de los cultivos tradicionales como el maíz, la yuca y el ñame tienen como destino el autoconsumo, mientras que cultivos como el Cacao y el plátano un alto porcentaje se destinan al mercado.

Sin embargo, el Cacao reporta mayor porcentaje de participación en ventas, lo que demuestra el potencial que tiene este producto.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Otro aspecto para considerar fue las especies arbóreas que más cultivan y se observó que de los 23 encuestados solo nueve respondieron tener alguna de las especies que se relacionan en la tabla 26.

Tabla 26: Principales especies arbóreas de la región objeto de estudio departamento Sucre de acuerdo con la una parte de la muestra encuestada.

Especie	Frecuencia	Porcentaje
Orejero	2	22
Cañañola	3	33
Solera	1	11
Naranjo	5	56
Campano	8	89
Mataratón	7	78
Ceiba amarilla	5	56
Mango	7	78
Guamo	6	67
Totumo	5	56
Roble	7	78
Guayabo	6	67
Total	9	9

Fuente: Autor.

La especie que más se encontró fue el campano con un 89%, seguido de mataratón, mango, roble y por último solera con un 11% del total de los que dijeron tener especies arbóreas en su finca, es decir en el 40% de la muestra encuestada.

Sobre el establecimiento de especies arbóreas se encontró que de los nueve productores que respondieron afirmativamente el 67% afirma que no los estableció el productor y que se dieron por regeneración natural, en tanto que el 33% afirma que plantó y estableció las especies arbóreas que hay en la finca.

Esto quiere decir, que el productor está entrando en la cultura de usar el árbol como complemento de sus demás actividades agropecuarias y está en capacidad de establecer sistemas de producción que incluyen el componente arbóreo.

Para la caracterización tecnología se tomó en forma secuencial las diferentes actividades del sistema de producción y se encontró en un 100% la preparación se hace en



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

forma mecanizada usando arado, rastrillo y en algunos casos el cincel, También realizan para la preparación del suelo despalite, ahoyado y trazado.

Un 40% de los encuestados manifiesta que el material de siembra lo adquiere en vivero certificado, especialmente las plántulas, un 30% lo hace con semillero en la finca y el 30% restante lo adquiere con otros agricultores por compra, Dependiendo el cultivo usan semilla sexual como por ejemplo en maíz, pero en el caso de Cacao, aguacate y maderables usan plántula o semilla asexual, Para el trasplante tiene en cuenta el número de hojas, la altura de la planta y la edad.

Las principales plagas que ataca los cultivos son: La ardilla, comején, hormiga y trocador, El método de control que más usan es el químico con insecticidas de acuerdo con la especie y por recomendación del asistente técnico, La mayoría de las enfermedades que nombraron los encuestados, pertenecen al Cacao como la moniliasis, phytophthora, mazorca negra y antracnosis.

En la mayoría de los casos controlan químicamente fungicidas, Realizan otras actividades como control manual de malezas, podas de formación, deschupone, ploteo, recolección de desechos y frutos dañados, En un 90%, los entrevistados no disponen de sistemas de riego, se surten del agua para riego de reservorio o jagüey y algunas veces aprovechan el agua lluvia.

La producción la vende principalmente a un intermediario, a una cooperativa y en una proporción menor al mercado local, Los sitios de venta son 50% en la finca y el otro 50% en el mercado local, La frecuencia de venta es mensual, La forma de presentación del Cacao es en un 10% en saco de 50 kg y en un 90% a granel, El precio del kilogramo de Cacao de primera es de \$10,000, La forma de pago es contra entrega y no se realiza ningún contrato.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Costos de producción de sistemas Agroforestales con Cacao y maderables Sucre.

La estructura de costos para establecer una hectárea de Cacao con maderables se observa en la tabla 27, El componente que más participación tiene en los costos de producción son los insumos con un 68% del total de los costos de establecimiento de la hectárea del sistema agroforestal y de este componente el que más pesa es el material de siembra.

Lo anterior, se explica por el hecho de ser un cultivo de tardío rendimiento el material que se siembre debe ser de buena calidad para granizar un mejor desarrollo del cultivo y es por eso es un tanto costoso.

Tabla 27: *Costos de establecimiento de sistema agroforestal con Cacao en Colosó*

Detalle del costo	Valor \$/ha	Participación (%)
Labores	1.900.000	30
Insumos	4.270.000	68
Herramientas y equipos	0	0
Costos Directos	6.170.000	98
Costos Indirectos	123.400	2
Costos Totales	6.293.400	100

Fuente: Autor.

Este grupo de productores manifiesta no tener documentada la información de costos por eso fue más difícil elaborar el patrón de costos, además están iniciando el establecimiento del sistema productivo, Por su parte, los costos de mantenimiento para el segundo año se relacionan en la tabla 60, donde se observa que la mano de obra es el componente que más participa en la estructura de costos, con un 62% del total de los costos de mantenimiento.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Tabla 28: Costos mantenimiento por hectárea de un sistema agroforestal con Cacao en Colosó.

Detalle del costo	Valor \$/ha	Participación (%)
Labores	560.000	62
Insumos	226.000	25
Herramientas y equipos	69.000	8
Costos Directos	855.000	95
costaos Indirectos	42.750	5
Costos Totales	897.750	100

Fuente: Autor.

Los costos de establecimiento para la localidad de San Marcos se presentan en la tabla 29, donde se aprecia como el componente que más participación tiene en el establecimiento son los insumos con un 69% del total de los costos de establecimiento de la hectárea del sistema agroforestal, De este componente el que más pesa es el material de siembra con el 56% de los costos totales y de este componente las plántulas de Cacao participan con un 35,6% del total de los costos de establecimiento.

Tabla 29: Costos de establecimiento de sistema agroforestal con Cacao en San Marcos.

Detalle del costo	Valor \$/ha	Participación (%)
Labores	1.744.000	28
Insumos	4.215.200	69
Herramientas y equipos	64.333	1
Costos Directos	6.023.533	98
Costos Indirectos	120.471	2
Costos Totales	6.144.004	100

Fuente: Autor.

En el caso del mantenimiento la mano de obra (labores) es el componente que más participa en la estructura de costos, con un 58% del total de los costos de mantenimiento, Los costos directos participan con un 95% del total de los costos, Los insumos con el 36%, este porcentaje es más bajo que en el establecimiento por el hecho que no se debe comprar material de siembra, en esta fase, que tiene un alto valor en la estructura de costos (Tabla 30).

Con la información de los rendimientos y los precios de venta se procedió a calcular los ingresos brutos en los 12 primeros años del sistema agroforestal, para lo cual se consideró



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

un rendimiento de 500 kilos de Cacao por hectárea, a partir del tercer año de establecimiento y un precio de \$2.700/kg, lo cual da un ingreso bruto de \$13.500.000/ha.

Para el caso del plátano se consideró un rendimiento de 9,9 t/ha en primer y segundo año y 7 y 4,5 t/ha el tercer y cuarto año, respectivamente, con un precio de venta de 300.000 \$/tonelada para un total de ingresos, por concepto de plátano, de \$9.390.000, sumando las dos entradas da un ingreso bruto de \$22.890.000, Teniendo en cuenta que la inversión inicial fue de \$6.144.004 y los costos de mantenimiento de \$481.950/ha-año, se construyó el flujo de caja (Figura 42).

Tabla 30: Costos de mantenimiento de sistema agroforestal con Cacao en San Marcos.

Detalle del costo	Valor \$/ha	Participación (%)
Labores	280.000	58
Insumos	172.000	36
Herramientas y equipos	7.000	1
Costos Directos	459.000	95
Costos Indirectos	22.950	5
Costos Totales	481.950	100

Fuente: Autor.

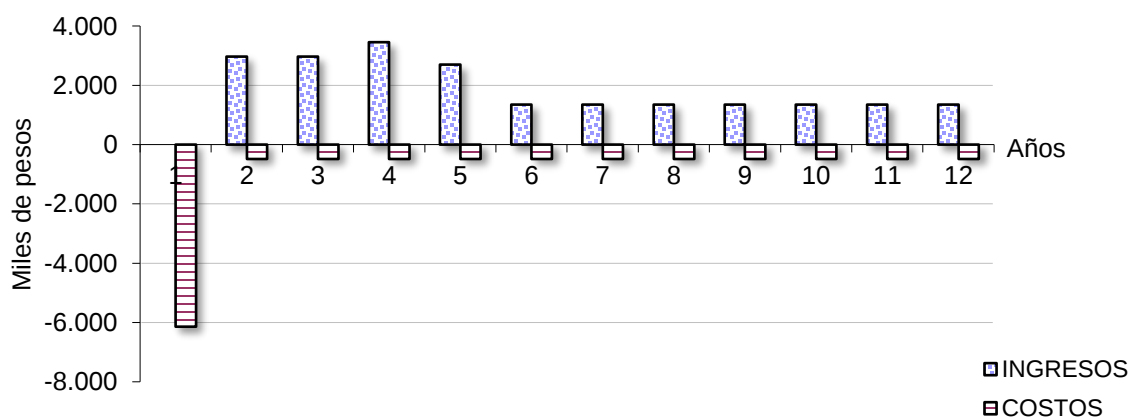


Figura 42: Flujo de caja de sistema agroforestal con Cacao en San Marcos, con proyección a 12 años de vida del proyecto.

Fuente: Autor.

Es de anotar que aún falta considerar los costos de entresaca de la madera y los ingresos por venta de madera, En la proyección del flujo de caja se estimó un valor presente



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

neto (VPN) positivo (\$8.407.043) para los 12 años de vida del proyecto, una tasa interna de retorno del 31,8% y una relación B/C de 1,91 (Tabla 31).

Lo anterior permite considerar un sistema de producción eficiente con capacidad para recuperar la inversión y con rendimientos al costo de oportunidad del capital.

Tabla 31: *Análisis económico de sistemas agroforestal con Cacao en sucre, con proyección a 12 años de vida del proyecto.*

Detalle	Cacao	Plátano
Rendimiento (t/ha-12 años)	5	31
Precio de venta (\$/t)	2.700.000	300.000
Ingreso bruto (\$)	13.500.000	9.390.000
SAF Cacao – Plátano		
Costo total (\$)	11.998.904	
Ingreso neto (\$)	10.891.096	
VPN (\$)	8.407.043	
Relación B/C	1,91	
TIR (%)	31,8	

Fuente: Autor.



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

CONCLUSIONES

- La implementación de sistemas agroforestales contribuye a mejorar variables que son determinantes para indicar la calidad de suelo, como disminuir la resistencia mecánica a la penetración, lo que permite un mejor desarrollo radicular de la planta; aumentar el porcentaje de materia orgánica, lo que permite a su vez tener suelos más fértiles, reducir los efectos de la erosión, mejorar el pH y mejorar la estructura del suelo.
- Las especies forestales CAOBA, ABARCO e IGUÁ, se desarrollan óptimamente en las zonas de la Mojana y Montes de Maria, en suelos con textura Arcillosa, reflejando crecimientos por encima de los estándares establecidos para estas especies.
- El IGUÁ tiene un desarrollo óptimo en el departamento de sucre, con mejores características en los suelos de los Montes de Maria, sin embargo en la zona de la Mojana cumple los estándares de crecimiento establecidos.
- El ABARCO se desarrolla por encima de los estándares establecidos para esta especie a pesar que su crecimiento es más lento comparado con especies como CAOBA e IGUÁ.
- Desde el punto de vista económico los SAFs se consideran rentables siempre y cuando dentro de estos se empleen cultivos transitorios para generar flujo de caja a corto y mediano plazo para el productor, debido a que los ingresos por la venta de los forestales maderables se obtienen en un periodo más largo.
- La inversión realizada en los arreglos forestales establecidos en las localidades seleccionadas, es recuperada partir del 4to año como lo refleja la relación beneficio/costo (B/C), que indica retribución y cierto margen de ganancia sobre lo invertido.



**EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON
CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE
BIBLIOGRAFIA**

- Agudelo, M, (2016), Crecimiento Y Productividad De Sistemas Agroforestales (SAF) Con Cacao En Estados Tempranos De Desarrollo En El Bosque Seco Tropical (Bs-T) Del Departamento De Antioquia, Universidad Nacional De Colombia, 104,
- Agudelo, M, D, (2016), Crecimiento y productividad de Sistemas Agroforestales (SAF) con Cacao en estados tempranos de desarrollo en el bosque seco tropical (bs-T) del departamento de Antioquia (Doctoral dissertation, Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia), Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/55458/1/43725027,2016.pdf>,
- Alvarado, A., Raigosa, J., Oviedo, J., 2006 Nutrición y fertilización del pino caribeño Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica Informaciones agronómicas N 62, pp 5,
- Álvarez, C, F., Rojas, C, J., y, & Suarez, S, J, (2012), Simulación de arreglos agroforestales de Cacao como una estrategia de diagnóstico y planificación para productores, Huila: Corpoica Cienc, Tecnol, Agropecu, Vol, 13(2), 145-150,
- Alvim P, P., Machado A, A., & Vello, F. 1974. Physiological responses of Cacao to environmental factors. Revista Theobroma, 4, 3-25,
- Andrade, H., Segura, M., Somarriba, E., & Villalobos, M. 2008. Valoración biofísica y financiera de la fijación de carbono por uso del suelo en fincas Cacaoteras indígenas de Talamanca, Costa Rica. Agroforestería de las Américas, 46, 45-50,
- Arboleda, A, J, (2009), Efecto de altas saturaciones de Mg+2 y Ca+2 en las propiedades, Palmira: Universidad Nacional de Colombia,
- Aristizabal M, Loaiza,; 2003 Fisiología vegetal en Colombia ed, Artes Gráficas Tizan ISBN: 9583354171 v, 1 p,306,
- Bautista, C, A., D, J., Etchevers, B, R., & Gutiérrez, C, (2004), La Calidad Del Suelo Y Sus Indicadore, Ecosistemas, 13 (2): 90-97,
- Beer, J., Muscheler, R., Kass, D. & Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and Cacao plantations. Agroforestry Systems 38:139-164,
- Beer, J., Harvey, C., Ibrahin, M., Harmand, J., Somarriba, E., & Jiménez, F, (2003), Servicios ambientales de los sistemas agroforestales, Agroforestería en las Américas Vol, 10 N° 37-28 2003, 80,
- Belsky, J. K., Stephen, F., & Siebert, F. 2003. Cultivating Cacao Implications of sun-grown Cacao on local food security and environmental sustainability. Agriculture and Human Values 20:277-285,



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

- Broadhead, J., Black C, C., & Ong, C. (2003). Tree leafing phenology and crop productivity in semi-arid agroforestry systems in Kenya. *Agroforestry Systems* 58:137–148,
- CATIE, 2012 Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica / Tannia Ammour... [et al,]; editado por Guillermo Detlefsen y Eduardo Somarriba, - I ed, – Turrialba, CR, 244 p.; il, – (Serie Técnica, Manual Técnico / CATIE; no, 109),
- Coello, A, M., & Haro, C, R, (2012), Caracterización de Sistemas Agroforestales Comúnmente Asociados al Cultivo de Cacao en la zona de Febres Cordero, provincia de Los Rios, Babahoyo: Universidad Técnica De Babahoyo,
- FAO, (2015), Carta Mundial De Los Suelos, Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura, 4,
- Farfán V., F, Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café, Manizales, Caldas (Colombia), 2014, 342 p,
- Fernández De Andrade, L, (2014), Aplicación del índice de estabilidad estructural de Pieri (1995) a suelos montañosos de Venezuela, *Revista Terra nueva etapa*, Volumen XXX, N° 48, 143-153,
- Fernández, M, (2007), Fósforo: amigo o enemigo, Ciudad de La Habana, Cuba: Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, ICIDCA, Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol, XLI, núm, 2, 2007, pp, 51-57,
- Ferreras, L., Toresani, S., Bonel, B., Fernández, E., Bacigaluppo, S., Faggioli, V., & Beltrán, C, (2009), Parámetros químicos y biológicos como indicadores de calidad del suelo en diferentes manejos, Buenos Aires,
- Gutiérrez, C,M,A, 1995, Nutrición vegetal y uso de fertilizantes, Instituto Tecnológico de Sonora, Cd, Obregón, Son, 115 p,
- Gómez J, (2013), Manual de prácticas de campo y del laboratorio de suelos, SENA, 36,
- Groothusen, Cornelius, (2000), Las parcelas de muestreo permanente: Bases para estudios de crecimiento y rendimiento en Bosques de Pino en Honduras, Siquiatepeque, Honduras, 88p,
- IDEAM, U,D,C,A 2015, Síntesis del estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia - 2015, IDEAM - MADS, Bogotá D,C., Colombia., 62 págs, Publicación aprobada por el IDEAM, diciembre de 2015, Bogotá D,C., Colombia,
- IGAC, (18 de 03 de 2015), Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Recuperado el 14 de 09 de 2018, de <https://noticias,igac.gov.co/es/contenido/los-suelos-de-sucre-son-los-mas-vulnerables-fenomenos-climaticos-igac>,



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Infoagro, (12 de 07 de 2017), Infoagro, Recuperado el 14 de 09 de 2018, de <https://infoagro.com/mexico/nutrientes-presentes-en-el-suelo/>

Imaña, J, Encinas, B,-Epidometría Forestal/Brasilia: Universidad de Brasilia, departamento de Egenharia Florestal/Mérida: Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, 2008,

Jaimez, R; Araque, O; Guzman, D; Mora, A; Espinoza, W; Tezara, W. 2013. Agroforestry systems of timber species and Cacao: survival and growth during the early stages. *Journal of Agriculture and Rural Development in the tropics and subtropics* 114:1-11,

Jaramillo, D, (2002), Introducción A La Ciencia Del Suelo, Universidad Nacional de Colombia, Facultad De Ciencias, Medellín, 196,

Jara, L,; Gutiérrez, F,; Paspuel, A,; Ordoñez, G, & Asimbaya, P, (2001), Monitoreo de plantaciones forestales para fijación de carbono en el Ecuador, PROFAFOR S,A,, Quito, Ecuador, 21p,

Jiménez N (2012), Producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con cedro (*Cedrela odorata* L) y Caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Honduras, Tesis de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical, CATIE, Turrialba, Costa Rica,

Mariana López Díaz y Héctor Estrada Medina, (2015), Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, Yucatán: Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán,

Martínez, c, (2009), Manual de prácticas de laboratorio EDAFOLOGIA II, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala,

Mata Anchundia, D,, Rivero Herrada, M,, & Segovia Montalván, E, (enero – abril, 2018), Sistemas agroforestales con cultivo de Cacao fino de aroma: entorno socio-económico y productivo, CFORES; revista cubana de ciencias forestales, Vol, 6(1):103-115,

Mata, D,, Rivero, M,, & Segovia, E, (2017), Sistemas agroforestales con cultivo de Cacao fino de aroma: entorno socio-económico y productivo, CFORES,

Mendieta, M,, & Rocha, R, (2007), SISTEMAS AGROFORESTALES, MANAGUA, NICARAGUA

Muñoz, B,, Mogollón, J,, Rivas, W,, González, O,, & González, L, (2016), Evaluación de la calidad del suelo bajo diferentes sistemas agrícolas en la península de Paraguaná mediante el uso de indicadores de sustentabilidad, KOINONIA, Revista Arbitrada



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Interdisciplinaria de Ciencias de la Educación, Turismo, Ciencias Sociales y Económica, Ciencias del Agro y Mar y Ciencias Exactas y aplicadas,

- Murray, M., R., Orozco, M, G., Hernández, A., & Lemus, C, y, (2014), El sistema agroforestal modifica el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas del suelo, Nayarit: Revista de investigación y difusión científica agropecuaria, Vol.: 18(1): 23-31,
- Nair, P. 2007. The coming of age of agroforestry. Journal of the Science of Food and Agriculture, 87:1613–1619,
- Nair, P., Nair, V. D., & Kumar, B. M. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 172:10-23,
- Osorio, N., 2012, Como interpretar los resultados del análisis de fertilidad del suelo, Boletín del Manejo Integral del Suelo y la Nutrición Vegetal Volumen 1 No, 6 Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, Laboratorio de Suelos Facultad de Ciencias, 2p,
- Plá sentis, I, 1996, Propiedades Físicas del Suelo, Relaciones con la Productividad y Procesos de Degradación, Métodos de Evaluación y Modelaje, En López Falcón, R.; Delgado Espinoza, F, (Editores) Suelos con Limitaciones Físicas, CIDINT, Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo, pp: 19-53,
- Quiroga A, y D, Funaro, 2004, Materia orgánica, Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en Molisoles, de las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana, XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Actas Pp: 476,
- Rioja Molina, A, (2,002), Apuntes de Fitotecnia General, E,U,I,T,A,, Ciudad Real,
- Rodriguez, L, (1999), Analisis de crecimiento de Caoba Swietenia macrophylla King asociada con tres diferentes especies de Inga spp en la región tropical húmeda de Costa Rica, EARTH,
- Rojas, J, (2015), Fertilidad de suelos en plantaciones forestales del trópico colombiano, Universidad Nacional de Colombia, 70,
- Rotenberg, D; A Jiménez Wells; EJ Chapman; AE Whitfield; RM Goodman & LR Cooperband, 2007, Soil properties associated with organic matter-mediated suppression of bean root rot in field soil amended with fresh and composted paper mill residuals, Soil Biol, Biochem, 39: 2936-2948,
- SENA, (2013), Manual De Prácticas De Campo Y Del Laboratorio De Suelos, Espinal,
- Schwendenmann, L., Veldkamp, E., Moser, G., Hölscher, D., Köhler, M., Clough, Y., Van Straaten, O. (2010). Effects of an experimental drought on the functioning of a Cacao agroforestry system, Sulawesi, Indonesia. Global Change Biology, 16:1515-1530,



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

- Shaxson, F., & Barber, R, (2005), Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal, El significado de la porosidad, FAO,
- Somarriba, E., & Harvey, C. A. 2003. ¿Cómo integrar la producción sostenible y conservación de la biodiversidad en Cacaotales orgánicos indígenas? Agroforestería en las Américas (CATIE), 10, 12-17,
- Somarriba, E; Beer, J. 2011. Productivity of Theobroma Cacao agroforestry systems with timber or legume service shade trees. Agroforestry Systems 81:109-121,
- Tenza, J, (2016), Estudio de las propiedades mecánicas de suelos agrícolas a partir de pruebas in situ y de laboratorio para modelos de labranza y trac,
- Torres, B; Jadán, O; Aguirre, P; Hinojosa; L; Günter, S,,, The Contribution of Traditional Agroforestry to Climate Change Adaptation in the Ecuadorian Amazon: The Chakra System, Handbook of Climate Change Adaptation, 2014: 119,
- Van Noordwijk, M., Lawson, G., Soumare, A., Groot, J., & Hairiah, K. 1996. Root distribution of trees and crops: competition and/or complementarity. En C. K. Ong, & P. Huxley, Tree-Crop Interactions (págs. 319–364). Wallingford: CAB International,
- Villagaray, S, M., & Bautista, E, (2011), Sistemas agroforestales con tecnología limpia en los suelos del VRAEM, Perú, Cochabamba: RevActaNova, v,5 n,2,
- Young, A, Agroforestry for soil management, UK: CAB International, Wallingford, 1997,
- Zuidema, P, P., Leffelaar, P., Gerritsma, W., Mommer, L., & Anten, N. 2005. A physiological production model for cocoa (Theobroma Cacao): model presentation, validation and application. Agricultural Systems, 84:195-225,



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

ANEXOS

Anexo 1: ANOVA Resistencia Mecánica a la Penetración (RMP) Buenavista- San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	94,58	17	5,56	35,41	<0,0001
TTO	0,17	2	0,08	0,54	0,5836
PROF	93,98	5	18,80	119,65	<0,0001
TTO*PROF	0,42	10	0,04	0,27	0,9872
Error	48,07	306	0,16		
Total	142,65	323			

Anexo 2: ANOVA Resistencia Mecánica a la Penetración (RMP) Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	86,79	17	5,11	21,08	<0,0001
TTO	0,44	2	0,22	0,92	0,4005
PROF	85,36	5	17,07	70,48	<0,0001
TTO*PROF	0,98	10	0,10	0,41	0,9432
Error	74,13	306	0,24		
total	160,92	323			

Anexo 3: ANOVA Densidad aparente (Da) Buenavista- San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	8	0,01	0,81	0,6010
TTO	0,02	2	0,01	1,41	0,2690
PROF	0,01	2	0,01	1,18	0,3296
TTO*PROF	0,01	4	2,0E-03	0,33	0,8558
Error	0,11	18	0,01		
total	0,15	26			

Anexo 4: ANOVA Densidad aparente (Da) Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	8	4,4E-03	1,17	0,3689
SAF	0,02	2	0,01	3,17	0,0663
PROF	0,01	2	4,3E-03	1,14	0,3429
SAF*PROF	2,8E-03	4	7,1E-04	0,19	0,9425
Error	0,07	18	3,8E-03		
total	0,10	26			



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Anexo 5: ANOVA Porcentaje de Humedad (%W) Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	25,44	2	12,72	2,64	0,813
SAF	25,44	2	12,72	2,64	0,813
Error	246,06	51	4,82		
total	271,50	53			

Anexo 6: ANOVA Porcentaje de Humedad (%W) Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	20,11	2	10,06	1,32	0,2756
TTO	20,11	2	10,06	1,32	0,2756
Error	387,89	51	7,61		
total	408,00	53			

Anexo 7: ANOVA Porosidad Total Buenavista- San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	24,57	5	4,91	0,93	0,4962
SAF	23,99	2	11,99	2,27	0,1463
PROF	0,04	1	0,04	0,01	0,9360
SAFs*PROF	0,55	2	0,27	0,05	0,9500
Error	63,52	12	5,29		
total	88,09	17			

Anexo 8: ANOVA Porosidad Total Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	101,19	5	20,24	3,25	0,0436
SAF	90,50	2	45,25	7,28	0,0085
PROF	4,25	1	4,25	0,68	0,4244
SAF*PROF	6,44	2	3,22	0,52	0,6087
Error	74,63	12	6,22		
Total	175,82	17			



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Anexo 9: ANOVA Macroporosidad Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	22,31	5	4,46	2,67	0,0756
SAF	13,10	2	6,55	3,92	0,0489
PROF	0,88	1	0,88	0,53	0,4823
SAF*PROF	8,34	2	4,17	2,50	0,1240
Error	20,03	12	1,67		
Total	42,35	17			

Anexo 10: ANOVA Macroporosidad Chinulito- Colosó,

F,V,	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	105,88	5	21,18	0,99	0,4615
SAF	94,63	2	47,31	2,22	0,1512
PROF	2,83	1	2,83	0,13	0,7218
SAF*PROF	8,42	2	4,21	0,20	0,8234
Error	255,74	12	21,31		
Total	361,62	17			

Anexo 11: ANOVA Microporosidad Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,58	5	1,31	0,47	0,7935
SAF	5,16	2	2,58	0,92	0,4253
PROF	0,66	1	0,66	0,24	0,6359
SAF*PROF	0,74	2	0,37	0,13	0,8778
Error	33,70	12	2,81		
total	40,26	17			

Anexo 12: ANOVA Microporosidad Chinulito-Colosó

F,V,	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	41,33	5	8,27	1,03	0,4407
SAF	35,18	2	17,59	2,20	0,1533
PROF	4,14	1	4,14	0,52	0,4855
SAF*PROF	2,02	2	1,01	0,13	0,8825
Error	95,86	12	7,99		
total	137,19	17			



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Anexo 13: ANOVA DMP Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	1,60	8	0,20	0,78	0,6256
SAF	1,20	2	0,60	2,35	0,1236
PROF	0,29	2	0,14	0,56	0,5807
SAF*PROF	0,11	4	0,03	0,10	0,9799
Error	4,60	18	0,26		
total	6,20	26			

Anexo 14: ANOVA DMP Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	0,84	8	0,11	1,63	0,1864
SAF	0,56	2	0,28	4,33	0,0292
PROF	0,10	2	0,05	0,74	0,4923
SAF*PROF	0,19	4	0,05	0,72	0,5901
Error	1,17	18	0,06		
Total	2,01	26			

Anexo 15: ANOVA %W Aprovechable Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	1,81	5	0,36	1,39	0,2948
SAF	0,66	2	0,33	1,26	0,3180
PROF	0,48	1	0,48	1,84	0,2002
SAF*PROF	0,67	2	0,34	1,30	0,3087
Error	3,12	12	0,26		
total	4,92	17			



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Anexo 16: ANOVA %W Aprovechable Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	0,96	5	0,19	1,15	0,3881
SAF	0,93	2	0,47	2,79	0,1010
PROF	0,02	1	0,02	0,14	0,7103
SAF*PROF	1,9E-03	2 9,	5E-04	0,01	0,9943
Error	2,01	12	0,17		
total	2,97	17			

Anexo 17: ANOVA pH Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	0,83	8	0,10	2,73	0,0365
SAF	0,35	2	0,18	4,64	0,0237
PROF	0,33	2	0,16	4,29	0,0299
SAF*PROF	0,15	4	0,04	1,00	0,4336
Error	0,69	18	0,04		
Total	1,52	26			

Anexo 18: ANOVA pH Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	0,35	8	0,04	0,75	0,6457
SAF	0,03	2	0,02	0,27	0,7659
PROF	0,30	2	0,15	2,61	0,1011
SAF*PROF	0,02	4	3,9E-03	0,07	0,9909
Error	1,04	18	0,06		
Total	1,39	26			

Anexo 19: ANOVA CE Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	8	0,01	4,94	0,0024
SAF	3,9E-03	2	1,9E-03	1,55	0,2396
PROF	0,04	2	0,02	17,80	0,0001
SAF*PROF	1,0E-03	4	2,6E-04	0,20	0,9331
Error	0,02	18	1,3E-03		
Total	0,07	26			



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Anexo 20: ANOVA CE Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	0,07	8	0,01	5,48	0,0013
SAF	1,6E-03	2	7,8E-04	0,53	0,5997
PROF	0,06	2	0,03	20,02	<0,0001
SAF*PROF	4,0E-03	4	1,0E-03	0,68	0,6150
Error	0,03	18	1,5E-03		
Total	0,09	26			

Anexo 21: ANOVA Porcentaje de Materia Orgánica (%MO) Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	13,43	8	1,68	15,69	<0,0001
SAF	0,30	2	0,15	1,40	0,2733
PROF	12,89	2	6,45	60,26	<0,0001
SAF*PROF	0,24	4	0,06	0,56	0,6968
Error	1,93	18	0,11		
Total	15,35	26			

Anexo 22: ANOVA Porcentaje de Materia Orgánica (%MO) Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	9,22	8	1,15	10,76	<0,0001
SAF	0,56	2	0,28	2,61	0,1011
PROF	8,52	2	4,26	39,79	<0,0001
SAF*PROF	0,14	4	0,03	0,33	0,8574
Error	1,93	18	0,11		
Total	11,14	26			

Anexo 23: ANOVA S Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	38,82	8	4,85	1,64	0,1813
SAF	7,88	2	3,94	1,33	0,2881
PROF	21,31	2	10,66	3,61	0,0481
SAF*PROF	9,62	4	2,41	0,81	0,5322
Error	53,14	18	2,95		
Total	91,96	26			



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Anexo 24: ANOVA S Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	10,11	8	1,26	3,05	0,0234
SAF	1,26	2	0,63	1,53	0,2438
PROF	8,06	2	4,03	9,74	0,0014
SAF*PROF	0,78	4	0,20	0,47	0,7556
Error	7,45	18	0,41		
Total	17,55	26			

Anexo 25: ANOVA Ca Chinulito- Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	540,71	8	67,59	3,82	0,0087
SAF	478,96	2	239,48	13,53	0,0003
PROF	24,60	2	12,30	0,69	0,5121
SAF*PROF	37,16	4	9,29	0,52	0,7189
Error	318,63	18	17,70		
Total	859,34	26			

Anexo 26: ANOVA Ca Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	113,00	8	14,12	0,18	0,9912
SAF	79,92	2	39,96	0,50	0,6129
PROF	7,60	2	3,80	0,05	0,9534
SAF*PROF	25,48	4	6,37	0,08	0,9874
Error	1429,81	18	79,43		
Total	1542,80	26			

Anexo 27: ANOVA Mg Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	176,32	8	22,04	8,49	0,0001
SAF	132,19	2	66,10	25,47	<0,0001
PROF	23,70	2	11,85	4,57	0,0249
SAF*PROF	20,43	4	5,11	1,97	0,1427
Error	46,71	18	2,59		
Total	223,03	26			



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Anexo 28: ANOVA Mg Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	148,46	8	18,56	1,95	0,1149
SAF	102,77	2	51,39	5,39	0,0147
PROF	44,53	2	22,27	2,33	0,1255
SAF*PROF	1,16	4	0,29	0,03	0,9980
Error	171,73	18	9,54		
total	320,20	26			

Anexo 29: ANOVA K Chinulito- Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	0,07	8	0,01	2,70	0,0382
SAF	0,02	2	0,01	3,16	0,0665
PROF	0,04	2	0,02	6,86	0,0061
SAF*PROF	0,01	4	1,3E-03	0,39	0,8147
Error	0,06	18	3,3E-03		
total	0,13	26			

Anexo 30: ANOVA K Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	0,10	8	0,01	1,20	0,3535
SAF	0,07	2	0,04	3,60	0,0484
PROF	0,02	2	0,01	0,80	0,4640
SAF*PROF	0,01	4	1,9E-03	0,20	0,9375
Error	0,18	18	0,01		
Total	0,27	26			



EVALUACIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE

Anexo 31: ANOVA Na Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	2,45	8	0,31	7,50	0,0002
SAF	0,19	2	0,10	2,35	0,1239
PROF	1,99	2	0,99	24,31	<0,0001
SAF*PROF	0,27	4	0,07	1,67	0,1996
Error	0,74	18	0,04		
Total	3,19	26			

Anexo 32: ANOVA Fe Chinulito-Colosó

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	57388,98	8	7173,62	4,68	0,0031
SAF	36037,58	2	18018,79	11,75	0,0005
PROF	11514,47	2	5757,24	3,76	0,0434
SAF*PROF	9836,92	4	2459,23	1,60	0,2165
Error	27597,44	18	1533,19		
Total	84986,42	26			

Anexo 33: ANOVA Fe Buenavista-San Marcos

F,V,	SC	gL	CM	F	p-valor
Modelo	1451,46	8	181,43	0,92	0,5247
SAF	366,51	2	183,26	0,93	0,4140
PROF	1020,91	2	510,45	2,58	0,1034
SAF*PROF	64,04	4	16,01	0,08	0,9872
Error	3559,98	18	197,78		
total	5011,44	26			

