

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROECOLOGÍA
MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL



**ESTUDIO COMPARATIVO EN LA ESTRUCTURA FÍSICO QUÍMICA DE LOS
SUELOS DE SISTEMAS AGROFORESTALES INSTALADOS POR LOS
PROYECTOS DE DESARROLLO ALTERNATIVO EN EL VALLE DEL MONZÓN –
TINGO MARIA.**

Para optar el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGIA,

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

ING. ALVAREZ ESPINOZA HANS ALBERTO

TINGO MARIA - PERU

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
UNIDAD DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS
Nro. 007-UPG-FRNR-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 06:30 p.m. del jueves 13 de julio de 2023, reunidos de manera presencial en las instalaciones de grados y títulos, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

"ESTUDIO COMPARATIVO EN LA ESTRUCTURA FÍSICO QUÍMICA DE LOS SUELOS DE SISTEMAS AGROFORESTALES INSTALADOS POR LOS PROYECTOS DE DESARROLLO ALTERNATIVO EN EL VALLE DEL MONZÓN – TINGO MARIA"

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención: Gestión Ambiental **HANS ALBERTO ALVAREZ ESPINOZA**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **BUENO**..... Acto seguido, a horas **8:20 P.M.**..... el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....
Ing. MS.c. **JOSE LEVANO CRISOSTOMO**
Presidente del Jurado

.....
Dra. **TANIA E. GUERRERO VEJARANO**
Miembro del Jurado

.....
Ing. MS.c. **WARREN RIOS GARCIA**
Miembro del Jurado

.....
Dr. **JOSE JAKION GUERRA LU**
Asesor



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 002 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Maestría en Gestión Ambiental

Tipo de documento:

Tesis

X

Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
ESTUDIO COMPARATIVO EN LA ESTRUCTURA FÍSICO QUÍMICA DE LOS SUELOS DE SISTEMAS AGROFORESTALES INSTALADOS POR LOS PROYECTOS DE DESARROLLO ALTERNATIVO EN EL VALLE DEL MONZÓN – TINGO MARIA.	ALVAREZ ESPINOZA HANS ALBERTO	18 % Dieciocho

Tingo María, 05 de enero de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROECOLOGÍA

MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL



ESTUDIO COMPARATIVO EN LA ESTRUCTURA FÍSICO QUÍMICA DE LOS SUELOS DE SISTEMAS AGROFORESTALES INSTALADOS POR LOS PROYECTOS DE DESARROLLO ALTERNATIVO EN EL VALLE DEL MONZÓN – TINGO MARIA.

Autor : Ing. Hans Alberto Alvarez Espinoza

Asesores : PhD. José Kalion Guerra Lu

Programa de investigación : Ciencias Básicas.

Línea de Investigación : Física y Química del Suelos en Sistemas Agroforestales.

Eje temático de investigación: Indicadores Físicos y Químicos del Suelo.

Lugar de ejecución : Valle del Monzón – Tingo María.

Duración : 24 meses

Financiamiento : Propio S/ 20,430.00

Tingo María – Perú. 2023



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
OFICINA DE INVESTIGACION**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO
ACADÉMICO DE MAESTRO, INVESTIGACIÓN DOCENTE Y
TESISTA**

I. Datos Generales de Posgrado

Universidad	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Escuela de posgrado	:	EPG-UNAS.
Posgrado	:	Maestría en Ciencias Agroecológicas
Mención	:	Gestión Ambiental
Título de tesis	:	Estudio Comparativo en la Estructura Físico Químico de los Suelos de Sistemas Agroforestales Instalados por los Proyectos de Desarrollo Alternativo y su Aporte en el Almacenamiento de Carbono en el Valle del Monzón
Autor	:	Hans Alberto Alvarez Espinoza.
Asesor de tesis	:	PhD. José Kalion Guerra Lu.
Programa de investigación	:	Ciencias Básicas.
Línea(s) de investigación	:	Física y Química del Suelos en Sistemas Agroforestales.
Eje Temático	:	Indicadores Físicos y Químicos del Suelo.
Lugar de ejecución	:	Valle del Monzón – Tingo María.
Duración	:	Inicio : Noviembre 2020 Término : Noviembre 2022
Financiamiento	:	FEDU : S/0.00 Propio : S/20,430.00 Otros : S/.0.00

Tingo María, Perú, enero 2024.


Ing. Hans Alberto Alvarez Espinoza
Tesista


PhD. Jose Kalion Guerra Lu
Asesor

DEDICATORIA

A DIOS, por darme salud y vida, así como la sabiduría necesaria para poder cumplir todas mis metas, de igual forma por darme la fortaleza de asumir retos y vencer obstáculos en este camino de la vida.

A Mis PADRES: CONSUELO LUZ ESPINOZA GONZALES Y LUIS ALBERTO ALVAREZ PLEJO, por su apoyo incondicional, por sus consejos que día a día me brinda, por ser mi sostén en lo difícil, por brindarme la mejor herencia de todas, la de la educación en lo personal y en lo profesional, a ellos les debo todo lo que hoy soy.

A MIS HIJAS: ADARA, ALEXIA, ADALE Y RAPHAELLA, por ser mi fuente de inspiración para cada día ser mejor que ayer y los logros obtenidos para ellas.

A KRISS YANMILU MELGAREJO AREVALO, por ser mi apoyo emocional, por sus consejos, por ser mi compañera en esta batalla diaria que es la vida, por ser mi apoyo incondicional, por impulsarme a crecer como persona, como profesional, y estar a mi lado en cada logro y meta cumplida.

A MIS HERMANOS: MIRELLA, CLAUDIA, BREMEN Y YESENIA, que son mi motivación de superación diaria.

AGRADECIMIENTO

- ❖ A la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Escuela de Post Grado, por ser mi Alma Mater y darme la oportunidad de adquirir mis conocimientos y formarme profesionalmente en esta prestigiosa casa de estudios, para así ser un profesional con ética y valores.

- ❖ A todos los docentes, de mi prestigiosa Escuela de Post Grado de la Maestría en Ciencias en Agroecología Mención: Gestión Ambiental, por brindarme sus conocimientos de manera que me formen con bases que mi profesión lo demanda, gracias por cada día de enseñanza.

- ❖ A mi asesor Dr. JOSÉ KALION GUERRA LU, por su apoyo constante en la elaboración de mi tesis, guiándome en todo este proceso.

- ❖ A los esposos Francisco e Isabel en su conjunto, por permitirme trabajar mi tesis en base a los datos de sus plantaciones y sistemas agroforestales y por darme el honor de ser mi zona de estudio ubicado en la localidad de Inti valle del monzón.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivos Generales	3
1.4.2. Objetivos Especifico	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Antecedentes Literarios	5
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. Ubicación.....	32
3.2. Ubicación Política.....	32
3.3. Características Climáticas.....	33
3.4. Relieve y Suelos.....	33
3.5. Zona de Vida	33
3.6. Flora	34
3.7. Fauna	34
3.8. Población y Economía	35
3.9. Características del Área del Suelo	35
3.10. Materiales y Equipos	35
3.11. Población	36

3.12. Muestra	35
3.13. Nivel y Tipo de Estudios	36
3.13.1. Tipo de investigación: básica	36
3.13.2. Nivel de investigación: descriptivo - comparativo	37
3.14. Diseño de Investigación	37
3.15. Validación y Confiabilidad del Instrumento	37
3.16. Procedimiento.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	40
4.1. Determinación de los Indicadores físicas: (textura); químico (pH, M.O., N, P, K, Ca, Mg, Al., entre otros) de los sistemas agroforestales entre cacao <i>Theobroma cacao</i> y caoba <i>Swietenia macrophylla</i> , cacao <i>Theobroma cacao</i> y tornillo <i>Cedrelinga cateniformis</i> , cacao <i>Theobroma cacao</i> y guaba <i>Inga edulis</i> , instalados en el valle del Monzón	40
4.2. Determinación de los Indicadores físicas: (textura); químico (pH, M.O., N, P, K, Ca, Mg, Al., entre otros) de un sistema agrícola con cultivo de cacao <i>Theobroma cacao</i> , instalado en el valle del Monzón	48
4.3. Determinación las diferencias comparativas de la estructura físico, químico, en los suelos de los sistemas agroforestales evaluados y el sistema agrícola ubicados dentro del valle del Monzón	51
V. CONCLUSIONES	72
VI. PROPUESTAS A FUTURO	74
VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	75
ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Datos de la georreferenciación de las Muestras y Sistemas Agroforestales	32
2. Análisis promedio para la clase textural de las submuestras del tratamiento (T ₁)	40
3. Análisis promedio para la clase textural de las submuestras del tratamiento (T ₂)	40
4. Análisis promedio para la clase textural de las submuestras del tratamiento (T ₃)	41
5. Valores de pH promedio del tratamiento (T ₁) y su promedio calificativo	41
6. Valores de pH promedio del tratamiento (T ₂) y su promedio calificativo	42
7. Valores de pH promedio del tratamiento (T ₃) y su promedio calificativo	42
8. Resultados del contenido de materia orgánica del tratamiento (T ₁) y su promedio	43
9. Resultados del contenido de materia orgánica del tratamiento (T ₂) y su promedio.....	43
10. Resultados del contenido de materia orgánica del tratamiento (T ₃) y su promedio	43
11. Valores de NPK del tratamiento (T ₁), promedio y calificativo nivel de fertilidad.....	44
12. Valores de NPK del tratamiento (T ₂), promedio y calificativo nivel de fertilidad.....	44
13. Valores de NPK del tratamiento (T ₃), promedio y calificativo nivel de fertilidad.....	45
14. Datos de % Bas. Camb % Ac Camb y % Sat Al y promedio del tratamiento (T ₁).	45

15.	Datos de % Bas. Camb % Ac Camb y % Sat Al y promedio del tratamiento (T ₂).	46
16.	Datos de % Bas. Camb % Ac Camb y % Sat Al y promedio del tratamiento (T ₃).	46
17.	Valores de CIC + cationes cambiabes del tratamiento (T ₁)	47
18.	Valores de CIC + cationes cambiabes del tratamiento (T ₂)	47
19.	Valores de CIC + cationes cambiabes del tratamiento (T ₃)	48
20.	Análisis promedio para la clase textural de las submuestras del testigo (T ₀)	48
21.	Valores de pH promedio del testigo (T ₀) y su promedio calificativo	49
22.	Resultados del contenido de materia orgánica del testigo (T ₀) y su promedio ...	49
23.	Valores de NPK del testigo (T ₀), promedio y calificativo nivel de fertilidad.....	50
24.	Valores de CIC + cationes cambiabes del testigo (T ₀)	50
25.	Datos de % Bas. Camb % Ac Camb y % Sat Al y promedio del testigo (T ₀)	51
26.	Análisis Mecánico porcentajes de arena, limo y arcilla promedio por cada tratamiento	51
27.	Análisis para la clase textural del muestreo por cada uno de los tratamientos.....	52
28.	Análisis de varianza de la variable textura (arena, arcilla y limo)	53
29.	Comparación de medias de Duncan de la variable textura (arena, arcilla y limo).	53
30.	Valores de pH de acuerdo a las submuestras de cada tratamiento	54
31.	Valores del promedio del pH de los tratamientos, calificativo y sus efectos	54
32.	Análisis de varianza de la variable química (pH)	55
33.	Comparación de medias de Duncan de la variable pH	55
34.	Resultados de materia orgánica en cada uno de los tratamientos y submuestras.	56
35.	Resultados del contenido promedio en materia orgánica de cada tratamiento	56
36.	Análisis de varianza de la variable M.O	57
37.	Comparación de medias de Duncan de la variable M.O	57

38.	Valores de NPK de cada tratamiento y calificativo de nivel de fertilidad.....	58
39.	Valores de promedio del contenido de NPK de los tratamientos y calificativo de nivel de fertilidad	58
40.	Análisis de varianza de la variable N	59
41.	Comparación de medias de Duncan para la variable N	59
42.	Análisis de varianza de la variable P	60
43.	Comparación de medias de Duncan para la variable P	60
44.	Análisis de varianza de la variable K	60
45.	Comparación de medias de Duncan para la variable K	61
46.	Valores de CIC + cationes cambiabes de cada tratamiento	61
47.	Valores promedios de CIC + cationes cambiabes de cada tratamiento	62
48.	Análisis de varianza de la variable Ca	63
49.	Comparación de medias de Duncan para la variable Ca	63
50.	Análisis de varianza de la variable Mg	64
51.	Comparación de medias de Duncan para la variable Mg	64
52.	Análisis de varianza de la variable Al	65
53.	Comparación de medias de Duncan para la variable Al	65
54.	Análisis de varianza de la variable H	65
55.	Comparación de medias de Duncan para la variable H	66
56.	Datos de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat. Al de cada tratamiento	66
57.	Datos del promedio de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat. Al de cada uno de los tratamientos	67
58.	Análisis de varianza para la variable CICE	67
59.	Comparación de medias de Duncan para la variable CICE	68
60.	Análisis de varianza para la variable Bases Cambiabes	68

61.	Comparación de medias de Duncan para la variable Bases Cambiables	69
62.	Análisis de varianza para la variable Ac. Cambiables	69
63.	Comparación de medias de Duncan para la variable Ac. Cambiables	70
64.	Análisis de varianza para la variable Sat. Aluminio	70
65.	Comparación de medias de Duncan para la variable Sat. Aluminio	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Croquis de muestro del campo de los diferentes sistemas	38
2.	Análisis de suelos de los sistemas agroforestales en estudio	87
3.	Dispersión de muestreo del Testigo – Plantación de cacao <i>Theobroma cacao</i> macizo.....	92
4.	Dispersión de muestreo del tratamiento 01 – sistema agroforestal (SAF) Caoba <i>Swietenia macrophylla</i> y Cacao <i>Theobroma cacao</i>	93
5.	Dispersión de muestreo del tratamiento 02 – sistema agroforestal (SAF) Tornillo <i>Cedrelinga cateniformis</i> y Cacao <i>Theobroma cacao</i>	94
6.	Dispersión de muestreo del tratamiento 03 – sistema agroforestal (SAF) Guaba <i>Inga edulis</i> y Cacao <i>Theobroma cacao</i>	95
7.	Ubicación de los tratamientos en el área de estudio	96

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar los cambios en la estructura físico químico de los suelos de sistemas agroforestales instalados por los proyectos de desarrollo alternativo en el valle del Monzón, la metodología aplicada fue, fase de campo con un área de 10x30, 3 sub parcelas de 10x10, georreferenciado con GPS, donde se realizó la recolección de las muestras In Situ, posteriormente llevarlo al laboratorio para obtener los resultados e interpretación del estudio del suelo realizado sobre la influencia de los sistemas agroforestales, teniendo como respuesta que la textura del suelo es influenciada por la especie arbórea presente, siendo el sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* – guaba *Inga edulis* el más destacado en la mejora de la estructura del suelo, gracias a su capacidad para retener agua y nutrientes teniendo el nivel medio de 2.04% en materia orgánica, aunque existen diferencias en la presencia de materia orgánica., en los suelos evaluados, no se encuentran diferencias significativas entre las especies consideradas. La gestión del cultivo de cacao *Theobroma cacao*, que incluye podas y la aportación mediante hojarascas, ramas y frutos, contribuye en la materia orgánica en los suelos, a pesar de las variaciones en la capacidad de intercambio catiónico, acidez y niveles de fertilidad entre los sistemas agroforestales 0.10% y el cultivo de cacao 0.15%, estas diferencias no son significativas, se concluye, que el Sistemas agroforestal *Theobroma cacao* con *Inga edulis* son técnicas con gran potencial para mejorar los indicadores fisicoquímicos de los suelos.

Palabras claves: Sistemas agroforestales, antrópico, silvicultural.

ABSTRACT

The objective of the present research was to determine the changes in the physicochemical structure of the soil from agroforestry systems installed through the alternative development projects in the Monzon valley [in Peru]. The methodology that was applied was the field phase, with an area of 10 x 30, with three 10 x 10 sub-plots, that were georeferenced with GPS. This is where the in-situ sample collection was carried out. Later they were taken to the laboratory in order to obtain the results and interpretation of the soil study that was carried out, regarding the influence of the agroforestry systems. The response that was found was that the texture of the soil was influenced by the specie of tree that was present, with the *Theobroma cacao* – guaba *Inga edulis* (cacao) agroforestry system being that which stood out in the improvement of the soil structure, thanks to its capacity to retain water and nutrients, [where] it had an average level of organic matter at 2.04%. Though differences existed in the presence of organic matter for the soils that were evaluated, no significant differences were found between the species that were considered. The management of the *Theobroma cacao* (cacao) crop, which included pruning and contribution through leaf litter, branches, and fruit, contributed to the organic matter in the soil. In spite of the variation in the cation exchange capacity, acidity, and fertility levels between the agroforestry systems, 0.10%, and the cacao crop, 0.15%, these differences were not significant. It was concluded that the *Theobroma cacao* agroforestry system with *Inga edulis* were techniques that had great potential for improving the physicochemical indicators of the soil

Keywords: agroforestry systems, anthropic, silvicultural.

I. INTRODUCCION

La selva peruana durante mucho tiempo viene sufriendo un proceso de deforestación principalmente para la explotación maderera, actividad que ha tenido sus aliados como proyectos de apertura de carreteras impulsados por diferentes gobiernos, después de la extracción maderera muchas de esas áreas han sido utilizadas para la implementación de actividades agrícolas y ganaderas, de baja productividad, ya que después de la tala, rozo y quema, los suelos quedaban desprotegido con gran fragilidad hacia la erosión y otros deterioros del suelo, y con su posterior abandono.

Para el valle del Monzón la actividad económica que más impulso ha tenido, es la actividad agrícola con el cultivo de la coca, con prácticas agrícolas no apropiadas como son: tala, rozo y quema, tala de árboles ocasionando pérdida de la biodiversidad, cultivo a favor de la pendiente que origina una fuerte erosión de suelos, alto consumo de pesticidas con efectos de contaminación al suelo y al agua en el proceso de erradicación de este cultivo han ido quedando muchas áreas abandonadas con suelos completamente erosionado.

En el proceso de erradicación del cultivo de la coca, se han ido implementación diferentes proyectos alternativos por diferentes instituciones promocionando el cultivo de café, cacao, plátano entre otros. Sin embargo, teniendo en el valle del Monzón condiciones climática frágiles, por las altas precipitaciones, fisiografía accidentada se consideró implementar en estos programas alternativos de cultivos agrícolas la inserción del componente forestal estableciéndose de esta manera los sistemas agroforestales, sistemas considerado por los múltiples servicios ambientales que nos proveen y cuyo objetivo era mejorar con esta asociación a los cultivos agrícolas, mejorando y protegiendo principalmente al recurso suelo, buscando reducir los daños al medio ambiente causados, incentivando la implementación de tecnologías innovadoras y habilidades más eficientes.

Un beneficio adicional y de gran importancia es la contribución de estos sistemas agroforestales a la captura y almacenamiento de CO₂ atmosférico, molécula de gran implicancia en sus efectos hacia el cambio climático, estos sistemas agroforestales además propician el incremento del almacenamiento del CO₂ en el suelo por el aporte de hojarasca, ramas y frutos que forman parte del carbono orgánico, que después de la actividad de degradación por diferentes organismos contribuyen al incremento de CO₂, almacenándose en la porosidad del suelo ingresando a la dinámica del ciclo terrestre del carbono.

1.1. JUSTIFICACIÓN

Los sistemas agroforestales nos dan múltiples beneficios por los servicios ambientales que nos proveen, considerando entre ellos la restablecimiento de características físicas, químicas y biológicas del suelo, retención del carbono atmosférico, regulación los ciclos hídricos, protección de la biodiversidad, regulación de la plagas de los cultivos, incorporación de carbono al suelo, generación del mantillo por la acumulación de hojarasca, servicios ambientales muy necesarios para poder utilizar estos suelos en actividades agrícolas, mejorando su rentabilidad y calidad de los productos agrícolas, características necesarias en los mercados competitivos.

Los sistemas agroforestales representan una modalidad de recuperación con los ecosistemas, y representan una oportunidad para la económica de los agricultores debido a la contribución productos maderables y no maderables, así como capacidad de proporcionar actividades ambientales significativos, no valorables en la actualidad, como el secuestro y almacenamiento del CO₂, regulación de los ciclos hídricos, conservación de la biodiversidad, en respuesta a los cambios durante la fase de desarrollo.

Que habiendo transcurrido algunos años de la implementación de los cultivos agrícolas como café, cacao, plátano y otros, y considerando su mejora con la inserción de especies arbóreas con la formación de los sistemas agroforestales, se considera necesario

evaluar en forma comparativa características físicas y química del suelo con sistemas agroforestales implementados por medio de los proyectos de desarrollo alternativo.

Por lo que el trabajo también tiene como fin comparar la contribución de estos diferentes sistemas agroforestales y sus características físicas y química de los suelos con sistemas agroforestales implementados por medio de los proyectos de desarrollo alternativo, datos de importancia para evaluar las diferentes estrategias con el propósito de reducir los impactos derivados de calentamiento global.

Presenta como finalidad evaluar comparativamente modificaciones en estructura física y química del suelo de los diferentes sistemas agroforestales implementados por las diferentes instituciones y programas de desarrollo alternativo.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con la inserción de los sistemas agroforestales con diferentes especies forestales ¿Qué cambios en las estructuras físicas y químicas de los suelos se ha producido y cuál es el aporte en el mejoramiento hacia el suelo, con la implementación de los diferentes sistemas agroforestales en el valle del Monzón?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVOS GENERALES

1. Determinar los cambios en la estructura físico químico de los suelos de sistemas agroforestales instalados por los proyectos de desarrollo alternativo en el valle del Monzón.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar los Indicadores físicas: (textura); químico (pH, M.O., N, P, K, Ca, Mg, Al., entre otros) de los sistemas agroforestales entre cacao *Theobroma cacao* y caoba - *Swietenia macrophylla*, cacao *Theobroma cacao* y tornillo - *Cedrelinga cateniformis*, cacao - *Theobroma cacao* y guaba - *Inga edulis*, instalados en el valle del Monzón.
2. Determinar los Indicadores físicas: (textura); químico (pH, M.O., N, P, K, Ca, Mg, Al., entre otros) de un sistema agrícola con cultivo de cacao, instalado en el valle del Monzón.
3. Determinar las diferencias comparativas de la estructura físico, químico, en los suelos de los sistemas agroforestales evaluados y el sistema agrícola ubicados dentro del valle del Monzón.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES LITERARIOS

Al evaluar calidad del suelo los indicadores más sensibles de medir están relacionados con la fertilidad de los mismos y que corresponde la proporción de material orgánico presente en forma de carbono orgánico y sus fracciones, a la susceptibilidad a la erosión que se manifiesta en la, hondura de CO_3Ca y espesor de Horizonte A., reducción niveles del CO_2 y componentes, así como macronutrientes, guarda una conexión con incremento de vulnerabilidad a erosión hídrica (Campitelli, et al 2010).

Con la actividad agrícola con el predominio de monocultivo con prácticas agrícolas usando la labranza convencional han derivado en la degradación del recurso suelo, afectando su composición física, química y biológica, se manifiesta con pérdida de fertilidad, los procesos biológicos sufren alteraciones, el suelo muestra una reducción en cantidad del carbono orgánico, así como existencia de nutrientes y alteración en composición de suelos disminuyendo la capacidad de infiltración e incremento del escurrimiento superficial, (Campitelli, et al 2010), se debe considerar que la eficacia y durabilidad agrícola se ven definidas por las diferentes interacciones de componentes de suelo y que determinan su calidad, así como de elementos ambientales y práctica agrícola de la implementación de actividades culturales, desde un punto de vista agronómico, esta productividad puede evaluarse mediante el examen de características físicas, químicas y/o biológicas, considerando los indicadores que reflejen cualidad del suelo (Campitelli, et al 2010).

Se debe considerar se evalúa el suelo mediante identificación de indicadores ambientales: en donde se debe evaluar las relaciones interespecíficas e intraespecíficas de elementos físicos, químicos y biológicos presentes, se debe buscar la aplicabilidad de estos indicadores bajo diferentes condiciones de campo, que sean complementados con base de datos existentes y que a su vez sean fácilmente medibles, estos indicadores deben responder a

evaluar a modificaciones en utilización de tierra, las variaciones de los factores climáticos, a la implementación de prácticas agrícolas y actividades culturales, (Campitelli, et al 2010; Doran & Parkin, 1994),

Diversos investigadores han realizado estudios concernientes a evaluar diferentes características de suelo tales como: contenido de materia orgánica (MO) en suelo, proporción del nitrógeno, fósforo y potasio, así como su competencia de filtración, su cabida con almacenar agua base a evaluación de su estructura física, densidad aparente, respiración de suelo, biomasa microbiana, almacenamiento de carbono, como indicadores de condición del suelo, (Karlen & Stott, 1994; Doran & Parkin, 1996; Aparicio & Costa, 2007; Campitelli, et al 2010). Se debe considerar que condición del suelo debe ser medido mediante indicios sencillos y perceptivos que a su vez están relacionados a sustancia orgánica presente en el suelo, la cantidad total de nitrógeno, el nivel de fósforo que puede ser extraído, la susceptibilidad a la erosión y su habilidad para retener agua, cambio en diámetro medio ponderado, profundidad del CO_3Ca y espesor del Horizonte "A". (Campitelli, et al 2010). En donde la frecuente disminución de los niveles de CO y sus componentes, así como de los macronutrientes (nitrógeno total y fósforo extraíble), e incremento en propensión a erosión hídrica, se observa que cuando avanza incrementan del monocultivo y siembra convencional, y que llevan consigo el deterioro del suelo (Campitelli, et al 2010),

Considerando sistemas agroforestales con implementación de la siembra de cafetales con especies arbóreas para sombra se ha determinado que favorece las condiciones para del carbono, que se debe a contribución de carbono orgánico procedente de las hojarascas y ramas caídas, que forman un mantillo, este a su vez mejora e incrementa el porcentaje de NPK, (Vásquez, D. et al 2014). Acá podemos afianzar el reconocimiento de los árboles que cumplen con diversas funciones en los ecosistemas, ya que estos ofrecen servicios ambientales importantes regulando la habilidad para retener y capturar CO_2 .; aporte de materia orgánica, regulación de los ciclos hídricos, considerando dentro de estas plantaciones de café con sombra en sistemas agroforestales son las que muestran un mayor potencial para ser incluidas en el mercado de carbono (Sartorio, 2002; Pineda, 2005, Vásquez, D. et al 2014).

En los sistemas agroforestales el aporte de hojarasca proporcionado por el componente arbóreo es la fuente principal de carbono incorporado a los suelos en forma de materia orgánica que en presencia de los microorganismos determina la formación de humus, por la facilidad que tiene para descomponerse e incorporarse al suelo, (Vásquez, D. et al 2014; Chávez-Vergara *et al.*, 2014), se debe considerar en las diferentes evaluaciones para determinar el potencia que tienen los suelos para captura de carbono las pendientes, aportes del material orgánico dado por la caída de hojarasca, ramas, frutos, semillas, la formación del matillo, de plantaciones de café en sistemas agroforestales con sombra (Vásquez, D. et al 2014).

Las mayores ventajas comparativas de los sistemas agroforestales en comparación con otros métodos de utilización del suelo: aumento en la producción, producción disminución del uso de pesticidas y fertilizantes que nos mejora la productividad, y los múltiples servicios ambientales principalmente la regulación de los ciclos hídricos que tiene sus repercusiones socioeconómicos haciendo de estos sistemas agroforestales versatilidad y una opción frente a las prácticas tradicionales de agricultura itinerante conocidas como "roza-tumba-quema", que nos han ocasionado deterioros en los ecosistemas. Se demanda ahora investigar los diferentes sistemas agroforestales (SAF's) para determinar cuáles de estos sistemas agroforestales son los más eficientes en secuestrar carbono, estudio que es necesario en una visión, multidisciplinaria, interdisciplinaria y transdisciplinario y de compromiso colectivo. (Nair, 1997; Krishnamurthy y Avila, 1999; Gavenda, 2000, Concha C., et al 2002, Alegre *et.al*, 1998).

Huertos familiares se ven como alternativas extensivas para captura y retención del carbono, donde sistemas agrosilvopastoriles, y agroforestales pueden ser alternativas de manejos culturales tendientes a un fin adicional el secuestro y almacenamiento de carbono que se calcula en $80.16 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fuentes gestionables, en donde 40 % corresponde al componente arbóreo siendo el de mayor volumen el carbono edáfico $113,54 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$. (Concha C., et al 2002). También se nos indica que la implementación de las pasturas convencionales a sistemas silvopastoriles, con la incorporación en baja densidad de árboles, incrementa grandemente su capacidad de retención de CO₂, además de otros beneficios ambientales, sin que se tenga costos adicionales, considerando variantes en estos sistemas agrosilvopastoriles

como son la implementación como cercos vivos, siembra de árboles en curvas de nivel, el uso de árboles como cortinas rompe vientos, etc., (Concha C., et al 2002).

Existen una serie de evidencias que nos indican que el problema mundial que nos preocupa calentamiento global como aumento de gases del efecto invernadero detectado en últimos años, principalmente a la ignición de combustibles fósiles, en el desarrollo de las actividades humanas, este incremento del CO₂ atmosférico también es el resultado de los procesos de deforestación, la modificación en la utilización del suelo con el propósito de llevar a cabo actividades agrícolas, siendo esta considerada dentro de las actividades no energéticas, (Hidalgo C. P., 2011). Se considera diferentes escenarios inciertos que ocasionen efectos negativos, aunque estos también pueden ocasionar efectos positivos al ecosistema, por lo que se debe implementar ciertas acciones para minimizar emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) principal el CO₂, como son incrementar su captura y almacenamiento siendo la retención y almacenamiento del carbono en suelo, una mejor opción ya que se convierte en el carbono más estable acumulado en la biomasa terrestre, principalmente en las áreas destinadas a la práctica agrícola, unas de las mejores alternativas, (Hidalgo C. P., 2011).

Es fundamental tener en cuenta el secuestro de carbono mediante sistemas agroforestales; estos sistemas ofrecen a los agricultores ventajas financieras, ya que reciben compensación directa por el servicio medioambiental de venta del carbono atrapado y la posibilidad de obtener a través de estos sistemas agroforestales otros beneficios ambientales al obtener productos para su uso o para insértalos en el mercado como frutos nativos, cortezas, semillas, madera, leña, etc., para la unidad y economía familiar, (Jiménez et. al, 1994; Hidalgo C. P., 2011). Así mismo se debe considerar que el carbono es capturado y guardado en sistemas agroforestales, se aproxima al carbono capturado y almacenado reportado para los bosques secundarios tropicales, teniendo cierta aproximación también a los ecosistemas tropicales, (Hidalgo C. P., 2011).

Se tiene informes que indican la suma completa de carbono guardado en diversos sistemas agroforestales estudiados asciende en promedio a 217.564 toneladas por hectárea, correspondiendo a la biomasa vegetal 43.38% (94.383 t) y 56.62% (123.181 t) al

carbono orgánico capturado y guardado en el suelo, estos datos nos permiten inferir que los sistemas agroforestales estudiados poseen una capacidad significativa para capturar y retener carbono, colaborando en disminución de emisiones de GEI, incluido CO₂; cual ayuda a reducir los efectos desfavorables de los cambios climáticos y a la vez podrían contribuir a la formación de bosques climas, se tiene así también reporte que los barbechos tradicionales considerados como residuos agrícolas aportan biomasa en menores volúmenes, (Hidalgo C. P., 2011).

Se tiene que para el entorno de provincia Leoncio Prado (Tingo María), reporta que existen 24,273.76 hectáreas de bosques que han sido deforestadas, para modificación en la utilización de tierra para llevar a cabo prácticas agrícolas, y que la actualidad esos suelos están erosionados, las mismas que se encuentran en estado de abandono y que se debe plantear a través de implementación de sistemas silvopastoriles y agroforestales a la producción agrícola, ganadera, y percibir de esta manera como un valor agregado beneficios por los servicios ambientales dentro de estos la retención de carbono mediante la generación de biomasa vegetal, y la recuperación de suelos degradados, (Hidalgo C. P., 2011).

Un problema que afronta actualmente la Tierra con repercusiones en la humanidad es calentamiento global mediante efecto invernadero que esta ocasionando serias variaciones del clima en todos los ecosistemas, evidenciándose en aumento de temperatura global promedio del aire y los océanos, el cual ha pasado de 0.6 a 0.74 °C, con este incremento de la temperatura se está generalizando el deshielo de los glaciares y la nieve. acumulado en polos y otros glaciares del mundo, efectos que están siendo monitoreados con equipos satelitales los que nos reportan datos, que muestran que la extensión de hielos marinos en Ártico ha disminuido en 2.7 % cada década, ha resultado en un aumento del nivel medio de los océanos, que está afectando a la ciudades cercanas a los litorales marinos, se tiene que en los últimos siglos se ha incrementado las actividades antrópicas con el consecuente incremento de fuentes energéticas con el uso de los combustibles fósiles lo que ha por lo que se ha emitido grandes cantidades de CO₂ a atmósfera, siendo considerado como el GEI más significativo, cuyos efectos se traducen en el calentamiento global del planeta, (IPCC, 2007; Alvarado J. et al 2012).

Con el protocolo de Kioto, se han asumido diversos compromisos internacionales por los diversos países dentro de estos se ha propuesto diversos mecanismos a ser implementados para reducir los GEI destacándose tres de estos que son, ejecución combinada sistemas de desarrollo sostenible, 1 mecanismos para la promoción de prácticas ambientalmente (MDL) e intercambio de derechos de emisión (Vargas & Samayoa, 2009 Alvarado J. et al 2012).

En países subdesarrollados los diseños para implementación y promoción de iniciativas destinadas a captura o reducción de emisiones de GEI, se da con implementación de proyectos de conservación y reforestación como una forma de desarrollo limpio, fomentando colaboración entre naciones desarrolladas y en desarrollo, colaborando mutuamente en obtener beneficios ambientales comunes a nivel global a largo plazo, donde a través de estas alianzas se tiene como objetivos la disminución de acumulación de GEI, con la reforestación y aun mas con ejecución de sistemas agroforestales (SAF) se incrementa las opciones para la captura del carbono en agroecosistemas por la producción de biomasa y MO. (Albrecht & Kandji, 2003; Montagnini & Nair, 2004; Alvarado J. et al 2012).

En países como Colombia se considera para la producción de café (*Coffea arabica*) diversos métodos de producción, como monocultivos, sistemas que incorporan sombra junto con especies perennes como musáceas, o sistemas agroforestales (SAF) y la inserción de diferentes especies arbóreas que proporcionan diferente estructura y composición de doseles, y que como se sabe los sistemas agroforestales aportan en forma eficiente en la captura de carbono atmosférico y lo transfieren a su sistema en el incremento de su biomasa y su posterior incorporación hacia el suelo. Alvarado J. et al (2012),

En los suelos cafetaleros bajo los sistemas agrícolas presentan baja densidad aparente que genera condiciones óptimas para la producción, incrementando a su vez el almacenamiento de carbono, reduce la densidad aparente, favorece la circulación del aire, hay mayor retención de humedad, y facilita la formación de nutrientes en solución, además de generar otros impactos positivos, (Alvarado J. et al 2012), se debe considerar además que

estos sistemas agrícolas del cultivo del café bajo sombra incrementan captura del carbono atmosférico que aportaría a la mejora de su calidad” (Alvarado J. et al 2012), en comparación los sistemas agrícolas en donde se desarrolla el monocultivo, estos tienden a almacenar menos biomasa, y por lo tanto hay menos incorporación de carbono al suelo, que a su vez tienen un impacto adverso en otros beneficios ambientales, como aquellos resultantes de la preservación de la biodiversidad” (Alvarado J. et al 2012).

El suelo proporciona múltiples beneficios ambientales, como captura y retención del carbono, que es el carbono más estable almacenado, teniendo ciertas variaciones y que va a depender del tipo de suelo, características físicas, químicas y biológicas; historial de manejo y diversos factores ambientales del entorno, en donde el contenido y la variabilidad espacial del carbono del suelo ha sido limitada en áreas agrícolas con fuertes pendientes” (Vergara S., M. et al 2004).

El suelo posee capacidad para acumular y retener carbono durante períodos prolongados, considerándose a este carbono como el más estable, en donde el curso de degeneración de MO, carbono es secuestrado por suelo, siendo capacidad del secuestro variable así como su distribución que va a depender de las múltiples funciones de sus características físicas químicas y biológicas, empleo y manejo del suelo agrícola, las actividades culturales el sistema agrícola presente, del tipo de ecosistema y sobre todo de la vegetación presente, se tiene que los sistemas agroforestales son prácticas agrícolas que incrementan la generación de biomasa vegetal, disminuyen erosión del suelo y favorecen actividad microbiana en relación con materia orgánica, así como otros servicios ambientales entre los que se considera la regulación de los ciclos hídricos, incrementar la captura del carbono atmosférico que a su vez mitiga las consecuencias adversas para medio ambiente generadas por incremento de CO₂ en la atmósfera, como el calentamiento global inducido por efecto invernadero, este incremento de calidad del suelo que se da por sus aportes de hojarasca, ramas y frutos que incrementan los nutrientes del suelo y que a su vez mejora la productividad agrícola (Carter et al., 1997; Vergara S., M. et al 2004).

Se considera que almacenar, capturar y secuestrar carbono en los suelos es esencial para el ciclo de carbono. Esto se debe que la cantidad acumulada de carbono en los suelos a nivel mundial supera la cantidad total presente en el aire y en las plantas, prestando de esta manera un servicio ambiental que beneficia a toda la humanidad disminuyendo el incremento de CO₂ en la atmosfera, regulando hasta ciertos límites, del efecto invernadero que genera el calentamiento global del planeta, para aprovechar de manera efectiva este fenómeno, se necesita comprensión precisa de disparidades, variabilidad entre los suelos y las consecuencias del cambio de uso del mismo y de las diferentes formas de conservación y recuperación. (Stein *et al.* 1997; Yanai *et al.* 2001; Bruce *et al.*, 1999; Arnold *et al.*, 1990; Vergara S., M. et al 2004)

La implementación de nuevas tecnologías agrícolas que modifican a las tecnologías agrícolas tradicionales, considerando dentro de estos los sistemas agroforestales, la siembra a curvas de nivel, donde intercala cultivos anuales con el uso de frutales, o la inserción de árboles maderables, arboles multipropósitos, y con este sistema se incrementa la capacidad de secuestro de carbono, otra nueva tecnología es el cambio de las actividades culturales con labranza mínima para protección del suelo deja barbechos con recolección los terrenos, y con ello se incorpora materia orgánica al suelo creando requisitos para retención y secuestro del carbono en suelos, sin embargo el entendimiento de las relaciones interespecíficas funcionales de los componentes de los diferentes sistemas agroforestales contribuiría a calcular con mayor exactitud la capacidad real de absorción de CO₂ por parte de suelos y diversos sistemas de aprovechamiento de la tierra (Acosta 2003),

Sin embargo la estructura de propiedades físicas, químicas y biológicas de suelo son variables y esto hace porcentajes del carbono sean diferentes, esto sería explicado por las diversas interacciones ecológicas y de manejo, sistemas de uso de la tierra y que conocer dichas interacciones permitirá realizar evaluaciones mas cercanas a la realidad de las cantidades de carbono capturado y almacenado, para hacer mejores propuestas de los trabajos futuros de medición del carbono incorporado y almacenado en los diferentes componentes de los ecosistemas. (Vergara S., M. et al 2004),

Los sistemas de información geográfica (SIG) instrumentos que sirven para generalizar con resultados aproximados sobre la cantidad de carbono orgánico presente en suelo, utilizando datos de los perfiles de mapas ecológicos donde se reportan valores del carbono orgánico, siendo estos valores aproximados nos ayudan para hacer estimaciones de los ecosistemas regionales y también a nivel nacional, (Segura C., M., et al 2005),

Metodo suelo-vegetación, considerando el sistema de uso del suelo, se relacionan directamente con elevación o disminución de concentraciones del CO₂ en atmósfera, según rapidez de descomposición del carbono orgánico en suelo, así como velocidad de formación de materia orgánica, el mismo que depende de la calidad de hojarasca, ramas, frutos que son aportados por la vegetación y tipo del suelo principalmente la textura y del componente biológico facilita su incorporación por eso, suelo es considerado un depósito donde se encuentra almacenado grande cantidades de carbono que es mayor incluso que la suma del carbono de la biomasa terrestre y del carbono atmosférico, además, es método para medir intercambio de GEI entre biosfera y atmósfera (Kern, 1994; Van Bremen y Feijtel, 1990; Segura C., M., et al 2005).

El potencial que tienen los suelos para la captura de carbono, dependerá de los distintos escenarios en donde se considere los diferentes componentes del sistema, así como los factores climáticos y la fisiografía, los ciclos hídricos, el origen de los suelos, por lo que es necesario considerar, ¿Qué cantidad de carbono almacenado tenía el suelo originalmente? y ¿Cuáles son los cambio y modificaciones que han influenciado en el suelo en su capacidad de almacenamiento de carbono?, es decir, para tener la certeza de los cambios en el acopio del carbono orgánicos de los suelos, en diferentes periodos del tiempo, se tiene que tener datos que sirva para hacer comparativos, ya sea por cambio de uso del suelo, así como los procesos de recuperación por la inserción de diferentes sistemas agrícolas productivos, donde la determinación de carbono orgánico del suelo un método comúnmente aplicado debe considerar la evaluación a diferentes profundidades, en uno o mas horizontes, considerando la densidad aparente y la estructura física del suelo, (Batjes 1999; Segura C., M., et al 2005; FAO, 2002).

Se tiene datos que los manglares, los bosques mesófilos de montañas y los suelos de las selvas húmedas tropicales, aportan más de 100 Mg ha⁻¹ de CO₂; mientras que, en los matorrales xerofíticos, en los matorrales pastizales y en los matorrales espinosos se tienen bajas aportaciones con menos de 30 Mg ha⁻¹ de CO₂, (Segura C., M., et al 2005).

Los factores determinantes en las evaluaciones de carbono orgánico en superficie esta ligado al tipo de vegetación, calidad y la densidad, de tal manera la cantidad del carbono orgánico presente cambia con tipo, calidad y densidad de vegetación, así como del tipo de material parental, factores topográficos, en la dinámica del suelo, cuando se tiene el tipo de vegetación estaría relacionado con el tipo de árbol, su edad y son pocas las consideraciones hacia el componente biológico del suelo del cual depende su dinámica, de esta manera se señala que se debe tomarse en cuenta al tipo de vegetación para estratificar el ambiente en las evaluaciones del carbono orgánico, y es por esta razón que, al hacer evaluaciones de emisiones del CO₂ de biosfera a la atmósfera, debe considerar el aporte del suelo por cambio de uso, así como de la vegetación por las diversas alteraciones que esta está teniendo por actividades humanas, (Franzmeier *et al.*, 1985; Schlegel *et al.* 2001; Segura C., M., et al 2005).

Así también se tiene que, al relacionar la proporción de carbono orgánico que existe en suelo, en relación con usos primordiales, se ha establecido que aquello en donde se hace el cambio de uso para actividades ganaderas intensivas tienen el nivel más elevado de carbono orgánico presente en suelo. con más 80 Mg ha⁻¹ del carbono orgánico, seguido de suelos con actividades forestales con más de 75 Mg ha⁻¹ del carbono orgánico, mientras que los suelos usados en la agricultura bajo riego presentan las menores cantidades de este elemento 40.8 Mg ha⁻¹, (Segura C., M., et al 2005),

Se tiene además que el contenido de CO₂ en los suelos son variables, esta afirmación es reforzada cuando se relaciona la variable CO₂, con las características climáticas de los ecosistemas, la presencia de la vegetación dominante, que presenta grandes diferencias dependiendo de las regiones ecológicas, de estas se observa las selvas húmedas tropicales y selvas secas tienen mayor almacenamiento de CO₂., si se compara con las de climas, (Segura

C., M., et al 2005), para los uso de suelo para actividades pecuarias intensivas y para actividades forestales proporción de M.O. y disminuirá dependiente de incrementos de sus actividades, (Segura C., M., et al 2005),

Murray, R. M., (2014), nos indica que las características físicas del suelo influencias como un factor principal en su estructura, que facilita la profundidad del espacio enraizable, habilidad para retener agua, la eficiencia en el drenaje y su capacidad de almacenamiento de aire, esto en base a la porosidad resultado de su estructura física, que determina su textura.

Diferentes trabajos de investigación en sus resultados nos indican que la explotación irracional de los suelos da como resultado alteraciones en características físicas, químicas y biológicas, con potencial de impactar la productividad mediante influencia en vegetación, llevando a estos a problemas de degradación en efectos que repercuten en la estructura física, química y biológica, propiciando el compacto de suelo, incremento en densidad aparente (D_a) y reducción de porosidad donde se almacena el agua y el aire, disminución de la incorporación y almacenamiento de M.O, altera la cabida de la interacción catiónico con acidificación de los suelos y considerando uno de los desafíos que los agricultores enfrentan al trabajar la tierra es gradual perdida de M.O. en suelo (Crovetto, 1996; Martínez-Trinidad *et al.*, 2008; Hernández *et al.*, 2004; 2006; Murray, R. M., 2014).

Como resultado de las actividades intensivas de laboreo del suelo, por parte de los agricultores, aumenta el índice de penetrabilidad y compactación reduce porosidad, incrementa el factor dispersión del suelo y eleva la densidad aparente, se reduce la superficie activa del suelo disminuyendo el espacio enraizable para la toma de agua, así como su habilidad para retener agua y disponibilidad de nutrientes, altera la composición biológica disminuyendo su actividad; teniendo como consecuencia, la disminución de sus rendimientos, situación que hace que se incremente empleo con fertilizantes principalmente los sintéticos y elementos necesarios, de esta manera, el sistema actual de producción agrícola convierte en un modelo no sostenible, que ocasiona la disminución de las reservas de materia orgánicas del suelo, con efectos a corto plazo, como es la disminución del rendimiento de cultivos lo que

incrementa el costo de elaboración disminuye su rentabilidad. (Manna *et al.*, 2003; Murray *et al.*, 2010 y 2011; Murray, R. M., 2014).

Murray, R. M., (2014), nos indica que en el suelo la pérdida de carbono presente como parte de la materia orgánica, estaría relacionado con las alteraciones en sus propiedades, con efectos que ocasionan la degradación, por mineralización de M.O, con consecuente emisión del CO₂ a atmosfera, considerado como un gas de efecto invernadero, responsable de una serie de problemas climáticos dentro de estos el calentamiento global

El papel de estructura integrados con producción agrícola como SAF es la mejora de calidad del suelo, sostener eficiencia agrícola a través de gestión adecuada sostenible, reduciendo la influencia en entorno ambiental, por lo que se considera necesario, conocer la influencia de la vegetación arbórea sobre los diferentes componentes de los suelos, conocimiento de a considerar para la utilización de esta vegetación en proyectos para la restauración de zonas degradadas en sistemas que buscan alcanzar sostenibilidad, en donde las estructuras del suelo mejoren en base a los aportes anuales de hojarasca, exudados y biomasa radicular, aportados por los sistemas agroforestales, y que estos sean suficiente para modificar características químicas, físicas, y biológicas de suelos, por incremento y aportes de contenido de MO en el suelo (Murray, R. M., 2014; Montagnini *et al.*, 1994).

Murray, R. M., (2014), nos indica que características químicas, físicas y biológicas del suelo pueden ser modificados por la implantación de sistemas agroforestales, y que la cuantía de MO y densidad aparente están relacionadas directamente relacionado al nivel de carbono presente en el suelo.

Murray, R. M., (2014), en su enfocados con SAF con más de ocho años de siembra reporto un incremento de materia orgánica edáfica de 85%, indicando que existe Una conexión evidente entre M.O. y densidad aparente, determino así mismo el aumento en habilidad de absorción del agua en suelo explicando que esto se debe a la mejora de la composición del suelo en primeros 20 centímetros, en los sistemas agroforestales, en donde

existe un cambio de bloques a estructuras granulares y que estos cambios en sus propiedades físicas se debe al incremento de M.O. aportada a suelos por caída de hojarascas y ramas de los árboles.

Crespo, G., (2008), nos indica que, América Latina, incremento la actividad ganadera, ha deteriorado en forma marcada los factores ambientales, por lo que manifiesta que es necesario establecer mejoras y cambios de los sistemas convencionales de pasturas hacia sistemas silvopastoriles, ya que estos mejoran los suelos por incremento de M.O. optimizando fertilidad y recuperación de pastizales, repercutiendo positivamente en el ambiente

Crespo, G., (2008), nos indica que cada vez es más intensa la degradación de los suelos, siendo en las regiones ganaderas uno de los problemas más álgidos, y que se debe buscar sistemas en el establecimiento de pastizales que sean mas favorables para el ambiente, considerando a los sistemas silvopastoriles, cuyo beneficios se manifiestan favorablemente por la incorporación gradual del nutriente al metodo suelo – pasto – animal, a través de incorporación de material orgánica en el suelo procedente de la caída de hojarascas, ramas y frutos de: los árboles, de los arbustos y de la vegetación herbácea, mejorando las estructuras del suelo, que facilita la actividad microbiana, y como también la movilización de nutrientes hacia las capas superficiales del suelo.

Crespo, G., (2008), nos indica que, diversas investigaciones realizadas en los sistemas silvopastoriles indican que existe un aumento de presencia de nutrientes en suelos sobre todo en contenidos de fosforo, calcio, potasio, nitrógeno, carbono orgánico y magnesio, marcándose diferencia entre los sistemas convencionales entre los pastizales y los sistemas silvopastoriles, experimentando mejoras significativas en capacidad de capturar y almacenar el dióxido de carbono de atmósfera y aumento del carbono en el suelo, siendo en estos sistemas silvopastoriles el componente arbóreo el que mejora las relaciones entre los diversos factores siendo mas efectiva el reciclaje de los nutriente.

Crespo, G., (2008), igualmente nos indica que en sistemas silvopastoriles en medida como transcurre el periodo, se incrementa la producción de biomasa vegetal, con un incremento de la producción de hojarascas, incrementándose reciclaje de nutrientes, incrementándose fertilidad de suelos, que esto a su vez se relaciona con el incremento de la producción animal, por lo que se concluye de la necesidad imperiosa de establecer este sistema silvopastoril, para mejorar productividad de pastizales recuperando su fertilidad en áreas ganaderas degradadas.

Crespo, G., (2008), nos indica que el progreso económico y social a la cual ha contribuido la actividad ganadera, a través del desarrollo de pastizales bajo sistemas convencionales tradicionales, ha marcado grandemente el deterioro de los diferentes componentes del ambiente, sobre todo por el manejo de pasturas y las frecuencia y métodos de pastoreo, y dada la gravedad de esta degradación se considera que el establecimiento de sistemas silvopastoriles contribuyan en restauración de suelos, con la mejora de los pastizales las regiones tropicales, disminuyendo los efectos negativos hacia los componentes ambientales.

La combinación en el establecimiento de los pastizales con plantas forrajeras ya sea estas gramíneas y/o leguminosas con arbustos y árboles son conocidos como sistemas silvopastoriles siendo esta forma de agroforestería, árboles que participan esta asociación son mayormente de uso multipropósito, de uso forrajero y otros usos complementarios destinados a la producción animal, estos sistemas silvopastoriles está llamando el interés de diversos investigadores por sus diversas propiedades y beneficios hacia los componentes ambientales y llamando también el interés a los planificadores del desarrollo y para los productores ganaderos, (Ibrahim *et al.* 2006; Ruiz *et al.* 2006; Crespo, G., 2008).

Para restaurar suelos degradados específicamente lo relacionado con fertilidad de suelo de las áreas ganaderas de América tropical, se considera a los sistemas agrosilvopastoriles y silvopastoriles como alternativas para la recuperación por efectos positivos hacia los componentes ambientales, (Ruiz y Febles 2001, Acosta *et al.* 2006, Ibrahim *et al.* 2006; Crespo, G., 2008).

El enriquecimiento del suelo en las áreas ganaderas, bajo los sistemas silvopastoriles, se produce, por incremento de nutrientes en sistema suelo - pastizal, de incorporación de biomasa producida por árboles en el aporte de hojarasca, ramas y frutos y la hojarasca de la vegetación herbácea, además, los árboles penetran sus raíces en el suelo y pueden utilizar los nutrientes presentes en capas más profundas del suelo y, de esta manera intervienen en los ciclos biogeoquímicos incorporando muchos nutrientes a los estratos superiores, estos efectos son efectivos cuando los árboles que forman parte del sistema presentan un sistemas radicales profundos, además de fijar el nitrógeno atmosférico, como es el caso de las especies leguminosas a través de la simbiosis con una bacteria (Rey Obando 2006; Ovalle y Avendaño 1984; Crespo y Fraga 2006; Crespo, G., 2008).

En los sistemas silvopastoriles y agroforestales la presencia de árboles incrementa el contenido de MO y mejora los componentes ambientales, favoreciendo la actividad biológica de los microorganismos y macrofauna dentro de estos los macro invertebrados especialmente de las bacterias y hongos micorrizógenos, importantes en la degradación de la materia orgánica incrementando la disponibilidad de los nutrientes en el suelos principalmente del N, P, y K, existiendo mayor mineralización y movilización de los nutrientes, lo que facilita el desarrollo radicular aumentando la capacidad de la planta para captar agua y nutrientes, (Sánchez *et al.* 2003; Sadeghian *et al.* 1998; Machecha 2002; Crespo, G., 2008).

Conocer la cantidad y la composición química de la materia orgánica que se incorpora en los suelos a través de hojarasca que producen los árboles y arbustos en los sistemas silvopastoriles y agroforestales es considerado de gran interés, pues permite conocer el movimiento de los nutrientes en los sistemas, y debido a que presentan variaciones en su composición química de las diferentes especies de árboles y arbustos, así como se sabe existen diferencias en su composición química entre los órganos de una misma planta, por lo que se espera marcadas diferencias en los porcentajes de sus nutrientes reciclados (Pinto *et al.* 2000; González y Gallardo 1995; Crespo, G., 2008).

En las actividades agrícolas y ganaderas que no contengan especies arbóreas dentro de sus sistemas, mostraran poca capacidad para degradar la materia orgánica, disminuyendo su capacidad para reciclar nutrientes, en donde el nitrógeno del suelo tiende a inmovilizarse por largos periodos de tiempo, por lo que se considera a estos sistemas integrados de producción como son los sistemas agroforestales agrosilvopastoriles y silvopastoriles como componente efectivos para incrementar el secuestro de carbono además de fertilizar el suelo, dando sostenibilidad a los ecosistemas, siendo necesarios para recuperar suelos degradados, (Crespo, G., 2008),

Las mayores alteraciones que han generado problemas en nutro planeta se deben al desarrollo de actividades antropogénicas que cada vez son mayores, en su afán por alcanzar las nuevas metas y cubrir la necesidades que le imponen los modelos de desarrollo a nivel global, y que los efectos mas negativos y severos que se han generado, se relaciona con la aplicación y utilización de métodos de explotación intensiva, puntualizados con el objeto de incrementar la producción, en donde no se tiene en cuenta los sistemas de producción natural sostenible, (Alonso, J. 2011)

Considerando las políticas gubernamentales y el uso de tecnologías intensivas en forma irracional, hace que se experimente un deterioro acelerado, de los recursos naturales necesarios para impulsar el desarrollo agropecuario en la mayoría de los países tropicales, que ponen en peligro hacia nuestras generaciones futuras no puedan satisfacer sus necesidades vitales, con su consiguiente insostenibilidad ecológica, social, política y económica de los países en vías de desarrollo, (Alonso, J. 2011)

Por lo que se considera necesario valorar las potencialidades de las tecnologías, con las que pueda obtenerse el desarrollo y que implique mejoras para los agroecosistemas, generando a su vez servicios ambientales, adaptado prácticas agrícolas en donde se utilice adaptaciones que consideren la incorporación de arboles y arbustos dentro de sus sistema como elementos indispensables, ya que esta demostrado que estos incrementan la producción, así como también interviene protegiendo e incrementando la biodiversidad de los microorganismos, la flora y fauna, favorecen regulando los ciclos hídricos, mejorando las

fuentes de agua potable, mejoran las características físico, químicas y biológicas de los suelos, (Alonso, J. 2011)

Se considera a los sistemas agroforestales como una de las modalidades mas prometedoras, en donde se desarrollan una seria de interacciones interespecíficas entre los diferentes componentes: arboles, arbustos, hierbas, animales, microorganismos interactuando en el suelo, (Alonso, J. 2011), pero a pesar de conocer la capacidad que tienen los ecosistemas boscosos, y los sistemas agroforestales para el almacenamiento de carbono, falta conocer el potencial secuestro y almacenamiento de carbono en el suelo y en la biomasa arbórea, en los diferentes sistemas de uso de la tierra, (Ibrahim, M., et al 2006)

En América Latina en la amazonia en las comunidades nativas han tenido una cultura del manejo de sistemas de producción con los conceptos del desarrollo sostenible amigable con el manejo de la diversidad biológica, estas prácticas agroforestales han proporcionado diversos beneficios muchos de los cuales de alcance global como es la captura del CO₂ atmosférico, con el consecuente secuestro, mitigando las consecuencias del calentamiento global, protegiendo la biodiversidad, es así como se demuestra la necesidad de promover la agroforestería con sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles, y silvopastoriles, como una herramienta fundamentales para la producción, que son tecnologías adaptadas al cambio que deben ser implementadas y adaptadas al cambio, (Ibrahim *et al.* 2006; Alonso, J. 2011)

El cambio de uso de la tierra y al uso de combustibles fósiles, son dos actividades antrópicas resultado del desarrollo de actividades económica productivas que ha influenciado en el incremento de las concentraciones de CO₂ en la atmosfera, las que han provocado cambios y alteraciones hacia el medio ambiente, en todo el planeta, cambios inducidos principalmente por los gases de efecto invernadero dentro de estos el metano, el óxido nitroso y el dióxido de carbono, con el consecuente calentamiento global, que afectan los procesos ecológicos, económicos y sociales, con alteraciones del equilibrio de los ecosistemas, (Ibrahim, M., et al 2006; IPCC 2001).

La biomasa arriba del suelo, con el carbono orgánico del suelo, son los principales componentes de almacenamiento de carbono, y que depende del uso que se le da al suelo, siendo los sistemas agroforestales quienes presentan un gran potencial para almacenar carbono tanto en el suelo como en su biomasa, según cálculos este puede variar entre 20 y 204 t ha⁻¹, estando la mayor parte de este carbono almacenado en el suelo, pudiendo tener incrementos de carbono en un periodo de un año que puede variar entre 1,8 y 5,2 t ha⁻¹, todo este potencial que presentan los setenas agroforestales y los ecosistemas boscosos es totalmente reconocido, pero a pesar de todo, aun nos falta información para determinar el potencial real que tiene estos sistemas, para el secuestro y almacenamiento de carbono en el suelo y en la biomasa aérea, (Ibrahim, M., et al 2006; Ibrahim et ál. 2005).

Las áreas degradadas presentan un alto potencial de captura de carbono a nivel de fincas agrícolas, siendo la incorporación del componente arbóreo los que hacen que los sistemas productivos convencionales incremente su potencial de secuestro, a nivel del ecosistema de fincas y convirtiendo áreas no aptas para la producción agropecuaria a bosques secundarios por regeneración naturales, (Ibrahim, M., et al 2006),

Los grande problemas ambientales que son preocupación a nivel mundial están siendo abordados para busca instrumento que conlleven a su mitigación siendo uno de estos el incremento de las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico uno de los seis principales gases de efecto invernadero cuyos efectos ocasionan el calentamiento global contribuyendo a nivel global con el camio climático, los instrumentos propuestos para educir las emisiones globales propuestos y considerados en el protocolo de Kioto son los mecanismos de desarrollo limpio, considerado como uno de los mecanismos más importantes pues establece un espacio de negociación entre los países en desarrollo vendedores de sus servicios ambientales y los países desarrollados compradores de servicios para la reducción de los gases de efecto invernadero siendo una de la alternativas negociables la inserción de componente arbóreo en los diferentes sistemas productivos agropecuarios estableciendo los sistemas agroforestales agrosilvopastoriles y silvopastoriles especialmente en las regiones tropicales, donde gracias a las condiciones ambientales de temperatura, humedad, radiación solar, precipitaciones favorecen la producción de biomasa arbórea, con una alta tasa de

captura y fijación de carbono atmosférico, (Somarriba et al. 2008; Poveda et al 2013; Cuéllar 1999; IPCC 2001).

En las regiones productiva con el cultivo de café y de cacao se requiere necesariamente la incorporación de especies arbóreas para sombra formando los sistemas agroforestales que cumplen un papel relevante en la mitigación de los efectos de los gases de efecto invernadero que ocasionan el calentamiento global del planeta, ya que estos pueden almacenar entre 12 y 228 t C ha⁻¹, principalmente en la producción de biomasa que forma el tallo de los árboles, (Poveda et al 2013)

En los sistemas agroforestales de cacao con especies arbóreas si se realiza mejoras en las condiciones de sombra, con la siembra de arboles de porte alto, de madera dura con alto índice de densidad, de rapido crecimiento, se podría aumentar la generación de ingresos económicos para la familia incrementado el valor del predio, y con esta incorporación se incrementaría el potencial de captura y fijación de carbono atmosférico, (Poveda et al (2013), los diversos resultados de estudios realizados pueden ser usados para negociaciones por las diversas organizaciones productivas y gobiernos locales, para la venta de certificados de captura de carbono en los mercados voluntarios para el cumplimiento de sus compromisos de reducción de CO₂ atmosférico, (Poveda et al (2013).

En Costa Rica, los sistemas agroforestales de café bajo sombra con especies arbóreas, almacenan mayor cantidad de carbono que en un sistema agrícola convencional con siembra de café solo sin el componente arbóreo, para determinar la densidad de siembra se debe seleccionar el tipo de árbol siendo el mayormente utilizados los árboles multipropósitos, siendo la selección del árbol determinante para obtener los mayores beneficios en la mejora productiva, así para obtener mayores cantidades de captura del carbono atmosférico, esto depende también de las condiciones del sitio y objetivos del agricultor, siendo esto parte de sus conclusiones de, (Ovalle R., O. 2016)

Es en el suelo dentro de los sistemas en donde se encuentra el mayor contenido de carbono, siendo este el más estable, y cuando se realizan estudios mayormente se reportan el carbono almacenado por los árboles, en las regiones cafetaleras el arreglo que presentan mayores cantidades de carbono almacenado son las innovaciones agroforestales comerciales, con la combinación de árboles multipropósitos que cumplan la función de servicio ambiental, y den importancia por su madera, frutos y cortezas, que den beneficios directos en la vida de los agricultores, (Poveda et al 2013). Siendo estas innovaciones agroforestales las que nos muestran una variabilidad que tienen los sistemas productivos agropecuarios para el almacenamiento de carbono y la importancia de la selección y arreglo de las especies arbóreas a ser incorporadas, presentando diferencia para las regiones en donde se considera dentro del arreglo agroforestal la densidad, altitud, especies, variedades y los objetivos del agricultor, (Poveda et al (2013)

En el planeta el gas de efecto invernadero que más contribuye al calentamiento global es el dióxido de carbono, siendo una forma de disminuir su concentración en la atmósfera para mitigar sus efectos es su captura y almacenamiento en las plantas las que mediante el proceso fotosintético utilizan el CO₂ atmosférico para convertirlo en moléculas orgánicas y otra forma de mitigación es la incorporación y almacenamiento de carbono en el suelo como carbono orgánico, (Ávila, G., et al 2001)

Los sumideros más importantes de carbono son los sistemas agroforestales; especialmente en las regiones tropicales, sin embargo, en las negociaciones para el pago por los servicios ambientales no han sido bien considerados, debido principalmente, a la ausencia de trabajos de cuantificación sobre su capacidad y potencialidad de almacenamiento y fijación de carbono, se debe considerar también a la falta de organización por parte de los propietarios de los predios sobre todo considerando que son pequeños productores (Galloway y Beer 1997; Ávila, G., et al 2001).

Se tiene que la sustentabilidad de los sistemas agrícolas se relacionan con la presencia de carbono orgánicos en el suelo que influencia sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas y sus funciones en base a las diversas interrelaciones relacionadas con

la sostenibilidad de los cultivos, siendo el carbono orgánico del suelo el que está vinculado con la disponibilidad y cantidad de nutrientes del suelo, en base al aporte de elementos minerales, dentro de estos el nitrógeno cuyo aporte es normalmente deficitario, y es el responsable de modificar los valores de acidez y alcalinidad hacia valores cercanos a la neutralidad, que influye en la disponibilidad de los nutrientes, (Martínez et al 2008)

Aun más la importancia del carbono orgánico del suelo está asociado que este proporciona coloides que incrementan la capacidad de intercambio catiónico, además que este carbono orgánico en su proceso de descomposición influye en las propiedades físicas, modificando su estructura de la que depende la porosidad del suelo relacionada con la capacidad para almacenar aire y agua, se debe tener en cuenta que la cantidad de carbono orgánico del suelo depende de las condiciones ambientales y que está fuertemente relacionado con el manejo y uso del suelo por parte de los agricultores, estando muchas de estas prácticas agrícolas relacionadas con la disminución de este carbono orgánico, pero a su vez existen prácticas culturales agrícolas que favorecen la acumulación de la materia orgánica y con ello el aporte de carbono orgánico al suelo, (Martínez et al (2008)

Se tiene que los residuos orgánicos agrícolas en diferentes estados de descomposición, la presencia de animales muertos y los microorganismos son los que pasan a conformar el carbono orgánico del suelo, en forma de compost, humus, y otras formas muy condensadas próximas al carbono elemental, el carbono orgánico del suelo en condiciones naturales resulta del balance entre la salida de carbono orgánico del suelo en forma de CO₂ a la atmósfera por el cambio del uso del suelo o el mal manejo que generan lixiviación o erosión y la incorporación de materia orgánica al suelo por los componentes biológicos, siendo estos residuos de origen vegetal y animal, (FAO, 2001; Martínez et al 2008; Jackson, 1964; y Aguilera, 2000).

En el ciclo biogeoquímico del carbono, el suelo es un importante compartimiento, que puede actuar como reservorio de carbono o como fuente de carbono hacia la atmósfera, estando dependiente de los sistemas de uso del suelo, los manejos convencionales agrícolas en los sistemas productivos, como el uso intensivo del arado y de la

labranza intensiva, promueven la liberación del carbono en forma de CO₂ hacia la atmósfera, mientras que los usos conservacionistas, como la labranza mínima y los sistemas asociados agrícolas, favorecen la acumulación de carbono en forma orgánica dentro del suelo, (Martínez et al 2008)

La capacidad de intercambio catiónico y la capacidad tampón sobre las reacciones del suelo (pH), son favorecidas por el carbono orgánico del suelo el que aporta consecutivamente agregaciones al suelo, aportando nutriente al suelo para ser utilizados por las plantas por la mineralización de la materia orgánica, los que son aportados en forma deficitaria por los minerales del suelo, además el carbono orgánico interviene favoreciendo la actividad biológica por el aporte de fuentes energéticas para los organismos heterótrofos, y dado que el carbono orgánico influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas y sus diferentes interrelaciones resulta ser un factor determinante en la productividad agrícola, ganadera, (Martínez et al 2008)

En todas las interacciones realizadas por los microorganismos como las bacterias, hongos y diversos macroinvertebrados sobre la materia orgánica aportada hacia el suelo en forma de residuos orgánicos procedentes de las plantas y de animales muertos en diferentes estados de descomposición, los cuales están formados por moléculas orgánicas, cuya estructura química está constituida por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo, potasio y otros elementos, cuya presencia y proporciones influyen en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, aquí es necesario aclarar que las plantas no pueden utilizar la materia orgánica como fuente de nutrientes para su crecimiento y desarrollo, estos tienen que sufrir un proceso de descomposición y transformarse en materia inorgánica por procesos de mineralización de sus estructuras elementales y así para formar parte de la fertilidad de los suelos, (Schroth, Vansuwe, & Lehmann, 2003; Urquiaga et al, 2016; Barreuzeta, U.; & Paz, G. 2017).

Se tiene que considerar que al estudiar los sistemas agroforestales por los beneficios que proporciona al suelo se tiene que considerar la producción de materia orgánica en cuanto a su abundancia y calidad, en donde la asociación de los cultivos permanentes con

especies arbóreas multipropósito, seleccionada generan mayor cantidad de biomasa que se puede observar en el mantillo que se produce y acumula en el suelo, que es muy superior a lo que se genera en los sistemas convencionales de monocultivo, (Barrezueta, U.; & Paz, G. 2017)

Se puede apreciar que la heterogeneidad que presentan los suelos en cuanto a sus propiedades físicas y químicas, ajustadas a las condiciones naturales del suelo con cultivo de cacao, con predominio de nitrógeno y carbono producto de la mineralización, se debe a la liberación de nitrógeno que se da en el matillo producto de la descomposición de la materia orgánica, cuyos valores son moderados. (Barrezueta, U.; & Paz, G. 2017)

Bajo una serie de consideraciones para el almacenamiento y captura de carbono los sistemas agroforestales se convierte en una estrategia importantes, además de los múltiples servicios ambientales que nos presta, en donde la biodiversidad de especies arbóreas seleccionadas con potencial a ser utilizadas en las asociaciones, que va a depender de las necesidades del agricultor, de los diferentes diseños agroforestales, de los fines que se requiera, que pueden ser como barreras rompe viento, recuperación de suelos degradados, la función multipropósito para la sostenibilidad del predio, proveedor de fuente energética (leña), de esta manera los sistemas agroforestales han tomado interés a nivel global, como estabilizador orientado a lograr un equilibrio entre la emisión y captura de carbono como una opción para mitigar los efectos del calentamiento global del planeta por el efecto invernadero, (Suarez, 2002; Farfán, 2012; Kumar *et al.*, 2011; Montagnini, 2004; Vega et al 2014).

Una de las alternativas para la protección de los bosques reconocidos a nivel global, es por lo servicios ambientales ecosistémicos, dentro de estos el secuestro de carbono el cual puede ser valorado en los ecosistemas, estando definidos los mecanismos económicos y legales establecidos en la cumbre de Rio de Janeiro, mecanismos que impulsan la protección y conservación de los ecosistemas con una compensación económica por servicios ambientales, siendo un instrumento en donde los ecosistemas son valorados por estos servicios, mediante mecanismos de desarrollo limpio a la vez que se impulsa las actividades de reforestación y la implementación de los diferentes sistemas agrícolas, especialmente en

los países en vías de desarrollo y que permiten a los países desarrollados a cumplir con los compromisos internacionales de control y reducción de sus emisiones, (Vega et al 2014).

Es necesario a considerar en los diferentes estudios de captura y almacenamiento de carbono, la edad de la plantación, de la densidad, las características del sitio, el tipo de suelo, los diseños agroforestales, las consideraciones climáticas y el manejo cultural al que es sometido el sistema, (Vega et al (2014)

Las especies forestales, seleccionadas por su morfología, por su uso como leña, madera, frutos, por su uso como sombra, por su rápido crecimiento, en los sistemas agroforestales del cultivo de café en el sur de Colombia son diversas, donde resaltan las especies de Inga sp, “guabas, shimbillo”, Eritrina poepigiana “cachimbo” y especies de Musa spp “plátano, bananos”, que al ser incorporados en los sistemas agrícolas de producción de café, generan servicios ecosistémico que pueden ser incentivados a través e bonos, dentro de los mecanismos de desarrollo limpio, (Vega et al 2014)

Los múltiples beneficios que se tiene de la incorporación del componente arbóreo dentro de los sistemas de producción agrícola agroforestales y silvopastoriles es que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo dentro de estas tenemos: la densidad, porosidad, humedad, capacidad de retención de humedad, compactación, conservación de la biodiversidad de los microorganismos como las hongos y bacterias y de los macroinvertebrados, la regulación del microclima, la capacidad de infiltración del agua, la calidad y cantidad de hojarasca que forma el mantillo, el incremento de la materia orgánica, mejora la capacidad de intercambio catiónico, facilita la disponibilidad de nutrientes, facilita la actividad microbiana de los organismos descomponedores, entre otros, (Julca-Otiniano *et al.* 2002; Schroth *et al.* 2001; Lavelle *et al.* 2003; Porras V., C., 2006).

Se debe considerar al hacer las evaluaciones de los beneficios del componente arbóreo en un sistema agroforestal a los indicadores que determinan la diferencia entre los tipos de manejo como son: la densidad, el contenido de carbono orgánico del suelo, la

biomasa microbiana, el contenido de potasio y magnesio, el número de macro vertebrados dentro de estos las lombrices, que deben ser evaluados en la estación seca y lluviosa, (Porrás V., C., 2006)

Dentro de las múltiples consideraciones, el suelo tiene sus atributos que determinan su calidad como son: la sostenibilidad y calidad ambiental, su fertilidad, su potencial productivo, que son instrumento que nos permiten comprender la salud y utilidad de este recurso, por lo que se debe tener en cuenta un conjunto de parámetro químicos, físicos y biológicos, (Mariscal S., I. 2008). Por lo que es importante considerar al evaluar la calidad del suelo que muchas veces no son consideradas: la escala de la evaluación la variabilidad espacial, el numero y naturaleza de la muestra, (Mariscal S., I. 2008)

Así mismo se debe considerar la utilización de la densidad aparente y el índice de penetración como indicadores importantes para determinar los cambios en la estructura física de los suelos forestales y de praderas, recomendaciones dadas por Alexander y McLaughlin (1992). Por su parte, Arshad y Coen (1992) proponen que se debe utiliza indicadores como: profundidad efectiva del suelo, densidad aparente, resistencia a la penetración, capacidad de almacenamiento de agua, conductividad hidráulica, estabilidad de agregados, cantidad y calidad de materia orgánica, disponibilidad de nutrientes: nitrógeno, fosforo y potasio, pH, conductividad eléctrica y sodio intercambiable, entre otros.

Se debe considerar, que en las áreas degradadas o en proceso de degradación, en donde se realice intervenciones para mejorarla, a través de procesos de fijación de carbono, en forma continua, las estimaciones deben realizarse en cantidades fijadas de carbono expresados en toneladas de carbono por hectárea y año (tn/ha/año), que se puede medir en diferentes sistemas de uso de la tierra cuyos antecedentes son conocidos por el agricultor, los diferentes sistemas pueden ser: bosques primarios, bosques secundarios de diferentes edades, áreas quemadas, plantaciones perenes, o anuales, barbechos mejorados, pasturas, sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles, silvopastoriles entre otros, (Según ICRAF 2002),

La fijación de dióxido de carbono en una parcela forestal está en promedio de 70 Tn de CO₂/año, que equivale a la emisión que genera un avión en 7 vuelos de Tarapoto a Lima o lo que emite por vía terrestre un camión en 63 viajes de Tarapoto a Lima, en la Cuenca del Cumbaza, en San Martín, con la implementación de 295 has. De agroforestería, se calcula fijar un aproximado de 309,750 th de CO₂ durante un periodo de 15 años, que equivale a la emisión de un avión con vuelos diarios a Lima a Europa, durante 15 meses (194,400 Tn de CO₂/año), se tiene datos que un Boeing para 120 pasajeros genera una emisión de 10.8 Tn de CO₂, que de incluirse un pago por los servicios ambientales se tendría un impuesto de US \$ 0.36, a cada pasajero para ser revertido a los agricultores por la implementación de este sistema agroforestal, de tal manera que la emisión sea igual a la fijación, logrando el dióxido neutral, (CEDISA 2003)

El costo de conservación y secuestro de carbono, también ha sido considerado como preocupación de diversos países en donde se ha realizado diversos estudios, sin considerar el costo de oportunidad del terreno, en estos se incluían los beneficios presentados por los agricultores, como los que se obtiene de los sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles, la regeneración natural, rotación de cultivos, plantaciones perennes, manejo de bosques, y muchas otras en donde se puede afirmar que los costos de implementación de sumideros de carbono son muy bajos, (IPCC 1996)

Se tiene que el cambio de uso del suelo en donde se implementan actividades agrícolas principalmente migratorias, con la quema de combustibles fósiles son dos procesos antropogénicos que incrementa significativamente las concentraciones de CO₂ atmosférico, el mismo que se ha ido incrementado de 280 ppm., a 350 ppm., en el año 2000, teniendo una concentración en la actualidad de 415 ppm., de CO₂ en la atmósfera, y se tiene proyecciones que para el año 2100 la concentración podría alcanzar 630 ppm., (Montoya et al., 1995)

La cantidad de carbono almacenado en el suelo como carbono orgánico, es muy diferentes en las diversas regiones, en donde el carbono almacenado en el primer metro de suelos en las zonas áridas es de unas 30 toneladas/hectárea, y las turberas de latitudes altas es

de unas 800 toneladas/hectáreas, por lo que se tiene que el contenido promedio de carbono fluctúa entre las 50 y las 150 toneladas/hectárea, (Uriarte 2003).

Se tiene así mismo que en los suelos forestales, el contenido de carbono, que se originan por la fragmentación de la roca madre meteorizada por el establecimiento de un organismo vegetal, que proporcionan capas de acumulación de materiales que se va incrementando con el tiempo, al irse acumulando y compactándose, tienden a almacenar cierta cantidad de carbono, que ira aumentando en el proceso de formación del suelo, (Benjamin 1999).

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Ubicación

El trabajo se realizó en el Valle del Monzón, desde el 10 de noviembre del 2020 hasta el 09 de noviembre del 2022, en la parte baja intermedia considerando el área de influencia de los proyectos implementados por los diferentes programas de desarrollo, en las parcelas agrícolas de los beneficiarios.

3.2. Ubicación política.

Las parcelas agrícolas están ubicadas en el Valle del Monzón: sector Inti, perteneciente al distrito de Dámaso Beraun “las Palmas” perteneciente a la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco.

Tabla 1. Datos de la georreferenciación de las Muestras y Sistemas Agroforestales.

Distrito	LUGAR	Tratamiento	Bloque	COORDENADAS		CODIGO DE LA MUESTRA
				ESTE	NORTE	
Mariano Damaso Beraún	INTI	Testigo	B ₁	382133	8971560	T ₀ A
Mariano Damaso Beraún	INTI	Testigo	B ₂	382139	8971565	T ₀ B
Mariano Damaso Beraún	INTI	Testigo	B ₃	382143	8971555	T ₀ C
Mariano Damaso Beraún	INTI	T ₁	B ₁	382210	8971359	T ₁ A
Mariano Damaso Beraún	INTI	T ₁	B ₂	382208	8971350	T ₁ B
Mariano Damaso Beraún	INTI	T ₁	B ₃	382203	8971345	T ₁ C
Mariano Damaso Beraún	INTI	T ₂	B ₁	382163	8971072	T ₂ A
Mariano Damaso Beraún	INTI	T ₂	B ₂	382170	8971080	T ₂ B
Mariano Damaso Beraún	INTI	T ₂	B ₃	382178	8971071	T ₂ C
Mariano Damaso Beraún	INTI	T ₃	B ₁	382201	8971083	T ₃ A
Mariano Damaso Beraún	INTI	T ₃	B ₂	382210	8971090	T ₃ B
Mariano Damaso Beraún	INTI	T ₃	B ₃	382205	8971087	T ₃ C

3.3. Características Climáticas

En las áreas de estudio se registra una temperatura media promedio anual de 22,5° C., con una temperatura mínima promedio anual de 17,2° C., y una temperatura máxima promedio anual de 28° C., con cerca de 78% de promedio de humedad relativa, y con 2,200 milímetros de precipitaciones promedio anuales. La época de lluvias comienza en octubre y se prolonga hasta marzo – abril, teniendo, en los últimos años que el régimen de lluvias y estiaje ha sufrido grandes variaciones en su intensidad y frecuencia, ocasionando inundaciones en las riberas de los ríos y sequías que han afectado a la agricultura y a las poblaciones cercanas a las riberas.

3.4. Relieve y Suelos

En las áreas de estudio se observan dos grandes paisajes fisiográficos: colinoso, y montañosos, con unas pequeñas áreas de planicies, perteneciente a cadenas montañosas. Las pendientes son relativamente poco pronunciadas, no superando en la mayor parte de los casos los 30° de inclinación. Es frecuente las lomadas y colinas que forman parte del paisaje colinoso con relieves complejos, que varían entre 8% y 25%, de pendiente, se encuentra entre altitudes de 800 y los 900 metros sobre el nivel del mar.

3.5. Zona de vida

Las características de las áreas donde se ubican las parcelas evaluadas, considerando su altitud, ubicación, presencia de vegetación, con presencia de bosques le corresponde a la zona de vida bosque pre montano tropical con la presencia de nubosidad característico de la ecorregión de Rupa Rupa, de acuerdo a Dinnerstein et al., (1995), de acuerdo a la clasificación de Brack, (1986), es considerado como selva alta, y de acuerdo al Mapa Ecológico del Perú (1995), está considerado como bosque pluvial montano tropical, en las partes altas la vegetación es densa cargada de líquenes, bromelias, musgos, orquídeas y otras epifitas que cubren los afloramiento rocoso, las hondonadas y la vegetación riverena.

3.6. Flora

Las especies forestales más abundantes son de la familia: Annonaceae con especies *Annona amazonica*, *Guatteria scytophylla*; familia Bombacaceae con la especie *Matisia cordata*; familia Cecropiaceae con especies *Cecropia cetico*, *Cecropia strigosa*; Familia Clusiaceae, con la especie *Vismia cayennensis*; familia Euphorbiaceae con especies *Croton draconoides*, *Croton palanostigma*, *Ricinus communis*; la familia Fabaceae con especies *Inga marginata*, *Inga heterophylla*, *Parkia nítida*, *Inga edulis*, *Leucoena leucocephala*; la familia Lauraceae con especies *Aniba sp.*, *Nectandra cuspidata*, *Persea grandis*, *Persea americana*; la familia Melastomataceae con la especie *Miconia serrulata*; la familia Meliaceae con *Cedrela odorata*; familia Moraceae con especies de *Ficus antielmintica*, *Brosimum alicastrum*; la familia Rubiaceae con especies *Cinchona pubescens*, *Coffea arabica*; la familia Sapotaceae con especies de *Pouteria guianensis*, *Pouteria caimito*, entre otros.

Entre algunas especies que se han vuelto raras en el área de estudio, se han reportado a la caoba (*Swintenia macrofila*), cedro colorado (*Cedrela odorata*), tornillo - *Cedrelinga cateniformis* (*Cedrelinga cateniformis*), la cinchona (*Cinchona officinalis*), el palo blanco (*Cinchona pubescens*), y la quinilla (*Manilkara surimanensis*), entre otros.

Entre las palmeras, destacan el huasaí (*Euterpe precatória*), especie en estado vulnerable por la tala de que es objeto para obtener el palmito, el unguirahui (*Jessenia batama*), la pona (*Iriantera deltoidea*), la huacrapona (*Iriantera ventricosa*), y distintas especies de palmiche (*Geononia spp.*).

3.7. Fauna

Entre los mamíferos observados se encuentran el armadillo (*Dasypus novencinctus*), ñuje (*Dasyprocta fuliginosa*), ardilla (*Sciurus igniventris*), achuni (*Nasua nasua*), picuro o majaz (*Agouti paca*), mucas (*Didelphys marsupialis* y *Marmosa rubra*), perezoso (*Bradypus variegatus*), y diferentes especies de monos, como el leoncito (*Cebuella pigmaecea*), y musmuqui (*Aotus lemuritius*). Se pueden ver con relativa facilidad aves como

el, manacaraco (*Ortalis nioniot*), tucanetas y algunas especies de tortolitas, picaflores, colibríes y loros, observándose en ciertos lugares poco intervenidos al gallito de las rocas (*Rupicola peruviana*).

3.8. Población y Economía

La inmigración procedente de Cerro de Pasco, Huánuco, Junín y Ancash, de la región de la sierra es la que mayormente conforma la población humana, en los últimos la inmigración se ha incrementado con pobladores procedentes de la región de la sierra del departamento de Huánuco, principalmente de las provincias de Huamalíes, y La Unión.

Las actividades económicas más importante es la agricultura, con siembras de cacao, café, plátano, arroz y otros frutales, la ganadería es incipiente en muchos de los casos en abandono, y la actividad industrial es incipiente con un pequeño incremento por la puesta en valor de sus productos agrícolas.

3.9. Caracterización del Área de Estudio

Se seleccionará parcelas con sistemas agroforestales implementadas con los proyectos de desarrollo alternativo eligiendo entre ellos sistemas agroforestales con cacao “*Theobroma cacao*” - Tornillo “*Cedrelinga cateniformis*”; cacao “*Theobroma cacao*” – caoba “*Swietenia macrophylla*”; cacao “*Theobroma cacao*” – guaba – “*Inga edulis*”, y cacao “*Theobroma cacao*” solo, considerando datos adicionales como edad del cultivo, y pendientes homogéneas.

3.10. Materiales y Equipos

Para obtener las muestras y determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en los SAF se utilizará los materiales y equipos que se detallan a continuación:

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| - Balanza analítica. | - Estufa. |
| - Balanza comercial. | - Forcípula de 60 cm. |
| - Bolsas de papel o tela. | - GPS. |
| - Brújula. | - Lápices. |

- Cámara fotográfica.
- Cinta métrica de 30 m.
- Computadoras.
- Cuchillo.
- Equipo para lluvia.
- Estacas de madera.
- Libreta de campo.
- Machete.
- Pala recta.
- Listones para marcar linderos y estacas.
- Sacos.
- Tijera de podar.

3.11. Población

Suelos con sistemas agroforestales implementados por los programas de desarrollo alternativo sembrado en el Valle del Monzón.

3.12. Muestra

Suelos con sistemas agroforestales ubicados en el Valle del Monzón implementados por los programas de desarrollo alternativo seleccionados los sistemas agroforestales con componente de cacao "*Theobroma cacao*" – tornillo "*Cedrelinga cateniformis*"; cacao "*Theobroma cacao*" – caoba "*Swietenia macrophylla*", cacao "*Theobroma cacao*" – guaba "*Inga edulis*", y cacao "*Theobroma cacao*" solo, considerando datos adicionales como edad del cultivo, y pendientes homogéneas.

3.13. Nivel y tipo de estudio

3.13.1. Tipo de investigación: básica

Porque se recurrió a los principios de las ciencias del suelo y ciencias ambientales para generar conocimiento para la conservación de los recursos naturales dentro de ellos al recurso suelo y los beneficios que se tiene de implementar los sistemas agroforestales en la región amazónica selva alta Rupa Rupa dentro de ellos la disminución del CO₂ atmosférico para mitigar los efectos del calentamiento global.

3.13.2. Nivel de investigación: Descriptivo - comparativo

Porque se determinará los cambios de la estructura física y química del suelo con sistemas agroforestales implementados para determinar la efectividad de los componentes en la conservación recuperación y dinámica de los suelos del área de estudio, así como también en el aporte de materia orgánica que contribuirá a incrementar el aporte en el suelo.

3.14. Diseño de investigación

Diseño completamente al azar con tres parcelas por sistema agroforestal con un total de 12 muestras a analizar.

3.15. Validación y confiabilidad del instrumento

Las muestras fueron tomadas de las diferentes parcelas seleccionadas de acuerdo a los protocolos recomendados, y en los laboratorios de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, es el lugar donde se han realizados los análisis físicos y químicos, supervisados por docentes y técnicos especialistas.

3.16. Procedimiento

Fase de Campo

Se ubicará parcelas con sistemas agroforestales implementadas con los proyectos de desarrollo alternativo eligiendo entre ellos sistemas agroforestales con cacao "*Theobroma cacao*" – tornillo "*Cedrelinga cateniformis*"; cacao "*Theobroma cacao*" – caoba "*Swietenia macrophylla*"; cacao "*Theobroma cacao*" – guaba "*Inga edulis*", y cacao "*Theobroma cacao*" solo, con un área de 10 X 30, con 3 sub parcelas de 10 X10, las mismas que se geo referencio con un GPS.

Se tomaron muestras de suelos, con ayuda de un tubo muestreador a una profundidad de 20 cm. y con pala recta de 30 cm de profundidad., con un peso aproximado de un kilogramo los que fueron depositados en bolsas de polietileno

siendo etiquetadas para luego ser llevadas al laboratorio, para los correspondientes análisis.

Croquis del campo.

	10 m	10 m	10 m	10 m	
I	101 T₀ (plantación cacao – <i>Theobroma cacao</i>)	201 T₁ (sistema cacao <i>Theobroma cacao</i> - caoba <i>Swietenia macrophylla</i>)	301 T₂ (sistema cacao <i>Theobroma cacao</i> - tornillo <i>Cedrelinga cateniformis</i>)	401 T₃ (sistema cacao <i>Theobroma cacao</i> - guaba <i>Inga edulis</i>)	10 m
II	102 T₀ (plantación cacao - <i>Theobroma cacao</i>)	202 T₁ (sistema cacao <i>Theobroma cacao</i> - caoba <i>Swietenia macrophylla</i>)	302 T₂ (sistema cacao <i>Theobroma cacao</i> - tornillo <i>Cedrelinga cateniformis</i>)	402 T₃ (sistema cacao <i>Theobroma cacao</i> - guaba <i>Inga edulis</i>)	10 m
III	103 T₀ (plantación cacao - <i>Theobroma cacao</i>)	203 T₁ (sistema cacao <i>Theobroma cacao</i> - caoba <i>Swietenia macrophylla</i>)	303 T₂ (sistema cacao <i>Theobroma cacao</i> - tornillo <i>Cedrelinga cateniformis</i>)	403 T₃ (sistema cacao <i>Theobroma cacao</i> - guaba <i>Inga edulis</i>)	10 m

Fig. 01. Croquis de muestreo del Campo de los diferentes sistemas Agroforestal y Agrícola.

Fase de laboratorio

Las muestras de suelo fueron preparadas, secadas y trituradas para ser utilizadas en los análisis

Los análisis correspondientes se realizaron en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía.

Métodos analíticos utilizados

- pH método del potenciómetro, relación suelo – agua 1:1
- Nitrógeno total: Micro Kjeldahl
- Potasio disponible: Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0
- Materia Orgánica: Método de Walkey y Black
- Fosforo disponible: Método de Olsem modificado. Extracto de NHCO_3 0.5M, pH 8.5
- Ca: Absorción atómica
- K: Absorción atómica
- Na: Absorción atómica
- Mg: Absorción atómica
- C.I.C. efectiva: Desplazamiento con KCl 1N (Suelo con $\text{pH} < 7.0$)
- Aluminio más hidrogeno: Método de Yuan

Fase de gabinete

Se sistematizo la información y se realizó la interpretación de cómo se encuentra el suelo en su estructura física y química que nos permita comparar entre los diferentes sistemas agroforestales considerando como punto de comparación el sistema agrícola con cultivo de cacao, se aplica el Análisis mecánico de pruebas de efectos Inter-Sujetos de los datos obtenidos.

Interpretación de la recuperación de los suelos degradados ex cicales

Se realizo mediante el análisis e interpretación considerando el cambio en la textura, el pH, la materia orgánica, el incremento o disminución de los macronutrientes (nitrógeno, potasio, fósforo, azufre, calcio y magnesio), así como de los micronutrientes (boro, aluminio, cobre, zinc, Fe, etc.), considerando además la capacidad de intercambio catiónico, bases cambiables, % de acides cambiable, concentración de aluminio, entre otros.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Determinación de los Indicadores físicas: (textura); químico (pH, M.O., N, P, K, Ca, Mg, Al., entre otros) de los sistemas agroforestales entre cacao *Theobroma cacao* y caoba - *Swietenia macrophylla*, cacao *Theobroma cacao* y tornillo - *Cedrelinga cateniformis*, cacao *Theobroma cacao* y guaba *Inga edulis*, instalados en el valle del Monzón.

Tabla 2. Análisis promedio para la clase textural de las submuestras del tratamiento (T₁).

Tratamientos		Análisis Mecánico			Clases textural.
Código	Sub Muestra	Arena %	Arcilla %	Limo %	
T ₁	T ₁ A	31	40	29	Franco Arcilloso
	T ₁ B	41	32	27	Franco Arcilloso
	T ₁ C	33	38	29	Franco Arcilloso
Promedio		35	37	28	Franco Arcilloso

En la **tabla 2**, el análisis para la clase textural del tratamiento (T₁), dónde se realizaron 3 submuestras no existiendo diferencia de la clase textural que es Franco Arcilloso que presenta un calificativo de textura media, cuyas características es de gránulos moderadamente pegajoso y plástico, presenta una retención de humedad aprovechable del 15% con una disponibilidad de agua aprovechable para la planta alta.

Tabla 3. Análisis promedio para la clase textural de las submuestras del tratamiento (T₂).

Tratamientos		Análisis Mecánico			Clases textural.
Código	Sub Muestra	Arena %	Arcilla %	Limo %	
T ₂	T ₂ A	31	48	21	Arcilloso
	T ₂ B	33	48	19	Arcilloso
	T ₂ C	35	42	23	Arcilloso

Promedio	33	46	21	Arcilloso
-----------------	-----------	-----------	-----------	------------------

En la **tabla 3** se muestran los análisis de clase textural del tratamiento (T₂), donde se realizaron 3 submuestras, donde no existe una diferencia en la clase textural Arcillosos que presenta un calificativo de textura fina, este tipo de suelo es muy pegajoso y plástico, tiene un drenaje muy bajo y disponibilidad de agua para las plantas relativamente alta.

Tabla 4. Análisis promedio para la clase textural de las submuestras del tratamiento (T₃).

Tratamientos		Análisis Mecánico			Clases textural.
		Arena	Arcilla	Limo	
Código	Sub Muestra	%	%	%	
T ₃	T ₃ A	81	12	7	Arena Franca
	T ₃ B	23	52	25	Arcilloso
	T ₃ C	23	52	25	Arcilloso
Promedio		42	39	19	Franco Arcilloso

En la **tabla 4** se muestran los análisis de clase textural de las submuestras del tratamiento (T₃), donde se identificaron dos tipos de clase textural, Arena Franca calificado con un suelo de textura gruesa y Arcilloso calificado como un suelo de textura fina.

Tabla 5. Valores de pH promedio del tratamiento (T₁) y su promedio calificativo.

Datos de la Muestra		pH	Denominación
Código	Sub Muestra	1:1	
T ₁	T ₁ A	5.38	Fuertemente Acido
	T ₁ B	5.49	Fuertemente Acido
	T ₁ C	5.44	Fuertemente Acido
Promedio		5.44	Fuertemente Acido

En la **tabla 5** se muestran los resultados del tratamiento (T₁) con 3 submuestras encontrándose una variación de pH de 5.38 a 5.49, cuya denominación es Fuertemente Acido, cuyo promedio alcanzado para este tratamiento es de 5.44 cuyo valor se encuentra en el rango de suelos Fuertemente Acido. Molina (2016) menciona que los suelos con valores de pH se encuentran entre menor de 4.5 es considerado suelos extremadamente ácidos y estos suelos

presentan condiciones muy desfavorables para cualquier cultivo. Además, también hay suelos con pH de 4.5- 5.0 en estos suelos tienen calificativo Muy fuertemente ácido y presentan posible toxicidad por Al^{3+} y Mn^{2+} , fijación de P, deficiencia de Ca y Mg.

Tabla 6. Valores de pH promedio del tratamiento (T_2) y su promedio calificativo.

Datos de la Muestra		pH	Denominación
Código	Sub Muestra	1:1	
T_2	T_2A	5.15	Fuertemente Acido
	T_2B	5.00	Muy Fuertemente Acido
	T_2C	4.93	Muy Fuertemente Acido
Promedio		5.03	Muy Fuertemente Acido

En la **tabla 6** se muestran los resultados de pH donde se realizó tres muestreos del tratamiento (T_2), teniendo un promedio de pH de 5.03 cuya denominación de este suelo es Muy Fuertemente Acido. Molina (2016) menciona que los suelos con valores de pH se encuentran entre menor de 4.5 es considerado suelos extremadamente ácidos y estos suelos presentan condiciones muy desfavorables para cualquier cultivo. Además, también hay suelos con pH de 4.5- 5.0 en estos suelos tienen calificativo Muy fuertemente ácido y presentan posible toxicidad por Al^{3+} y Mn^{2+} , fijación de P, deficiencia de Ca y Mg.

Tabla 7. Valores de pH promedio del tratamiento (T_3) y su promedio calificativo.

Datos de la Muestra		pH	Denominación
Código	Sub Muestra	1:1	
T_3	T_3A	7.57	Ligeramente Alcalino
	T_3B	5.16	Fuertemente Acido
	T_3C	5.17	Fuertemente Acido
Promedio		5.97	Moderadamente Acido

En la **tabla 7** se muestran los resultados de pH donde se realizó tres muestreos del tratamiento (T_3), teniendo una variación de 5.17 a 7.57, cuyas denominaciones es de Fuertemente Acido y Ligeramente Alcalino y un promedio de pH de 5.97 cuya denominación de este suelo es Moderadamente Acido. En suelos con pH por encima de 7, se caracterizan por tener problemas con la disponibilidad de los micronutrientes como Hierro, Zinc, manganeso y Cobre.

Tabla 8. Resultados del contenido de materia orgánica del tratamiento (T₁) y su promedio.

Datos de la Muestra		M.O	Riqueza
Código	Sub Muestra	%	
T ₁	T ₁ A	1.86	Bajo
	T ₁ B	2.54	Medio
	T ₁ C	2.25	Medio
Promedio		2.22	Medio

En la **tabla 8** se muestra los resultados del contenido de materia orgánica en un rango de 1.86 – 2.54%, con promedio de 2.22% calificándoles con un suelo de riqueza media. Quintana et al, 1983 menciona que los valores menores de 2 % de materia orgánica se considera nivel bajo.

Tabla 9. Resultados del contenido de materia orgánica del tratamiento (T₂) y su promedio.

Datos de la Muestra		M.O	Riqueza
Código	Sub Muestra	%	
T ₂	T ₂ A	2.47	Medio
	T ₂ B	2.71	Medio
	T ₂ C	2.54	Medio
Promedio		2.57	Medio

En la **tabla 9** se muestra el promedio del contenido de M.O de 2.57% calificándose como un suelo de riqueza media, donde en cada una de las muestras realizadas se mantuvo la riqueza de este suelo. Quintana et al, (1983) menciona que los valores menores de 2 % de materia orgánica se considera nivel bajo y de 2 – 4 % de materia orgánica de considera nivel medio y > de 4 considera nivel alto.

Tabla 10. Resultados del contenido de materia orgánica del tratamiento (T₃) y su promedio.

Datos de la Muestra		M.O	Riqueza
Código	Sub Muestra	%	

T ₃	T ₃ A	1.56	Bajo
	T ₃ B	2.44	Medio
	T ₃ C	2.12	Medio
Promedio		2.04	Medio

En la **tabla 10** los resultados del promedio de materia orgánica de las submuestras del tratamiento (T₃) presentan nivel medio de M.O. Quintana et al, 1983 menciona que los valores menores de 2 % de materia orgánica se considera nivel bajo. Marín et al. (2017) demostraron que la adición de materia orgánica en los suelos logra cuadruplicar el contenido de calcio y magnesio, y disminuye el pH. De 2 m, 5 m y 10 m presenta un nivel bajo para el contenido de M.O.

Tabla 11. Valores de NPK del tratamiento (T₁), promedio y calificativo de nivel de fertilidad

Tratamientos		N	P	K	Nivel de Fertilidad
Código	Sub Muestra	%	Disponible		
			ppm	ppm	
T ₁	T ₁ A	0.09	5.63	147.24	Bajo
	T ₁ B	0.13	4.99	124.90	Bajo
	T ₁ C	0.11	2.83	76.22	Bajo
Promedio		0.11	4.48	116.12	Bajo

En la **tabla 11** se muestra los resultados de NPK donde se realizó un muestreo del tratamiento (T₁) cuyos rangos de fertilidad reciben el calificativo de nivel de fertilidad bajo. Huamani y Mansilla (1995) menciona Fertilidad Baja es cuando por lo menos uno de los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, potasio y/o fosforo es bajo. Asimismo, reportan que la disponibilidad de fósforo es baja en pH bajos (ácidos) y esto acompañada de altas precipitaciones hace que el fósforo precipite como fosfato insoluble de hierro y aluminio debido a su alta reactividad.

Tabla 12. Valores de NPK del tratamiento (T₂), promedio y calificativo de nivel de fertilidad

Tratamientos		N	P	K	Nivel de Fertilidad
Código	Sub Muestra	%	Disponible		
			ppm	ppm	
T ₂	T ₂ A	0.12	7.07	48.28	Medio

	T ₂ B	0.14	6.43	47.33	Bajo
	T ₂ C	0.13	6.11	44.43	Bajo
	Promedio	0.13	6.54	46.68	Bajo

En la **tabla 12** se muestra los resultados de NPK del muestreo del tratamiento (T₂), cuyos calificativos del nivel de fertilidad de los suelos es bajo y medio, cuyo promedio de fertilidad es bajo en este tratamiento. Es decir, se tiene un suelo con una disponibilidad de NPK muy deficiente para la instalación de cualquier cultivo, que requiere un manejo de fertilidad para su manejo.

Tabla 13. Valores de NPK del tratamiento (T₃), promedio y calificativo de nivel de fertilidad

Tratamientos		N	P	K	Nivel de Fertilidad
Código	Sub Muestra	%	Disponibile		
			ppm	ppm	
T ₃	T ₃ A	0.08	20.67	59.92	Medio
	T ₃ B	0.12	4.75	49.48	Bajo
	T ₃ C	0.11	2.75	46.83	Bajo
	Promedio	0.10	9.39	52.08	Medio

En la **tabla 13** se muestra los resultados de NPK del tratamiento (T₃), cuya fertilidad de este suelo es de bajo y medio, teniendo un promedio de fertilidad de medio, es decir existe mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

Tabla 14. Datos de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat. Al y promedio del tratamiento (T₁)

Tratamientos		%	%	%	Categoría
Código	Sub Muestra	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al	
T ₁	T ₁ A	72.62	27.38	22.25	Alto/Alto/Moderado
	T ₁ B	84.93	15.07	12.91	Alto/Medio/Bajo
	T ₁ C	78.86	21.14	12.26	Alto/Medio/Bajo
	Promedio	78.80	21.20	15.81	Alto/Alto/Moderado

En la **tabla 14** se muestra los datos de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat de Al del muestreo en el tratamiento (T₁), dónde se encontraron el % BC alto y % AC de medio a alto y la saturación de Al de bajo a moderado, es decir no existe problemas de Al y es un terreno

manejable para la instalación de cultivos. La toxicidad del Al³⁺ también limita la degradación microbiana de la materia orgánica. Estos síntomas se parecen con frecuencia, a los problemas que se dan por deficiencias de P y Ca. Se sabe que las plantas jóvenes son particularmente sensitivas a la acidez (Fassbender 1987).

Tabla 15. Datos de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat. Al y promedio del tratamiento (T₂)

Tratamientos		%	%	%	Categoría
Código	Sub Muestra	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al	
T ₂	T ₂ A	78.30	21.70	19.53	Alto/Medio/Moderado
	T ₂ B	68.48	31.52	28.61	Alto/Alto/Moderado
	T ₂ C	71.15	28.85	27.54	Alto/Alto/Moderado
Promedio		72.64	27.36	25.23	Alto/Alto/Moderado

En la **tabla 15**, se muestra los datos de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat de Al, de las muestras del tratamiento (T₂) cuyos resultados en función al análisis tienen categorías de medio, moderado y alto, es decir se consideran terrenos muy pobres, sin embargo son manejables para la instalación de cultivos. La toxicidad del Al³⁺ también limita la degradación microbiana de la materia orgánica. Estos síntomas se parecen con frecuencia, a los problemas que se dan por deficiencias de P y Ca. Se sabe que las plantas jóvenes son particularmente sensitivas a la acidez (Fassbender 1987).

Tabla 16. Datos de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat. Al y promedio del tratamiento (T₃)

Tratamientos		%	%	%	Categoría
Código	Sub Muestra	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al	
T ₃	T ₃ A	100.00	0.00	0.00	Alto/Bajo/Bajo
	T ₃ B	81.35	18.65	15.99	Alto/Medio/Moderado
	T ₃ C	81.90	18.10	16.03	Alto/Medio/Moderado
Promedio		87.75	12.25	10.67	Alto/Bajo/Bajo

En la **tabla 16**, se muestra los datos de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat de Al, de las muestras del tratamiento (T₃) cuyos resultados en función al análisis tienen categorías de bajo, medio, moderado y alto, es decir se consideran terrenos muy pobres, sin embargo en promedio de obtuvo que el %BC es

alto, %AC es bajo y el %Sal es bajo, es decir un terreno con menos dificultades para el desarrollo agrícola.

Tabla 17. Valores de CIC + cationes cambiabiles del tratamiento (T₁)

Tratamientos		CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						Riqueza
Código	Sub Muestra		Ca	Mg	K	Na	Al	H	
	T ₁ A	5.84	3.69	0.55	–	–	1.30	0.30	Suelo muy pobre
T ₁	T ₁ B	4.65	3.50	0.45	–	–	0.60	0.10	Suelo muy pobre
	T ₁ C	4.73	3.29	0.44	–	–	0.58	0.42	Suelo muy pobre
Promedio		5.07	3.49	0.48	-	-	0.83	0.27	Suelo muy pobre

En la **tabla 17** se observa los valores de CIC + cationes cambiabiles a las diferentes muestras del tratamiento (T₁), dónde se encontraron que este suelo es clasificado de acuerdo a los análisis como muy pobre. Según Bazán (1996). En suelos ácidos, a partir de ciertos valores de pH, el Al³⁺ juega un papel muy importante en el complejo de intercambio catiónico del suelo, constituyendo junto con el H⁺ la acidez intercambiable del mismo. (Jaramillo, 2002).

Tabla 18. Valores de CIC + cationes cambiabiles del tratamiento (T₂)

Tratamientos		CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						Riqueza
Código	Sub Muestra		Ca	Mg	K	Na	Al	H	
	T ₂ A	4.60	3.17	0.43	–	–	0.90	0.10	Suelo muy pobre
T ₂	T ₂ B	4.12	2.49	0.33	–	–	1.18	0.12	Suelo muy pobre
	T ₂ C	3.81	2.38	0.33	–	–	1.05	0.05	Suelo muy pobre
Promedio		4.18	2.68	0.36	-	-	1.04	0.09	Suelo muy pobre

En la **tabla 18** se observa los valores de CIC + cationes cambiabiles a las diferentes muestras del tratamiento (T₂), dónde se considera un suelo muy pobre con deficiencia de los nutrientes, Según Bazán (1996). En suelos ácidos, a partir de ciertos valores de pH, el Al³⁺ juega un papel muy importante en el complejo de intercambio catiónico del suelo constituyendo junto con el H⁺ la acidez intercambiable del mismo. (Jaramillo, 2002).

Tabla 19. Valores de CIC + cationes cambiabiles del tratamiento (T₃)

Tratamientos		CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						Riqueza
Código	Sub Muestra		Ca	Mg	K	Na	Al	H	
T ₃	T ₃ A	5.02	4.27	0.57	0.11	0.07	—	—	Suelo muy pobre
	T ₃ B	3.76	2.64	0.42	—	—	0.60	0.10	Suelo muy pobre
	T ₃ C	4.31	2.78	0.83	—	—	0.62	0.08	Suelo muy pobre
Promedio		4.36	3.23	0.61	0.11	0.07	0.61	0.09	Suelo muy pobre

En la **tabla 19** se observa los valores de CIC + cationes cambiabiles a las diferentes muestras del tratamiento (T₃), dónde se considera un suelo muy pobre con deficiencia de los nutrientes, Según Bazán (1996). En suelos ácidos, a partir de ciertos valores de pH, el Al³⁺ juega un papel muy importante en el complejo de intercambio catiónico del suelo constituyendo junto con el H⁺ la acidez intercambiable del mismo. (Jaramillo, 2002).

4.2. Determinación de los Indicadores físicas: (textura); químico (pH, M.O., N, P, K, Ca, Mg, Al., entre otros) de un sistema agrícola con cultivo de cacao *Theobroma cacao*, instalado en el valle del Monzón.

Tabla 20. Análisis promedio para la clase textural de las submuestras del testigo (T₀).

Tratamientos		Análisis Mecánico			Clases textural.
Código	Sub Muestra	Arena	Arcilla	Limo	
		%	%	%	
T ₀	T ₀ A	51	26	23	Franco Arcillo Arenoso
	T ₀ B	47	32	21	Franco Arcillo Arenoso
	T ₀ C	47	28	25	Franco Arcillo Arenoso
Promedio		48	29	23	Franco Arcillo Arenoso

En la **tabla 20** Se muestra el Análisis para la clase textural del testigo donde se realizaron tres sub muestras, los mismos que no mostraron diferencia alguna en la clase

textural es Franco Arcillo Arenoso en todas las muestras que presenta un calificativo de textura moderadamente fina. Se tiene que la textura influye mucho en el crecimiento de las plantas, estando relacionado con la capacidad de aireación, su capacidad de infiltración, capacidad de agua disponible, capacidad de cationes de cambio, permeabilidad. (Porta, Acevedo, & Roquero, 1992).

Tabla 21. Valores de pH promedio del testigo (T₀) y su promedio calificativo.

Datos de la Muestra		pH	Denominación
Código	Sub Muestra	1:1	
T ₀	T ₀ A	5.22	Muy Fuertemente Acido
	T ₀ B	5.16	Fuertemente Acido
	T ₀ C	5.27	Muy Fuertemente Acido
Promedio		5.22	Muy Fuertemente Acido

En la **tabla 21** se muestran los resultados de pH donde se realizó el muestreo del testigo con 3 submuestras. Molina (2016) menciona que los suelos con valores de pH se encuentran entre menor de 4.5 es considerado suelos extremadamente ácidos y estos suelos presentan condiciones muy desfavorables para cualquier cultivo. En estos resultados se pudo encontrar dos denominaciones suelos Muy Fuertemente Ácidos y Fuertemente Acido con pH que varían de 5.16 – 5.27.

Tabla 22. Resultados del contenido de materia orgánica del testigo (T₀) y su promedio.

Datos de la Muestra		M.O	Riqueza
Código	Sub Muestra	%	
T ₀	T ₀ A	2.96	Medio
	T ₀ B	3.35	Medio
	T ₀ C	2.88	Medio
Promedio		3.06	Medio

En la **tabla 22** se muestra los resultados de las submuestras realizado en el testigo, cuyos rangos varían de 2.88 a 3.35%, con un promedio de 3.06% considerado como un suelo de riqueza media. Quintana et al, 1983 menciona que los valores menores de 2 % de materia orgánica se considera nivel bajo, suelos que tienen 2 % a 4 % nivel medio de materia orgánica.

Tabla 23. Valores de NPK del testigo (T₀), promedio y calificativo de nivel de fertilidad

Tratamientos		N	P	K	Nivel de Fertilidad
Código	Sub Muestra	%	Disponible		
			ppm	ppm	
T ₀	T ₀ A	0.15	16.75	90.31	Medio
	T ₀ B	0.17	11.15	86.66	Medio
	T ₀ C	0.14	8.51	97.61	Medio
Promedio		0.15	12.14	91.53	Medio

En la **tabla 23** se muestra los resultados de NPK donde se realizó un muestreo en el tratamiento testigo cuyo calificativo promedio es de nivel de fertilidad medio. Huamani y Mansilla (1995) menciona Fertilidad Baja es cuando por lo menos uno de los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, potasio y/o fosforo es bajo. Asimismo, reportan que la disponibilidad de fósforo es baja, en pH., bajos es decir ácidos y que las altas precipitaciones hacen que el fosforo precipite en forma de fosfato insoluble de hierro y aluminio debido a su alta reactividad.

Tabla 24. Valores de CIC + cationes cambiabiles del testigo (T₀)

Tratamientos		CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						Riqueza
Código	Sub Muestra		Ca	Mg	K	Na	Al	H	
T ₀	T ₀ A	6.54	3.53	0.46	–	–	2.30	0.25	Suelo muy pobre
	T ₀ B	8.01	2.41	0.35	–	–	5.15	0.10	Suelo muy pobre
	T ₀ C	9.53	3.01	0.42	–	–	5.94	0.16	Suelo muy pobre
Promedio		8.03	2.98	0.41	-	-	4.46	0.17	Suelo muy pobre

En la **tabla 24** se observa los valores de CIC + cationes cambiabiles a las diferentes muestras realizados en el testigo, cuyos resultados arrojan que es un suelo muy pobre. Según Bazán (1996). En suelos ácidos, a partir de ciertos valores de pH, el Al^{3+} juega un papel muy importante en el complejo de intercambio catiónico del suelo, constituyendo junto con el H^+ la acidez intercambiable del mismo. (Jaramillo, 2002).

Tabla 25. Datos de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat. Al y promedio del testigo (T₀)

Tratamientos		%	%	%	Categoría
Código	Sub Muestra	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al	
T ₀	T ₀ A	61.01	38.99	35.16	Alto/Alto/Alto
	T ₀ B	34.47	65.53	64.29	Bajo/Alto/Alto
	T ₀ C	35.95	64.05	62.37	Medio/Alto/Alto
Promedio		43.81	56.19	53.94	Medio/Alto/Alto

En la **tabla 25** se muestra los datos de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat de Al, de las diferentes muestras del testigo varían su categoría de acuerdo al nivel de concentración de bajo a alto en él %de bases cambiabiles y alto en él % de Acidez cambiabiles y Saturación de Al, se considera alto ya que es mayor a 10 el porcentaje de saturación de aluminio. La toxicidad del Al^{3+} también limita la degradación microbiana de la materia orgánica. Estos síntomas se parecen con frecuencia, a los problemas que se dan por deficiencias de P y Ca. Se sabe que las plantas jóvenes son particularmente sensitivas a la acidez (Fassbender 1987).

4.3. Determinación las diferencias comparativas de la estructura físico, químico, en los suelos de los sistemas agroforestales evaluados y el sistema agrícola ubicados dentro del valle del Monzón.

Tabla 26. Análisis Mecánico porcentajes de arena, limo y arcilla promedio por cada tratamiento.

Tratamientos	Análisis Mecánico			Clase Textural
	Arena	Arcilla	Limo	
	%	%	%	
T ₀	48	29	23	Franco Arcillo Arenoso

T ₁	35	37	28	Franco Arcilloso
T ₂	33	46	21	Arcilloso
T ₃	42	39	19	Franco Arcilloso

Del análisis realizado se muestra claramente la diferencia de textura que existe entre los tratamientos comparado al testigo que tiene una textura FrArAo, existe una distribución balanceada de arena, limo y arcilla para poder definir la clase textural que existe según lo plasmado en el triángulo textural donde según Jaramillo, D. (2002); que menciona que un suelo es considerado como arenoso o de textura gruesa y se caracteriza por presentar una elevada infiltración de agua; por ende, una escasa capacidad de retención hídrica y que presentan 44% de arena. Un suelo es considerado arcilloso o de textura fina aquel que se caracteriza por retener gran cantidad de agua, pero que al secarse forma una capa dura e impermeable, que impide una adecuada infiltración y que presenta solo 20% de arcilla. Un suelo es considerado franco o de textura media, aquel en donde las tres fracciones están en equilibrio, con un 40 - 45% de arena, un 30 - 35% de limo y un 25% de arcilla, presentado la textura ideal, sobre todo para actividades agrícolas, coincidiendo con lo afirmado

Tabla 27. Análisis para la clase textural del muestreo por cada uno de los tratamientos.

Tratamientos		Análisis Mecánico			Clases textural.
		Arena	Arcilla	Limo	
Código	Sub Muestra	%	%	%	
T ₀	T ₀ A	51	26	23	Franco Arcillo Arenoso
	T ₀ B	47	32	21	Franco Arcillo Arenoso
	T ₀ C	47	28	25	Franco Arcillo Arenoso
T ₁	T ₁ A	31	40	29	Franco Arcilloso
	T ₁ B	41	32	27	Franco Arcilloso
	T ₁ C	33	38	29	Franco Arcilloso
***T ₂	T ₂ A	31	48	21	Arcilloso
	T ₂ B	33	48	19	Arcilloso
	T ₂ C	35	42	23	Arcilloso
T ₃	T ₃ A	81	12	7	Arena Franca
	T ₃ B	23	52	25	Arcilloso
	T ₃ C	23	52	25	Arcilloso

En la **tabla 27** se muestra 4 clases texturales, donde la arena franca se considera textura gruesa que se puede amoldar y deshacer fácilmente, Franco Arcillo Arenoso es considerado textura fina y suelo de clase textural franco arenoso que se considera suelos modernamente gruesa y asimismo suelos de textura Castellanos (2000) menciona que los

suelos a su vez pueden agruparse en 3 grupos texturales más amplios, los cuales son: Suelos de Textura Gruesa, Suelos de Textura Media, Suelos de Textura Fina.

Tabla 28. Análisis de varianza de la variable textura (arena, arcilla y limo).

FV	Arena		Arcilla		Limo	
	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Tratamiento	148,444	0,706 ^{NS}	152,333	0,460 ^{NS}	48,333	0,272 ^{NS}
Bloque	236,333	0,504 ^{NS}	109,000	0,530 ^{NS}	30,333	0,408 ^{NS}
Error	307,444		154,333		29,000	
Total						

C.V. Arena: 44,20; C.V. Arcilla: 33,13; C.V. Limo: 23,58; **: altamente significativo; * significativo; NS: no significativo; CM: cuadrado medio.

Como se puede observar en la **tabla 28** el análisis de varianza con respecto a la variable textura influenciados por los sistemas agroforestales y sistemas agrícolas a un 95% de nivel de confianza, en el cual se puede observar que no existe diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con un p-valor (0,706), (0,460), (0,272) en arena, arcilla y limo, respectivamente, asimismo, no existe diferencias significativas entre bloques con un p-valor (0,504), (0,530), (0,408) en arena, arcilla y limo, respectivamente lo que indica que todos los tratamientos tienen efecto similar.

Tabla 29. Comparación de medias de Duncan de la variable textura (arena, arcilla y limo).

Tratamiento	Arena		Arcilla		Limo	
	Media	SIG.	Media	SIG.	Media	SIG.
Testigo	48,33	A	28,67	A	23,00	A
T ₁	35,00	A	36,67	A	28,33	A
T ₂	33,00	A	46,00	A	21,00	A
T ₃	42,33	A	38,67	A	19,00	A

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

Se puede observar mediante la prueba de comparación de Duncan que no existe diferencias significativas al observar que se presenta un solo grupo “A” para arena, arcilla y

limo, sin embargo, para la textura arena el testigo (plantación de cacao *Theobroma cacao*) con 48,33 es superior numéricamente con respecto al T₃ (sistema cacao *Theobroma cacao* - guaba *Inga edulis*) con 42,33, por otro lado, para la textura arcilla el T₂ (sistema cacao *Theobroma cacao* - tornillo *Cedrelinga cateniformis*) con 46,00 es superior numéricamente con respecto al testigo (plantación de cacao *Theobroma cacao*) con 28,67, finalmente para la textura limo el T₁ (sistema cacao *Theobroma cacao* - caoba *Swietenia macrophylla*) con 28,33 es superior numéricamente con relación a T₃ (sistema cacao *Theobroma cacao* - guaba *Inga edulis*) con 19,00.

Tabla 30. Valores de pH de acuerdo a las submuestras de cada tratamiento.

Datos de la Muestra		pH	Denominación
Código	Sub Muestra	1:1	
T ₀	T ₀ A	5.22	Muy Fuertemente Acido
	T ₀ B	5.16	Fuertemente Acido
	T ₀ C	5.27	Muy Fuertemente Acido
T ₁	T ₁ A	5.38	Fuertemente Acido
	T ₁ B	5.49	Fuertemente Acido
	T ₁ C	5.44	Fuertemente Acido
T ₂	T ₂ A	5.15	Fuertemente Acido
	T ₂ B	5.00	Muy Fuertemente Acido
	T ₂ C	4.93	Muy Fuertemente Acido
T ₃	T ₃ A	7.57	Ligeramente Alcalino
	T ₃ B	5.16	Fuertemente Acido
	T ₃ C	5.17	Fuertemente Acido

En la **tabla 30** se muestran los resultados de pH donde se realizó el muestreo a de las diferente submuestras de cada tratamiento, según Molina (2016) los suelos con valores de pH se encuentra entre valores menor de 4.5 son suelos considerados Extremadamente ácido estos suelos tienen condiciones muy desfavorables para cualquier cultivo, además también hay suelos con pH de 4.5- 5.0 en estos suelos tienen calificativo Muy fuertemente ácido y presentan posible toxicidad por Al³⁺ y Mn²⁺, fijación de P, deficiencia de Ca y Mg. En estos resultados se muestran pH que varían de 4.93 – 7.57, teniendo tres tipos de denominaciones desde suelos Muy Fuertemente Acido, Fuertemente Acido y Ligeramente Alcalino.

Tabla 31 Valores del promedio del pH de los tratamientos, calificativo y sus efectos.

Tratamientos	pH 1:1	Denominación
T ₀	5.22	Muy Fuertemente Acido
T ₁	5.44	Fuertemente Acido
T ₂	5.03	Muy Fuertemente Acido
T ₃	5.97	Moderadamente Acido

En la **tabla 31** se muestran los resultados del promedio del pH donde se realizó el muestreo de los diferentes tratamientos cuyos valores encontrados varían de 5.22 – 5.97, cuyo rango es favorable para la instalación de diversos cultivos, según Molina (2016) menciona que los suelos con valores de pH se encuentran entre menor de 4.5 es considerado suelos extremadamente ácidos y estos suelos presentan condiciones muy desfavorables para cualquier cultivo.

Tabla 32. Análisis de varianza de la variable química (pH)

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	1,485	3	0,495	1,044	0,439 ^{NS}
Bloque	1,050	2	0,525	1,108	0,390 ^{NS}
Error	2,843	6	0,474		
Total	5,378	11			

C.V.: 12,72; **: altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

Para la **tabla 32**, con la finalidad de analizar los efectos de los tratamientos de la variable pH influenciados por los sistemas agroforestales y sistemas agrícolas, donde se puede observar en los tratamientos un p-valor (0,439), de la misma forma, se observa entre bloques un p-valor (0,390), ambos superiores al 5% lo que significa que no existe diferencias estadísticas significativas, con relación a lo anterior indica que todos los tratamientos tienen efecto similar.

Tabla 33. Comparación de medias de Duncan de la variable pH.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.
T ₃	5,97	3	0,4	A
T ₁	5,44	3	0,4	A
Testigo	5,22	3	0,4	A
T ₂	5,03	3	0,4	A

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

Dentro de la **tabla 33** se observa por medio de la prueba de comparación de medias, solo un grupo A, lo que significa que no existe diferencias estadísticas significativas, no obstante, el T₃ (sistema cacao *Theobroma cacao* - guaba *Inga edulis*) con 5,97 es superior numéricamente con relación al T₂ (sistema cacao *Theobroma cacao* - tornillo *Cedrelinga cateniformis*) con 5,03 que resulta ser inferior.

Tabla 34. Resultados de materia orgánica en cada uno de los tratamientos y submuestras.

Datos de la Muestra		M.O	Riqueza
Código	Sub Muestra	%	
T ₀	T ₀ A	2.96	Medio
	T ₀ B	3.35	Medio
	T ₀ C	2.88	Medio
T ₁	T ₁ A	1.86	Bajo
	T ₁ B	2.54	Medio
	T ₁ C	2.25	Medio
T ₂	T ₂ A	2.47	Medio
	T ₂ B	2.71	Medio
	T ₂ C	2.54	Medio
T ₃	T ₃ A	1.56	Bajo
	T ₃ B	2.44	Medio
	T ₃ C	2.12	Medio

En la **tabla 34** se muestra los resultados del análisis de materia orgánica realizado en cada uno de los tratamientos, cuyos resultados varía de 1.56 a 2.96% considerados como suelos con una riqueza de bajo a medio, según Quintana et al, 1983 menciona que los valores menores de 2 % de materia orgánica se considera nivel bajo y de 2 – 4 % de materia orgánica de considera nivel medio y > de 4 considera nivel alto. BUCKMAN (1985), Considera que la materia orgánica presente en el suelo cumple un función tampón amortiguando el pH., del suelo entre ligeramente ácido, neutro y alcalino, esta materia orgánica procede de la adición de enmiendas y/o fertilizantes, sirviendo además de fuente de elementos químicos usados como nutrientes para crecimiento y desarrollo de las plantas; la descomposición de la materia orgánica produce CO₂, NH₄⁺, NO₃⁻, SO₄⁴⁻, favorece la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, del 20 a 70 %, la CIC de muchos suelos se debe a la materia orgánica afirmación que coincidimos y también manifestado por, BOHN, (1993).

Tabla 35. Resultados del contenido promedio en materia orgánica de cada tratamiento.

Tratamientos	M.O	Riqueza
	%	
T ₀	3.06	Medio
T ₁	2.22	Medio
T ₂	2.57	Medio
T ₃	2.04	Medio

En la **tabla 35** se muestra los resultados promedios del contenido de M.O de cada uno de los tratamientos estudiados, cuyas riquezas se encuentra entre 2.04 – 3.06%, clasificándose como suelos de una riqueza media en todos los tratamientos. Con esta cantidad de M.O facilita en cierta parte la disponibilidad de nutrientes, aumenta la fauna biológica y reduce la erosión en el suelo.

Tabla 36. Análisis de varianza de la variable M.O.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	1,835	3	0,612	20,048	0,002**
Bloque	0,604	2	0,302	9,889	0,013*
Error	0,183	6	0,031		
Total	2,622	11			

C.V.: 7,06; **: altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

Como se muestra en la **tabla 36**, en el análisis de varianza con respecto a la materia orgánica (M.O.) que resultaron influenciados por los sistemas agroforestales y sistemas agrícolas a un 95% de nivel de confianza, en el cual se puede observar que existe diferencias estadísticas altamente significativas con un p-valor (0,002) debido a ser inferior al 1% , asimismo, existe diferencias significativas entre bloques con un p-valor (0.013) debido a ser inferior al 5%, lo que indica que al menos un tratamiento es diferente.

Tabla 37. Comparación de medias de Duncan de la variable M.O.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.	
Testigo	3,06	3	0,1	A	
T ₂	2,57	3	0,1		B
T ₁	2,22	3	0,1		C
T ₃	2,04	3	0,1		C

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

Se observa en la **tabla 37** con la finalidad de comparar las medias mediante la prueba de Duncan, tres grupos (A, B y C) lo que significa que existe diferencias estadísticas significativas, además, se observan el testigo (plantación de cacao) con 3,06 que se muestra numéricamente superior a comparación del T₃ (sistema cacao *Theobroma cacao* - guaba *Inga edulis*) con 2,04 un rango inferior.

Tabla 38. Valores de NPK de cada tratamiento y calificativo de nivel de fertilidad.

Tratamientos		N	P	K	Nivel de Fertilidad
Código	Sub Muestra	%	Disponible		
			ppm	ppm	
T ₀	T ₀ A	0.15	16.75	90.31	Medio
	T ₀ B	0.17	11.15	86.66	Medio
	T ₀ C	0.14	8.51	97.61	Medio
T ₁	T ₁ A	0.09	5.63	147.24	Bajo
	T ₁ B	0.13	4.99	124.90	Bajo
	T ₁ C	0.11	2.83	76.22	Bajo
T ₂	T ₂ A	0.12	7.07	48.28	Medio
	T ₂ B	0.14	6.43	47.33	Bajo
	T ₂ C	0.13	6.11	44.43	Bajo
T ₃	T ₃ A	0.08	20.67	59.92	Bajo
	T ₃ B	0.12	4.75	49.48	Bajo
	T ₃ C	0.11	2.75	46.83	Bajo

En la **tabla 38** se muestra los resultados de NPK donde se realizó muestreos a nivel de cada tratamiento, encontrándose un nivel de fertilidad de bajo y medio. Huamani y Mansilla (1995) reportan que en los suelos de pH bajos es decir ácidos la disponibilidad de fósforo es baja, y que las altas precipitaciones hacen que el fosforo precipite en forma de fosfato insoluble de hierro, asimismo Huamani y Mansilla (1995) menciona que la fertilidad alta cuando en el suelo los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, potasio y/o fosforo son altos, y que la fertilidad es media cuando todos los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, potasio y/o fosforo son altos y es considerado con fertilidad Baja cuando por lo menos uno de los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, potasio y/o fosforo presentes en el suelo es bajo.

Tabla 39. Valores de promedio del contenido de NPK de los tratamientos y calificativo de nivel de fertilidad.

Tratamientos	N	P	K	Nivel de Fertilidad
	%	Disponible		
		ppm	ppm	
T ₀	0.15	12.14	91.53	Medio
T ₁	0.11	4.48	116.12	Bajo
T ₂	0.13	6.54	46.68	Bajo
T ₃	0.10	9.39	52.08	Medio

En la **tabla 39** se muestra los resultados de NPK del promedio de los tratamientos estudiados y el calificativo de nivel de fertilidad. Cuyo calificativo de nivel de fertilidad es de bajo y medio. Huamani y Mansilla (1995) menciona Fertilidad Baja es cuando por lo menos uno de los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, potasio y/o fosforo es bajo. Asimismo, reportan que la disponibilidad de fósforo es baja en pH bajos (ácidos) y esto acompañada de altas precipitaciones hace que el fósforo precipite como fosfato insoluble de hierro y aluminio debido a su alta reactividad.

Tabla 40. Análisis de varianza de la variable N.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,005	3	0,002	17,65	0,002**
Bloque	0,002	2	0,001	10,55	0,011*
Error	0,001	6	0,000		
Total	0,007	11			

C.V.: 7,47; **: altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

En la **tabla 40**, con la finalidad de evaluar los efectos de la variable nitrógeno (N) se observa en el análisis de varianza que para el caso de tratamientos se tiene un p-valor (0,002) lo que significa que existe diferencias estadísticas altamente significativas, por otro lado, se tiene un p-valor (0,011) para el caso entre bloques lo que significa que existen diferencias estadísticas significativas, se puede concluir que para ambos casos al menos un tratamiento es diferente.

Tabla 41. Comparación de medias de Duncan para la variable N.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.
-------------	-------	---	----	------

Testigo	0,15	3	0,01	A		
T ₂	0,13	3	0,01		B	
T ₁	0,11	3	0,01			C
T ₃	0,10	3	0,01			C

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

Para la **tabla 41** se observa mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde se agrupan en A, B y C; como resultado se tiene al testigo (plantación de cacao *Theobroma cacao*) con una media de 0,15 que se muestra superior numéricamente con relación al T₃ (sistema cacao *Theobroma cacao* - guaba *Inga edulis*) que presenta una media de 0,10.

Tabla 42. Análisis de varianza de la variable P.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	100,43	3	33,478	1,811	0,245 ^{NS}
Bloque	122,15	2	61,073	3,304	0,108 ^{NS}
Error	110,9	6	18,484		
Total	333,48	11			

C.V.: 52,84; **: altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

Para el caso de la variable Fosforo (P) se puede observar en la **tabla 42** de acuerdo con el análisis de varianza a un 95% de nivel de confianza, con el objetivo de evaluar el efecto de los tratamientos en los sistemas agroforestales y agrícolas, que no existe diferencias estadísticas significativas con un p-valor (0,245) entre los tratamientos y un p-valor (0,108) entre bloques, lo que indica que todos los tratamientos tienen efecto similar.

Tabla 43. Comparación de medias de Duncan para la variable P.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.
Testigo	12,14	3	2,48	A
T ₃	9,39	3	2,48	A
T ₂	6,54	3	2,48	A
T ₁	4,48	3	2,48	A

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

Como se observa en la **tabla 43** que existe un solo grupo "A" lo que indica que no existe diferencias estadísticas significativas como resultado de la comparación de medias de Duncan, sin embargo, el testigo (plantación de cacao *Theobroma cacao*) es numéricamente

superior con una media de 12,14 con relación al T₁ (sistema de cacao *Theobroma cacao* - caoba *Swietenia macrophylla*) con una media de 4,48 que resulta inferior.

Tabla 44. Análisis de varianza de la variable K.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	9843,71	3	3281,236	9,899	0,010*
Bloque	814,7	2	407,352	1,229	0,357 ^{NS}
Error	1988,85	6	331,475		
Total	12647,27	11			

C.V.: 23,77; **: altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

En la **tabla 44**, mediante el análisis de varianza de la variable potasio (K) con la finalidad de evaluar el efecto de los tratamientos influenciados por los sistemas agroforestales y sistemas agrícolas a un 95% de nivel de confianza, se observa un p-valor (0,010) en los tratamientos, lo que significa que existe diferencias estadísticas significativas y por lo tanto al menos un tratamiento será diferente, por otro lado se observa un p-valor (0,357) entre bloques, que resulta no existir diferencias estadísticas significativas y que todos los tratamientos son similares.

Tabla 45. Comparación de medias de Duncan para la variable K.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.
T ₁	116,12	3	10,51	A
Testigo	91,53	3	10,51	A
T ₃	52,08	3	10,51	B
T ₂	46,68	3	10,51	B

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

Se observa en la **tabla 45** con la finalidad de comparar las medias mediante la prueba de Duncan, dos grupos (A y B) lo que significa que existe diferencias estadísticas significativas, adicionalmente, se observan el T₁ (sistema de cacao *Theobroma cacao* - caoba - *Swietenia macrophylla*) con una media de 116,12 se muestra numéricamente superior a comparación del T₂ (sistema cacao *Theobroma cacao* - tornillo *Cedrelinga cateniformis*) con una media de 46,68 en un rango inferior.

Tabla 46. Valores de CIC + cationes cambiabiles de cada tratamiento

Tratamientos		CAMBIABLES Cmol (+)/kg							Riqueza
Código	Sub Muestra	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
T ₀	T ₀ A	6.54	3.53	0.46	–	–	2.30	0.25	Suelo muy pobre
	T ₀ B	8.01	2.41	0.35	–	–	5.15	0.10	Suelo muy pobre
	T ₀ C	9.53	3.01	0.42	–	–	5.94	0.16	Suelo muy pobre
T ₁	T ₁ A	5.84	3.69	0.55	–	–	1.30	0.30	Suelo muy pobre
	T ₁ B	4.65	3.50	0.45	–	–	0.60	0.10	Suelo muy pobre
	T ₁ C	4.73	3.29	0.44	–	–	0.58	0.42	Suelo muy pobre
T ₂	T ₂ A	4.60	3.17	0.43	–	–	0.90	0.10	Suelo muy pobre
	T ₂ B	4.12	2.49	0.33	–	–	1.18	0.12	Suelo muy pobre
	T ₂ C	3.81	2.38	0.33	–	–	1.05	0.05	Suelo muy pobre
T ₃	T ₃ A	5.02	4.27	0.57	0.11	0.07	–	–	Suelo muy pobre
	T ₃ B	3.76	2.64	0.42	–	–	0.60	0.10	Suelo muy pobre
	T ₃ C	4.31	2.78	0.83	–	–	0.62	0.08	Suelo muy pobre

En la **tabla 46** se observa los valores de CIC + cationes cambiables a las diferentes muestras de cada tratamiento, cuyos valores arrojados en el análisis se considera un suelo cuya riqueza es de muy pobre. Según Bazán (1996) considera nivel Muy bajo cuando es menos de 5, nivel Bajo cuando esta entre 5 a 10, nivel Medio cuando esta entre 10 a 15, nivel Alto cuando esta entre 15 a 20 y Muy alto cuando tiene más de 20. En suelos ácidos, a partir de ciertos valores de pH, el Al³⁺ aflora y juega un papel muy importante en la capacidad de intercambio catiónico del suelo, constituyendo junto con el H⁺ la acidez intercambiable del mismo. La CIC depende de la cantidad y tipo de coloides que tiene el suelo. Jaramillo, (2002). La Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva, CICE, por sus iniciales, y que es la suma de los cationes calcio, magnesio, potasio, sodio, aluminio (Mckean, 1993). $CICE = (Ca^{+2}) + (Mg^{+2}) + (K^{+}) + (Na^{+}) + (Al^{+3})$. La presencia de la materia orgánica en el suelo influye en la capacidad de intercambio catiónico, especialmente cuando está en alto estado de descomposición.

Tabla 47. Valores promedios de CIC + cationes cambiables de cada tratamiento

Tratamientos	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						Calificativo
		Ca	Mg	K	Na	Al	H	
T ₀	8.03	2.98	0.41	-	-	4.46	0.17	Suelo muy pobre
T ₁	5.07	3.49	0.48	-	-	0.83	0.27	Suelo muy pobre
T ₂	4.18	2.68	0.36	-	-	1.04	0.09	Suelo muy pobre

T ₃	4.36	3.23	0.61	0.11	0.07	0.61	0.09	Suelo muy pobre
----------------	------	------	------	------	------	------	------	-----------------

En la **tabla 47** se observa Valores promedio de CIC + cationes cambiabes de los diferentes tratamientos estudiados, dónde no existe diferencia alguna, donde estos suelos tienen un calificativo de suelo muy pobre, Según Bazán (1996). En suelos ácidos, a partir de ciertos valores de pH, el Al³⁺ juega un papel muy importante en el complejo de intercambio catiónico del suelo, constituyendo junto con el H⁺ la acidez intercambiable del mismo. (Jaramillo, 2002).

Tabla 48. Análisis de varianza de la variable Ca.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	1,08	3	0,362	2,906	0,123 ^{NS}
Bloque	1,96	2	0,98	7,875	0,021 [*]
Error	0,75	6	0,124		
Total	3,79	11			

C.V.: 11,39^{**}; altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

Para la **tabla 48**, se observa el análisis de varianza al 95% de confianza para la variable calcio (Ca), donde se obtuvo como resultado en los tratamientos un p-valor (0,123) lo que significa que no existe diferencias estadísticas significativas, por otro lado, con un p-valor (0,021) entre bloques, lo que significa que existe diferencias estadísticas significativas, debido a que el p-valor es inferior al 5% e indica que al menos un tratamiento es diferente.

Tabla 49. Comparación de medias de Duncan para la variable Ca.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.	
T ₁	3,49	3	0,2	A	
T ₃	3,23	3	0,2	A	B
Testigo	2,98	3	0,2	A	B
T ₂	2,68	3	0,2		B

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

Se observa en la **tabla 49** mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde se agrupan en

A y B; además, se tiene al T₁ (sistema cacao *Theobroma cacao* - caoba *Swietenia macrophylla*) con una media de 3,49 que se muestra superior numéricamente con relación al T₂ (sistema cacao *Theobroma cacao* - tornillo *Cedrelinga cateniformis*) que presenta una media de 2,68.

Tabla 50. Análisis de varianza de la variable Mg.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,1	3	0,034	2,873	0,126 ^{NS}
Bloque	0,04	2	0,018	1,539	0,289 ^{NS}
Error	0,07	6	0,012		
Total	0,21	11			

C.V.: 23,28; **: altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

Para el caso de la variable Manganeso (Mg) se puede observar en la **tabla 50** de acuerdo con el análisis de varianza a un 95% de nivel de confianza, con el objetivo de evaluar el efecto de los tratamientos en los sistemas agroforestales y agrícolas, que no existe diferencias estadísticas significativas con un p-valor (0,126) entre los tratamientos y un p-valor (0,289) entre bloques, lo que indica que todos los tratamientos tienen efecto similar.

Tabla 51. Comparación de medias de Duncan para la variable Mg.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.	
T ₃	0,61	3	0,06	A	
T ₁	0,48	3	0,06	A	B
Testigo	0,41	3	0,06	A	B
T ₂	0,36	3	0,06		B

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

Se observa en la **tabla 51** con la finalidad de comparar las medias mediante la prueba de Duncan, dos grupos (A y B) lo que significa que existe diferencias estadísticas significativas, además, se observan el T₃ (sistema cacao *Theobroma cacao* - guaba *Inga edulis*) con una media de 0,61 que se muestra numéricamente superior a comparación del T₂ (sistema cacao *Theobroma cacao* - tornillo *Cedrelinga cateniformis*) con una media de 0,36 un rango inferior.

Tabla 52. Análisis de varianza de la variable Al.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	28,66	3	9,552	7,996	0,024*
Bloque	1,74	2	0,868	0,726	0,529 ^{NS}
Error	5,97	5	1,195		
Total	36,36	10			

C.V.: 59,46; **: altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

Para la **tabla 52**, con el objetivo de evaluar los efectos de la variable Aluminio (Al) se observa en el análisis de varianza con un 95% de confianza que para el caso de tratamientos se tiene un p-valor (0,024) lo que significa que existe diferencias estadísticas significativas y al menos un tratamiento es diferente, por otro lado, se tiene un p-valor (0,529) para el caso entre bloques lo que significa que no existen diferencias estadísticas significativas, lo que significa que todos los tratamientos son similares.

Tabla 53. Comparación de medias de Duncan para la variable Al.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.
Testigo	4,46	3	0,63	A
T ₂	1,04	3	0,63	B
T ₁	0,83	3	0,63	B
T ₃	0,61	2	0,77	B

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

En la **tabla 53** se observa por medio de la prueba de comparación de medias de Duncan, la agrupación de dos letras A y B lo que significa que existe diferencias estadísticas significativas, asimismo, se tiene al testigo (plantación de cacao *Theobroma cacao*) con una media de 4,46 es superior numéricamente con relación al T₃ (sistema cacao *Theobroma cacao* - guaba *Inga edulis*) con 0,61.

Tabla 54. Análisis de varianza de la variable H.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,06	3	0,021	2,146	0,213 ^{NS}
Bloque	0,02	2	0,009	0,881	0,470 ^{NS}
Error	0,05	5	0,01		
Total	0,13	10			

C.V.: 61,27; **: altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

Como se puede observar en la **tabla 54** el análisis de varianza con respecto a la variable H influenciados por los sistemas agroforestales y sistemas agrícolas a un 95% de nivel de confianza, en el cual se puede observar que no existe diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y entre bloques con un p-valor (0,213) y (0,470), respectivamente lo que indica que todos los tratamientos tienen efecto similar.

Tabla 55. Comparación de medias de Duncan para la variable H.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.
T ₁	0,27	3	0,06	A
Testigo	0,17	3	0,06	A
T ₂	0,09	3	0,06	A
T ₃	0,09	2	0,07	A

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

En la **tabla 55** se observa que existe un solo grupo “A” lo que indica que no existe diferencias estadísticas significativas como resultado de la comparación de medias de Duncan, sin embargo, el T₁ (sistema de cacao *Theobroma cacao* - caoba *Swietenia macrophylla*) es numéricamente superior con una media de 0,27 con relación al T₃ (sistema de cacao *Theobroma cacao* - guaba *Inga edulis*) con una media de 0,09 que resulta inferior.

Tabla 56. Datos de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat. Al de cada tratamiento.

Tratamientos		%	%	%	Categoría
Código	Sub Muestra	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al	
T ₀	T ₀ A	61.01	38.99	35.16	Alto/Alto/Alto
	T ₀ B	34.47	65.53	64.29	Bajo/Alto/Alto
	T ₀ C	35.95	64.05	62.37	Medio/Alto/Alto
T ₁	T ₁ A	72.62	27.38	22.25	Alto/Alto/Moderado
	T ₁ B	84.93	15.07	12.91	Alto/Medio/Bajo
	T ₁ C	78.86	21.14	12.26	Alto/Medio/Bajo
T ₂	T ₂ A	78.30	21.70	19.53	Alto/Medio/Moderado

Tratamientos		%	%	%	Categoría
Código	Sub Muestra	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al	
T ₃	T ₂ B	68.48	31.52	28.61	Alto/Alto/Moderado
	T ₂ C	71.15	28.85	27.54	Alto/Alto/Moderado
	T ₃ A	100.00	0.00	0.00	Alto/Bajo/Bajo
	T ₃ B	81.35	18.65	15.99	Alto/Medio/Moderado
	T ₃ C	81.90	18.10	16.03	Alto/Medio/Moderado

En la **tabla 56**, se muestra los datos de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat. Al de las diferentes muestras en cada uno de los tratamientos, como se puede apreciar los niveles de acidez, basicidad y saturación de aluminio varían de bajo, medio, moderado y alto. La toxicidad del Al³⁺ influyen en la degradación de la materia orgánica por los diversos microorganismos del suelo. En este caso la proporción de Al³⁺ en el complejo de cambio y en la solución del suelo, llega a concentraciones que producen síntomas característicos de acuerdo con las especies vegetales, y que se debe a que los nutrientes del suelo nos están disponible por la presencia del aluminio. Estos síntomas se parecen con frecuencia, a los problemas que se dan por deficiencias de P y Ca. Se sabe que las plantas jóvenes son particularmente sensitivas a la acidez (Fassbender 1987).

Tabla 57. Datos del promedio de % Bas. Camb. % Ac.Camb y % Sat. Al de cada uno de los tratamientos.

Tratamientos	%	%	%	Categoría
	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al	
T ₀	43.81	56.19	53.94	Medio/Alto/Alto
T ₁	78.80	21.20	15.81	Alto/Alto/Moderado
T ₂	72.64	27.36	25.23	Alto/Alto/Moderado
T ₃	87.75	12.25	10.67	Alto/Bajo/Bajo

En la **tabla 57** se muestra los datos del promedio de % Bas. Camb. % Ac. Camb. y % Sat. de Al, en los diferentes tratamientos estudiados, cuyas categorías de estos suelos van de bajo, medio, moderado y alto, siendo el T₃ un suelo con menos problemas tanto en acidez y basicidad, en comparación a los demás tratamientos que tenían problemas de acidez alto. La toxicidad del Al³⁺ también limita la degradación microbiana de la materia orgánica. Estos síntomas se parecen con frecuencia, a los problemas que se dan por deficiencias de P y Ca. Se sabe que las plantas jóvenes son particularmente sensitivas a la acidez (Fassbender 1987).

Tabla 58. Análisis de varianza para la variable CICE.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	30,49	3	10,162	9,459	0,017*
Bloque	0,29	2	0,143	0,133	0,878 ^{NS}
Error	5,37	5	1,074		
Total	36,14	10			

C.V.: 19,18; **: altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

Para la variable CICE se puede observar en la **tabla 58**, con el objetivo de evaluar el efecto de los tratamientos en los sistemas agroforestales y agrícolas, que existe diferencias estadísticas significativas con un p-valor (0,017) entre los tratamientos lo que significa que al menos un tratamiento es diferente y un p-valor (0,878) entre bloques, lo que indica que todos los tratamientos tienen efecto similar.

Tabla 59. Comparación de medias de Duncan para la variable CICE.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.
Testigo	8,02	3	0,6	A
T ₁	5,07	3	0,6	B
T ₂	4,18	3	0,6	B
T ₃	3,81	2	0,73	B

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

Se observa en la **tabla 59** en la comparación de medias mediante la prueba de Duncan, dos grupos (A y B) lo que significa que existe diferencias estadísticas significativas, adicionalmente, se observan el testigo (plantación de cacao - *Theobroma cacao*) con una media de 8,02 se muestra numéricamente superior a comparación del T₃ (sistema cacao - *Theobroma cacao* - guaba *Inga edulis*) con una media de 3,81 en un rango inferior.

Tabla 60. Análisis de varianza para la variable Bases Cambiables.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	3249,61	3	1083,204	13,442	0,005**
Bloque	313,94	2	156,972	1,948	0,223 ^{NS}
Error	483,49	6	80,582		
Total	4047,05	11			

C.V.: 12,69; **: altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

Como se observa en la **tabla 60** con el objetivo de evaluar los efectos de los tratamientos de la variable bases cambiales que se encuentran influenciados por los sistemas agroforestales y sistemas agrícolas, se tiene en los tratamientos un p-valor (0,005) lo que significa que existe diferencias estadísticas altamente significativas y al menos un tratamiento es diferente al otro, por otro lado, se observa entre bloques un p-valor (0,223) el cual es superior al 5% lo que significa que no existe diferencias estadísticas significativas, y que todos los tratamientos tienen efecto similar.

Tabla 61. Comparación de medias de Duncan para la variable Bases Cambiales.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.
T ₃	87,75	3	5,18	A
T ₁	78,80	3	5,18	A
T ₂	72,64	3	5,18	A
Testigo	43,81	3	5,18	B

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

Para la **tabla 61** se observa por medio de la prueba de comparación de medias de Duncan, la agrupación de dos letras A y B lo que significa que existe diferencias estadísticas significativas, asimismo, se tiene al T₃ (sistema cacao *Theobroma cacao* - guaba *Inga edulis*) con una media de 87,75 es superior numéricamente con relación al testigo (plantación de cacao - *Theobroma cacao*) con 43,81.

Tabla 62. Análisis de varianza para la variable Ac. Cambiales.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	3249,61	3	1083,2	13,44	0,000**
Bloque	313,94	2	156,97	1,95	0,220 ^{NS}
Error	483,49	6	80,58		
Total	4047,05	11			

C.V.: 30,69; **: altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

En la **tabla 62**, con la finalidad de evaluar los efectos de la variable Ac. cambiales se observa en el análisis de varianza con 95% de confianza, que para el caso de tratamientos se tiene un p-valor (0,000) lo que significa que existe diferencias estadísticas altamente

significativas y que al menos un tratamiento es diferente a otro, por otro lado, se tiene un p-valor (0,220) para el caso entre bloques lo que significa que no existen diferencias estadísticas significativas y que todos los tratamientos son similares.

Tabla 63. Comparación de medias de Duncan para la variable Ac. Cambiables.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.
Testigo	56,19	3	5,18	A
T ₂	27,36	3	5,18	B
T ₁	21,2	3	5,18	B
T ₃	12,25	3	5,18	B

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

Para la **tabla 63**, se observa mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde se agrupan en A y B; además, se tiene al testigo (plantación de cacao *Theobroma cacao*) con una media de 56,19 que se muestra superior numéricamente con relación al T₃ (sistema cacao *Theobroma cacao* - guaba *Inga edulis*) que presenta una media de 12,25.

Tabla 64. Análisis de varianza para la variable Sat. Aluminio.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	3358,12	3	1119,375	13,356	0,005**
Bloque	310,65	2	155,324	1,853	0,236 ^{NS}
Error	502,85	6	83,808		
Total	4171,62	11			

C.V.: 34,66; **: altamente significativo; *: significativo; NS: no significativo; GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

En la **tabla 64**, se observa el análisis de varianza al 95% de confianza para la variable Sat. aluminio, donde se obtuvo como resultado en los tratamientos un p-valor (0,005) lo que significa que existe diferencias estadísticas altamente significativas y que un tratamiento es

diferente a otro, por otro lado, se tiene con un p-valor (0,236) entre bloques donde muestra que no existe diferencias estadísticas significativas, debido a que el p-valor es superior al 5%.

Tabla 65. Comparación de medias de Duncan para la variable Sat. Aluminio.

Tratamiento	Media	N	EE	SIG.
Testigo	53,94	3	5,29	A
T ₂	25,23	3	5,29	B
T ₁	15,81	3	5,29	B
T ₃	10,67	3	5,29	B

Letras iguales: igualdad estadística; letras diferentes: diferencias estadísticas.

Como se observa en la **tabla 65** se tiene dos grupos “A y B” lo que indica que existe diferencias estadísticas significativas como resultado de la comparación de medias de Duncan, adicionalmente, el testigo (plantación de cacao *Theobroma cacao*) es numéricamente superior con una media de 53,94 con relación al T₃ (sistema cacao *Theobroma cacao* - guaba *Inga edulis*) con una media de 10,67 que resulta inferior.

V. CONCLUSIONES

Que de acuerdo al primer objetivo específico, se tiene que los sistemas agroforestales influyen en la textura del suelo siendo estas diferentes dependiendo de la especie arbórea con la que se establece el sistema agroforestal con cacao *Theobroma cacao*, siendo el que mayor aporte a la mejora de la estructura el sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* – guaba *Inga edulis*, que tiene buena capacidad para retener agua y nutrientes, a pesar de estas diferencias con las especies consideradas no existe una diferencia significativa, entre estas.

Que de acuerdo al segundo objetivo específico, los suelos donde se han implementado sistemas agroforestales y que han sido evaluados en relación de la presencia de materia orgánica estos presentan niveles medio, puesto que la planta de cacao *Theobroma cacao* en su manejo del cultivo por las podas también aporta materia orgánica a los suelos por las hojarascas, ramas y frutos, y el aporte de materia orgánica por las especies forestales complementa estos resultados, en donde se tiene pequeñas diferencias, pero que estas diferencias no son significativas.

Los suelos donde se han implementado los sistemas agroforestales con diferentes especies forestales, presentan su capacidad de intercambio catiónico con un nivel bajo, y en los suelos donde solamente se tiene el cultivo de cacao *Theobroma cacao* los suelos su capacidad de intercambio catiónico presenta un nivel medio, pero a pesar de las diferencias, estas son significativas.

Que de acuerdo al tercer objetivo específico, los suelos donde se han implementado sistemas agroforestales de cacao *Theobroma cacao*, con caoba *Swietenia macrophylla*, tornillo *Cedrelinga cateniformis* y guaba *Inga edulis*, se caracterizan por presentar suelos, muy fuertemente ácidos, a fuertemente ácidos que afectan las características físicas, químicas y biológicas, lo cual tiene influencia en el desarrollo de la planta, por la poca disponibilidad

de nutrientes, siendo el sistema agroforestal guaba *Inga edulis*, en el que se aprecia una mejora con moderadamente ácido, pero a pesar de estas diferencias entre los sistemas agroforestales por el uso de diferentes especies forestales, no existe diferencia significativa entre estos.

Los suelos donde se han implementados los sistemas agroforestales presentan niveles de fertilidad baja en comparación con el sistema de cultivo de cacao *Theobroma cacao* sin el componente arbóreo donde el nivel de fertilidad es medio, esto se debe que las especies arbóreas en su crecimiento y desarrollo también utilizan los nutrientes aportados al suelo, pero estas diferencias en las cantidades de nutrientes, no son significativas.

VI. PROPUESTA A FUTURO

- A DEVIDA, ALIANZA CAFÉ, TECHNOSERVE, CODE HUALLAGA, CADA, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, entre otros, realizar más estudios de los sistemas agroforestales implementados en la zona de estudio principalmente donde se utilicen especies forestales leguminosas.
- A DEVIDA, ALIANZA CAFÉ, TECHNOSERVE, CODE HUALLAGA, CADA, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, entre otros, realizar estudios evaluando las edades de la implementación de los sistemas agroforestales y considerando, además, las diferentes estaciones climáticas.
- A DEVIDA, ALIANZA CAFÉ, TECHNOSERVE, CODE HUALLAGA, CADA, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, entre otros, realizar estudios de caracterización de los suelos de sistemas agroforestales en donde se utilicen también otras especies cultivadas como café, plátano y otros.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Acosta M., M. 2003. Diseño y aplicación de un método para medir los almacenes de carbono en sistemas con vegetación forestal y agrícola de ladera en México. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México.
- Acosta, Z., Plasencia, J. & Espinosa, A. 2006. Servicios ambientales de un sistema silvopastoril de *Eucalyptus saligna* en *P. maximum*. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. La Habana, Cuba. 5 p.
- AGUILERA, S.M., 2000. Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile. p. 77-85.
- Albrecht, A., & Kandji, S.T. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 99, 15-27.
- ALEGRE, J. A.; RICSE, C. PALM. 1998. Informe de discusiones Proyecto ASB-Carbono en Sistemas de Uso de la Tierra. Documento de circulación interna Yaremagua, Loreto, Perú. 2 p
- Alegre, J; Arévalo L; Ricse A; Callo-Concha, D. y Palm Ch. 2002. Secuestramiento de Carbono con Sistemas Alternativos en el Perú (presentación en el IV Congreso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais Ilhéus, Bahía. Brasil.
- Alegre, J; Arévalo, L. y RicseA. 1998. Reservas de carbono según el uso de la tierra en dos sitios de la Amazonía Peruana. Lima. Perú.
- Alexander, E.B., McLaughlin, J.C., 1992. Soil porosity as an indication of forest and rangeland soil condition (compaction) and relative productivity. In: Proceedings of the Soil Quality Standards Symposium. US Department of Agriculture Forest Service, Report No WO-WSA-2, Washington, DC. , pp. 52-61.
- Alonso, J. (2011), Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 45, núm. 2, 2011, pp. 107-115. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba

Alvarado Jhon, Hernán Jair Andrade, Milena Segura (2012) ALMACENAMIENTO DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN EL MUNICIPIO DEL LÍBANO, TOLIMA, COLOMBIA

Aparicio, V & JL Costa. 2007. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean Pampas. *Soil Till. Res.* 96: 155-165.

Arévalo L; Alegre J. y Palm Ch. 2003. Manual Determinación de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de uso de la tierra en Perú. Lima.

Arnold, R.W., I. Szabolcs y V.O. Targulian (eds.). 1990. Global soil change. International Institute for Applied Systems Analysis-International Soil Science Society-United Nations Environmental Program. Laxenburg, Austria.

Arshad, M.A., Coen, G.M., 1992. Characterization of soil quality. Physical and chemical criteria. *American J. of Alternative Agriculture* 7: 25-31.

Ávila Gabriela, Francisco Jiménez, John Beer, Manuel Gómez, Muhammad Ibrahim (2001), Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. CATIE.

Barrezueta-Unda, S., Paz-González, A. (2017). Estudio comparativo de la estructura elemental de materia orgánica de suelo y mantillo cultivados de cacao - *Theobroma cacao* en El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(1-Ext), 54-62. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

Batjes, N.H. 1999. Management options for reducing CO₂ concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. International Soil Reference and Information Centre. Wageningen, The Netherlands.

Bazán, R. 1996. Manual para el Análisis Químico Suelos Agua Planta. Universidad Nacional Agraria la Molina. Fundación para el Desarrollo Agrario. 54 p.

BENJAMIN, J. 1999. Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. México. INI- SEMARNAP. 74 p.

Bernier, R. y Bortolameolli Giancarlo S. (2000). Diagnóstico de la fertilidad del suelo. En: Técnicas de diagnóstico de fertilidad del suelo, fertilización de praderas, cultivos y

- mejoramiento de praderas. Osorno, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro Regional de Investigación Remehue: 11-13.
- BOHN, H. 1993. Química de suelos. Editorial Limusa. México.
- Bruce, J.P., M. Frome, E. Haites, H. Janzen, R. Lal y K. Paustian. 1999. Carbon sequestration in soils. *J. Soil Water Conserv.* 54: 382-389.
- BUCKMAN, H. 1985. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Editorial Hispano americano UTEHA. México. DF México. 509.
- Campitelli Paola, Antonio Aoki; Olga Gudelj; Andrea Rubenacker & Roberto Sereno (2010), Selección De Indicadores De Calidad De Suelo Para Determinar Los Efectos Del Uso Y Prácticas Agrícolas En Un Área Piloto De La Región Central De Córdoba Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC, Córdoba Argentina.
- Carter, M.R., E.G. Gregorich, D.W. Anderson, J.W. Doran, H.H. Janzen y F.J. Pierce. 1997. Concepts of soil quality and their significance. pp. 1-19. *In:*
- Castellanos, J. Z. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos, Aguas Agrícolas, Plantas y ECP. 2ª edición. INTAGRI. México. 186 p.
- CEDISA 2003. Experiencias Agroforestales en el Cumbaza San Martín. Edit. Perú Textos SAC. Tarapoto, San Martín. 150 p.
- Chávez-Vergara, B.; A., Merino; G. Vázquez-Marrufo y F. García-Oliva. 2014. Organic matter dynamics and microbial activity during decomposition of forest floor under two native neotropical oak species in a temperate deciduous forest in Mexico. *Geoderma*, 235–236, 133145.
- Concha Callo, D. 2000. Cuantificación de Carbono Secuestrado por Algunos Sistemas Agroforestales en Tres Pisos Ecológicos de la Región Ucayali, Perú. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Concha Callo, D; Krisnamurthy; L. y Alegre, J. 2002. Cuantificación del carbono secuestrado por algunos SAF's y testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú. Simposio internacional Medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile.
- Concha, C.; Krishnamurthy, L.; Alegre, J, (2002), SECUESTRO DE CARBONO POR SISTEMAS AGROFORESTALES AMAZÓNICOS Revista Chapingo. Serie Ciencias

- Forestales y del Ambiente, vol. 8, núm. 2, julio-diciembre, 2002, pp. 101-106
Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México
- Crespo, G. & Fraga, S. 2006. Avances en el reciclaje de los nutrientes en sistemas silvopastoriles. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Cuba. Sección Curso-Taller. 5. p
- Crespo, G., (2008), Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 42, núm. 4, 2008, pp. 329-335. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba
- Crovetto, C. (1996). Stubble over the soil. The vital role of the plant residue in soil management to improve soil quality. Special Publication 19. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy. 264 pp.
- Cuéllar, N. 1999. Los servicios ambientales del agro: el caso del café de sombra en El Salvador. Prisma 34: 1-16.
- Doran, J & T Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. *In*: Doran, JW; DC Coleman; DF Bezdieck & BA Stewart (*eds.*). Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI, p. 3-21.
- Doran, JE & TB Parkin. 1996. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. *In*: Doran, JW & AJ Jones (*eds.*). Methods for assessing soil quality. SSSA Spec. Publ. N° 49, Madison, WI, USA, p. 25-37.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informes sobre recursos mundiales de suelos. Reporte 96. Roma, Italia.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FR). 2002. Informe sobre recursos mundiales de suelos: captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Francia, PR. Instituto nacional de investigación agronómica. 83 p.
- FAO, 2016. Propiedades químicas del suelo. [En Línea]: (www.fao.org, 12 de set. 2017).
- FAO. 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informes sobre recursos mundiales de suelos No 96. Roma. 61pp.

- Farfán, V. F. (2012). Árboles con potencial para ser incorporados en sistemas agroforestales con café. Chinchiná (Colombia): Cenicafe – Fondo Nacional del Café,
- Fassbender, h. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. IICA, San José, Costa Rica.
- Franzmeier, D.P., G.D. Lemme y R.J. Miles. 1985. Organic carbon in soils of the North Central United States. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 702-708.
- Galloway, G; Beer, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica (Serie Técnica Informe Técnico N° 285).166p.
- GAVENDA, B. 2000. Soils and Carbon Sequestration. En The Overstory # 66. Carbon Sequestration: Storing Carbon in Soils and Vegetation <<http://www.agroforester.com/overstory/overstory66.html>>. 4 p.
- González, M.L.N & Gallardo, J.F. 1995. El efecto hojarasca: una revisión. En: Anales de Edafología y agrobiología. Centro de Edafología y Biología Aplicada. Universidad de Salamanca, España. 45 p
- Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Cabrera, A.; Morales, M. y Medina, N. (2004). Problemas actuales de clasificación de suelos: énfasis en Cuba. Editorial Universidad de Veracruz, México. 221 pp.
- Hidalgo C. P., (2011), Determinación de las reservas totales de Carbono en un sistema agroforestal de la Selva Alta de Tingo María, Facultad de Ciencias del Ambiente, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- HOLDRIDGE, L. R. (2000) Ecología Basada en Zonas de Vida. Quinta Reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. Costa Rica. 216 p.
- HUAMANI, H., MANSILLA, L. 1995. Caracterización del estado nutricional de los suelos degradados del alto Huallaga. En tropicultura. Tingo María, Perú. Vol. 1(2). 7-17 p.
- Ibarra, D., J. A. Ruíz, D. R. González, y J. G. Flores. 2008. Clasificación espacial de la textura de los suelos agrícolas de Zapopan Jalisco. Avances de la investigación científica en el CUCBA. XIX semana de la investigación científica; pp:37-47.

- Ibrahim Muhammad; Mario Chacón; César Cuartas; Juan Naranjo; Guillermo Ponce; Pedro Vega; Francisco Casasola; Jairo Rojas (2006), Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* N° 452006
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F. & Rojas, J. 2006. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y la restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Sección de Conferencias. La Habana, Cuba. 23 p.
- Ibrahim, M; Chacón, M; Mora J; Zamora, S; Gobbi, J; Llanderal, T; Harvey, A; Murgueitio, E; Casasola, F; Villanueva, C; Ramirez, E. 2005. Opportunities for carbon sequestration and conservation of water resources on landscapes dominated by cattle production in Central America. *In* Henry A. Wallace/CATIE Inter-American Scientific Conference Series, "Integrated management of environment services in human-dominated tropical landscape" (4, Costa Rica, 2005). Abstracts. Turrialba, CR, CATIE. p. 27 -34.
- ICRAF 2002. Manual para determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. 20 p.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, US). 2001. Tercer Informe de Evaluación Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. *In* McCarthy, JJ; Canziani, OF; Leary, NA; Dokken, DJ; White, KS. eds. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico. Parte de la contribución del Grupo de trabajo II al Tercer Informe de Evaluación Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, CH, Cambridge University Press. 1000 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). Cambio climático 2007 – Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.

- IPCC. 2007. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B.M. Tignor and H.L. Miller (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY. USA. 996 pp.
- JACKSON, M. L., 1964. Análisis químico de suelos (Traducido por J. Beltrán). Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 662 p.
- Jiménez, G; Soto Pinto, L; De Jong, B. y Vargas, A. 1994. Aprovechamiento Agroforestal y Servicios Ambientales (captura de carbono) en Comunidades Indígenas de Chiapas. México
- Julca-Otiniano, A; Carhuallanqui-Pérez, R; Crespo-Costa, R. 2002. Efecto de la sombra y la fertilización sobre la población de hongos y bacterias del suelo en café var. "Catimor" en Villa Rica, Selva Central de Perú. *Café Cacao* 3(2):74-77.
- Karlen, DL & DE Stott. 1994. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. *In: Doran, JW; DC Coleman; DF Bezdieck & BA Stewart (eds.)*. Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI, p. 53-72.
- Kern, J.S. 1994. Spatial patterns of soil organic carbon in the contiguous United States. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 439-455.
- KRISHNAMURHTY, L.; AVILA, M. 1999. Agroforestería Básica. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México, D. F., México. pp: 29-36.
- Kumar B, M., Nair P. K.R. Ramachandran (2011). Carbon Sequestration Potencial of Agroforestry Systems, *Advances in Agroforestry Volumen 8, XVIII*, 310 p.USA
- Lavelle, P; Senapati, B; Barros, E. 2003. Soil macrofauna. *In Trees, Crops and Soil Fertility*. Eds. G. Schroth y F.L. Sinclair. CAB Internacional. 303-323p.
- Machecha, L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 15:226

- Manna, M. C.; Ghosh, P. K. y Acharya, C. L. (2003). Sustainable crop production through management of soil organic carbon in semiarid and tropical India. *Journal of Sustainable Agriculture*; 21. 87-116.
- Mariscal Sancho Ignacio de Loyola (2008), Recuperación de la calidad de Ultisoles mediterráneos degradados, mediante la aplicación de enmiendas y formas alternativas de uso UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS. DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA. Madrid.
- Martínez H., Eduardo Juan Pablo Fuentes E., Edmundo Acevedo H., (2008), CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. ¹Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Agrícola. Santiago de Chile.
- Martínez-Trinidad, S.; Cotler, H.; Etchevers-Barra, J. D.; Ordaz-Chaparro, V. M. y de León-González, F. (2008). Efecto del manejo en la agregación del suelo en un ecosistema tropical seco. *Terra Latinoamericana*; 26: 299-307.
- Mckean, S. 1993. Manual de análisis de suelo y tejido vegetal: una guía teórica y práctica de metodologías. Palmira, Colombia, CIAT. Documento de trabajo 129.
- Molina, E. (2010). Análisis de suelo y su interpretación. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. <http://www.aminogrowinternacional.com>
- Molina, C. E. (2016). Análisis de la fertilidad de los suelos agrícolas destinados al cultivo de arroz en la cuenca baja del río Jequetepeque. Repositorio De La Pontificia Universidad Católica Del Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7551>
- Montagnini, F., & Nair, P.K.R. (2004). Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 61–62(1–3), 281– 295.
- Montagnini, F.; Fanzeres, A. y Guimaraes, V. S. (1994). Estudios de restauración en la Región del Bosque Atlántico de Bahía, Brasil. *Interciencia* 6: 323-330.
- MONTOYA G., Soto L., Jong B., Nelson K., Farias P., Yakactic P. y Taylor J. (1995). Desarrollo forestal sustentable: Captura de carbono en las zonas Tzeltal y Tojolabl del estado de Chiapas. México. Universidad de Edimburgo - The Edimburgh Centre for Tropical Forests. 50 p.

- Murray, R. M.; Orozco, M. G.; Hernández, A.; Lemus, C.; Nájera, O. (2014), El sistema agroforestal modifica el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas del suelo, *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 18, núm. 1, enero-abril, 2014, pp. 23-31, Universidad de Colima. Colima, México.
- Murray-Núñez, R. M.; Bojórquez, S. J.; Hernández, J. A.; Orozco, M. G.; García, J. D. y Ontiveros, H. (2010). Influencia de especies agroforestales sobre las propiedades físicas de un suelo Fluvisol Haplico de la llanura costera norte de Nayarit 2010; 22-23. 233pp.
- Murray-Núñez, R. M.; Bojórquez, S. J.; Hernández, J. A.; Orozco, M. G.; García, J. D.; Gómez, A. R.; Ontiveros, G. H. y Aguirre, O. J. (2011). Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias* Vol. 1 No. 3 Año 2, 27- 35.
- NAIR, P. K. R. 1997. Agroforestería. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 543 p.
- Ovalle R., O. (2016), Almacenamiento de Carbono en Sistemas Agroforestales con Café en Costa Rica Sistemas agroforestales NAMA – CAFÉ COSTA RICA. 26 p.
- Ovalle, C y Avendaño, J. 1984. Utilización silvopastoral del espinal. 2. Influencia del espinal (*Acacia caven (red) Hook et Am.*) sobre algunos elementos del medio. *Agric. Técn.* 44: 353
- Pineda, L. M. D. R.; G. Ortiz Ceballos y L. R. Sánchez Velásquez. 2005. Los cafetales y su papel en la captura de carbono: un servicio ambiental aún no valorado en Veracruz. *Madera y Bosques*, 11(2) 3-14.
- Pinto, R.; Ramírez-Alavés, L.; Ku- Vera. C.; Hernández, A.; Sánchez, F & Saucedo, H. 2000. Evaluación químico nutricional y degradabilidad ruminal de especies arbóreas del centro de Chiapas, México. IV Taller Internacional Silvopastoril «Los árboles y arbustos en la ganadería tropical». EEPF indio Hatuey, Cuba. p. 47
- Porras V., C., (2006), Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba–Jiménez, Costa Rica. *Catie. Programa De Educación Para El Desarrollo Y La Conservación. Escuela De Posgrado. Turrialba, Costa Rica,*

- Porta, J., Acevedo, M. L., & Roquero, C. (1992). Edafología, El suelo en relación con la Producción. Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú.
- Poveda Verónica, Luis Orozco, Cristóbal medina, Rolando Cerda, Arlene López; (2013), Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao en Waslala, Nicaragua Agroforestería en las Américas N° 492013
- Quintana, J. O.; Blandón, J.; Flores, A.; Mayorga, E. 1983. Manual de Fertilidad para los suelos de Nicaragua. Editorial Primer Territorio Indígena Libre de América Ithaca, Nueva Yor. Residencial Las Mercedes N° 19-A. Managua Nicaragua. 60p.
- Rey Obando, A.M. 2006. Utilización estratégica de biofertilizantes en la producción y calidad de árboles. En: II Curso Intensivo de Silvopastoreo. Colombia-Cuba. 16 p.
- Ruiz, T. & Febles, G. 2001. Factores que influyen en la producción de biomasa durante el manejo del sistema silvopastoril. En: Sistema silvopastoriles, una opción sustentable. Curso de Tantakín, México. p. 62.
- Ruiz, T. E., Febles, G., Jordán, H., Castillo, E., Mejías, R. & Crespo, G. 2006. Sistemas silvopastoriles- Conceptos y tecnologías desarrolladas en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba. Tomo II. En: Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p. 311
- Sadeghian, J., Rivera, J.M. & Gómez, M.E. 1998. Importancia de sistemas de ganadería sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos en los andes de Colombia. Disponible en: <http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/>
- Sartorio, B. Á. 2002. Los cafetales de sombra como proveedores de servicios ambientales. Ciencia y Mar, 17-18.
- Schlegel B., J. Gayoso y J. Guerra. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Schroth, G., Vsnlsuwe, B., & Lehmann, J. (2003). Impacts of Trees on the Fertility of Agricultural Soils. In G. Schroth & F. Sinclair (Eds.), *Trees, Crops and Soil Fertility Concepts and Research Methods* (pp. 77–89). Wallingford, UK: CABI Publishing.

- Schroth, G; Lehmann, J; Rodríguez, MRL; Barros, E; Macêdo, JLV. 2001. Plant and soil interactions in multistrata agroforestry in the humid tropics. *Agroforestry Systems* 53:85-102.
- Segura-Castruita, Miguel A.; Sánchez-Guzmán, Patricio; Ortiz-Solorio, Carlos A.; Gutiérrez-Castorena, Ma. del Carmen, (2005), Carbono orgánico de los suelos de México, *Terra Latinoamericana*, vol. 23, núm. 1, enero-marzo, 2005, pp. 21-28, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C., Chapingo, México
- Somarriba, E; Andrade, HJ; Segura, M; Villalobos, M. 2008. ¿Cómo fijar carbono atmosférico, certificarlo y venderlo para complementar los ingresos de productores indígenas de Costa Rica? *Agroforestería en las Américas*. 46: 81-88.
- Stein, A., J. Brouwer y J. Bouma. 1997. Methods for comparing spatial variability patterns of millet yield and soil data. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 861-870.
- Suárez, D.A. (2002). Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café de la Comarca Yassica Sur, Matagalpa Nicaragua. Maestría en Educación para el Desarrollo y la Conservación, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- URIARTE, A. 2003. Historia del Clima de la Tierra. España. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 1ra edición. 306p.
- Urquiaga, S., et al. (2016). *Protocolo para avaliar o potencial de sistemas agrícolas no sequestro de C e acúmulo de N no solo*. Brasilia: Embrapa.
- Van Bremen, N. y T.C.J. Feijtel. 1990. Soil processes and properties involved in the production of greenhouse gases, with special relevance to soil taxonomic system. pp. 195-220. *In*: Bouwman, A.F. (ed.). *Soil and the greenhouse effect*. Wiley. Chichester, UK.
- Vargas, T., & Samayoa, S. (2009). Mecanismo de desarrollo limpio, conceptos básicos. Guía para formulación y presentación de proyectos. Primera edición, Honduras, 57 p.
- Vázquez-Luna Dinora; María del Carmen Cuevas-Díaz; Teresita de Jesús Perera-Escamilla; Ángel Héctor Hernández Romero; Alejandro Retureta-Aponte (2014), Secuestro de carbono en suelo cafetalero con alta pendiente en la Sierra de Santa Marta, Facultad de Ingeniería en Sistemas de producción Agropecuaria, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

- Vega Orozco Gustavo, Claudia Mercedes Ordoñez Espinosa, Juan Carlos Suarez Salazar & César Fabián López Pantoja (2014), Almacenamiento de carbono en arreglos agroforestales asociados con café (*Coffea arabica*) en el sur de Colombia. Universidad de la Amazonia Revista de Investigación Agraria y Ambiental Volumen 5 Número 1 – enero-junio de 2014 – ISSN 2145-6097
- Vergara-Sánchez, Miguel Ángel; Etchevers-Barra, Jorge D.; Vargas-Hernández, Mateo, (2004), Variabilidad del carbono orgánico en suelos de ladera del sureste de México Terra Latinoamericana, vol. 22, núm. 3, julio-septiembre, 2004, pp. 359-367 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México
- Yanai, J., C.K. Lee, T. Kaho, M. Lida, T. Matsui, M. Umeda y T. Kosaki. 2001. Geostatistical analysis of soil properties and rice yield in a paddy field and application to the analysis on yield-determining factors. Soil Sci. Plant Nutr. 47: 291-301.
- Zavaleta, G, A 1992. Edafología. El Suelo en Relación con la Producción: Primera. Edición. Lima, Perú.

ANEXOS

PANEL FOTOGRAFICO







	
<p>Foto 1. Muestreo de suelos para análisis en plantaciones de cacao - <i>Theobroma cacao</i> del área de estudio.</p>	<p>Foto 2. Sistema Agroforestal de Caoba - <i>Swietenia macrophylla</i> con Cacao - <i>Theobroma cacao</i> dentro del área de estudio.</p>
	
<p>Foto 3. Muestreo de suelos para análisis en plantaciones del Sistema Agroforestal de Cacao - <i>Theobroma cacao</i> con Guaba - <i>Inga edulis</i> del área de estudio.</p>	<p>Foto 4. Muestra de los Sistemas agroforestales, Cacao - <i>Theobroma cacao</i>, Caoba - <i>Swietenia macrophylla</i>, Tornillo - <i>Cedrelinga cateniformis</i>, Guaba - <i>Inga edulis</i>, para envío de laboratorio.</p>
	
<p>Foto 5. Pesaje de recolección de muestreo de hojarasca con superficie de los Sistemas Agroforestales en estudio Cacao - <i>Theobroma cacao</i> con tornillo - <i>Cedrelinga cateniformis</i>.</p>	<p>Foto 6. Pesaje de recolección de muestreo de hojarasca con superficie de los Sistemas Agroforestales en estudio de Cacao - <i>Theobroma cacao</i>.</p>



Foto 7. Sistema Agroforestal de Tornillo - *Cedrelinga cateniformis* con Cacao - *Theobroma cacao* dentro del área de estudio.



Foto 8. Muestreo de suelos para análisis en plantaciones del Sistema Agroforestal de Cacao - *Theobroma cacao* con Guaba - *Inga edulis* del área de estudio.



Foto 9. Muestreo de suelos para análisis en plantaciones del Sistema Agroforestal de Caoba - *Swietenia macrophylla* con Guaba - *Inga edulis* del área de estudio.



Foto 10. Muestra y pesaje para análisis del Sistema Agroforestal de Caoba - *Swietenia macrophylla* con Cacao - *Theobroma cacao*.



Foto 11. Sistema Agroforestal de Caoba - *Swietenia macrophylla* con Cacao - *Theobroma cacao* dentro del área de estudio.



Foto 12. Sistema Agroforestal de Tornillo - *Cedrelinga cateniformis* con Cacao - *Theobroma cacao* dentro del área de estudio.



Foto 13. Muestreo de suelos para análisis en plantaciones del Sistema Agroforestal de Tornillo - *Cedrelinga cateniformis* con Guaba - *Inga edulis* del área de estudio.



Foto 14. Muestra y pesaje para análisis del Sistema Agroforestal de Guaba - *Inga edulis* con Cacao - *Theobroma cacao*.



Foto 15. Análisis del muestreo de los Sistemas Agroforestales Cacao - *Theobroma cacao*, Caoba - *Swietenia macrophylla*, Tornillo - *Cedrelinga cateniformis* y Cacao - *Theobroma cacao*.



Foto 16. Análisis del muestreo de los Sistemas Agroforestales Cacao - *Theobroma cacao*, Caoba - *Swietenia macrophylla*, Tornillo - *Cedrelinga cateniformis* y Cacao - *Theobroma cacao*.



Foto 17. Análisis del muestreo de los Sistemas Agroforestales Cacao - *Theobroma cacao*, Caoba - *Swietenia macrophylla*, Tornillo - *Cedrelinga cateniformis* y Cacao - *Theobroma cacao*.



Foto 18. Análisis del muestreo de los Sistemas Agroforestales Cacao - *Theobroma cacao*, Caoba - *Swietenia macrophylla*, Tornillo - *Cedrelinga cateniformis* y Cacao - *Theobroma cacao*.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: ALVAREZ ESPINOZA HANS ALBERTO														PROCEDENCIA: INTI - MARIANO DAMASO BERAUM - LEONCIO PRADO - HUÁNUCO																					
CULTIVO RELACIONADO SAF: CACAO CON CAOBA																																			
N°	DATOS			ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%												
	CODIGO DEL LAB.	COORDENADAS		CODIGO DE LA MUESTRA	Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	%	disponible	Ca					Mg	K	Na	Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al				
				%	%	%					ppm	ppm																							
1	S0349	382208	8971350	T1 A	31	40	29	Franco Arcilloso	5.38	1.86	0.09	5.63	147.24	---	3.69	0.55	--	--	1.30	0.30	5.84	72.62	27.38	22.25											
2	S0350	382208	8971350	T1 B	41	32	27	Franco Arcilloso	5.49	2.54	0.13	4.99	124.90	---	3.50	0.45	--	--	0.60	0.10	4.65	84.93	15.07	12.91											
3	S0351	382208	8971350	T1 C	33	38	29	Franco Arcilloso	5.44	2.25	0.11	2.83	76.22	---	3.29	0.44	--	--	0.58	0.42	4.73	78.86	21.14	12.26											
4	S0352	382190	8971072	T2 A	31	48	21	Arcilloso	5.15	2.47	0.12	7.07	48.28	---	3.17	0.43	--	--	0.90	0.10	4.61	78.30	21.70	19.53											
5	S0363	382190	8971072	T2 B	33	48	19	Arcilloso	5.00	2.71	0.14	6.43	47.33	---	2.49	0.33	--	--	1.18	0.12	4.12	68.48	31.52	28.61											
6	S0354	382190	8971072	T2 C	35	42	23	Arcilloso	4.93	2.54	0.13	6.11	44.43	---	2.38	0.33	--	--	1.05	0.05	3.81	71.15	28.85	27.54											
7	S0355	382248	8971083	T3 A	81	12	7	Arena Franca	7.57	1.56	0.08	20.67	59.92	5.02	4.27	0.57	0.11	0.07	--	--	--	100.00	0.00	0.00											
8	S0356	382248	8971083	T3 B	23	52	25	Arcilloso	5.16	2.44	0.12	4.75	49.48	---	2.64	0.42	--	--	0.60	0.10	3.75	81.35	18.65	15.99											
9	S0357	382248	8971083	T3 C	23	52	25	Arcilloso	5.17	2.12	0.11	2.75	46.83	---	2.78	0.38	--	--	0.62	0.08	3.87	81.90	18.10	16.03											
10	S0358	38.2133	8971560	T A	51	26	23	Franco Arcillo Arenoso	5.22	2.96	0.15	16.75	90.31	---	3.53	0.46	--	--	2.30	0.25	6.54	61.01	38.99	35.16											
11	S0359	38.2133	8971560	T B	47	32	21	Franco Arcillo Arenoso	5.16	3.35	0.17	11.15	86.66	---	2.41	0.35	--	--	5.15	0.10	8.01	34.47	65.53	64.29											
12	S0360	38.2133	8971560	T C	47	28	25	Franco Arcillo Arenoso	5.27	2.88	0.14	8.51	97.61	---	3.01	0.42	--	--	5.94	0.16	9.52	35.95	64.05	62.37											

MUESTREO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 0626241

TINGO MARIA, 13 DE MAYO 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS

[Handwritten signature]
Ing. Lino C. Moya
DEPA



Fig. 02. Análisis de suelos de los sistemas agroforestales en estudio.

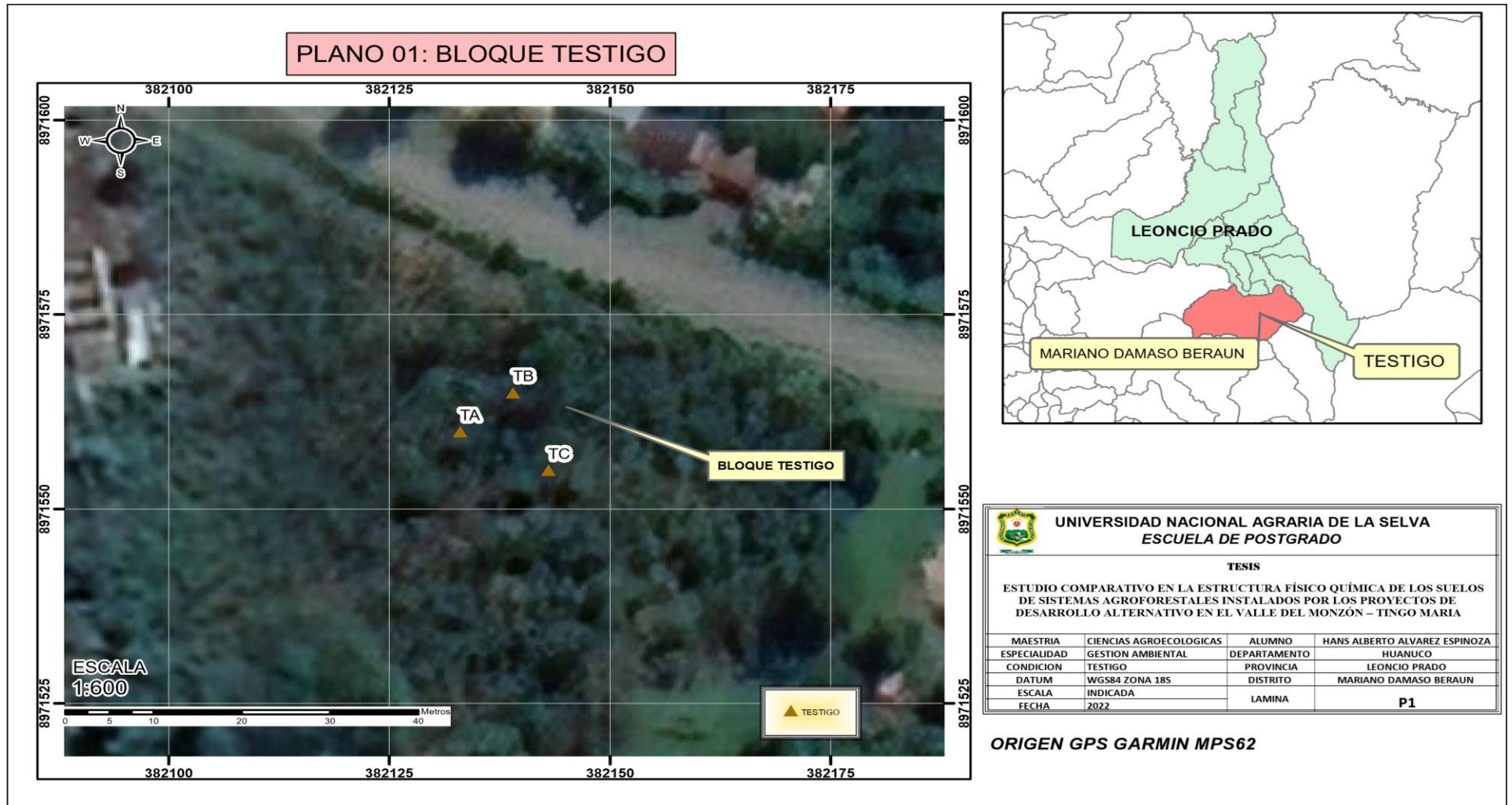


Fig. 03. Dispersión de muestreo del Testigo – Plantación de cacao *Theobroma cacao* macizo.

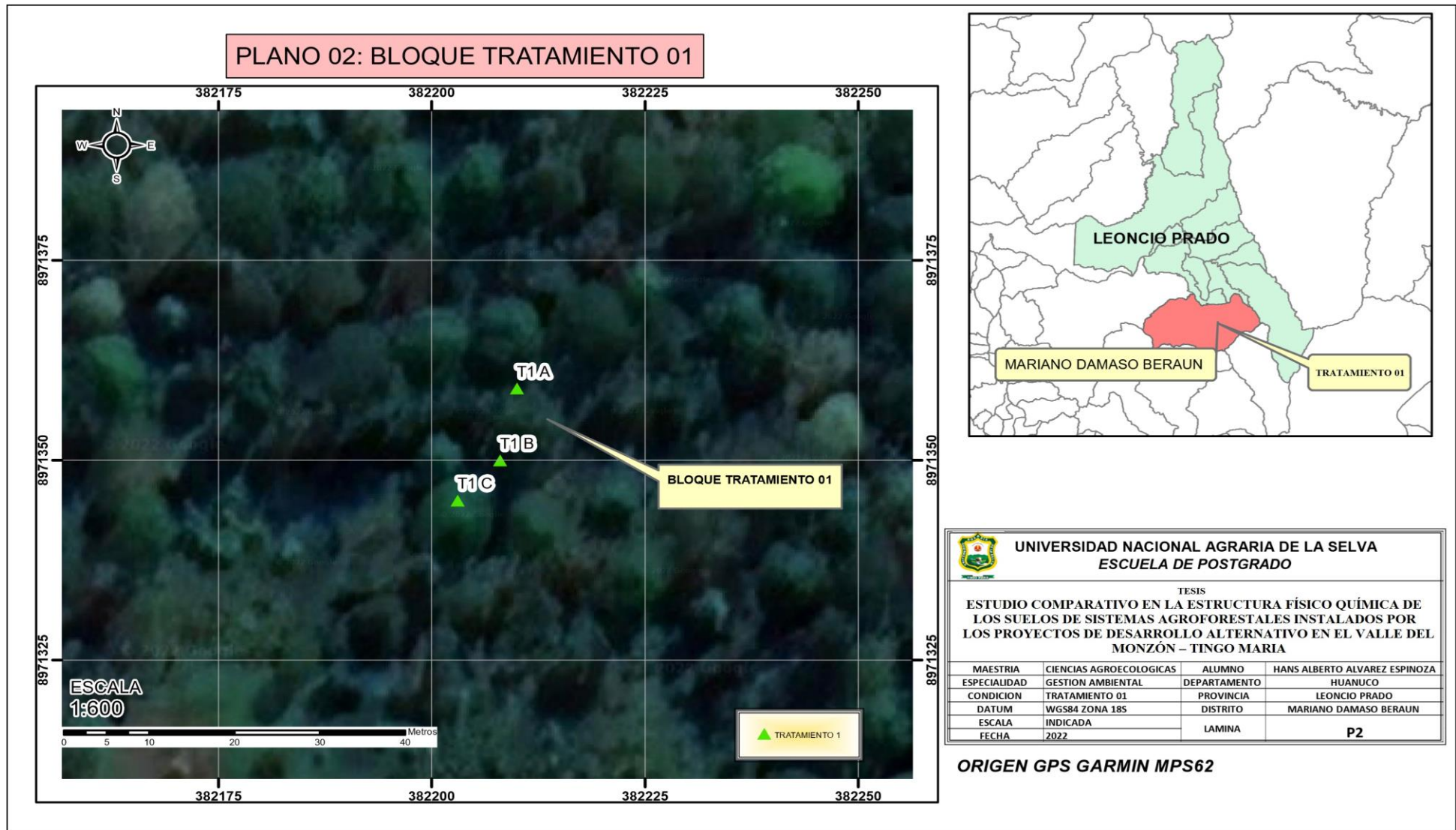


Fig. 04. Dispersión de muestreo del Tratamiento 01 – Sistema Agroforestal (SAF) – Caoba *Swietenia macrophylla* y Cacao *Theobroma cacao*.

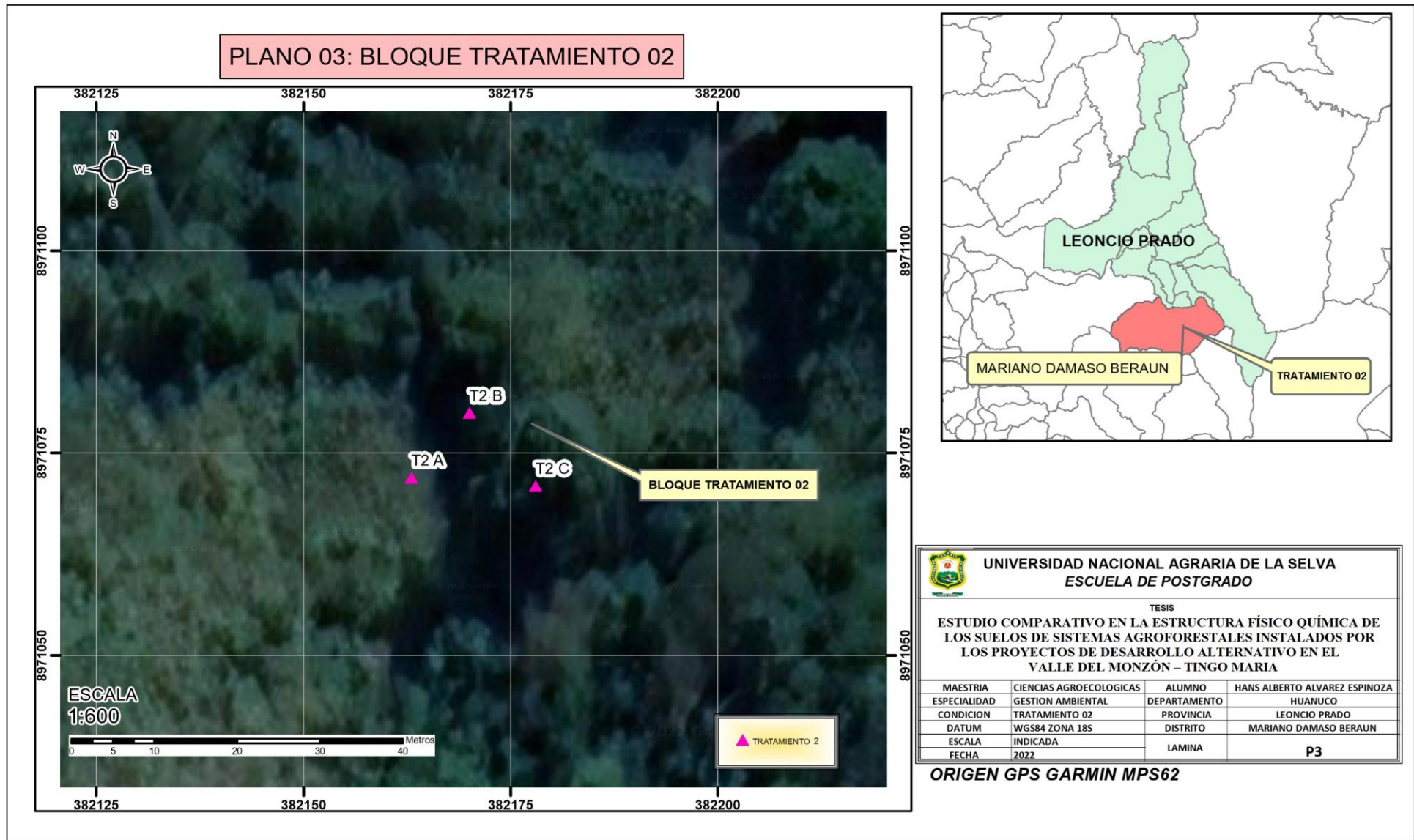


Fig. 05. Dispersión de muestreo del Tratamiento 02 – Sistema Agroforestal (SAF) – Tornillo *Cedrelinga cateniformis* y Cacao *Theobroma cacao*.

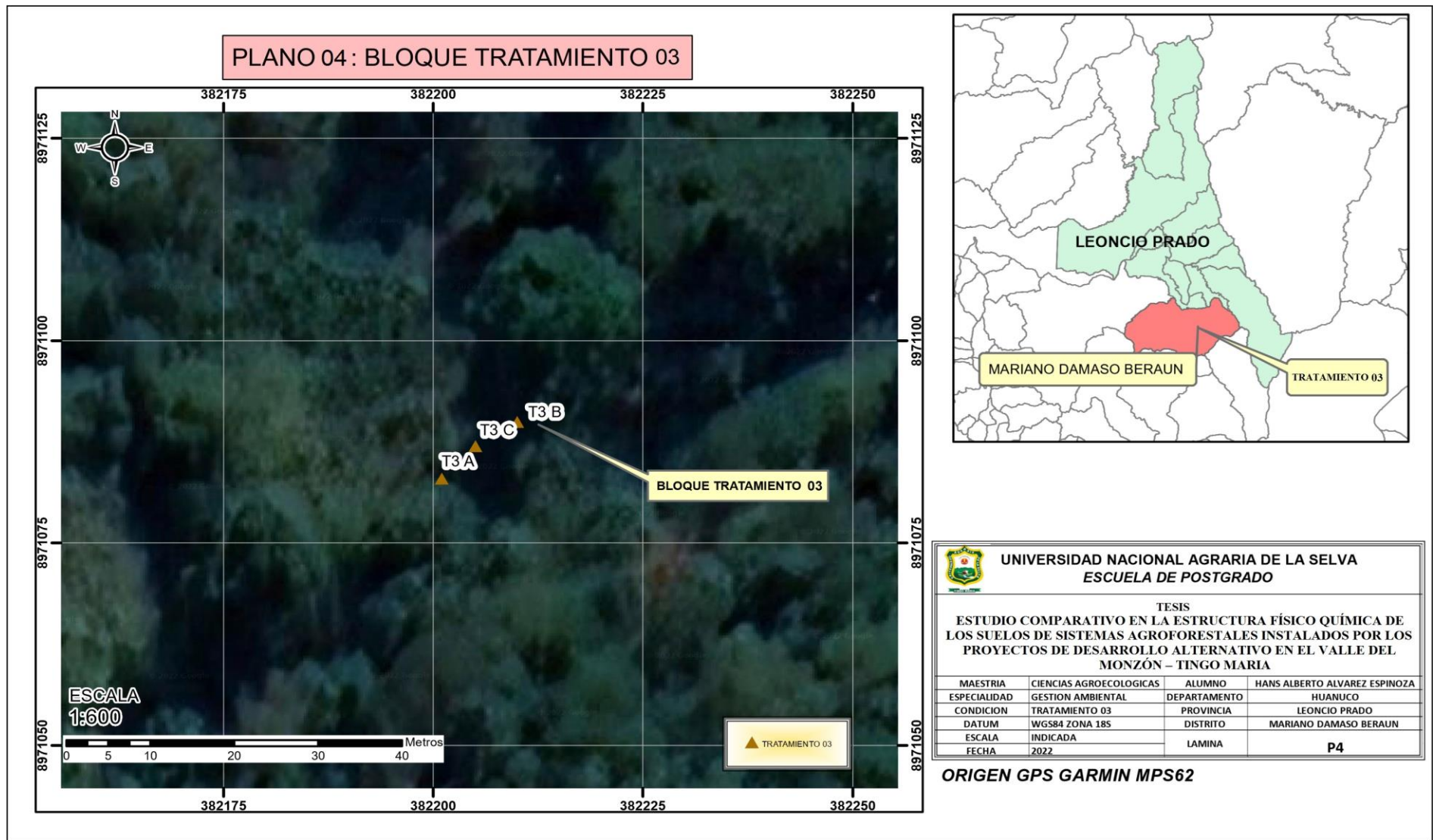


Fig. 06. Dispersión de muestreo del Tratamiento 03 – Sistema Agroforestal (SAF) – Guaba *Inga edulis* y Cacao *Theobroma cacao*.

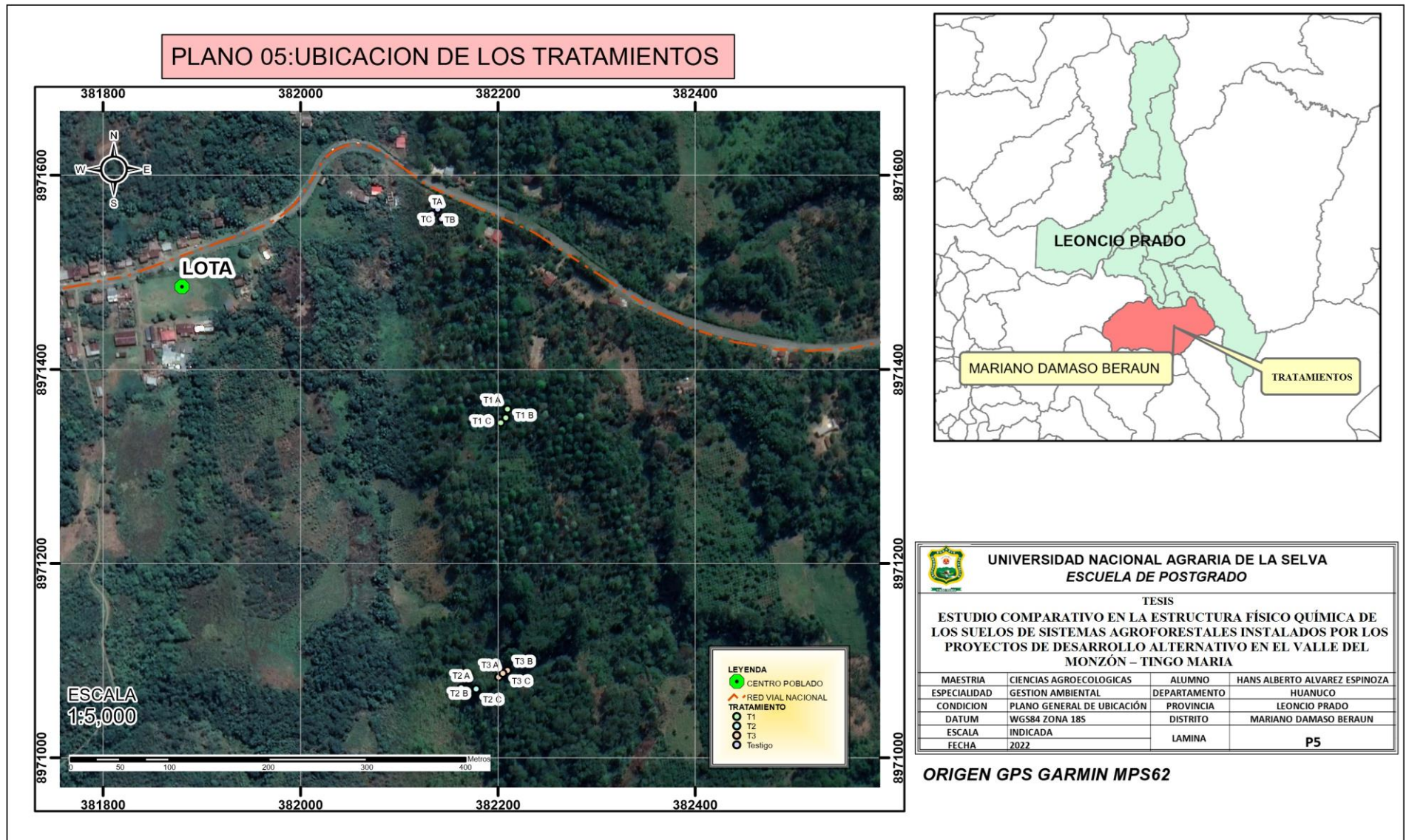


Fig. 07. Ubicación de los tratamientos en el área de estudio.