

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**



**ABUNDANCIA DE MACROFAUNA DEL SUELO EN DOS  
SISTEMAS AGROFORESTALES EN EL FUNDO ALBORADA,  
DISTRITO CASTILLO GRANDE – PROVINCIA LEONCIO  
PRADO**

**Tesis**

Para optar el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCIÓN FORESTALES**

Presentado por:

**Casimiro Salazar, Hector Jack**

**Tingo María – Peru**  
**2022**



## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 024-2021-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 05 de Agosto de 2021, a horas 08:00 a.m. en la Sala virtual Microsof Teams de del Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental para calificar la Tesis titulada:

### **“ABUNDANCIA DE MACROFAUNA DEL SUELO EN DOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN EL FUNDO ALBORADA, DISTRITO CASTILLO GRANDE – PROVINCIA LEONCIO PRADO”**

Presentado por el Bachiller: **CASIMIRO SALAZAR, Hector Jack**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES** que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 26 de Agosto de 2021

Dra. YANE LEVI RUIZ  
PRESIDENTE

Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO  
MIEMBRO

Ing. M. Sc. JOSE D. LEVANO CRISOSTOMO  
MIEMBRO



Ing. M. Sc. EDILBERTO DIAZ QUINTANA  
ASESOR

Ing. M. Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO  
ASESOR

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES

#### RENOVABLES



### ABUNDANCIA DE MACROFAUNA DEL SUELO EN DOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN EL FUNDO ALBORADA, DISTRITO CASTILLO GRANDE – PROVINCIA LEONCIO PRADO

<b>Autor</b>	: Héctor Jack CASIMIRO SALAZAR
<b>Asesores</b>	: Ing. M.Sc. Edilberto, DIAZ QUINTANA Ing. M.Sc. Juan Pablo, RENGIFO TRIGOZO
<b>Programa de Investigación</b>	: Manejo y conservación de suelos
<b>Línea (S) de investigación</b>	: Abonos orgánicos
<b>Eje temático de investigación</b>	: Calidad del suelo en sistemas agroforestales
<b>Lugar de Ejecución</b>	: Fundo ALBORADA distrito Castillo Grande.
<b>Duración</b>	: Fecha de Inicio : 27/06/2018 Termino : 10/05/2019
<b>Financiamiento</b>	: 9,465.00 Soles
<b>Propio</b>	: Si

**Tingo María – Perú**

**2021**

## DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, salud y la bendición de tener una familia, para de esta manera concluir una meta trazada hace años.

A mis padres, Lolo Bernaldo Casimiro Canteño y Alejandría Salazar Campos, por el amor que siempre me han brindado, por sus sabios consejos con valores y perseverancia.

A mis estimados hermanos Angélica, Alfredo, Jhenny y Alex, por todo su amor y apoyo moral y fraternal.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables por ser mi alma mater y acogerme con sus enseñanzas.
- A mis asesores Ing. MSc. Edilberto Díaz Quintana y al Ing. MSc. Juan Pablo Rengifo Trigozo; por su valiosa colaboración y supervisión de la tesis.
- A los miembros del jurado de tesis, Dra. Yane Levi Ruiz, Dr. Ladislao Ruiz Rengifo, Ing. MSc. José Lévano Crisóstomo, Ing. MSc. Ronald Puerta Tuesta por su colaboración en el presente trabajo.
- Al Ing. Mendis Paredes dueño del fundo ALBORADA, por permitirme utilizar sus instalaciones para realizar la investigación, por sus aportes hechos a la investigación.
- A mis compañeros y amigos y a todos aquellos que colaboraron en la ejecución, evaluación y culminación del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Agroforestería en el manejo y conservación de la biodiversidad.....	3
2.2. Sistemas agroforestales (saf).....	3
2.2.1. Características de los saf .....	3
2.3. Clasificación de los sistemas agroforestales.....	4
2.4. El suelo.....	4
2.4.1. Factores edáficos .....	5
2.5. Análisis de suelos .....	5
2.5.1. Importancia del análisis de suelo.....	5
2.6. Muestreo de suelos .....	6
2.6.1. Frecuencia del análisis.....	6
2.6.2. Zonas de muestreo y número de submuestras .....	6
2.6.3. Profundidad del muestreo.....	7
2.6.4. Procedimiento del muestreo .....	7
2.6.5. Tipo y cantidad de muestra a tomar .....	7
2.6.6. Volumen de muestra de suelo para el laboratorio .....	8
2.7. Propiedades físicas del suelo.....	8
2.7.1. Textura del suelo .....	8
2.7.2. Clases texturales.....	9
2.7.3. Densidad aparente del suelo.....	10

2.7.4. Temperatura del suelo .....	11
2.7.5. Resistencia del suelo a la penetración .....	11
2.8. Propiedades químicas del suelo.....	11
2.8.1. Reacción del suelo (pH) .....	11
2.8.2. Materia orgánica.....	12
2.8.3. Capacidad de intercambio catiónico.....	13
2.9. Nutrientes en el suelo .....	15
2.9.1. El nitrógeno del suelo .....	15
2.9.2. El fósforo disponible del suelo .....	16
2.9.3. El potasio disponible del suelo.....	17
2.10. Biomasa microbiana .....	17
2.11. La comunidad microbiana del suelo.....	17
2.12. La biodiversidad del suelo.....	18
2.12.1. El suelo como hábitat .....	18
2.12.2. Los organismos en el suelo .....	18
2.13. Macrofauna del suelo .....	19
2.13.1. Importancia de la macrofauna en el suelo .....	20
2.13.2. Los organismos del suelo como unidad funcional de la diversidad .....	20
2.13.3. Clasificación funcional de la macrofauna del suelo.....	20
2.13.4. Transformadores de la hojarasca.....	21
2.13.5. Ingenieros del ecosistema.....	22
2.13.6. Ingenieros del ecosistemas y biodiversidad .....	22
2.14. Ordenes existentes en el suelo.....	22
2.14.1. Taxonomía de las termitas.....	22

2.14.2. Taxonomía de las lombrices.....	23
2.14.3. Taxonomía de las hormigas.....	25
2.14.4. Taxonomía de miriápodos.....	26
2.15. El cacao.....	26
2.16. Generalidades de <i>Calycophyllum spruceanum</i> ..... Benth. “capirona”.	27
2.16.1. Taxonomía de la especie.....	27
2.16.2. Descripción botánica y morfológica.....	27
2.16.3. Distribución natural y ecológica.....	28
2.16.4. Sistemas silviculturales recomendables a utilizar.....	28
2.17. Generalidades de <i>Guazuma crinita</i> “bolaina blanca”.....	28
2.17.1. Taxonomía de la especie.....	28
2.17.2. Distribución natural y ecológica.....	29
2.18. Antecedentes de otras investigaciones realizadas.....	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. Descripción del lugar de ejecución.....	32
3.1.1. Ubicación política.....	32
3.1.2. Ubicación geográfica.....	32
3.1.3. Clima.....	32
3.1.4. Ecología.....	32
3.1.5. Vías de acceso.....	33
3.2. Materiales.....	33
3.2.1. Materiales de campo.....	33
3.2.2. Materiales para colección y muestreo.....	33
3.2.3. Materiales de laboratorio.....	33
3.2.4. Equipos.....	33



3.2.5.	Insumos .....	33
3.3.	Tipo y nivel de investigación .....	34
3.3.1.	Tipo de investigación .....	34
3.3.2.	Nivel de investigación .....	34
3.4.	Método y diseño de la investigación .....	34
3.4.1.	Método de la investigación .....	34
3.4.2.	Diseño de la investigación.....	35
3.5.	Metodología .....	36
3.5.1	Describir las propiedades físicas y químicas del suelo en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.....	37
3.5.2	Cuantificar la macrofauna del suelo presente en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.....	38
3.5.3	Estimar la densidad y biomasa de macrofauna presente a diferentes profundidades en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA .....	40
3.5.4	Comparar las propiedades físicas y químicas con la macrofauna en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA .....	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1.	Describir las propiedades físicas y químicas del suelo en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.....	42
4.2.	Cuantificación de macrofauna del suelo presente en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.....	46
4.3.	Describir la densidad y biomasa de macrofauna a diferentes profundidades del suelo en los sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA .....	50

4.4. Comparar las propiedades físicas y químicas del suelo con la macrofauna en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.....	54
V. CONCLUSIONES .....	60
VI. RECOMENDACIONES.....	61
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
ANEXO .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes de las partículas del suelo .....	9
Tabla 2. Grupo general de las clases texturales del suelo .....	9
Tabla 3. Niveles de pH del suelo.....	12
Tabla 4. Intervalos de la materia orgánica en el suelo.....	13
Tabla 5. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico (pH > 5.5).....	15
Tabla 6. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico (pH < 5.5).....	15
Tabla 7. Niveles de contenido de nitrógeno .....	16
Tabla 8. Niveles de contenido de fósforo disponible .....	16
Tabla 9. Niveles de contenido de potasio disponible (K <sub>2</sub> O).....	17
Tabla 10. Clasificación taxonómica de los organismos de la macrofauna.....	21
Tabla 11. Parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo (variables).....	35
Tabla 12. Parámetros biológicos del suelo (variables) .....	40
Tabla 13. Textura de los suelos en los dos sistemas agroforestales .....	42
Tabla 14. Densidad aparente en los dos sistemas agroforestales .....	43
Tabla 15. Resistencia a la penetración en los dos sistemas agroforestales.....	44
Tabla 16. Temperatura del suelo en los dos sistemas agroforestales .....	45
Tabla 17. Características químicas del suelo en los dos sistemas agroforestales.....	46
Tabla 18. Grupos taxonómicos identificados en dos sistemas agroforestales.....	47
Tabla 19. Densidad y biomasa de macrofauna del suelo en los sistemas agroforestales. ...	49
Tabla 20. Densidad de macrofauna en los sistemas agroforestales a diferentes profundidades del suelo.....	51
Tabla 21. Biomasa de macrofauna en los sistemas agroforestales a diferentes profundidades del suelo.....	52
Tabla 22. Diversidad de Shannon y Wiener de los sistemas agroforestales.....	54

Tabla 23. ANVA correlacional pH y la densidad de macrofauna profundidad (0 – 10).....	54
Tabla 24. ANVA correlacional % de nitrógeno, % de materia orgánica y la densidad de la macrofauna profundidad (0 – 10 cm).....	55
Tabla 25. ANVA correlacional % de nitrógeno y la densidad de la macrofauna Profundidad (0 – 10 cm).....	57
Tabla 26. ANVA correlacional % de P disponible y la densidad de la macrofauna edáfica .....	58
Tabla 27. ANVA de la relación de la densidad de la macrofauna a los 10 cm con la resistencia a la penetración del suelo .....	59
Tabla 28. Promedio de la resistencia a la penetración del suelo .....	69
Tabla 29. Densidad aparente de los suelos en los sistemas agroforestales.....	69
Tabla 30. Densidad de macrofauna en dos sistemas agroforestales .....	69
Tabla 31. Grupo Taxonómico y nombre común de los individuos del monolito o muestras en dos sistemas agroforestales .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de muestreo de suelos en cada sistema agroforestal.....	38
Figura 2. Esquema del plan de muestreo.....	39
Figura 3. Densidad de macrofauna del suelo en los sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.....	49
Figura 4. Distribución de la biomasa de la macrofauna del suelo en los sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.....	50
Figura 5. Densidad de la macrofauna a diferentes profundidades.....	51
Figura 6. Distribución de la biomasa a diferentes profundidades de muestreo en los sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.....	53
Figura 7. Correlación lineal pH y la densidad de la macrofauna edáfica profundidad de 0 – 10 cm .....	55
Figura 8. Correlación lineal % de materia orgánica y la densidad de la macrofauna edáfica profundidad de 0 – 10 cm.....	56
Figura 9. Correlación lineal % de nitrógeno y la densidad de la macrofauna edáfica profundidad de 0 – 10 cm.....	57
Figura 10. Correlación lineal de % fósforo (ppm) y la densidad de macrofauna edáfica profundidad de 0 – 10 cm.....	58
Figura 11. Correlación lineal de la resistencia a la penetración (kg/cm <sup>2</sup> ) y la densidad de la macrofauna edáfica profundidad de 0 – 10 cm.....	59
Figura 12. Sistema agroforestal cacao con bolaina blanca.....	76
Figura 13. Sistema agroforestal cacao con capirona.....	76
Figura 14. Vista panorámica del fundo ALBORADA.....	77
Figura 15. Muestreo de suelo fundo ALBORADA.....	77
Figura 16. Medición de la temperatura del suelo.....	78

Figura 17. Medición de la pendiente del suelo.....	78
Figura 18. Medición de la resistencia a la penetración del suelo.....	79
Figura 19. Medición de transecto sistema agroforestal.....	79
Figura 20. Georreferenciación fundo ALBORADA.....	80
Figura 21. Recolección de la macrofauna del suelo.....	80
Figura 22. Recolección de macrofauna del suelo en el sistema agroforestal.....	81
Figura 23. Recolección de macrofauna sistema agroforestal.....	81
Figura 24. Lombriz de tierra, en el sistema agroforestal.....	82
Figura 25. Especimen del orden Isópoda, en el sistema agroforestal.....	82
Figura 26. Espécimen de arácnidos (Araña), en el sistema agroforestal.....	83

## RESUMEN

La investigación se desarrolló con la finalidad de determinar la abundancia de macrofauna en dos sistemas agroforestales con diferentes densidades en el fundo ALBORADA, distrito Castillo Grande – provincia de Leoncio Prado; los objetivos específicos fueron: determinar las propiedades físicas y químicas, identificación y cuantificación de macrofauna, densidad y biomasa y comparar las propiedades físicas y químicas con la macrofauna en los dos sistemas agroforestales. Los resultados obtenidos respecto a las propiedades físicas y químicas de los sistemas agroforestales Teobroma cacao L. “cacao” variedad CCN - 55 con Calycophyllum spruceanum “capirona” presenta una densidad de 1028 ind.m<sup>-2</sup> y la biomasa de la macrofauna es de 7.12 g/m<sup>2</sup>, y Teobroma cacao L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con Guazuma Crinita “bolaina blanca” son sensibles al manejo agrícola y por ende a los cambios que se puedan realizar en este, presenta la densidad de especies es de 758 ind.m<sup>-2</sup> y la biomasa de 14.1 g/m<sup>2</sup>. Los indicadores biológicos se identificaron 14 ordenes taxonómicas y se correlacionó los indicadores físicos y químicos del suelo con la densidad y biomasa de la macrofauna, encontrando en los sistemas agroforestales una relación entre el porcentaje de materia orgánica, nitrógeno, fósforo disponible, resistencia a la penetración del suelo en función de la densidad de la macrofauna edáfica del suelo.

**Palabras clave:** Abundancia, Densidad, Biomasa, macrofauna, sistemas agroforestales

## I. INTRODUCCION

La naturaleza de los suelos se identifica con los ciclos de progresión ambiental, degradación de los sistemas biológicos que conlleva un declive en su calidad y una recaída en la progresión vegetal, de esta manera, la investigación de la calidad del suelo, está orientado a sus características físicas, químicas y biológicas referido a sus condiciones para producir cosechas (BAUTISTA *et al.*, 2004).

Los diferentes regímenes de uso del suelo “provocan perturbaciones que, al influir en parámetros físicos, químicos y biológicos, muestran los efectos de la degradación y la erosión”. El problema de la calidad del suelo radica en su degradación y esto se vislumbra en el Fundo ALBORADA, distrito Castillo Grande – provincia Leoncio Prado, por ello se determinará estos indicadores físicos, químicos y biológicos para mantener su sostenibilidad en el tiempo. Debido a una limitada información respecto a la calidad del suelo en sistemas agroforestales se plantea la siguiente interrogante ¿Cuál de los dos sistemas agroforestales con *Theobroma cacao* L. “cacao” con *Calycophyllum spruceanum* Benth. “capirona” y *Theobroma cacao* L. “cacao” con *Guazuma crinita* “bolaina blanca” presentará mayor abundancia de macrofauna del suelo en el fundo ALBORADA distrito Castillo Grande – provincia de Leoncio Prado? Formulándose ante ello la hipótesis que el sistema agroforestal *Theobroma cacao* L. “cacao” con *Calycophyllum spruceanum* Benth. “capirona” presenta mayor abundancia de macrofauna en el suelo en comparación al *Theobroma cacao* L. “cacao” con *Guazuma crinita* “bolaina blanca”. Bajo estas premisas resulta importante conocer los suelos en los dos sistemas agroforestales, para demostrar esto, nos trazamos los siguientes objetivos:

### 1.1. Objetivo General

Determinar la abundancia de macrofauna del suelo en dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA, distrito Castillo Grande – provincia de Leoncio Prado.

### 1.2. Objetivos específicos

- Describir las propiedades físicas y químicas del suelo en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.
- Cuantificar la macrofauna del suelo presente en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.



- Estimar la densidad y biomasa de macrofauna presente a diferentes profundidades del suelo en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.
- Comparar las propiedades físicas y químicas con la macrofauna en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Agroforestería en el manejo y conservación de la biodiversidad

La agroforestería es fundamental en la conservación de la biodiversidad animal y vegetal, sobre todo por vía preventiva. Esto se logra mediante la reducción de la presión sobre y deforestación de los bosques y el uso de alternativas sostenibles a la agricultura de tala y quema. Los sistemas agroforestales proveen hábitat y alimento para muchos animales, incluyendo aves, insectos y otras formas de vida silvestre. La agroforestería es generalmente considerada el modelo más factible para imitar la sucesión natural y aumentar la biodiversidad de los ecosistemas (Sánchez, 1994).

### 2.2. Sistemas agroforestales (Saf)

La agrosilvicultura es un marco de uso del suelo complejo, antiguo y ampliamente repetido en el que las especies de árboles se relacionan espacial y/o temporalmente con organismos y/o plantas hortícolas (Farrell y Altieri, 1999). Para cosechar los beneficios de la expansión, debe haber retornos concomitantes que respondan de manera diferente a las condiciones que definen la generación rural o financiera (Somarriba, 1994).

Icraf (1982) establece que “un sistema sostenible de aumento continuo de los rendimientos de los cultivos, combinando la producción de árboles frutales, especies de plantas y animales simultánea o secuencialmente en la misma unidad de terreno, mediante la aplicación de métodos de manejo apropiados a las prácticas culturales”.

#### 2.2.1. Características de los saf

Farrell y Altieri (1999) manifiestan que la agroforestería incorpora cuatro características:

**Estructura:** Combina plantas, cultivos y animales juntos.

**Sustentabilidad:** Maximizar los beneficios de las interacciones y mantener la productividad a largo plazo sin degradación del suelo.

**Incremento en la productividad:** Mejorar las conexiones recíprocas entre los segmentos del marco, la creación tiene un mayor contraste con los marcos de uso de la tierra convencionales.

**Adaptabilidad cultural / socioeconómica:** Es aplicable a una amplia gama de activos y condiciones financieras, aunque tiene más impacto en áreas donde los criadores no pueden acomodar desarrollos actuales y de lujo.

### 2.3. Clasificación de los sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales se organizan de diferentes maneras, según lo indica su construcción en el espacio, su plan a largo plazo, el significado general y la capacidad de las distintas partes, los destinos de la creación y los atributos sociales y monetarios actuales.

Montagnini y col. (1992) agrupados por tipo de clasificación incluido y relación entre ellos. Este arreglo presenta tres tipos de saf:

**Marcos agroforestales sucesivos:** los segmentos presentan una conexión ordenada entre los rendimientos anuales y los artículos arbóreos, donde las cosechas anuales y los ranchos de árboles se suceden en el largo plazo. Esta agrupación incorpora marcos habituales y desarrollo móvil.

**Marcos agroforestales concurrentes:** forman parte de una relación sincrónica e incesante de rendimientos anuales o duraderos, madera, productos orgánicos o árboles de uso variado y / o animales. Estos marcos incorporan la relación de los árboles con rendimientos anuales o duraderos, viveros caseros combinados y marcos agrosilvopastoriles.

**Marcos agroforestales de muro vivo y cortavientos:** Son líneas de árboles plantadas a lo largo del borde de las propiedades, se rellenan como garantía de rendimientos o marcos diferentes y se consideran marcos correspondientes a los marcos nombrados anteriormente.

### 2.4. El suelo

La tierra es la parte poco profunda del casco del mundo que se cambió "in situ" en sus diversas capas y/o horizontes entre sí y de los materiales más profundos y no perturbados o piedra fuerte (Zavaleta, 1992). Es cualquier cosa menos una fina capa que recubre la superficie del Suelo, cuyo grosor varía entre un par de centímetros y unos pocos metros, puede parecer irrelevante en comparación con la masa de nuestro planeta. En cualquier caso, en ese par de centímetros, los reinos de plantas y criaturas se encuentran con el mundo mineral y construyen una relación poderosa con él (Thompson et al. 1998).

Desde la perspectiva hortícola, la tierra asume el papel de ayuda para las plantas y capacidad de sustancias vitales para el desarrollo de las hortalizas (Estrada, 1976). Con grandes

ensayos de protección y uso productivo de la tierra, los rendimientos de los cultivos aumentarán y habrá una desintegración insignificante (Constantinesco, 1976).

Para Kramer (1989), el suelo comprende un entramado desconcertante con extensiones variables de cuatro segmentos: las partículas minerales o de roca, la materia natural muerta que establece la rejilla fuerte, la desintegración del suelo y el aire que consume el espacio permeable dentro de esa celosía.

Es todo menos un marco dinámico y complejo donde suceden maravillas físicas, compuestas y naturales de poder variable, es cualquier cosa menos un manto constante sobre el exterior de la cobertura del mundo (Minag, 2011).

#### **2.4.1. Factores edáficos**

La estructura florística de los arreglos del tipo de vegetación o del tipo de bosque (filiación), "se ve afectada por su carácter particular o agrupación de componentes edáficos, entre los que se encuentra la tierra, que tiene un impacto más notable como lo indica el tipo de bosque dentro de un desarrollo climático. El suelo es importante en la difusión, el desarrollo, la forma, la calidad de la madera, la resiliencia y la recuperación de los árboles del vecindario (Daubenmire, 1993).

### **2.5. Análisis de suelos**

Para Porta et al. (1983) un análisis de suelos en forma inicial, "es el punto de partida para la producción agrícola y siempre que la actividad así lo requiera". Mientras Forsythe (1975) menciona que es un desarrollo intencional de examinar la proliferación del suelo por medio de análisis físicos y/o químicos. Esta técnica radica en sacar un ingrediente del suelo, para colocarlo de tal manera que pueda ser señalado por las técnicas analíticas de este método.

#### **2.5.1. Importancia del análisis de suelo**

Guerrero (2000) especifica que los datos de la tierra investigada es la razón aceptable para hacer propuestas sobre preparación para circunstancias explícitas para ensuciar el tablero y permisos, Clasificando los suelos en recolecciones relacionadas; prever probabilidades de adquirir reacciones a la aplicación de estiércol; ayudar a evaluar la riqueza del suelo y decidir las condiciones explícitas del suelo a mejorar.

Las investigaciones de suelos constituyen una magnífica ayuda para la utilización normal de los composts, no se debe olvidar que, en la creación de las cosechas, un conjunto de elementos, por ejemplo, el medio ambiente, surtidos, control fitosanitario, administración general y otros, que puede restringir la mejora de una planta en caso de que sea cualquier cosa menos en el grado ideal requerido. El uso de “los análisis químicos del suelo, involucra la interpretación para obtener respuesta mediante la aplicación de fertilizantes en la producción de los cultivos”.

## **2.6. Muestreo del suelo**

La calidad del muestreo de suelo recolectada por el agricultor, “se visualizará en los resultados de los análisis, para ello se recomienda continuar con la recolección de muestreos de suelo para su análisis análisis físico – químico” (Guerrero, 2000).

Para Forsythe (1975) La inspección del suelo es una práctica extremadamente frágil a la luz del hecho de que la realización del examen dependerá de ella; si el ejemplo no se ha tomado adecuadamente, las mejores estrategias o instrumentos del centro de investigación no serán de utilidad, al tomar ejemplos, variedades en los suelos según los horizontes del perfil y el espacio de la tierra.

### **2.6.1. Frecuencia del análisis**

La repetición del examen del suelo depende de la recolección y de cómo se ha desarrollado. Para la mayoría de las cosechas, recopilar el ejemplo cada pocos años debería ser un rendimiento adecuado y elevado; por ejemplo, los productos orgánicos o las verduras necesitan un examen anual y los cultivos de vivero presentan sus fallas con mayor frecuencia. La investigación debe completarse antes de plantar la planta (Guerrero, 2000).

### **2.6.2. Zonas de muestreo y número de submuestras**

La región de la tierra debe dividirse en parcelas de inspección homogéneas pensando en la sombra, la superficie, los medicamentos y los rendimientos. La cantidad de pruebas dependerá de la fluctuación o heterogeneidad de la trama. Cuanto más exacto sea el calibre, más prominente será la cantidad de submuestras, se prescribe tomar de 15 a 40 ejemplos para cada parcela, haciendo cualquier cosa menos entrecruzando y colocando cada uno de los ejemplos en un paquete. No debe tomarse ningún ejemplo que se refiera a una región más

prominente que 4 hectáreas. La tierra debe examinarse de 10 a 20 submuestras para parcelas en algún lugar en el rango de 5.000 y 10.000 m<sup>2</sup> (Guerrero, 2000).

### **2.6.3. Profundidad del muestreo**

Dependerá del tipo de rendimiento, en general, se prescribe constantemente para eliminar los 5 cm iniciales de tierra superficial, para la mayoría de las cosechas es suficiente realizar pruebas de los 20 a 40 cm iniciales de tierra. Para cultivos de gramíneas y montículos, la profundidad de inspección prescrita es de 5 a 10 cm, en aquellas cosechas con raíces profundas y árboles de productos orgánicos se prescribe ensayar a una profundidad de 30 a 60 cm.

### **2.6.4. Procedimiento del muestreo**

Para las pruebas, se utilizarán taladros o cilindros de inspección de suelos, también se puede utilizar una herramienta de excavación para hacer una abertura en forma de V, cortar una parte de 1,5 cm del divisor de abertura y eliminar la gran mayoría del ejemplo con la hoja, El ejemplo debe incorporar suelo de toda la profundidad de examen (Guerrero, 2000).

Los suelos fluctúan uniformemente y en dirección ascendente, de esta forma, al inspeccionar, es importante recordar todo el alcance de la inconstancia de tal manera que la heterogeneidad de la tierra se disminuya al máximo y se adquiera una consecuencia normal de la investigación finalmente. El ejemplo debe ser un ejemplo compuesto, estos deben ser inspeccionados por 20 a 30 sub ejemplos o ejemplos individuales tomados de varios lugares de cada región delimitada, hacia el inicio del examen, el exterior del terreno debe limpiarse para evitar posibles contaminaciones. . Se prescribe no probar las manchas acompañantes: al pie de trincheras, manchas de agregación de materiales vegetales, lugares donde ha habido consumos, regiones bochornosas o acumulación de sales.

Los ejemplos deben tomarse indiscriminadamente de acuerdo con la cantidad que tiene un número adecuado de ejemplos individuales para que la cantidad total del que se toma el ejemplo se aborde suficientemente. El espacio del terreno recogido debe ser homogéneo para que las secuelas del examen y en este sentido tengan una precisión más notable. (Azabache, 1991).

### **2.6.5. Tipo y cantidad de muestras a tomar**

### - **Muestra simple**

Esto es lo que se consigue cuando se saca muestras de tierra. Se utilizan para estudios de suelos muy homogéneos. Se proponen 4 ejemplos por hectárea, de 1 kg de tierra (Guerrero, 2000).

### - **Muestra compuesta**

Alude al ejemplo de suelo adquirido por la extracción de unas submuestras, acumuladas en un compartimento y mezcladas por todos lados, de las que se extraen de 0,5 a 1 kg de suelo. Son los más utilizados para la organización del tratamiento. Se sugieren 15-20 submuestras por parcela de examen.

#### **2.6.6. Volumen de muestra de suelo para el laboratorio**

La medida de las pruebas a enviar puede diferir de 0.5 - 1.0 kg, recolectadas en sacos plásticos, la tierra debe estar seca, debidamente distinguida y/o nombrada, con datos de la parcela (cultivos, insumos, obra social y geográfica, geológica y catastral), de la persona responsable del ejemplo (nombre, dirección, región, número de teléfono, parte, fundación) y profundidad de la inspección (Guerrero, 2000).

### **2.7. Propiedades físicas del suelo**

Para carácter superior, llamaremos la atención sobre las propiedades que le dan personalidad al suelo que son superficie, estructura, tonalidad, composición mineralógica, claridad y espesor real; en tanto que los atributos aluden a la conducta que muestra el suelo, proveniente de sus propiedades, como el conservación de la humedad coeficiente de agua, circulación de aire, porosidad, permeabilidad, etc. (Sánchez, 2007).

#### **2.7.1. Textura del suelo**

Cita el recorrido general de los separadores de suelo (arena, sedimento y lodo) comunicados como una tasa. Esta marca es vital ya que decide el límite de asimilación y capacidad del agua, la sencillez de desarrollo, la medida de aire (fundamental para el desarrollo radicular) y su impacto en la riqueza. Del mismo modo, la superficie que tienen un mayor nivel de arena se clasifican como arenosas; los que tienen un alto contenido de lodo son arcillosos y los que tienen un alto nivel de residuos son limosos; Cuando las medidas generales del

separador menos predominante difieren, la clase de textura también cambia y el nombre refleja el ajuste de la pieza (Donahue et al., 1999).

Indica el nivel de arena, limo y suelo reportado como una proporción. En la parte mineral de la Tierra, sólo las partículas menores de 2 mm son de interés para la investigación biológica (Sánchez, 2007). Para Wild (1992) es la diseminación de las porciones de arena, sedimentos y lodo contenidas en la tierra; prohíbe las partículas minerales de mayor tamaño que la arena (2 mm de medida), que se consideran modificadores de textura obteniendo los nombres que lo acompañan: roca (0,2 - 2 cm), roca (2 - 5 cm), piedras (15 - 25 cm), rodillo (25 - 50 cm) y cuadrados (+ 50 cm); Dentro de este encuentro se consideran totales estables por el impacto de la materia natural (Tabla 1).

Tabla 1. Componente de las partículas del suelo

Nombre del componente partícula de suelo	Diámetro (mm)
Arena gruesa	2.00 - 1.00
Arena media	0.50 - 0.25
Arena fina	0.25 - 0.10
Arena muy fina	0.10 - 0.05
Limo	0.05 - 0.002
Arcilla	menos de 0.002

Fuente: Sistema clasificación USDA - Laboratorio análisis de suelos de la UNAS

### Clases texturales

Las clases de textura (Tabla 2) dependen de las diversas mezclas de arena, sedimento y tierra, por lo tanto, estas mezclas son prácticamente ilimitadas, no obstante, solo se han establecido doce clases de textura fundamentales y se registran ordenadas por incremento de la porción fina (Zavaleta, 1992).

Tabla 2. Grupo general de las clases texturales del suelo

Grupo textural	Denominación empírica	Clases Textural
Arenoso	Suelos de textura gruesa	Arenas
		Arenas Franca
Franco	Suelo de textura moderadamente gruesa	Franco Arenoso
		Franco Arenoso fino
		Franco Arenoso muy fino
Franco	suelos de textura media	Franco
		Franco Limoso
		Limoso



		Franco Arcilloso
	suelos de textura moderadamente fina	Franco Arcillo Arenoso Franco Arcillo Limoso
Arcilloso	suelos de textura fina	Arcillo-Arenoso Arcillo-Limoso Arcilloso

### 2.7.2. Densidad aparente del suelo

Necesita del nivel de fragmentación o porosidad del suelo, que es un evaluador profundo y depende de la superficie, sustancia y estructura general. (Sánchez, 2007).

Para Arskhead et al., 1996; a que se refiere el Usda (1999) la densidad aparente es dinámica y cambia con las condiciones estructurales de la tierra. De igual forma, dicha variación se explica por factores como el pisoteo de animales; Maquinas de agricultura; y clima.

Acebedo et al. (2005) especifica que el espesor claro de la tierra puede rellenar como marcador de compactación y limitaciones a la evolución de las raíces. Las densidades normales de la masa del suelo varían de 1.0 a 1.7 g/cm<sup>3</sup> y en su mayor parte incrementan con la profundidad en el perfil. En suelos que tienen grandes extensiones de tierra expansible, las densidades claras cambian con el contenido de agua, que debe estimarse a la hora de la prueba.

El espesor aparente se caracteriza por la relación entre la masa de la solución secada al horno y el volumen total, el tamaño combinado de las partículas y el espacio poroso entre las partículas. La densidad de las partículas minerales presentes en la arcilla arenosa oscila entre <1,0 y >1,7 g/cm<sup>3</sup>; En tierra cultivable 1,0 a 1,5 g/cm<sup>3</sup> y en arcilla 1,5 a 1,7 g/cm<sup>3</sup> (Usda, 1999).

Para Arévalo y Sanco (2002) se identifica con la superficie, los suelos arenosos de vez en cuando obtienen calidades superiores entre 1,35 a 1,85 kg/dm<sup>3</sup>. Mientras que para LOK (2005) los marcos agroforestales posiblemente pueden recuperar el espesor del suelo correspondiente a los cultivos de café expés a pleno sol. Aguilar (2008) rastreó que las estimaciones de espesor parecen aclarar más fácilmente el impacto del suelo en el tablero, lo que aborda un marcador superior de la calidad del suelo, mostrando consecuentemente el impacto en el diseño.

### **2.7.3. Temperatura del suelo**

El calentamiento global va a depender de la cantidad neta de radiación que golpea la tierra, teniendo en cuenta el balance energético de ondas cortas y largas. La proporción de radiación neta que llega a la tierra dependerá de factores ajeno. La existencia de vegetación significativa reduce la irradiancia global, no solo por un efecto de sombra que reduce la radiación directa, sino por cambios en el albedo (USDA, 1999).

### **2.7.4. Resistencia de suelo a la penetración**

Ferreras et al. (2007) infirieron que las tierras han mostrado la disminución de carbono orgánico y la estabilidad estructural del suelo suma la susceptibilidad y apiñan el suelo, y que los suelos con mejores propiedades estructurales y baja fortaleza a la infiltración podrían reaccionar respondiendo más rápidamente a los factores que inciden en el deterioro. Por otro lado, el suelo con estructura inestable del grado es suelo compactado.

USDA (1999) con un aumento en la densidad aparente, un aumento en la resistencia mecánica y una disminución en la porosidad del suelo, estas variaciones dificultan el desarrollo de las raíces. El contraste del suelo varía entre el rango bajo  $> 2 \text{ g/cm}^3$ , medios  $2 \text{ g/cm}^3$  y altos o suficientes  $< 2 \text{ g/cm}^3$ .

## **2.8. Propiedades químicas del suelo**

Los atributos importantes de los compuestos integran sustancia de micronutrientes y escala completa, pH y límites comerciales mentales. El equilibrio de estas 3 variables da como resultado un sustrato adecuado para el desarrollo del rendimiento (Calderón, 1999).

### **2.8.1. Reacción del suelo (pH)**

Podría decirse que el pH del suelo es la propiedad química con mayor importancia del suelo como medio de cultivo, expresado como pH (Tabla 3). Asimismo, el pH del suelo determina no solo la vida microbiana y los procesos importantes en los que interfieren, sino también cuánto o qué pocos elementos químicos digeribles necesitan las plantas sembradas (Sánchez, 2007).

Los microbios y actinomicetos funcionan mejor en tierras con estimaciones de pH de 5.0 a 6.5 y  $< 5.0$ . Su movimiento se ve especialmente disminuido cuando el pH está por debajo de 5.5. La nitrificación y la obsesión por el nitrógeno ambiental, por ejemplo, posiblemente

ocurren cuando el pH es más notable que 5; y la aminización y la amonificación disminuyen significativamente a un pH más bajo. Una excepción son los microbios oxidantes del azufre que parecen apáticos con respecto a la respuesta que puede introducir la tierra. Los crecimientos son discretos en plantas superiores, y debido a los numerosos elementos fisiológicos incluidos, es excepcionalmente difícil conectar con precisión su mejora ideal con el pH del suelo (Navarro, 2003).

Tabla 3. Niveles de pH en el suelo

Interpretación	Rango
Extremadamente ácido	< 4.5
Fuertemente ácido	4.6 - 5.4
Moderadamente ácido	5.5 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Moderadamente alcalino	7.4 - 8.5
Fuertemente alcalino	>8.5

Fuente: Soil Survey Staff, (1993).

### 2.8.2. Materia orgánica

La materia natural (Tabla 4) Se refiere vagamente a la materia orgánica o humus como un componente orgánico de importancia en el suelo. No hay precisión única de humus en la que expertos opinen favorablemente; en tal sentido, humus significa “materia orgánica diversa que es de color marrón oscuro ya que se descompone la materia orgánica de origen vegetal. (Fassbender, 1987; Navarro, 2003).

Por otro lado (Zavaleta, 1992) sostiene que la composición general del lodo depende de un lodo común demasiado líquido (suelo de arena) que se puede mejorar usando una sustancia común (fertilizante) en la misma sustancia. El camino de los suelos sucios se mejora mediante el uso de sustancias comunes.

Tabla 4. Intervalos de materia orgánica en el suelo

Nivel	Rango (%)
Bajo	< 2
Medio	2 a 4
Alto	>4

Fuente: Soil Survey Staff, (1993).

### - **Efectos de la materia orgánica en el suelo**

La materia natural del suelo se compone de acumulaciones de plantas y criaturas en diferentes grados de deterioro. Grados suficientes aprovechan la tierra de una manera inesperada: (1) Mejora el estado de ánimo. (2) aumenta la penetración del agua. (3) mejora la friabilidad de la tierra. (4) disminuye las desgracias por desintegración. (5) da suplementos a las plantas. La gran mayoría de las ventajas se deben a las sustancias que se entregan como resultado de la desintegración en la tierra de los desechos naturales. (Inpofos, 1988).

### **2.8.3. Capacidad de intercambio catiónico**

Elemento necesario del suelo porque es la extensión del suelo para conservar cationes positivos y porque el suelo (complejo coloidal) lleva una carga negativa. Hay una relación entre la composición mecánica y la variación, elevando posteriormente para suelos de grano fino y disminuye para suelos de grano grueso debido a que los suelos arenosos y arenosos son poco coloidales y casi siempre libres de fertilizante (Fassbender, 1987).

### - **Capacidad de intercambio catiónico en los suelos**

Los cationes más importantes que participan en el crecimiento de cualquier granja son el Ca, el Mg, el K, el  $\text{NH}_3$ , el Na y el H. Los primeros 4 nutrientes están directamente comprometidos en el proceso de crecimiento. Los dos últimos influyen en los recursos de nutrientes y agua. En suelos ácidos, la mayoría de los cationes son hidrógenos y aluminio en varias formas.

Las clases, sumas y mezclas de minerales de la tierra y las medidas de materia natural y su estado de descomposición se suman adicionalmente a la CIC. Los cationes no se mantienen a las mismas energías de enlace. Los sitios de metabolismo orgánico solo están débilmente unidos a los cationes. Las arcillas altamente intercambiables tienden a unir cationes divalentes como Calcio y Magnesio con mayor energía que Potasio. Este rasgo repercutirá la reserva de nutrientes. Las tierras con arcillas caolinitas tienen energías de enlace más bajas, para un nivel analítico dado o porcentaje de saturación de elementos, demostrarán una disponibilidad relativa más alta.

En caso de que el CIC sea básicamente eliminado por Ca, Mg, K y Na, se supone debe estar sumergido en bases. En cualquier caso, si las cosechas o los lixiviados han eliminado la mayoría de los cationes esenciales, la tierra es baja en inmersión base o alta en inmersión

corrosiva. Los cationes ácidos totales frente a CIC son una medida de la congestión de ácido. También indica la necesidad de encalar el suelo (aplicación de cal). (Cepeda, 1991).

#### - Factores de CIC

Hay una serie de factores que hacen que los suelos sean específicos para los intercambiadores de cationes, incluido el volumen de las partículas. En tanto mientras menor tamaño tenga la molécula, mayor es la variabilidad; tipo de intercambio catiónico (monovalente, divalente, grande, etc.) y pH. Los cationes comúnmente ocupan sitios intercambiables en el suelo: Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, Hidrogeno, Aluminio, Ion férrico, Ion ferroso, Amonio, Manganeso, Cobre y Zinc. En suelos ácidos prevalecen Hidrón y Aluminio, en suelos alcalinos prevalecen bases, principalmente Sodio Ion y Calcio Ion en suelos neutros. Todos los cationes adsorbidos se consideran bases, a excepción de los protones y el aluminio, que se califican ácidos de reserva. El porcentaje de congestión de bases representa la relación entre la base presente y la capacidad total de intercambio catiónico (Tabla 5 y 6).

#### - Importancia de la capacidad de cambio

- Controla la accesibilidad de suplementos para plantas: Potasio, Magnesio, Calcio, etc.
- Interfiere en el proceso de floculación-dispersión de la arcilla y, por tanto, en el progreso estructural y estabilidad del árido.
- Definen el papel del suelo como agente de limpieza natural que permite la retención de los contaminantes presentes en el suelo.

Tabla 5. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico (pH > 5.5)

Nivel	CIC (meq/100 g de suelo)
Bajo	menos de 12
Medio	12 – 20
Alto	mayor de 20

Fuente: Soil Survey Staff (1993)

Tabla 6. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico (pH &lt; 5.5)

Nivel	CIC (meq/100 g de suelo)
Bajo	menor de 4
Medio	10 - 20
Alto	mayor de 30

Fuente: Soil Survey Staff (1993)

## 2.9. Nutrientes en el suelo

Los suplementos son sustratos sintéticas desintegradas en la humedad de la superficie, fundamentales para el desarrollo y el avance típicos de las plantaciones. Los suplementos cruciales son 13 componentes minerales. Son fundamentales, ya que, en el caso de que una tierra contenga cero gramos de los componentes, las plantaciones no se desarrollan. Asimismo, los complementos vegetales son aquellos componentes compuestos que en mayor o menor medida son fundamentales para el mejoramiento de las plantas, y que en general adquieren de la tierra por las raíces y del aire por las hojas. En este sentido, el correcto avance de una cosecha dependerá de la sustancia nutritiva de la tierra. Sin embargo, la cantidad de suplementos para agregar a la tierra no depende solo de la condición compuesta de la tierra, sino también de componentes como el entorno cercano, el diseño real, la presencia de rendimientos pasados y presentes, movimiento microbiológico, etc. En esta línea, con una valoración es factible conocer la medida de abonos a añadir (Zavala, 1999).

### 2.9.1. El nitrógeno del suelo

La cantidad de N (Tabla 7) habidos en muchos suelos es menor, por sus propios elementos y ciclos biogeoquímicos. El N puede ingresar al suelo a través de la participación de sustancias comunes (fertilizantes y suministros para plantas) y los ciclos obsesivos de las bacterias en el medio ambiente (Sánchez, 1981). El clima altera el porcentaje de N del suelo, a medida que incrementa la temperatura, el contenido de N reduce; Con la expansión, la viscosidad del N incrementa. Los principales problemas del nitrógeno son la extracción de cultivos, la filtración, la evaporación, la des nitrificación y la fijación de amonio (Navarro, 2003).

Tabla 7. Niveles de contenido de nitrógeno

Nivel	Rango (%)
Bajo	Menor de 0.1
Medio	0.1 – 0.2
Alto	Mayor de 0.2

Fuente: Soil Survey Staff, (1993).

### 2.9.2. El fósforo disponible del suelo

Este componente es fósforo inorgánico (Tabla 8), obtenido de la destrucción del sustrato durante un largo período de tiempo y de la estructura normal del P, se presenta en humus y materia común. La medida del P total en la tierra, denominada P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, difícilmente sobrepasa las 7 ppm. La mayor parte del fósforo del suelo no es adecuado para las plantas porque es difícil de disolver; Para migrar, debe estar en la planta de procesamiento como H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-o HPO<sub>4</sub> =, en la disposición de tierra. La absorción de P por las plantas se producirá normalmente a pH bajo, es decir, el punto en el que la descomposición del suelo muestra una marcada agudeza, ya que la estructura HPO<sub>4</sub>= se absorbe con mayor facilidad (Navarro, 2003). Aunque Sánchez (1981) aconseja que la sustancia de aquel ingrediente está relacionada con la de la materia ordinaria y la superficie de la tierra, normalmente podrían detectar 180 mg/kg. Independientemente del océano, este elemento está obsesionado con los suelos.

Tabla 8. Niveles de contenido de fósforo disponible

Nivel	Fósforo (ppm)
Bajo	Menor de 7
Medio	7 – 14
Alto	Mayor de 14

Fuente: Soil Survey Staff, (1993).

### 2.9.3. El potasio disponible del suelo

La composición surge de la rotura y desintegración de rocas que tienen minerales potásicos, a los que se debe sumar los procedentes del deterioro de restos vegetales y biológicos. Los niveles de potasio (Cuadro 9) en el suelo fueron moderados. Su sustancia como K<sub>2</sub>O se basa en su superficie. La parte arcillosa es la parte con mayor contenido de material, por lo que

las arcillas y las arcillas limosas suelen ser mas lujosas que los suelos arenosos y arenosos limosos.

El K es un suplemento necesario para los seres vivos. Las verduras requieren altas dosis de este suplemento, al igual que N. Además de afectar el equilibrio hídrico y el desarrollo de meristemas, el K es fundamental en la liberación de numerosos catalizadores; Asimismo, se interesa por los ciclos metabólicos que actúan prefiriendo el desarrollo vegetativo, la fructificación, el envejecimiento y la naturaleza de los productos orgánicos. Cabe señalar, que dicha variedad en contenido de K se ve impactada por el poder de las desgracias: extracción de cultivos, escurrimientos y desintegración. (Navarro, 2003).

Tabla 9 Niveles de contenido de potasio disponible (K<sub>2</sub>O).

Nivel	Rango (Kg/ha)
Bajo	Menor de 300
Medio	300 – 600
Alto	Mayor de 600

Fuente: Soil Survey Staff, (1993).

## 2.10. Biomasa microbiana

Masa total de microorganismos vivientes en un volumen de o masa de suelos dados. Peso total de los microorganismos en un entorno particular (Cárdenas, 2008).

## 2.11. La comunidad microbiana del suelo

Existen muchas maneras de abordar la microbiología del suelo por primera vez. En cierta medida el método resulta un tanto paradójico. No podemos saber realmente que ocurre en el suelo, a menos que comprendamos antes que organismos habitan en él, a la vez que no podemos describir realmente dichos organismos.

## 2.12. La biodiversidad del suelo

Se refiere a todos los organismos y el entorno en el que residen. Las áreas con sistema agroforestal poseen el mayor potencial para el monitoreo de la biodiversidad. Se caracterizan por tener una gran diversidad de especies en cuanto a la flora, con muchas capas diferentes de vegetación y una vegetación densa que es esencialmente similar a un bosque (Pagiola y Ota, 1997).



### **2.12.1. El suelo como hábitat**

En la tierra se encuentran microbios, protozoos parásitos, alimañas, coleópteros, insectos, nematodos, miriápodos, colémbolos, rotíferos, crías, gusanos y diferentes microorganismos que interceden en el cambio de materia natural e inorgánica.

La acción de los microorganismos es vital para el cambio y la vida de los suelos. Los microorganismos y parásitos intervienen en los patrones de C, N, S, P y en la unión de K y Mg, entre otros, para su absorción por las plantas. Los principales ciclos naturales de la tierra son:

- Humificación (Descomposición de la materia natural por crecimientos, microorganismos, actinomicetos, rastreadores nocturnos y termitas).
- Transformaciones del nitrógeno (amonificación, nitrificación, fijación).
- Mezcla – desplazamiento (especialmente lombrices y termitas).

Los organismos del suelo que componen la biomasa microbiana, incluyen:

- Sistema microbiano (bacterias y hongos)
- Los animales.

### **2.12.2. Los organismos en el suelo**

La tierra está habitada por seres vivos incalculables. A pesar del hecho de que, por número, prácticamente todos tienen un lugar en el reino vegetal, el significado de las criaturas no debe menospreciarse. La parte de las plantas y las criaturas en el desarrollo de la tierra es importante, porque sin vida nadie puede hablar de la tierra.

Es estándar clasificar las criaturas de la tierra en dos grupos dependiendo de su volumen: microorganismos y macroorganismos, dependiendo de si su tamaño no es exactamente o más digno de mención que 2 mm por separado. Dependiendo del reino con el que se comparan (criatura o planta), normalmente se piensa en cuatro enormes concentraciones de entidades orgánicas en la tierra: macrofauna, microfauna, macroflora y microflora. (Álvarez, 2008).

### **2.13. Macrofauna del suelo**

El suelo es un elemento de valor infinito, el controlador de la biosfera, sus inicios y progresos regulares ocurren durante un largo período de tiempo, sin embargo, su uso irracional se descompone rápidamente, por lo que mejores losas de suelo son una necesidad social, su mal uso debe garantizar el bienestar físico. , utilidad física y natural del bien.

Una inspección más cercana muestra que la arquitectura de los macroinvertebrados es más compleja en condiciones de suelo mejor protegidas u organizadas y, entre diferentes calidades, admite concentraciones de caza más pronunciadas y, además, respalda la tendencia de los ganaderos a descansar el significado biológico. Sevilla et al., 2002). Los macroinvertebrados separan, transportan y mezclan suelos al construir escaparates, casas, destinos de atención, turrículos o cubículos (Zerbino y Morón, 2003).

El compromiso de la macrofauna en el ciclo del C y del N no es tan alto debido a las largas temporadas de utilización y envejecimiento de sustancias con una alta proporción de carbono-nitrógeno (Wardle y Bardgett, 2004).

El tamaño normal de los macroinvertebrados va de 2 a 20 mm, incluyendo Anélidos (gusanos) Coleópteros (insectos) Hymenoptera-Formícidae (insectos subterráneos) Isópteros (termitas) y fases adultas y juveniles de otros artrópodos edáficos (Lavelle et al., 1992); Lavelle, 1997; Sevilla et al., 2002).

Además de los accesorios en movimiento, los macroinvertebrados ceden partes de su cuerpo, mejoran el clima y prefieren la presencia de degradantes y microorganismos. La abundancia y biomasa de macroinvertebrados es bastante diferente, como lo indica el uso de la tierra (tratamiento) y la profundidad (capas), siendo las capas superficiales (hojarasca y 0-10 cm) las que tienen mayor cantidad y biomasa. La presencia de macroinvertebrados depende totalmente del uso de incrustaciones y de la solidez del estado ecológico del sistema biológico, en particular de la insolación (temperatura), la humedad relativa, los patrones de vegetación (definición) y el compromiso de degradación de la flora. (Porta et al., 1999).

El marco de la tierra es la consecuencia de asociaciones complejas entre elementos físicos, sintéticos y naturales. Lavelle (1992), propone un modelo progresivo general que describe el significado esperado de estos elementos como determinantes de la interacción del suelo.

### **2.13.1. Importancia de la macrofauna en el suelo**

La macrofauna asume una parte importante como fragmentadores y bioturbadores del suelo y cuya administración es prometedora, sin embargo, ha sido mínimamente abusada, BROWN et al. (2001). Estudios realizados en varios sistemas biológicos de México sobre la macrofauna edáfica, concentrándose en los ejemplos encontrados en el grado de enormes concentraciones (órdenes y familias).

Estos creadores analizaron 127 redes de macrofauna de 37 regiones y 9 tipos de sistemas biológicos, rastreando que la macrofauna incorpora más de 14,500 especies de 18 reuniones. Las consecuencias de su examen mostraron, sin tener en cuenta el tipo de ambiente, un predominio de los reptiles nocturnos en la biomasa y de los insectos en plenitud, las termitas que poseen el tercer lugar en riqueza, y que la influencia inquietante influye de manera inequívoca en prácticamente todas las especies. reuniones. Una reunión significativa de la macrofauna edáfica demostrada por Brown et al. (2001), es la de las crías de Coleoptera.

### **2.13.2. Los organismos del suelo como unidad funcional de la diversidad**

La biodiversidad en el sentido dado por Delgado y Spain (1999), es decir, la biodiversidad se define como la cantidad y estructura de información biológica contenida en un ecosistema vivo organizado jerárquicamente por Doran y Lincoln (1999), que es un sistema vivo Un atributo de que puede considerarse en diferentes niveles de organización, desde los genes hasta la biosfera, que a su vez va desde las poblaciones de especies y comunidades hasta los paisajes ecológicos de Solbrig (1991). Los ecosistemas caracterizados por un alto grado de diversidad específica se definen por la diversidad de sus comunidades y las relaciones que existen entre los elementos constitutivos de esa diversidad. (Bautista et al., 2004).

### **2.13.3. Clasificación funcional de la macrofauna del suelo**

Las capacidades que satisfacen las criaturas del suelo dependen, en general, de la productividad de su estructura relacionada con el estómago, que depende, por lo tanto, del tipo de conexión que mantiene con la microflora de la tierra y la naturaleza y la abundancia de diseños orgánicos que estas criaturas producen en el suelo (Lavelle, 1997) a la luz de estos dos modelos, se pueden reconocer tres enormes agrupaciones prácticas de criaturas sin espinas. Un creador similar menciona la interrelación entre microorganismos y macroorganismos en la Tierra. A medida que el orgánulo aumenta de tamaño, sus relaciones con el microbioma van desde interacciones depredadoras hasta interacciones externas e internas; Además, las formulaciones naturales son cada vez más fuertes. (Tabla 10).

Tabla 10. Clasificación taxonómica de los organismos de la macrofauna

Filo	Clase	Sub-Clase	Orden		
Annelida	Clitellata	-	Oligochaeta		
	Arachnida	-	Araneae		
Arthropoda	Insecta	-	Coleóptera		
			Díptera		
			Hemíptera		
			Himenóptera		
			Homóptera		
			Isóptera		
			Orthoptera		
			Isópoda		
			Crustacea	-	Isópoda
			Myriapoda	Chilopoda	
	Diplopoda				
Nematoda	Adenophorea	-	Mermithida		
Mollusca	Gasteropoda	-			

Fuente: Dubs et al., (2004)

#### 2.13.4. Transformadores de la hojarasca

En este encuentro se encuentran los agentes de la mesofauna y parte de la macrofauna (Lavelle, 1992); Cuando estas criaturas sin espinas vuelven a ingerir sus excrementos, que se convierten en criaderos de la microflora, aclimatan los metabolitos liberados por la actividad microbiana.

#### 2.13.5. Ingenieros del ecosistema

Los ingenieros de sistemas biológicos o arquitectos naturales NRCS (2004), son aquellas criaturas que producen construcciones reales con las que ajustan la accesibilidad o disponibilidad de un activo para diferentes formas de vida.

De las innumerables formas de vida que poseen los suelos, solo unos pocos macroinvertebrados (rastreadores nocturnos, insectos subterráneos y termitas) son reconocidos ya que son capaces de exhumar la tierra y realizar una increíble variedad de construcciones organominerales: excrementos, casas, cerros, macroporos, exposiciones y salas. Estos seres

vivos han sido descritos como arquitectos biológicos del suelo, y los diseños que producen se han clasificado como "construcciones biogénicas" (Lavelle et al., 1997).

### 2.13.6. Ingenieros de ecosistemas y biodiversidad

Al crear, ajustar y cuidar territorios, los ingenieros de sistemas biológicos alteraron el hábitat común. Esta agravación suele causar una expansión en ciertas especies y una disminución en otras. Justo dentro del espacio (borde) donde ocurre el diseño, la biodiversidad puede aumentar o disminuir, dependiendo de las progresiones que se realicen. Sin embargo, si echamos un vistazo a los efectos del diseño en una escala única más grande (por ejemplo, una escala que lo abarca todo), una región que incluye el borde del espacio vital, pero también los factores ambientales no diseñados, veremos que El diseño del sistema biológico hace que una escena natural sea más heterogénea (Vargas y Machuca, 2010).

## 2.14. Órdenes existentes en el suelo

### 2.14.1. Taxonomía de las termitas (Dubs et al, 2004).

Reino	:	Animalia
Phyllum	:	Arthropoda
Clase	:	Insecta
Orden	:	Isóptera
Familia	:	Termitidae
Género	:	Macrotermes
Especie	:	<u><i>M. bellicosus</i></u>

- **Los isópteros (Las termitas)**

Las termitas son insectos eusociales, esto implica que habitan en asentamientos donde diversas reuniones de personas están comprometidas con diferentes emprendimientos para el normal beneficio de la provincia. Por lo tanto, los isópteros se aíslan en estaciones: cría, soldados y jornaleros. A diferencia de otros bichos espeluznantes sociales como insectos, abejas melíferas y algunas avispa, todas las etapas de la adolescencia funcionan en el asentamiento (Fao, 2001).

Las termitas son fundamentales financieramente como una irritación en los diseños de madera, obras maestras y artículos de guardado (Dubs et al., 1992).

- **Importancia de las termitas en los procesos del suelo**

El significado biológico de las termitas en los ambientes de bosques tropicales se identifica firmemente con los ciclos biogeoquímicos (suplementos), como los del hidrógeno, carbono, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo Sylvia et al. (1999). Las referencias sobre sus capacidades en la tierra son abundantes y, según Zerbino y Morón (2003), es esencial para las principales agrupaciones de criaturas sin espinas de la tierra podrían ser útiles para analizar la calidad del suelo, decidiendo su generosidad, biomasa, grosor de especies y abundancia. Medidas orgánicas que, sumadas a otros atributos no naturales, por ejemplo, ángulos hidrológicos, físicos y de sustancia, ayudan a conseguir archivos delegados de la calidad del suelo.

#### 2.14.2. Taxonomía de las lombrices (Pashanasi, 2001).

Reino	:	Animal
Tipo	:	Anélida
Clase	:	Oligoqueta
Orden	:	Haplotaxida
Familia	:	Lombrícidae
Género	:	<u>Lumbricus</u> <u>eisenia</u>
Especies	:	<u>Lumbricus</u> <u>terrestris</u> (lombriz de tierra común)
		<u>Eisenia</u> <u>foetida</u> (Californiana)
		<u>Eudrillus</u> <u>eugenie</u> (Africana)

- **Haplotaxida (Lombrices de tierra)**

Nombre aplicado a más de 1000 tipos de gusanos que tienen un lugar con una clase de filo Anélidos. El gusano tiene un cuerpo en forma de barril apretado y dividido. Tiene pequeñas fibras llamadas sedas. A pesar del hecho de que hay contrastes de tono entre la parte superior e

inferior del cuerpo, y entre varias partes del cuerpo, los rastreadores nocturnos son en general uniformes en el sombreado, con bastante frecuencia de color rojo claro, sin embargo, puede cambiar de opaco, rosa a marrón. Numerosas especies llegan a medir un par de centímetros, sin embargo, ciertas especies exóticas pueden comparar 3.3 m de largo. Los gusanos median directamente o por implicación en diferentes ciclos físicos, sintéticos y naturales de la tierra (Lavelle et al., 1992), al ser sacada y circulada el aire, por la actividad de los rastreadores nocturnos, el suelo resulta ser más prolífico. Los rastreadores nocturnos también son un punto de acceso a la comida para algunas criaturas.

- **Efecto de las lombrices sobre las propiedades del suelo**

Últimamente se ha demostrado que la acelerada pérdida de sustancia natural y la degradación del suelo se debe en gran medida a la destrucción de la fauna de tierra que maneja estos ciclos (Lavelle et al., 1997). Dentro de esta reunión de criaturas, los gusanos tienen un impacto increíble en las propiedades del suelo, las enormes exhibiciones verticales que hacen los rastreadores nocturnos anécicos, por ejemplo, *Lumbricus terrestris*, pueden trabajar con la progresión del agua a través del perfil de tierra, expandiendo el vehículo de los suplementos. también, mezclas de sustancias rurales a las capas profundas (Silva, 2000).

Los gusanos necesitan vivir en suelos húmedos que contienen materia natural. Por lo general, viven en las capas superiores, sin embargo, en invierno, hacen más túneles para alejarse del hielo. En el momento en que el clima es extremadamente cálido, lo mismo hacen para mantenerse alejados de la falta de hidratación. Las lombrices evitan la luz del sol, pero salen a la superficie con regularidad durante la noche para cuidar y eliminar sus desechos o basura. Durante el día simplemente suben a la cima en condiciones excepcionales, por ejemplo, cuando sus pantallas se desbordan en caso de fuertes lluvias.

- **Dinámica de las lombrices en la materia orgánica**

Los gusanos digieren la materia natural, utilizando productos químicos suministrados sin la ayuda de nadie más y a través de la microflora mutualista que se encuentra en su parcela relacionada con el estómago. Los impactos provocados por los gusanos sobre los elementos de la materia natural; se basan en las escalas espacio-mundanas consideradas.

En un breve período de tiempo, por ejemplo, un par de horas, la absorción del gusano separa las acumulaciones naturales y entrega algunos suplementos, como nitrógeno (N) y fósforo (P), que luego podrían ser absorbidos por planta BAUTISTA *et al.* (2004), en períodos

intermedios (de días a meses), los elementos del m.o se modifican, dentro de los diseños biogénicos. En un período más extenso hay una ruptura en el ritmo de mineralización del m.o, hasta la inmovilización de la interacción. El impacto general a largo plazo (de años a muchos años) aún no se conoce, debido a que no se han completado investigaciones tan largas. (LAVELLE *et al.*, 1997).

### 2.14.3. Taxonomía de las hormigas

Reino	:	Animal
Phyllum	:	Arthropoda
Clase	:	Insecta
Orden	:	Hymenóptera
Familia	:	Formicidae
Especies	:	<u><i>Atta cephalothes</i></u>
		<u><i>Acromyrmex landolti</i></u>
		<u><i>Iridomyrmex humilis</i></u>

- **Los himenópteros (Hormigas)**

Los insectos se crean a través de una transformación completa, pasando por etapas de larva y pupa antes de convertirse en adultos. En el expreso larvario, un insecto subterráneo es totalmente inútil ya que no tiene apéndices, por lo que su consideración se deja a otros insectos adultos. El contraste entre soberanos y jornaleros y entre las distintas estaciones de jornaleros cuando existen, está dictado por el cuidado durante la etapa larvaria (Cotrina, 2011).

Los insectos son importantes en ambientes regulares y cambiantes ya que satisfacen una variedad de capacidades biológicas en ambientes, ya que utilizan diversas capas de asentamiento, tienen una amplia variedad de cuidados y están relacionados con varios tipos de plantas y criaturas.

### 2.14.4. Taxonomia de miriápodos (Decaens et al., 2001).

Reino	:	Animal
Phylum	:	Artrópodos
Clase	:	Miriápodos



Orden : Litobiomorfos

Nombre Científico : *Lithobius sp*

- **Los miriápodos (ciempiés – milpiés)**

Término (que implica numerosos pies), con el que se llaman las criaturas artrópodos, en general terrestres, teniendo un lugar con las clases de quilópodos, diplopodos, paurópodos y symphyla, estas agrupaciones se describen por tener el cuerpo enmarcado por la cabeza y el tronco y a la luz del hecho de que tienen incluso extremidades en la mayoría o en la totalidad de los metámeros del cuerpo. Necesitan anténulas y sus miembros son unirrámeos.

Por lo general, son edáficos (suelo) y detritívoros (compradores de materia vegetal en descomposición). Tienen vida nocturna; durante el día se refugian en exuberantes regiones, campos, cuevas, hogares, colonias de hormigas o bajo piedras u hojas. Algunas reuniones viven en las arenas litorales, incluso cubiertas por las mareas. Según las clases, hay estados suavizados, redondos y huecos de tamaños variables, por regla general en el rango de 2 y 5 cm, pero en algunas especies exóticas pueden llegar a 30 cm. Los quilópodos o 100 pies son criaturas con un cuerpo nivelado y seccionado, los diplopodos o 1,000 pies tienen cuerpos en forma de barril enmarcados en algún lugar en el rango de 25 y 100 metamers (Decaens et al., 1994).

## 2.15. El cacao

Theobroma cacao L. "cacao" se encontró inicialmente en la selva amazónica ofreciendo la segunda y tercera capas a diferentes arbustos y palmeras. Es cualquier cosa menos una especie umbrofílica; al fin y al cabo, requiere del seguro de diferentes plantas que den sombra a su típico giro de eventos y creación. Los requisitos previos de sombra son más notables en los cuatro años iniciales, cuando los árboles aún no se ocultan por sí mismos. Además, el cacao necesita más sombra cuando se instala en suelos con baja madurez, o en regiones con una estación seca más prominente de dos meses y donde no hay perspectivas de sistema hídrico (Sánchez, 1994).

Tener la opción de convivir impartiendo suelo y espacio a otras especies duraderas, semestrales y anuales, hacen del cacao una cosecha adecuada para el mejoramiento del marco agroforestal en las regiones tropicales. En un marco agroforestal de cacao, especifica que la

disposición del mantillo en la tierra mantiene la humedad del suelo y expande la medida de la materia natural y promueve la acción de microorganismos valiosos (Vásquez, 2005).

## 2.16. Generalidades de *Calycophyllum spruceanum* Benth. “capirona”

### 2.16.1. Taxonomía de la especie

Cronquist (1984), citado por Mostacero et al. (2002), clasifica a la especie de la siguiente manera:

División	: MAGNOLIOPHYTA
Clase	: MAGNOLIOPSIDA (Dicotiledónea)
Sub-Clase	: ASTERIDAE
Orden	: RUBIALES
Familia	: RUBIACEAE
Género	: <i>Calycophyllum</i>
Especie	: <i>spruceanum</i>
N. Científico	: <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth) Hook F. Ex. Schuman
N. Vulgar	: Capirona

### 2.16.2. Descripción botánica y morfológica

El árbol mide 35 m de alto y 80 cm de largo, con tallos rectos, redondeados y huecos. La capa exterior es de color verde petróleo, y la parte áspera y rojiza se muda cada año para revelar la corteza brillante. Hojas basales, invertidas, con pequeños nudos apicales. Pequeñas flores blancas, fragantes, sexualmente abiertas, reunidas en inflorescencias terminales. Los productos orgánicos son en realidad recipientes redondos y huecos. Las semillas son pequeñas y aladas al cierre (Flores, 1998). Presentan una especie de raíz pivotante y raíces redondas prominentes y poco profundas que se convierten en tablones ineficaces. Un producto natural en forma de saco tubular con hojuelas dehiscentes, aproximadamente redondas a alargadas, de 0,8 a 1,3 cm de largo. Las semillas miden 2,3 mm de largo (sin alas) y 4 - 8 mm de largo (aladas) (Palomino y Barra, 2003).

### **2.16.3. Distribución natural y ecología**

En la Amazonía de Perú, Brasil, Bolivia, Ecuador y Colombia, un típico grupo de animales pioneros en bosques auxiliares, a pesar de que también se encuentra con la mayor frecuencia posible en bosques esenciales o desarrollados en clases de bosques aluviales y bosques bajos y bajos. Pendiente media en especie de suelos aluviales inundables y no inundables. Es cualquier cosa menos un heliófito sólido, de rápido desarrollo que crea en la superficie del suelo medio, suelos arcillosos, pH 4.5 - 6.5, tiene resistencia a suelos únicos hidrométricos y corruptos, con bajas tasas de desarrollo y resistencia y altura (piso altitudinal) metros sobre el nivel del océano habituales. de los campos amazónicos hasta el desierto alto, llegando a 1 100 metros sobre el nivel del océano (Flores, 1998).

### **2.16.4. Sistemas silviculturales recomendables a utilizar**

Los ranchos de campo abierto y agroforestales tienen distancias que cambiarán entre 3 x 3 a 10 x 10 m, dependiendo del ítem normal y el estado del sitio. El grosor de las plántulas variará entre 100 y 1 100 por cada hectárea.

El rango de transición, en tierras bajas o bosques secundarios tempranos, es pobre en especies importantes, en un corredor de 2 m de ancho, 5 m entre la cerca y 3 m entre los árboles. Espesor de 667 árboles por hectárea y en bosques vivos cuando el árbol ha llegado a la altura mínima de 5 m y idealmente como una progresión de un campo abierto o mansión agroforestal (Reynel et al., 2003).

## **2.17. Generalidades de *Guazuma crinita* “bolaina blanca”**

### **2.17.1. Taxonomía de la especie**

Reino : Plantae

División: Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Malvales

Familia : Sterculiaceae

Género : *Guazuma*

Especie : *Guazuma crinita*

### **2.17.2. Distribución natural y ecológica**

Se encuentran en la Selva de Perú y Brasil, por lo general en Bosques Secundarios y riberas de arroyos de selva y origen normal donde estructuran masas contemporáneas. En el Bosque Alto se pueden encontrar en los Bosques Secundarios donde es abundante y en los bosques primarios, increíblemente, aguanta varios Tipos de Suelo; ultisol, entisol, inceptisol. Es cualquier cosa menos un heliófilo efímero, crea en lugares con abundante luz, se nota rápido desarrollo, superficie de la tierra de medio a fino (de arenoso a franco arcilloso), pH 4 - 6.5 y altitud (piso altitudinal) msnm: 0 - 1200 (Flores, 1988).

### **2.18. Antecedentes de otras investigaciones realizadas**

Pashanashi (2001) evaluó el área local de invertebrados a gran escala de la tierra en 22 marcos de uso de la tierra en las regiones de Yurimaguas y Pucallpa. Se aislaron físicamente 10 ejemplos por cada disposición de utilización de 25 cm x 25 cm x 30 cm durante la temporada de tormentas.

La madera esencial, no intervenida y mediada, tiene una rica variedad. También, su espesor (382 a 853 individuos/m<sup>2</sup>) y su biomasa, abrumada por oligoquetos, isópteros y miriápodos (57,8 a 91,1 g nuevo peso/m<sup>2</sup>), son muy elevados. Las cosechas de esta área local, cuyo espesor es de 362 a 574 individuos/m<sup>2</sup> y cuya biomasa es de 5.1 a 32.4 g nuevo peso/m<sup>2</sup>, son seriamente drenadas (Pashanashi, 2001).

Los campos tienen poca variedad. El grosor de su población se diferencia en un alcance de 654 a 1.034 individuos/m<sup>2</sup>. Su biomasa es casi tan alta como 38,4 a 165,9 g de nuevo peso/m<sup>2</sup>, debido a la colonización del gusano relajante *Pontoscolex corethrurus*. En los purmas, el espesor de población está en un rango de 334 a 838 individuos/m<sup>2</sup>; mientras que la biomasa difiere en algún lugar en el rango de 4.2 y 102 g nuevo peso/m<sup>2</sup>. Debe notarse que, a veces, la extravagancia ordenada es más prominente que la de la tierra forestal esencial (Pashanashi, 2001).

Por fin, los marcos agroforestales con cobertura vegetal tienen la variedad más destacada. Lo contrario sucede en los marcos cubiertos de maleza que se encuentran debajo de un bosque opcional. Su espesor de población está en un alcance de 557 a 2.896 individuos/m<sup>2</sup>, en tanto que su biomasa fluctúa en algún lugar en el rango de 18,5 y 170,5 g nuevo peso/m<sup>2</sup>, debido a la protección de una enorme parte de la fauna del bosque esencial. Que, además, está

colonizado por especies pioneras de territorio trastornado (miriápodos, oligoquetos e isópteros) (Pashanashi, 2001).

Vela (2009) mientras se decide la macrofauna de tierra entre varios marcos de uso de suelo en San Martín en un bosque esencial y dos marcos de creación de cacao (Sistema de Manejo Mejorado o BMS y Sistema de Manejo Tradicional o TMS), mediante la técnica sugerida por el Programa de Biología y Fertilidad de Suelos Tropicales (TSBF). Las secuelas de los marcos evaluados no mostraron un contraste crítico ( $p = 0,4008$ ), el bosque esencial obtuvo una mayor población de personas con una media de  $36,19 \pm 5,84 \text{ ind/m}^2$ , BMS con una media de  $32,94 \pm 3,01 \text{ ind/m}^2$ , y el TMS con una media de  $27,31 \pm 6,00 \text{ ind/m}^2$ . Adquiriendo la mayor riqueza de personas en gusanos, termitas e insectos. Los resultados en las capas evaluadas muestran una distinción profundamente crítica ( $p = 0,0001$ ), en la capa de 0 a 10 cm con la plenitud más notable de ( $55,11 \pm 8,49 \text{ ind/m}^2$ ), y sensiblemente diferente al resto de las capas: ; 10-20 cm ( $26,85 \pm 4,88 \text{ ind/m}^2$ ), arena con ( $23,89 \pm 2,99 \text{ ind/m}^2$ ) y 20-30 cm ( $22,74 \pm 3,45 \text{ ind/m}^2$ ) no presentan contraste fáctico.

Portocarrero (2013) al evaluar el impacto de tres sistemas de uso de la tierra en los indicadores físicos, químicos y biológicos de la Tierra en el pueblo Puerto Rico, sus hallazgos indican que el sistema agroforestal tiene resultados efectivos. La estructura del humus, el pH en bosques primarios y sistemas agroforestales está cerca del valor neutral. En tanto que la disponibilidad de P para ambos sistemas es muy alta, debido a los organofosforados de la materia orgánica.

Huamán (2016) en la evaluación de las características físicas y artificiales del terreno, reconociendo macroscópico y evaluando a varias profundidades en tres ambientes de uso de superficie (siembra de banano con cacao, naranjas y banano, mandarina con cacao y cultivo de cacao) y combinando el análisis físico-químico propiedades de los suelos con propiedades orgánicas. Los resultados obtenidos introdujeron suelos superficiales arcillosos ideales para cultivos instalados, con un diseño granular y un espesor obvio decente de ( $1,45 \text{ a } 1,51 \text{ g/cm}^3$ ) y protección contra la entrada de ( $1,5 \text{ a } 1,8 \text{ g/cm}^2$ ). Los punteros sintéticos presentan respuestas muy ácidas con sustancia media en materia natural, Ni y P y bajo en K, es todo menos una baja capacidad de suplementos debido a su bajo límite comercial ( $7,48 \text{ a } 10,52 \text{ meq/g}$  de suelo). Para los marcadores naturales se obtuvo un registro de variedad bajo ( $0,65 \text{ a } 0,98 \text{ H}'$ ), con densidades de  $72 \text{ a } 84 \text{ ind/m}^2$ , y biomasa  $7,9 \text{ a } 10,78 \text{ g/m}^2$ , así mismo Hymenoptera fue el más prevalente seguido por Haplotaxida y isoptera en los tres marcos, finalmente se adquirió la conexión entre

la biomasa edáfica de la tierra con materia natural y nitrógeno, y el espesor de especies con  $K_2O$ .

NORIEGA (2018) La investigación se realizó en el centro poblado de Cayetana, distrito de Juanjuí, provincia de Mariscal Cáceres; entre los meses de marzo a diciembre del 2016. El objeto fue caracterizar las propiedades físicas y químicas con la identificación de las características biológicas (densidad y diversidad) de los organismos edáficos y relacionar las características físicas y químicas de los suelos con características biológicas en tres sistemas de uso de suelo. La evaluación se realizó en un sistema (forestal, sin cobertura y bosque secundario), a través de un muestreo de suelos y un transecto con cinco monolitos de 25x25x30 cm de profundidad por sistemas, la caracterización de las propiedades físicas y químicas en los tres sistemas permitieron medir la susceptibilidad de los suelos a la degradación, sirviendo como indicadores la calidad, favorecerá el desarrollo microbiano y la recuperación de los sistemas; mientras que la densidad, diversidad, biomasa de la macrofauna edáfica, permitieron detectar diferencias entre los sistemas estudiados, ya que la constitución de las comunidades de los diferentes sistemas (forestal, sin cobertura y bosque secundario) respondieron a las alteraciones de las propiedades del suelo, cantidad y calidad de los residuos vegetales, tal como lo mostró el suelo sin cobertura. La relación entre las particularidades físicas, químicas y biológicas determinó que la densidad de los microorganismos en el suelo mantiene un efecto positivo con el contenido de nitrógeno, donde a un mayor contenido de materia orgánica en el suelo conllevaría a una distribución de la resistencia a la penetración.

Ríos (2019) evaluó la densidad y biodiversidad en el sistema de uso de suelo Palo de Acero en la provincia de Huamalies, el objetivo específico fue: la relación entre macroespecies, densidad y biodiversidad, especies de macro y fitoplancton Realizar caracterización física y química, identificación y estimación. Propiedades fisicoquímicas de suelos a diferentes profundidades en sistemas de uso de suelo (plátano, cacao y maíz). Los resultados están relacionados con las propiedades físicas y químicas de los sistemas de uso de la tierra que son sensibles a los cambios en el manejo agrícola y por lo tanto a las características evaluadas. Los biomarcadores estuvieron en 15 órdenes de magnitud, principalmente membranosos, seguidos de monópteros, isópteros y finalmente isópodos, densidad (63 ind/m<sup>2</sup> a 84 ind/m<sup>2</sup>), biomasa (7,95 g/m<sup>2</sup>) a 10,78 g/m<sup>2</sup>). 2), las gramíneas y los plátanos presentaron la mayor diversidad y densidad, y el índice de diversidad promedio fue bajo (0.33 - 0.45 H'), y la densidad aparente y la materia orgánica estuvieron directamente relacionadas con el fitoplancton, que fueron indicadores biológicos de actividad. mantener el suelo y su calidad.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Descripción del lugar de ejecución

El estudio se llevó a cabo en dos sistemas agroforestales *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” y *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca” la fase de campo fue en el fundo ALBORADA, ubicada en la margen izquierda del río Huallaga en el distrito de Castillo Grande en el sector Papayal, con un área aproximado de 6.8 ha.

##### 3.1.1. Ubicación política

Sector	:	Papayal.
Distrito	:	Castillo Grande
Provincia	:	Leoncio Prado.
Departamento	:	Huánuco.

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

El fundo ALBORADA S.A.C. se bicada en la zona 18 L, del empalme 18k cuyas coordenadas UTM son:

Este	:	389038
Norte	:	8976853
Altitud	:	665 msnm

##### 3.1.2.1. Ubicación en coordenadas UTM de las zonas de estudio

Ubicación de los sistemas agroforestales donde se realizó el estudio dentro del terreno del fundo ALBORADA (Tabla 11).

Tabla 11. Ubicación de las parcelas de investigación

Sistemas de uso de suelo	Coordenadas UTM		ALTITUD (m.s.n.m.)
	E	N	
Densidad de Siembra 3m X 2m	389029	8976873	664
Densidad de Siembra 2.m X 2m	388911	8976774	660

### 3.1.3. Clima

La temperatura media mensual de la región es de 24°C, la precipitación media anual es de 3.250 mm/año y la humedad relativa anual es del 80%. El clima es cálido, húmedo y lluvioso.

### 3.1.4. Ecología

Según el diagrama bioclimático de Holdridge (1986) el área de estudio pertenece al hábitat: un bosque con mucha humedad premontano sub tropical (bmh-PST).

### 3.1.5. Vías de acceso

La vía de acceso al fundo ALBORADA S.A.C. es por vía terrestre, desde la ciudad de Tingo María hasta el recreo turístico Aserradero cuenta con una carretera asfaltada, donde existe una bifurcación hacia la mano izquierda se va hacia la zona de venenillo, mientras que hacia la mano derecha existe la entrada hacia el sector Papayal a unos 850 m aproximadamente se encuentra ubicada el fundo ALBORADA S.A.C. a 11 km de la ciudad de Tingo María con un tiempo aproximado de llegada de 15 minutos en moto lineal desde la ciudad de Tingo María.

### 3.1.6. Descripción de los sitios de muestreo en los dos sistemas agroforestal

- *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona”

Contempla un sistema establecido de cacao en producción de 10 años de edad de la variedad de CCN – 55 con distanciamiento de 2 m x 2 m entre planta e hilera, la distribución de la capirona se encuentra a un distanciamiento de 6 m x 3 m, en un área de 5000 m<sup>2</sup>, los suelos en los que se instalaron el sistema son áreas de pozas de piscigranjas, que fueron abandonadas hace 8 años, careciendo de horizontes orgánicos. Las prácticas agronómicas realizadas en esta zona son en su totalidad orgánicas, se utilizó un manejo de abonamiento y deshierbo, presenta una pendiente de 4% y escasa hojarasca de capirona y el cacao.

- *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca”

Contempla un sistema establecido de cacao en producción de 12 años de edad de la variedad aromática CPM – 15 con distanciamiento de 3 m x 2 m entre planta e hilera, la distribución de bolaina blanca se encuentra a un distanciamiento de 24 m x 3 m, en un área de 5000 m<sup>2</sup>, los suelos se encuentran en proceso de recuperación, con escaso horizonte orgánico.



Las prácticas agronómicas realizadas en esta zona son en su totalidad orgánicas, se utilizó un manejo de abonamiento y deshierbo, presenta una pendiente de 6% y abundante cantidad de hojarasca del caco y la bolaina blanca.

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Materiales de campo**

Se utilizaron pala recta, pico, bolsa de polietileno, cinta métrica y botas.

### **3.2.2. Materiales para colección y muestreo**

Se utilizó los materiales para colección y muestreo, bolsas de polietileno, plástico, envases de vidrio y etiquetas.

### **3.2.3. Materiales de laboratorio**

Los materiales de laboratorio utilizados son: etiquetas, cinta adhesiva, delantal, placas de Petri, tubos de ensayo de 250 ml, tubos de ensayo de 18 a 180 mm, placas de Petri de 90 a 100 mm, botellas de 100 ml, botellas de 250 ml, tubos Durham de 10 a 75 mm, pipetas de 1 a 10 ml, soporte , cola de anillas, cuchillas y navajas, mecheros, pinzas, tijeras, guantes, papel kraft, intas y betas, entre otros.

### **3.2.4. Equipos**

Los equipos utilizados son: un horno, un microscopio, un contador de colonias, un esterilizador, una balanza analítica, una incubadora y una cámara.

### **3.2.5. Insumos**

Dentro de los insumos que se utilizaron fueron: Agar plate count, caldo peptonado, agar saboraud, cristal violeta, yodo, yoduro de potasio, acetona, alcohol 30°, alcohol absoluto, safranina, aceite de cedro, agar citrato de Simón y rojo de metileno.

## **3.3. Tipo y nivel de investigación**

### **3.3.1. Tipo de la investigación**

El tipo de la investigación fue adaptado a un diseño Descriptivo, correlacional - causal, considerando los dos sistemas agroforestales (parcela reforestada (forestal) con el cultivo de

cacao de la variedad CCN – 55 con capirona de 14 años de establecidos y CPM – 15 con bolaina blanca de 10 años de establecidos).

### **3.3.2. Nivel de la investigación**

Se utilizó en el nivel de probabilidad porque el muestreo se aplica para conseguir información representativa

## **3.4. Método y diseño de la investigación**

### **3.4.1. Método de la investigación**

Descriptivo – comparativo y explicativo

Es descriptivo - comparativo, explicativo dentro de su alcance, porque describe y compara diferentes sistemas agroforestales, será ilustrativo por la relación de causalidad entre las variables, se analizaron las variables independientes y dependientes.

#### **3.4.1.1. Variables independientes**

Las variables independientes fueron:

- Estrato del suelo
- Profundidad del suelo
- Muestras de suelos (obtenidas del campo y analizados en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía).

#### **3.4.1.2. Variables dependientes**

Las variables dependientes evaluadas han sido: Abundancia de macrofauna en los dos sistemas agroforestales.

Para evaluar la macrovegetación como biomarcador en diferentes tipos de usos del suelo, se han identificado los siguientes componentes físicos, químicos y biológicos del suelo (Tabla 12).

Tabla 12. Parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo (variables)

<b>Parámetros físicos</b>	<b>Método de su determinación</b>
Textura del suelo	Método del hidrómetro de bouyoucos
Densidad aparente	Por volumen, peso húmedo y seco
Temperatura del suelo	Método directo (termómetro)
Resistencia a la penetración	Método directo (penetrómetro)
<b>Parámetros químicos</b>	
Materia orgánica	Método de Walkley y Blakc
Reacción del suelo	Método del potenciómetro
Nitrógeno total	Método de Kjeldahl
Fósforo disponible	Método de Olsen
Potasio disponible	Método del ácido sulfúrico
<b>Parámetros biológicos</b>	
Densidad de la macrofauna	Método directo por conteo
Diversidad de especies	Método Shannon – Winner

### 3.4.2. Diseño de la investigación

El diseño utilizado en este estudio fue transversal (Hernández et al., 2006). Los datos se recopilaron en el lugar, a través del muestreo del suelo, el análisis, la compactación, la densidad aparente y la evaluación general del sistema, todo lo cual se desarrolló durante un período de seis meses.

#### - Análisis de datos

Para definir el grado de correlación entre las propiedades del suelo y el tiempo, se realizaron estudios de correlación y regresión simple, basados en los siguientes modelos matemáticos (Calzada, 1996).

Ecuación de regresión

$$Y_i = a + bX_i + \varepsilon_i$$

Coefficiente de correlación

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

Asimismo; La prueba del estadístico r se utilizó para estudiar la relación entre dos variables medidas a nivel de un intervalo o escala. (Hernández et al., 2006).

El coeficiente r de Pearson puede cambiar de -1.00 a + 1.00, donde:

-1,00 = correlación negativa perfecta. ("Cuanto mayor es X, menor es Y", proporcionalmente. Esto significa que cada vez que X aumenta en uno, Y siempre disminuye en una cantidad constante). Esto también se aplica a "cuanto menor es X, mayor es Y".

-0.90 = Correlación negativa muy fuerte.

-0.75 = Correlación negativa considerable.

-0.50 = Correlación negativa media.

-0.25 = Correlación negativa débil.

0.00 = No existe correlación alguna entre las variables.

+0.10 = Correlación positiva muy débil

+0.25 = Correlación positiva débil.

+0.50 = Correlación positiva media.

+0.75 = Correlación positiva considerable.

+0.90 = Correlación positiva muy fuerte.

+1.00 = Correlación positiva perfecta.

### 3.5. Metodología

#### 3.5.1. Describir las propiedades físicas y químicas del suelo en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA

Para cumplir con el siguiente objetivo planteado se realizó las siguientes actividades:

- **Reconocimiento del lugar**

Se hizo una visita previa a las instalaciones del fundo ALBORADA para solicitar la aceptación para poder realizar el trabajo de investigación, posteriormente se realizó otra visita en la cual se procedió a un reconocimiento de todo el terreno acompañado del propietario y a la ubicación del área destinada para la realización del trabajo.

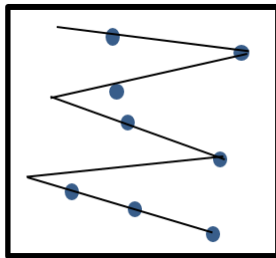
- **Ubicación de los puntos, colecta y almacenamiento de muestra**

Con el mapa base de la zona, se realizó la fijación del primer punto con el GPS en cada uno de los sistemas agroforestales; para de esta manera determinar los indicadores físicos, químicos y biológicos directamente en campo.

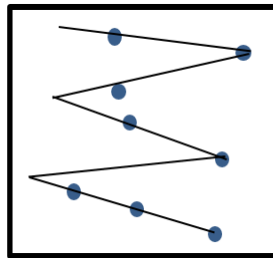
- **Muestreo de suelos**

Se tomaron submuestras del suelo. Se recorrió en zig – zag de aproximadamente 25 m de separación entre cada punto de muestreo, se tomaron 20 submuestras aproximadas por cada sistema agroforestal.

En cada lugar de muestreo se utilizó una pala recta, haciendo un corte en “V” de 30 cm de profundidad, se depositaron las muestras en un costal con la finalidad de mezclar todas las submuestras para homogenizar y luego se tomó 1 kg aproximadamente, que fue colocada en una bolsa plástica y rotuladas con stickers donde se anotaron todas las características del muestreo de suelo, luego fueron secados las muestras de suelo bajo sombra a temperatura del ambiente y posteriormente enviados al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para ser molido y tamizado las muestras con su respectivo análisis físico – químico Figura 1.



Suelo cacao con capirona



Suelo cacao con bolaina blanca

Figura 1. Diagrama de muestreo de suelos en cada sistema agroforestal

- **Variables físicos y químicos a evaluar**

Para evaluar las variables físicas y químicas del suelo en los dos sistemas agroforestales, se determinarán tal como se muestra Tabla 11.

**3.5.2. Cuantificar la macrofauna del suelo presente en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA**

- **Muestreo de la macrofauna edáfica del suelo**

El método utilizado en las muestras de suelo agregado será parecido al utilizado por Vargas – Machuca (2010), donde se determina los puntos de muestreo mediante un plan de muestreo sistemático, se obtuvo un diseño de sección transversal de 40 m y un monolito a una distancia de 10 m., que hace un total de (5 monolitos por parcela) (Figura 2).

Para recolectar el total de plantas presentes en cada sistema agroforestal, se recolectan en unidades de observación; Esta unidad de muestreo será un monolito (bloque de suelo) con las siguientes dimensiones 25 cm x 25 cm x 30 cm, se tomaron cinco (05) muestras por cada tratamiento a diferentes profundidades (hojarasca en 1 m<sup>2</sup>, 0 – 10 cm, de 10 – 20 cm y de 20 – 30 cm de profundidad), se realizó una lámina por cada sistema agroforestal, teniendo cada roca una línea o corte con el origen o dirección según la metodología de aleatorización recomendada por el Programa Tropical Soil Biology And Fertility – TSBF (Anderson e Ingram, 1993, citado por Pashanasi, 2001).

#### - **Colección de especies de macrofauna del suelo**

Luego de obtener la masa monolítica, la muestra se cortó en capas, y las especies encontradas se colocaron en frascos con alcohol de 70° y cajas selladas con numeración y la codificación correspondiente, lo que ayudó el transporte al laboratorio para su reconocimiento.

#### - **Identificación y conteo de la macrofauna del suelo**

En el laboratorio se separan insectos e individuos en clasificaciones, conteos y el número de especies presentes en cada piso y en cada sistema, con la ayuda de entomólogos y personal técnico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. En el caso de los controladores de himenópteros se utilizó un contador digital.

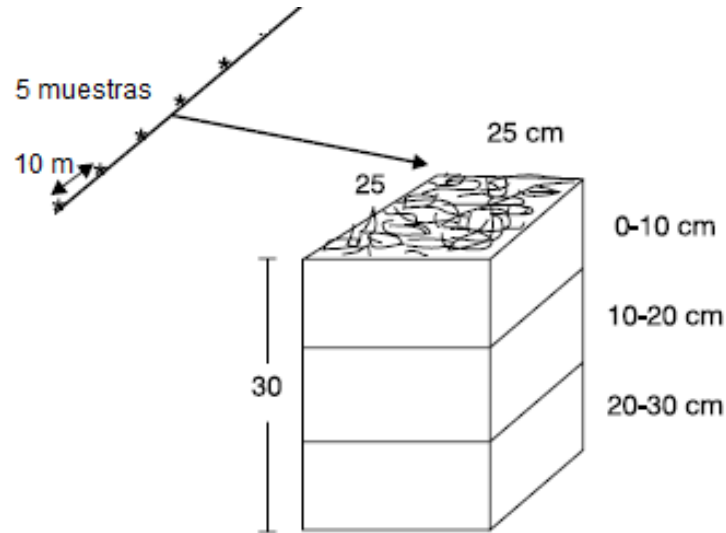


Figura 2. Esquema del plan de muestreo

#### - Metodología de conteo y estructura de la comunidad del suelo

Se realizaron estadísticas de especies de zooplancton en el sitio y se colocaron larvas e insectos con cuerpos no sólidos en una solución de alcohol al 80% para insectos sólidos y en formalina al 4% al 10%. La biomasa (g/m<sup>2</sup>) y la densidad (individuos/m<sup>2</sup>) se cuantificaron para todos los invertebrados macroscópicos utilizando un estereoscopio y se pesaron en una microescala (digital). Los valores de biomasa se multiplicaron por el valor corregido (19% para lombrices, 9% para hormigas, 11% para escarabajos, 6% para arañas y 13% para el resto de invertebrados) debido a la pérdida de peso durante la administración de alcohol y la fijación de formalina (DECAENS et al., 2001). Usando claves de identidad, se determina el taxón, se calcula el número de instancias de cada taxón para cada taxón, se suma el número total de individuos para cada taxón y se calcula el porcentaje de abundancia o la densidad relativa media de cada taxón para cada sistema agroforestal.

Se ha elaborado un diagrama de porcentajes de abundancia.

Se ha pesado para definir la biomasa de la macrofauna de varios sistemas agroforestales.

DRM= Densidad relativa por monolito= Sumatoria de los monolitos

Total de Monolitos

% Frecuencia = Sumatoria de densidades

Número de unidades taxonómicas

- **Variables biológicas a evaluar**

Para determinar la macrofauna como biomarcador del suelo en dos sistemas agroforestales, se identificaron los siguientes componentes biológicos (Tabla 11).

**3.5.3. Estimar la densidad y biomasa de macrofauna presente a diferentes profundidades del suelo en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA**

- **Diversidad de especies**

Para definir el índice de diversidad de especies se ha utilizado las fórmulas de Simpson y Shannon Wiener.

- **Riqueza de la diversidad biológica alfa**

Las variables de estudio e índices de diversidad alfa son calculadas mediante:

- **Índice de Diversidad de Shannon - Wiener (H')**

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

Dónde:

$n_i$  = Abundancia de género

$N$  = Abundancia total de los géneros =  $\sum n_i$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

**3.5.4. Comparar las propiedades físicas y químicas con la macrofauna en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA**

Esta actividad se ha realizado teniendo en cuenta los valores relativos y porcentajes de indicadores utilizados para lograr el índice de calidad del suelo, al asumir la metodología ideal sugerida por Chen (2000), Doran y Lincoln (1999), Porta (199).



## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Describir las propiedades físicas y químicas del suelo en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA**

#### **4.1.1. Propiedades físicas del suelo de los sistemas agroforestales**

##### **4.1.1.1. Textura del suelo**

La textura del suelo de los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA en el sector Papayal, están calificados por la fracción limo, todos estos sistemas tienen la misma varianza de textura, que representa la capa de textura franco limoso para todos los sistemas, como se puede ver en Tabla 13. Según Donahue et al. (1999) los suelos que tienen un mayor nivel de arena se denominan arenosas; los que tienen un alto contenido de lodo son arcillosos y los que tienen un alto nivel de residuos son limosos; Cuando las medidas generales del separador menos predominante difieren, la clase de textura también cambia y el nombre refleja el ajuste de la pieza.

Mientras que Sánchez, (2007) menciona que el principal indicador real que se resolvió en los marcos agroforestales fue la superficie de tierra utilizando la técnica del hidrómetro de Bouyoucos, adquiriendo para ambos marcos agroforestales una superficie de suelo limoso y tienen un diseño granular razonable para los rendimientos existentes. Para Zavaleta (1992) estas dependen de las diversas mezclas de arena, sedimento y tierra, por lo tanto, estas mezclas son prácticamente ilimitadas, no obstante, solo se han establecido doce clases de textura fundamentales y se registran ordenadas por incremento de la porción fina.

Portocarrero (2013) al evaluar el impacto de tres sistemas de uso de suelo sobre indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo en un pueblo de Puerto Rico, sus resultados de uno de los indicadores fue que en el sistema agroforestal presentó una textura franco limoso, al igual que los resultados obtenidos en la investigación. Mientras que Huaman (2016) al estudiar los indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo en el caserío de Agua Blanca en tres sistemas de plátano, cacao con plátano y purma, sus resultados presentan una textura arcillosa ideales para los cultivos instalados.

Tabla 13. Textura de los suelos en los dos sistemas agroforestales.

Sistema Agroforestal	% de Partículas			Textura
	Arena	Arcilla	Limo	
Teobroma cacao L. “cacao” variedad CCN - 55 con <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona”	19.5	23.2	57.3	Franco limoso
Teobroma cacao L. “cacao” variedad aromático CPM - 15 con <i>Guazuma Crinita</i> “bolaina blanca”	15.2	22.4	62.4	Franco limoso

#### 4.1.1.2. Densidad aparente

En la Tabla 14, se observa que la mayor densidad aparente lo presentó el sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” con  $1.31 \text{ g/cm}^3$ , mientras el sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca” presentó una densidad aparente  $1.27 \text{ g/cm}^3$ , siendo la densidad más baja, asimismo para Arskead et al., 1996; a que se refiere el Usda (1999) definitivamente no es una propiedad interesante que contrasta con la condición esencial del suelo y puede verse alterada por los cultivos; pisotear criaturas; Montaje mecánico agrícola; y el clima, por el impacto de las gotas de lluvia. Acebedo et al. (2005) especifica que el espesor claro de la tierra puede rellenar como marcador de compactación y limitaciones al desarrollo de las raíces. Las densidades normales de la masa del suelo varían de  $1.0$  a  $1.7 \text{ g/cm}^3$  y en su mayor parte aumentan con la profundidad en el perfil, además las densidades cambian con el contenido de agua, que debe estimarse a la hora de la prueba, mientras que para Usda (1999) las densidades de las partículas minerales se encuentran en suelos arcillosos arenosos entre  $<1.0$  a  $1.7 \text{ g/cm}^3$ ; en suelos de tierra vegetal de  $1.0$  a  $1.5 \text{ g/cm}^3$  y en suelos arcillosos de  $1.5$  a  $1.7 \text{ g/cm}^3$ , Estando los resultados dentro de los rangos de un suelo arcilloso arenoso y un suelo de tierra vegetal como manifiesta ambos autores.

Tabla 14. Densidad aparente de los dos sistemas agroforestales.

Sistema Agroforestal	Densidad Aparente g/cm <sup>3</sup>
Cacao ( <i>Teobroma cacao</i> L.) variedad CCN - 55 con <i>Calycophyllum spruceanum</i> Bent. “capirona”	1.31
<i>Teobroma cacao</i> L. “cacao” variedad aromática CPM15 con <i>Guazuma Crinita</i> “bolaina blanca”	1.27

#### 4.1.1.3. Resistencia a la penetración

El sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” obtuvo mayor resistencia con 1.8 kg/cm<sup>2</sup> y *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca” fue inferior con 1.6 Kg/cm<sup>2</sup>. así mismo Sánchez (2007) hace referencia a que el espesor obvio se basa en el nivel de desprendimiento o Porosidad del suelo, superficie, diseño y sustancia de la materia natural, cualidades que son satisfactorias para el desarrollo radicular en los cuatro marcos de uso del suelo. La protección de entrada identificada con el espesor claro introdujo valores de 1.6 g/cm<sup>2</sup> a 1.8 kg/cm<sup>2</sup> registrados como suelos delicados. Para Usda (1999) con un aumento en el espesor evidente, la obstrucción mecánica incrementará en general y la porosidad del suelo disminuirá en general, estas progresiones limitan el crecimiento de las raíces a cualidades básicas (Tabla 15).

Tabla 15. Resistencia a la penetración en los dos sistemas agroforestales

Sistema Agroforestal	Resistencia a la penetración kg/cm <sup>2</sup>
<i>Teobroma cacao</i> L. “cacao” variedad CCN - 55 con <i>Calycophyllum spruceanum</i> Bent. “capirona”	1.8
<i>Teobroma cacao</i> L. “cacao” variedad aromático CPM15 con <i>Guazuma Crinita</i> “bolaina blanca”	1.6

#### 4.1.1.4. Temperatura del suelo

Para los diferentes sistemas agroforestales mostro una mínima alteración, encontrándose entre los 25.5 °C hasta los 25.7 °C. Usda (1999) especifica que el calentamiento de la tierra dependerá de la medida de la radiación neta que llega a la superficie del mundo debido a que se considera el corto -Equilibrio energético de ondas y ondas largas. La medida de la radiación neta que llega al exterior de la superficie necesita de factores externos a ella. La presencia de una cobertura vegetal significativa reduce la medida de la radiación mundial, no solo por el impacto de la sombra que disminuye la radiación directa, asimismo influye cambiando el albedo (Tabla 16).

Tabla 16. Temperatura del suelo en los dos sistemas agroforestales

Sistema Agroforestal	Temperatura °C
<i>Teobroma cacao</i> L. “cacao” variedad CCN - 55 con <i>Calycophyllum spruceanum</i> Bent. “capirona”	25.5
<i>Teobroma cacao</i> L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con <i>Guazuma Crinita</i> “bolaina blanca”	25.7

#### 4.1.2. Características químicas del suelo en los sistemas agroforestales

El análisis químico del suelo de los diferentes sistemas de uso que son razonables para absorber los nutrientes por las plantas, el mismo que se detalla:

- El suelo del sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” presenta un pH moderadamente ácido (5.96), contenidos medios en materia orgánica (2.92%), nitrógeno (0.13%), fósforo (8.61 ppm) y contenidos bajos en K<sub>2</sub>O (96.21 kg/ha).
- El suelo del sistema *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca” presenta un pH moderadamente ácido con (5.64), contenidos medios

en materia orgánica (2.75%), nitrógeno (0.12%), fósforo (7.58 ppm) y un contenido bajo en  $K_2O$  (83.59 kg/ha).

Fassbender y Bornemisza (1987) hacen referencia a que el pH ideal para el mejoramiento de las plantas se da entre los valores de pH de 6.5 y 7.5 pH más prominentes o no exactamente este alcance traerá consigo problemas de nocividad, siendo los suelos de la agroforestería marcos por debajo de los alcances ideales, la materia natural según el nivel provincial y según los requerimientos de las cosechas para estos marcos se encuentran en niveles normales entre 2.75% a 2.92%, de manera similar, el nitrógeno dio una sustancia media de conducta comparativa de 0.12% a 0.13%; que para Fernández (2006) el nitrógeno puede llegar a la tierra gracias a los compromisos de la materia natural y la obsesión bacteriana del aire. Dentro de la tierra es utilizada por plantas, criaturas y microorganismos que la consolidan en sus tejidos.

Portocarrero (2013) al evaluar el efecto de tres sistemas de uso de suelo sobre indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo en un pueblo Puerto Rico, sus hallazgos indican que el sistema agroforestal tiene resultados efectivos. La estructura del humus, el pH en bosques primarios y sistemas agroforestales está cerca del valor neutral. Mientras que la disponibilidad de fósforo para ambos sistemas es muy alta, debido a los organofosforados de la materia orgánica. Los resultados de la investigación presentan un pH moderadamente ácido, materia orgánica, nitrógeno y fósforo presentan un nivel medio mientras que el potasio es bajo. Mientras que Huaman (2016) al evaluar los indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo en el caserío de Agua Blanca en tres sistemas de plátano, cacao con plátano y purma, sus resultados presentan respuestas muy ácidas con niveles medio en nitrógeno y fósforo, bajo en potasio en todas las parcelas con los cultivos instalados.

Los fósforos accesibles para los marcos agroforestales evaluados dieron a los suelos poca sustancia, este componente se puede atribuir al comienzo de la desintegración de la roca madre durante el ciclo duradero y la medición de todo el fósforo en la tierra, de manera similar, muy bien puede ser una propiedad (Guerrero, 2000).

Los kg/ha de potasio accesibles en los marcos agroforestales introdujeron sustancia desde los 83,59 kg/ha hasta los 96,21 kg/ha. Guerrero (2000) hace referencia a que la variedad de este componente se ve afectada por la fuerza de las desgracias: extracción de cosechas, filtración y desintegración (Tabla 17).

Tabla 17. Características químicas del suelo en los dos sistemas agroforestales.

Sistema Agroforestal	pH	M.O	N	P	K
	1:1	%	%	ppm	kg/ha
<i>Teobroma cacao</i> L. “cacao” variedad					
CCN - 55 con <i>Calycophyllum spruceanum</i> Bent. “capirona”	5.96	2.92	0.13	8.61	96.21
<i>Teobroma cacao</i> L. “cacao” variedad					
aromática CPM - 15 con <i>Guazuma crinita</i> “bolaina blanca”	5.64	2.75	0.12	7.58	83.59

#### 4.2. Cuantificar la macrofauna del suelo presente en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA

##### 4.2.1. Identificación de macrofauna

Se identificaron en total 14 órdenes de macrofauna, en el sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” y 10 órdenes en el sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma crinita* “bolaina blanca”; la Isóptera fue predominante en los dos sistemas, seguido de la Haplotaxida, Isóptera se encontró en mayor proporción en ambos sistemas agroforestales encontrándose 367 individuos por m<sup>2</sup> y 233 individuos m<sup>2</sup>, seguido del orden Haplotáxida con 234 individuos por m<sup>2</sup> y 204 individuos por m<sup>2</sup>, asimismo se encontró en ambos sistemas el orden Isópoda predominando en el sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma crinita* “bolaina blanca” con 184 individuos m<sup>2</sup> y 134 individuos por m<sup>2</sup>, finalmente en el sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” el orden Himenóptera fue mayor con 49 individuos m<sup>2</sup>. Ríos (2019) evaluó la densidad y biodiversidad de los sistemas de uso del suelo en Palo de Acero, provincia de Huamalies; realizando la caracterización física y química, identificación y estimación de especies macroscópicas, densidad y biodiversidad, relaciones entre especies macroscópicas y fitoplanctónicas. Propiedades físicas y químicas de suelos a diferentes

profundidades en sistemas de uso de suelo, banano, cacao y maíz). Los biomarcadores se encuentran en 15 órdenes de magnitud, principalmente membranosos, seguidos de Haplotaxides, Isoptera y finalmente Isópodos. Mientras que BROWM *et al.* (2001) en un examen realizado en la Amazonía peruana, se evaluaron 127 redes de macrofauna de 37 áreas y 9 tipos de ambientes, rastreando que la macrofauna incorpora más de 14,500 especies de 18 encuentros. Las secuelas de su investigación mostraron, prestando poca atención al tipo de sistema biológico, un predominio de gusanos en biomasa y de insectos en plenitud, termitas involucrando el tercer punto en abundancia, y que el agravamiento influye enfáticamente en prácticamente todas las tertulias. Una reunión significativa de la macrofauna edáfica demostrada, es el de las crías de coleópteros (Tabla 18).

Cuadro 18. Grupos taxonómicos identificados por profundidad en dos sistemas agroforestales.

Grupo Taxonómico (Clase u Orden)	Nombre Común	Cacao con capirona				Cacao con bolaina blanca			
		10 cm	20 cm	30 cm	Total	10 cm	20 cm	30 cm	Total
Díptera	Moscas y mosquitos	31	0	0	31	17	0	0	17
Coleóptera	Escarabajos	32	9	0	42	41	11	0	52
Araneae	Arañas	23	0	0	23	10	1	0	10
Haplotaxida	Lombrices de tierra	195	36	3	234	164	36	3	204
Diplopoda	Milpiés	11	0	0	11	0	0	0	0
Himenóptera	Hormigas	48	1	0	49	12	3	0	15
Isópoda	Cochinillas	119	15	0	134	149	33	2	184
Dictióptera	Cucarachas	22	5	0	27	0	0	0	0
Hemíptera	Chinches y salta hojas	26	4	0	30	9	2	0	11
Isóptera	Termitas	337	26	4	367	201	27	5	233
Orthóptera	Grillos	37	0	0	37	19	2	0	21
Lepidóptera	Oruga	11	4	0	15	0	0	0	0

Dermaptera	Tijeretas	14	0	0	<b>14</b>	0	0	0	<b>0</b>
Paurápodos	NN	9	4	0	<b>13</b>	9	1	0	<b>10</b>
<b>TOTAL</b>		<b>916</b>	<b>104</b>	<b>7</b>	<b>1028</b>	<b>631</b>	<b>117</b>	<b>10</b>	<b>758</b>

#### 4.2.2. Densidad y biomasa de la macrofauna edáfica

Los suelos del sistema agroforestal *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” presentaron mayor cantidad de individuos con una densidad de 1,028 ind/m<sup>2</sup> y con menor densidad el sistema *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca” con 758 ind/m<sup>2</sup>. Porta y col. (1999) especifica que la riqueza y la biomasa de invertebrados variaron mucho con el uso de la tierra (tratamiento) y la profundidad (capa), lo que produjo las mayores poblaciones y biomasa en la capa superficial (edad 0–10 cm). La presencia de invertebrados varía mucho según el uso del suelo y la estabilidad de las condiciones ambientales naturales, incluido el aislamiento (temperatura), la viscosidad relativa, las técnicas de vegetación geométrica (zonificación) y el compromiso de reducir la masa de vegetación.

De la misma manera la biomasa total de la macrofauna del suelo fue mayor en *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca” pesentó (14.1 g/m<sup>2</sup>) y por último el sistema *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” con 7.12 g/m<sup>2</sup> (Tabla 19). En general, los seres vivos edáficos favorecen las condiciones húmedas. Decäens et al (2001) atribuye la disminución de la riqueza, el espesor y la biomasa completa de la macrofauna de la tierra, a la utilización de agroquímicos, a la disminución de la formación de raíces y al cambio del microclima de la tierra; mientras para las profundidades evaluadas el sistema agroforestal cacao variedad aromático CPM 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca” fue mayor a los 0-10 cm y 20-30 cm de profundidad, finalmente el sistema *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 15 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” presentó bajas densidades en la profundidad de 20 a 30 cm.; Ríos (2019) evaluó la densidad y biodiversidad de los sistemas de uso del suelo en Palo de Acero, provincia de Huamalies; Realizó una evaluación cuantitativa de la macrofauna, la densidad, la biodiversidad y la relación entre la composición de la macrofauna y las propiedades físicas y químicas de los suelos a diferentes profundidades en los sistemas de uso de la tierra (pasto, cultivos

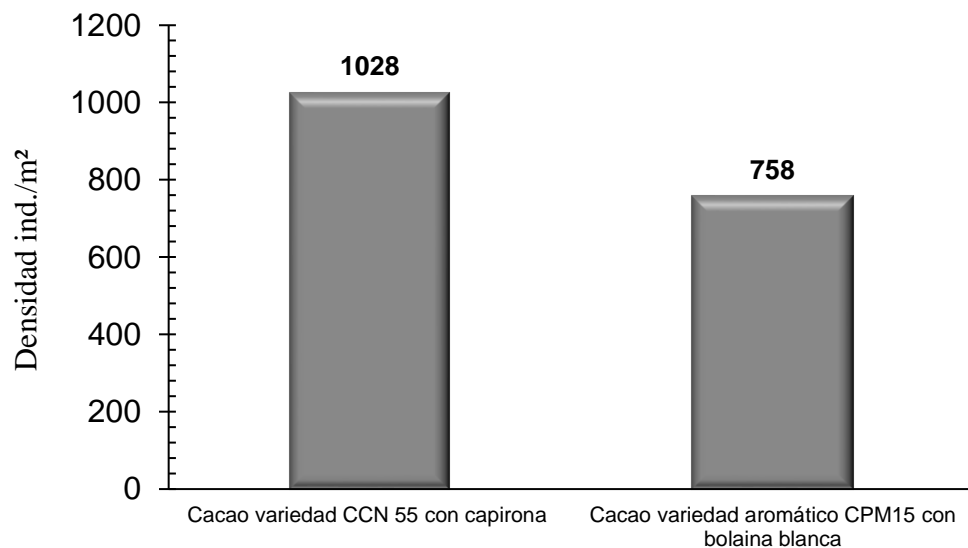


de plátano, cacao y maíz). Los resultados encontrados son densidad (63 ind/m<sup>2</sup> a 84 ind/m<sup>2</sup>), biomasa (7.95 g/m<sup>2</sup> a 10.78 g/m<sup>2</sup>), diversidad y densidad principalmente en gramíneas y plantas con mayor número de individuos, que son indicadores de actividad. Importante para el mantenimiento y la calidad del suelo.

Del mismo modo, las estructuras de recorte anuales concentradas pueden ofrecer una compactación ampliada; por lo tanto, hay una disminución marcada en la complejidad y seguridad del área local natural de tierra (Tabla 19).

Tabla 19. Densidad y biomasa de macrofauna del suelo en los sistemas agroforestales

Sistema Agroforestal	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	Biomasa (g/m <sup>2</sup> )
<i>Teobroma cacao</i> L. “cacao” variedad CCN - 55 con <i>Calycophyllum spruceanum</i> Bent. “capirona”	1,028	7.12
<i>Teobroma cacao</i> L. “cacao” variedad aromática CPM15 con <i>Guazuma Crinita</i> “bolaina blanca”	758	14.1



**Sistemas agroforestales**

Figura 3. Densidad de la macrofauna del suelo en los sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.

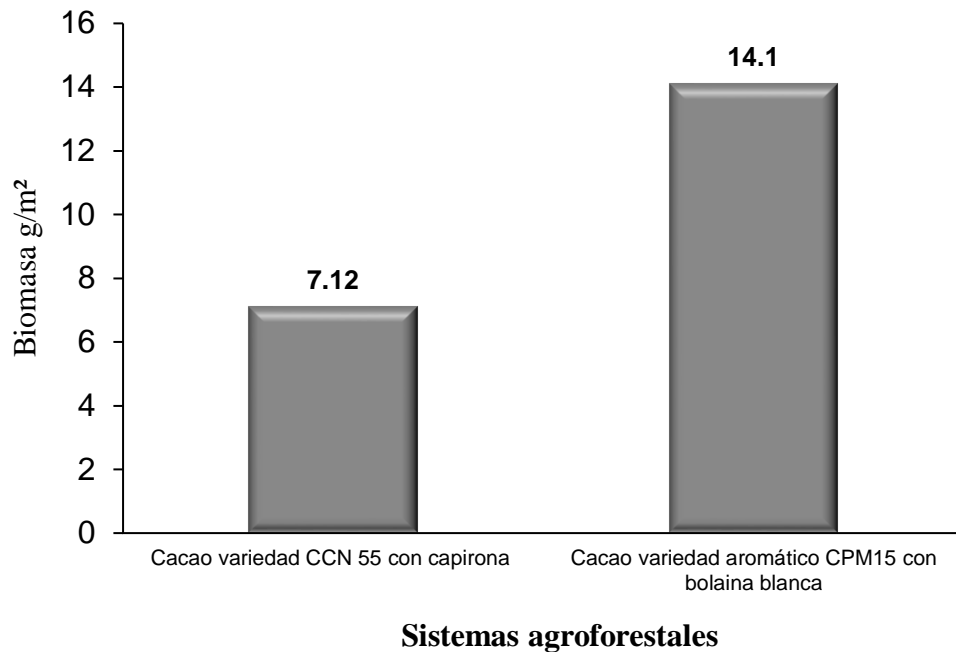


Figura 4. Distribución de la biomasa de la macrofauna del suelo en los sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA.

#### 4.3. Estimar la densidad y biomasa de macrofauna presente a diferentes profundidades del suelo en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA

El sistema agroforestal *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” presentó mayor densidad de macrofauna a las profundidades de 0 - 10 cm 916 ind/m<sup>2</sup>, asimismo el sistema agroforestal *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca”, a la profundidad de 10 - 20 cm con 117 ind/m<sup>2</sup> fue superior al otro sistema, como muestra el (Tabla 20). En general, los seres vivos edáficos favorecen las condiciones húmedas. En estados de deficiencia de agua, se mueven a las partes más profundas del perfil y circulan de una manera más total (Verhoef Y Van Selm, 1983), las altas densidades en estos marcos se deben potencialmente a la accesibilidad de alimentos variados que estos marcos presentes. en la superficie del suelo.

Porta y col. (1999) especifica que la riqueza y la biomasa de invertebrados fluctúan principalmente con el uso de la tierra (tratamiento) y la profundidad (capa), produciendo las mayores poblaciones y biomasa en una capa superficial (hojarasca y 0-10 cm).

Tabla 20. Densidad de macrofauna en los sistemas agroforestales a diferentes profundidades del suelo.

Profundidad	Sistema Agroforestal	
	Theobroma cacao L. “cacao” variedad CCN - 55 con <i>Calycophyllum spruceanum</i> Bent. “capirona” (ind/m <sup>2</sup> )	<i>Theobroma cacao</i> L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con <i>Guazuma Crinita</i> “bolaina blanca” (ind/m <sup>2</sup> )
0 - 10	916	631
10 - 20	104	117
20 - 30	8	10

La Figura 5, muestra la densidad de la macrofauna del suelo en los sistemas agroforestales, mostrando un descenso a medida que aumenta la profundidad, donde el sistema agroforestal *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” fue superior al otro sistema agroforestal.

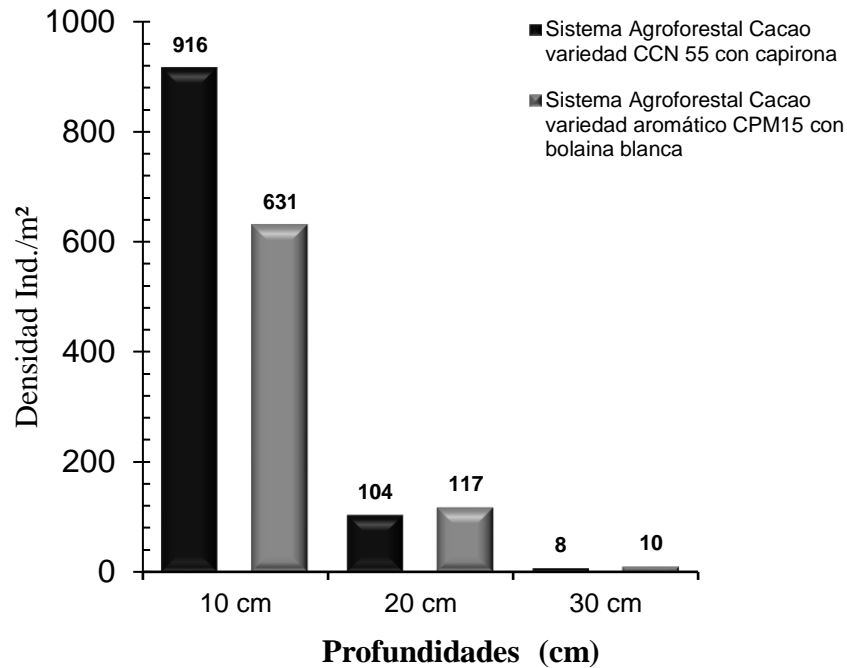


Figura 5. Densidad de la macrofauna a diferentes profundidades de muestreo.

El *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca” presentó mayor biomasa en los estratos de 0 - 10 cm y 20 - 30 cm con 6.33 g/m<sup>2</sup> y 4.65 g/m<sup>2</sup> respectivamente, en comparación con el sistema *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” en las tres profundidades de muestreo como muestra el Tabla 21.

Decäens et al (2001) atribuye la disminución de la riqueza, el espesor y la biomasa completa de la macrofauna de la tierra, a la utilización de agroquímicos, a la disminución de la formación de raíces y al cambio del microclima de la tierra; Del mismo modo, las estructuras de recorte anuales concentradas pueden ofrecer una compactación ampliada; por lo tanto, hay una disminución marcada en la complejidad y seguridad del área local natural de tierra.

Tabla 21. Biomasa de macrofauna en diferentes sistemas agroforestales y a diferentes profundidades del suelo.

Sistema Agroforestal		
Profundidad	<i>Theobroma cacao</i> L. “cacao” variedad CCN – 15 con	<i>Theobroma cacao</i> L. “cacao” variedad aromática CPM - 15

	<i>Calycophyllum spruceanum</i> Bent. “capirona” (g/m <sup>2</sup> )	con <i>Guazuma Crinita</i> “bolaina blanca” (g/m <sup>2</sup> )
0-10	5.34	6.33
10-20	1.65	4.65
20-30	0.13	3.12

La Figura 6, muestra que la biomasa de la macrofauna presentándose en mayor cantidad en los suelos con *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca”.

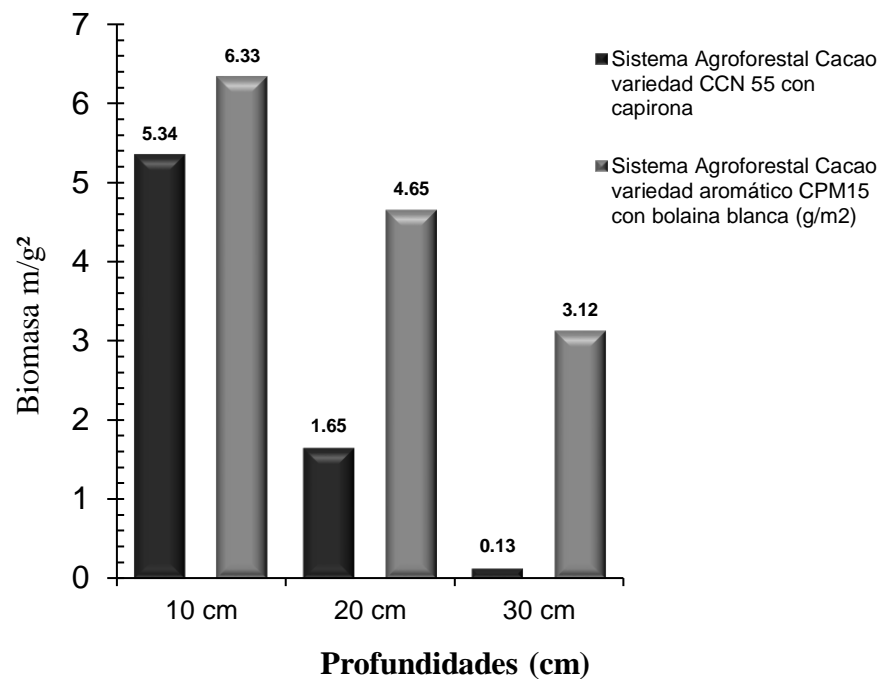


Figura 6. Distribución de la biomasa a diferentes profundidades de muestreo en los sistemas agroforestales en el fundo la ALBORADA.

#### 4.3.1. Diversidad de Shanon . Wiener (H')

En lo que respecta a la macrofauna edáfica de los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA en el sector Papayal, muestra que el sistema agroforestal de *Theobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” tiene una mayor

diversidad con 2.86, mientras el sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca” es menos diverso presenta un valor de 2.43 (Tabla 22). Para PLA (2006) los valores del índice de diversidad normalmente encontrados en ecosistemas son entre 1 a 4.5, además que los valores menores a 3 son comúnmente bajos en diversidad de especies, pero que los valores máximos pueden estar próximos a 5, donde se interpretaría como ecosistema con una mayor diversidad de especies. Respecto a nuestros resultados se tuvo valores entre 2.86 en el sistema agroforestal de *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” y de 2.43 en el sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca” quedando demostrado que presentan una baja diversidad por presentar valores menores de lo que el autor menciona.

Tabla 22. Diversidad de Shanon, Wiener de los dos sistemas agroforestales.

Sistema Agroforestal	Índice de Diversidad de Shannon - Wiener ( $H'$ )
Cacao ( <i>Teobroma cacao</i> L.) variedad CCN - 55 con <i>Calycophyllum spruceanum</i> Bent. “capirona”	2.86
<i>Teobroma cacao</i> L. “cacao” variedad aromática CPM15 con <i>Guazuma Crinita</i> “bolaina blanca”	2.43

#### 4.4. Comparar las propiedades físicas y químicas del suelo con la macrofauna en los dos sistemas agroforestales en el fundo ALBORADA

En la Tabla 23, se observa el ANVA correlacional del pH con la densidad total de la macrofauna edáfica en el suelo a una profundidad de 0 – 10 cm, donde la suma de cuadrados y la media cuadrática es de 124.35 con un p-valor de 0.0408, la densidad de la macrofauna de los sistemas agroforestales está en función a la cantidad de pH disponible en el suelo. Para Sánchez (2007) la respuesta del suelo es quizás la principal propiedad compuesta de una tierra, como mecanismo de desarrollo de las plantas, que se comunica en cuanto al pH. Mientras que para Navarro (2003) los microorganismos y actinomicetos funcionan mejor en suelos con estimaciones

de pH de 5.0 a 6.5 y <5.0. Su movimiento se ve especialmente disminuido cuando el pH está por debajo de 5,5. La nitrificación y la obsesión por el nitrógeno ambiental, por ejemplo, posiblemente ocurren cuando el pH es más notable que 5; y la aminización y la amonificación disminuyen significativamente a un pH más bajo.

Tabla 23. ANVA correlacional pH y la densidad de la macrofauna profundidad (0 – 10 cm).

Correlación Pearson	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Regresión	124.35	1	124.35	253.02	0.0408
Residuo	124.35	1	124.35	253.02	0.0408
Total	128.67	2			

La Figura 7, muestra la correlación lineal de pH y la densidad de la macrofauna edáfica a una profundidad de 0 a 10 cm, obteniendo la ecuación, Densidad de la macrofauna =  $-458.04(\text{pH}) + 2753.30$ , la densidad de la macrofauna de los sistemas agroforestales está en función a la cantidad de pH disponible en el suelo.

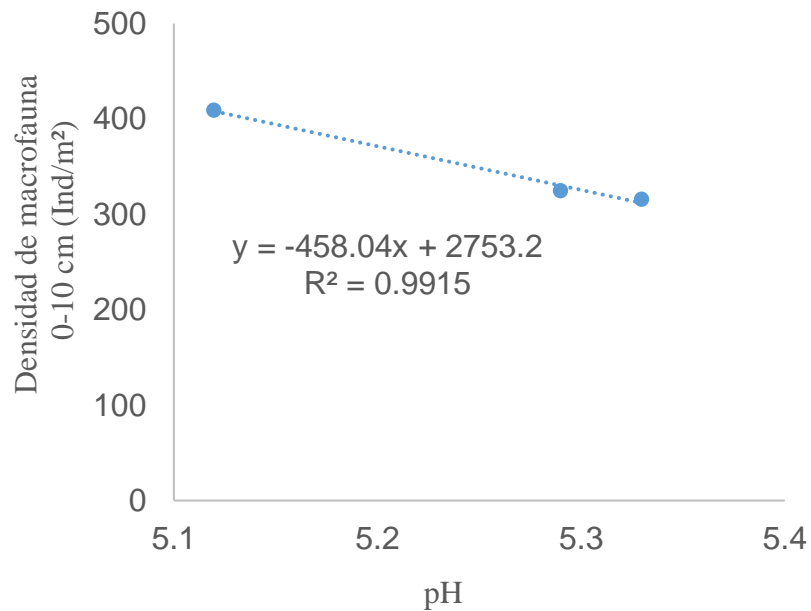


Figura 7. Correlación lineal pH y la densidad de la macrofauna edáfica de 0 – 10 cm.

En la Tabla 24, se observa la relación del porcentaje de la materia orgánica con la densidad total de la macrofauna edáfica en el suelo a una profundidad de 0 – 10 cm, donde la suma de cuadrados y la media cuadrática es de 125.23 con un p-valor de 0.0304, la densidad de la macrofauna de los sistemas agroforestales está en función a la cantidad de materia orgánica disponible en el suelo. Fassbender, 1987; Navarro, (2003) manifiesta que la materia natural (Tabla 4) está compuesta por las mezclas de origen orgánico que se asoman en la tierra, de igual manera las acumulaciones de las plantas establecen el material único fundamental de la materia natural de la tierra. Inpofos, (1988) hace referencia que la materia orgánica del suelo se compone de acumulaciones de plantas y criaturas en diferentes grados de deterioro. Para Ríos (2019) La densidad aparente y la materia orgánica están directamente relacionadas con la flora del fitoplancton y son indicadores importantes de la actividad biológica para mantener la calidad del suelo. Mientras que para NORIEGA (2018) la relación entre las características físicas, químicas y biológicas determino que la densidad de los microorganismos en el suelo mantiene un efecto positivo con el contenido de nitrógeno, donde a un mayor contenido de materia orgánica en el suelo conllevaría a una distribución de la resistencia a la penetración.

Tabla 24. ANVA correlacional % de materia orgánica y la densidad de la macrofauna profundidad (0 – 10 cm).

Correlación Pearson	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Regresión	125.23	1	125.23	194.71	0.0304
Residuo	125.23	1	125.23	194.71	0.0304
Total	126.23	2			

La Figura 8, muestra la correlación lineal % de materia orgánica y la densidad de la macrofauna edáfica a una profundidad de 0 a 10 cm, obteniendo la ecuación, Densidad de la macrofauna = -659.30 (materia orgánica) + 2011.40, la densidad de la macrofauna de los sistemas agroforestales está en función a la cantidad de materia orgánica disponible en el suelo.



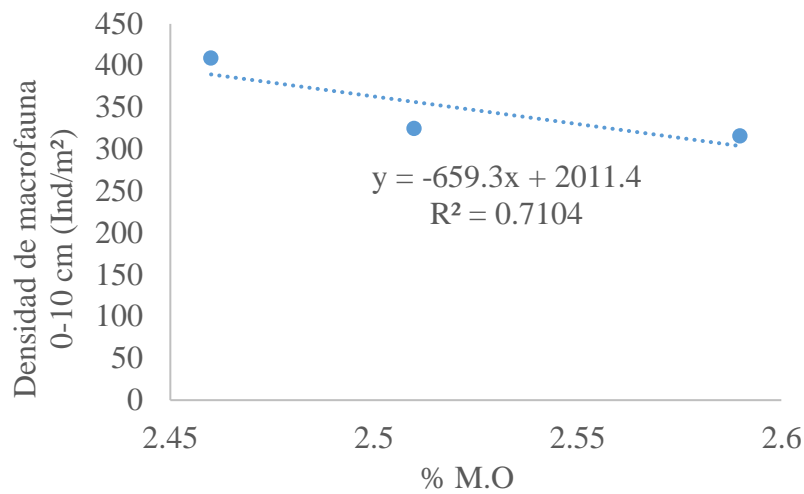


Figura 8. Correlación lineal % de materia orgánica y la densidad de la macrofauna edáfica de 0 – 10 cm.

En el Tabla 25, se observa la relación del nitrógeno con la densidad a una profundidad del suelo de 0 a 10 cm, donde la suma de cuadrados y la media cuadrática es de 185.42 con un p-valor de 0.0408, La abundancia de invertebrados y biomasa varía ampliamente según el uso del suelo y la profundidad (la estratigrafía), con las poblaciones más grandes y la biomasa predominante en el estrato superficial (hojarasca). El nitrógeno puede llegar al suelo a través de aportes de materia orgánica (estiércol) y residuos de cultivos y la fijación bacteriana en la atmósfera. (Sánchez, 1981).

Tabla 25. ANVA correlacional % de nitrógeno y la densidad de la macrofauna edáfica.

Correlación Pearson	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Regresión	185.42	1	185.42	242.23	0.0408
Residuo	185.42	1	185.42	242.23	0.0408
Total	186.19	2			

La Figura 9, muestra la correlación lineal % de nitrógeno y la densidad de la macrofauna edáfica a una profundidad de 0 a 10 cm, con el porcentaje de nitrógeno, obteniendo la ecuación, Densidad de la macrofauna 0 - 10 cm = -13607 (% de nitrógeno) + 1855.90, la densidad de la macrofauna de los sistemas agroforestales está en función a la cantidad de nitrógeno disponible en

el suelo. Porta et al. (1999), los macro invertebrados, además del metabolismo de los nutrientes, contribuyen a la formación de sus cuerpos, enriquecen el ambiente y prefieren la presencia de descomponedores y microorganismos. La abundancia y la biomasa de invertebrados variaron ampliamente según el uso de la tierra (lo que no se demuestra en este estudio) y la profundidad (capas del suelo), siendo las poblaciones y la biomasa más grandes predominantes en la capa superficial (hojarasca y 0 – 10 cm).

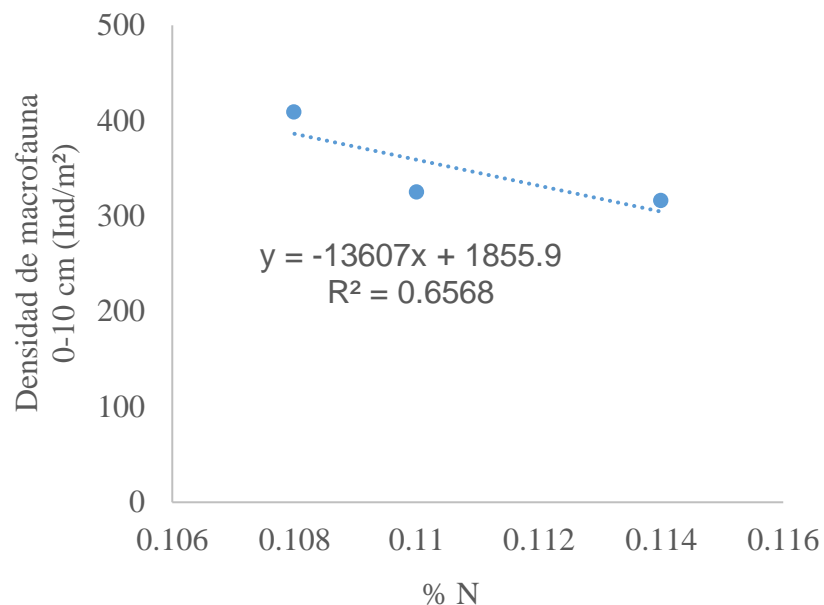


Figura 9. Correlación lineal % de nitrógeno y la densidad de la macrofauna edáfica de 0 – 10 cm.

En el Tabla 26 se observa; la correlación lineal % de P con la Densidad de la macrofauna a una profundidad de 0 – 10 cm, donde la suma de cuadrados y la media cuadrática es de 185.42 con un p-valor de 0.0408, la densidad de la macrofauna de los sistemas agroforestales está en función a la cantidad de fósforo disponible en el suelo, donde por cada incremento unitario en este parámetro, habrá un aumento de la macrofauna. El nitrógeno puede llegar al suelo a través de aportes de materia orgánica (estiércol (estiércol) y residuos de cultivos) y la fijación bacteriana de la atmósfera. (Sánchez, 1981).

Tabla 26. ANVA correlacional % de P disponible y la densidad de la macrofauna edáfica.

Correlación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	f	p-valor
Regresión	185.42	1	185.42	242.23	0.0408
Residuo	185.42	1	185.42	242.23	0.0408
Total	186.19	2			

La Figura 10, muestra la correlación lineal % de fósforo y la densidad de la macrofauna edáfica a una profundidad de 0 a 10 cm = 276.7 (P disponible) – 1466.4, la densidad de la macrofauna de los sistemas agroforestales está en función a la cantidad de fósforo disponible en el suelo, donde por cada incremento unitario en este parámetro, habrá un aumento de la macrofauna. los apartados considerados por Sevilla et al. (2002) al atribuirle que en un suelo con mejor calidad se encuentran mayor diversidad de grupos depredadores lo que conlleva a ser elevado tanto la densidad y la biomasa de estos organismos, Westin y De Brito (1969) mostró que la mayor parte del fósforo en el suelo no podía ser utilizado por las plantas, debido a su naturaleza insoluble; Para ser biodisponible, este componente debe encontrarse en forma de  $H_2PO_4$  o  $H_2PO_4^-$  = en la descomposición del suelo, de modo que su sustancia se una a la del material natural ya la superficie del suelo.

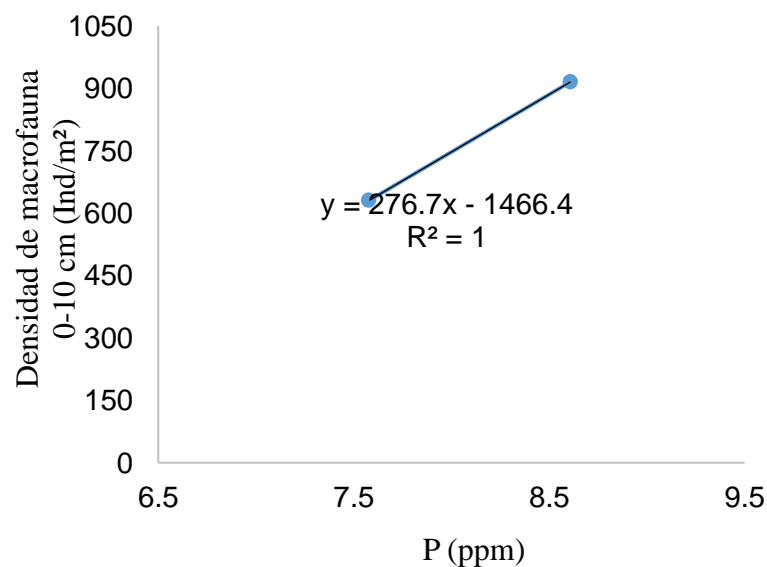


Figura 10. Correlación lineal de % fósforo (ppm) y la densidad de la macrofauna edáfica de 0 – 10 cm.

En el Tabla 27, se observa la relación de la resistencia a la penetración con densidad de la macrofauna a los 10 cm con la resistencia a la penetración, donde la suma de cuadrados de 239.56, la media cuadrática es de 185.42 con un p-valor de 0.0376, la densidad de la macrofauna en los sistemas agroforestales está en función de la resistencia del suelo al parasitismo. USDA (1999) A medida que aumenta el espesor aparente, la estructura mecánica general aumentará y la porosidad del suelo generalmente disminuirá, lo que limitará el crecimiento de las raíces. Permeabilidad del suelo en el rango bajo  $>2 \text{ g/cm}^3$ , medio  $2 \text{ g/cm}^3$  y alto o medio  $<2 \text{ g/cm}^3$ .

Cuadro 27. ANVA de la relación de la densidad de la macrofauna a los 10 cm con la resistencia a la penetración del suelo.

Correlación Pearson	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Regresión	239.56	2	185.42	310.98	0.0376
Residuo	239.56	1	185.42	310.98	0.0376
Total	186.19	3			

La Figura 11, muestra la correlación lineal de la resistencia a la penetración ( $\text{kg/cm}^2$ ) y la densidad de la macrofauna edáfica de 0 – 10 cm obteniendo la ecuación, Densidad de la macrofauna a los 10 cm =  $1425 (\text{resistencia a la penetración}) - 1649$ , la densidad de la macrofauna de los sistemas agroforestales está en función a la resistencia a la penetración del suelo, ya que para Zerbino y Morón (2003), al estar en actividad macrofauna se generan rupturas, mover y mezclar suelo mediante la construcción de galerías, nidos, sitios de alimentación, madrigueras o cabañas.

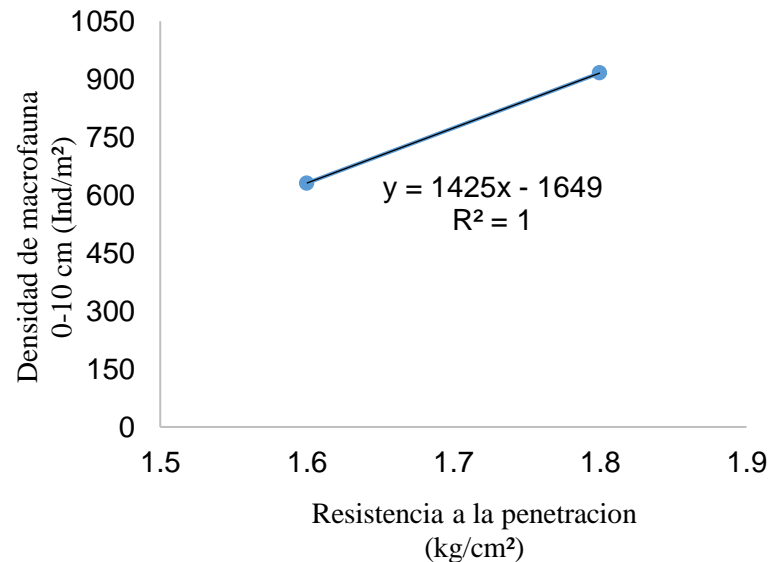


Figura 11. Correlación lineal de la resistencia a la penetración (kg/cm<sup>2</sup>) y la densidad de la macrofauna edáfica de 0 – 10 cm.

## V. CONCLUSIONES

1. Las propiedades físicas y químicas de los sistemas agroforestales *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” y *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca” son sensibles al manejo agrícola y por ende a los cambios que se puedan realizar en este.
2. Los indicadores biológicos se identificaron con 14 órdenes taxonómicas en la macrofauna del suelo, en el sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” y 10 en el sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma crinita* “bolaina blanca”; predominó el orden Isoptera con 367 individuos por m<sup>2</sup> y 233 individuos m<sup>2</sup> respectivamente, seguida por el orden Haplotáxida con 234 individuos por m<sup>2</sup> y 204 individuos por m<sup>2</sup>.
3. La densidad de macrofauna en el sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* Bent. “capirona” es de 1028 ind.m<sup>-2</sup>, biomasa de la macrofauna es de 7.12 g/m<sup>2</sup> y diversidad baja, en el sistema agroforestal *Teobroma cacao* L. “cacao” variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* “bolaina blanca” la densidad de especies es de 758 ind.m<sup>-2</sup>, la biomasa de 14.1 g/m<sup>2</sup> y diversidad baja.

4. Se realizó la comparación los indicadores físicos y químicos del suelo con la abundancia de la macrofauna, encontrando en los sistemas agroforestales una relación entre el porcentaje de materia orgánica, nitrógeno, fosforo disponible, resistencia a la penetración del suelo en función de la densidad de la macrofauna edáfica del suelo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Trabajar la riqueza y la biomasa edáfica del suelo en los dos sistemas agroforestales para tener como línea base y que sirva como indicador de la complejidad estructural del hábitat de estos individuos en los sistemas de uso.
2. Los marcadores propuestos son satisfactorios para filtrar el compuesto y la naturaleza real del suelo, ya que no son difíciles de medir y son delicados para las variedades en la administración y el medio ambiente en los dos marcos agroforestales.
3. Hacer los archivos de variedad orgánica por taxones, para decidir los taxones más diferentes en los dos marcos agroforestales y relacionarlos con las propiedades de la tierra.
4. Comparar con un suelo original como referencia o control con los registros de variedades naturales para relacionarlos con las propiedades físicas y sustanciales de los dos marcos agroforestales y los marcos distintivos de uso de la tierra.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, E., Carrasco, A., León, O., Silva, P., Castillo, G., Borie, G., Martínez, E., González, S., Ahumada, I. (2005). Criterios de calidad del suelo agrícola. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/informe>, 22 Feb. 2020).
- Álvarez, R. (2008). Edafología y CLimatología Forestal. Tema 8 – Factores formadores del suelo. [EN LINEA]: Uhu, ([www.uhu.es/03010/Tema8.PDF](http://www.uhu.es/03010/Tema8.PDF), 16 Nov. 2020).
- Alvear, M., Reyes, F., Morales, A., Arriagada, C., Reyes, M. (2007). Actividad biológica y agregados estables al agua en dos tipos de formaciones vegetales de un bosque templado del Centro-Sur de Chile con perturbación antrópica. *Ecología*.
- Arévalo, L., Sanco, M. (2002). Manual de laboratorio para análisis físico químico del suelo. S.I. ICRF – CHEMONICS. 48 p.
- Arzuaga, S., López, F., Dalurzo, C., Vásquez, S. (2005). Fósforo total fósforo orgánico y fosfatasa acida, en entisoles, alfisoles y vertisoles de corrientes con diferentes usos agrícolas. Universidad nacional del nordeste. Cátedra de edafología. A-066.
- Auki, M., Sereno, R. (2006). Grupo de Gestión Ambiental de Suelos y Agua. Facultad de Ciencias Agropecuarias, U.N.C. Av. Valparaíso s/n, Ciudad.

- Azabache, L.A. (1991). Fertilidad de suelos. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. 06 – 11 p.
- Bautista, C., Etchevers, B., Del Castillo, R., Gutiérrez, C. (2004). La calidad de los suelos y sus indicadores. [En línea]: (**¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.**, 30 de Nov. 2020).
- Brown, G.G., Fragoso, I., Barois, P., Rojas, J., Patrón, J., Bueno, A., Moreno, P. (2001). Diversidad y Rol Funcional de la Macrofauna Edáfica en los Ecosistemas Tropicales Mexicanos. México. 100 p.
- Calderón, F. (1999). Metodologías para el análisis químico del suelo. Labs. 6 junio. 1999.
- Claudia, S. (2003). Evaluación de la actividad microbiológica de suelo. Rev.dfg. uchile. Universidad de Chile. Microbiología. 3- 6.
- Cárdenas, P. (2008). Determinación de la mesofauna del suelo bajo diferentes coberturas en Tingo María. Tesis para optar el Título de Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 77 p.
- Cepeda, D. (1991). Química de Suelos. 2 ed. Trillas S.A., México. 167 p.
- Cotrina, H.L. (2011). Evaluación de la calidad del suelo y de la diversidad de su macrofauna en cacaotales y bosques de Bocas del Toro, Panamá. Informe de Investigación. Proyecto Cacao Centroamérica, CATIE. Panamá. 56 p.
- Contantinesco, L. (1976). Conservación de suelos para países de desarrollo. Boletín N° 10 FAO. Roma.
- Chen, Z. (2000). Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops. [En línea]: (<http://www.fftc.agnet.org/>, 12 Feb. 2021).
- Daubenmire, R. (1993). Tratado de auto ecológico de plantas. 5ª Ed. Omega, Madrid, España.
- De Aguiar, M. (2008). Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais – Brasil.
- Decäens, T., Lavelle, P., Jiménez, J., Escobar, G., Rippstein, G., Schneidmadl, J., Sanz, J., Hoyos, P., Thomas, R. J. (2001). Impact of land management on soil macrofauna in the eastern plains of Colombia. In Jiménez, J.J.; Thomas, R. J. U. (Eds.). Nature's Plow: Soil macroinvertebrate communities in the Neotropical savannas of Colombia. Cali, CIAT. Publicación CIAT no. 324.19-41 p.



- Decaëns, T, Lavelle, P., Jiménez, J. J., Escobar, G. And Rippstein, G. (1994) 'Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia', *European Journal of Soil Biology*, vol. 30, pp. 157–168.
- Delgado, R., España, M. (1999). Evaluación de la biomasa microbiana por los métodos fumigación-incubación y fumigación-extracción y su relación con la disponibilidad de nitrógeno en suelos de Venezuela. Instituto de Investigaciones en Recursos Agroecológicas. Apdo. 4846. Maracay 2101. Estado Aragua. Venezuela.
- Donahue R, Miller R y Shichluna J. (1999) "Introducción a los Suelos y al crecimiento de las plantas". Editorial Prentice hall Internacional.
- Doran, J., Lincoln, N. (1999). Guía para la evaluación de la calidad del suelo. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi>, Documento, 22 Nov. 2020).
- Dubs, F., Lavelle, P., Brennan, A, Eggleton, P., Haimi, J., Ivits, E., Jones, D., Keating, A., Moreno, A.G., Scheidegger, C., Sousa, P., Szel, G., WATT, A. (2004). Soil macrofauna response to soil, habitat and landscape features of land use intensification: an European gradient study. In *International Colloquium on Soil Zoology and Ecology*. (14, 2020, France). Session 7. Functional groups and valuation as indicators of soil fauna. 252 p.
- Estrada, J. (1976). Fertilidad de suelos. Ed. Agronomía. La Molina. Lima, Perú.
- Fao. (2001). Soil Biodiversity: What is it? Soil Biodiversity: Portal. Land and Water (AGL). [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/soilbtxt.htm>. Documento, 22 de febrero 2016).
- Farrel, J., Altieri, M. (1999). Sistemas agroforestales. En: ALTIERI, Miguel. Agroecología. Bases Científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Nordan, Comunidad. 243 p.
- Fassbender, H. (1975). Química de suelos con énfasis en Suelos de América Latina. 2 ed. IICA. San José, Costa Rica. 404 p.
- Fassbender, H. (1987). Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. IICA, San José, Costa Rica.
- Fassbender, H., Bornemisza, E. (1987). Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. IICA. San José, Costa Rica. 40 p.
- Ferreras L, Magra G; Besson P; Kovalevski E; García F., (2007). Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de argentina bajo siembra directa. *Ci. Suelo (Argentina)* 25(2): 159-172.

- Ferreras L, Toresani S, Bonel B, Fernandez E, Bacigaluppo S, Faggioli V, Beltrán C. (2009). Parámetros químicos y biológicos como indicadores de calidad del suelo en diferentes manejos. *Ci. Suelo (Argentina)*. 27(1):103-114.
- Filgueira R, Soracco CG, Sarli GO, Fournier LL. (2006). Estimación de las propiedades hidráulicas de suelos por mediciones a campo y el modelo de flujo estacionario y transitorio. *Ci. Suelo (Argentina)*. 24:0-0.
- Forsythe, W. (1975). Física de suelos. Manual de laboratorio. IICA. México.
- Flores, Y. 1998. Síntesis de efectos ecológicos negativos de las plantaciones forestales. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA). 8 p.
- Icraf. (1982). Citado por: ALTIERI, Miguel. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Nordan, Comunidad. 243 p.
- Guerrero, A. (2000). El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. 2ª reimpresión. Edit. Aedos S.A. España.
- Guzman, G., Gonzales, M., Sevilla, E. (2000). Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Ed. Aedos S.A. Ediciones mundi prensa. Madrid, España. 535p.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2006). Metodología de investigación. 4 ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 736 p.
- Holdridge, L. (1986). Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- Huaman, O. (2016). “Indicadores de la calidad de suelos en tres sistemas de uso de la tierra, sector Shitari, Huamalíes”. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables – mención Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Peru. 73 p.
- Inpofos, (1988). Manual de Fertilidad de los Suelos.
- Karlen, L., Mausbach, M., Doran, J., Cline, F., Harris, E. (1997). Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:4–10.
- Kramer, P. (1989). Relaciones hídricas de suelos y plantas. Una síntesis moderna. Industria editorial Mexicana, Reg. N° 723. México. Pág. 533.
- Lavelle, P., Spain, A. V., Blanchart, E., Martin, A., Martin, S. (1992). The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. En: *Myths and Science of Soils of the Tropics*. SSSA Special Publication. Madison Wisconsin. pp. 157-185.

- Lavelle, P. (1997). Efectos causados por las lombrices en la materia orgánica (MO) del suelo a diferentes niveles de una escala temporal y una espacial. 65 p.
- Lok, S. (2005). Determinación y selección de indicadores del sistema suelo-pasto en pastizales dedicados a la producción del ganado vacuno. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de ciencia animal. Cuba. 119 p.
- Martínez, E. (2003). Reacción del suelo (pH). Rev. Batuco. Universidad de Chile. 1-34.
- Minag. 2011. Cadena agropecuaria de papa. Manejo y fertilidad de suelos. Guía técnica de orientación al productor. 50 p.
- Montagnini, F. et al., (1992). Sistemas agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. Costa Rica: organización para Estudios Tropicales. 624 p.
- Morón, M.A. (2007). Los insectos como reguladores del suelo en los agroecosistemas. In Reunião Sul-Brasileira sobre Pragas de Solo. (8., 2001, Londrina, Brasil). p. 45-57.
- Moscatelli, G., Sobral, R., Nakama, V. (2005). Nueva tendencia para conocer el estado de los suelos. [En línea]:(<http://www.inta.gov.ar/>, Artículo, 07 Dic. 2020).
- Navarro, G. (2003). Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal. 2 ed. Mundi Prensa, España.
- National Resource Conservation Soil (NRCS) (2004). What is soil quality. [En línea]: USDA ([http://soils.usda.gov/sqi/soil\\_quality/what\\_is/](http://soils.usda.gov/sqi/soil_quality/what_is/), documento, 15 Ene. 2018).
- Pagiola, L., Ota, M. (1997). La diversidad biológica o biodiversidad. Citado por ALTIERI. 33 p.
- Pashanasi, B. (2001). Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia peruana. Folia Amazónica. Lima, Perú. 12(1-2): 75-797.
- Pla. L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Scielo-
- Porta, M., López, A., Roquero, C. (1999). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2ed. Ediciones Mundi Pren. Bilbao, España. 622 p.
- Reynel, C., Pennington, T.D., Pennington, R.T., Flores, C., Daza, A. (2003). Árboles útiles de la Amazonía peruana y sus usos. Manual de identificación ecológica y propagación de las especies. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 509 p.
- Roldan, M., Venialgo, C., Gutierrez, N. (2004). Potasio disponible de reserva y energía de reemplazamiento en suelos y el nivel foliar en rye grass. Universidad nacional del nordeste. Cátedra de conservación y manejo del suelo. Argentina. A-072.

- Sánchez, J., Dubon, A. (1994). Establecimiento y manejo de cacao con sombra. Manual Técnico N° 10. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 20 p.
- Sánchez, P. (1981). Suelos del Trópico Características y Manejo. Traducido por Edilberto Camacho, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. 634 p.
- Sánchez, J. (2007). Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas. FERTITEC S.A. 19 p.
- Sandoval, J., Pocasangre, L., rosales, F., Delgado, E. (2006). Importancia de los indicadores físico-químicos en la calidad del suelo para la producción sustentable del banano en Costa Rica. Rev. Costa Rica. Edafología.
- Sevilla, F., Oberthur, T., Usma, H., Escobar, G., Narváez, C. (2002). Exploración de la presencia y abundancia de coleóptero fauna edáfica en diferentes usos de la tierra en una microcuenca del departamento del Cauca. En: Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, 37. Ponencias. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. 274 p.
- Silva, A. (2000). La materia orgánica del suelo. Notas. Técnicas N° 16. Facultad de Agronomía. Uruguay. 1992. 16 p.
- Sylvia, D.; Fuhrmann, J.; Hartel, P.; Zuberer, D. (1999). Principles and applications of soil microbiology. United States of America. Hall. Inc. EE.UU. 480 p.
- Soil Survey Staff. (1993). Soil survey manual. United States Department of Agriculture. Hnbk no. 18 U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC.
- Somarriba, E. (1994). Sistemas agroforestales con cacao-plátano-laurel. En: Agroforestería en las Américas. No. 4, 1994; 22-24.
- Thompson, L.M., Troeh, F.R. (1998). "Los suelos y su fertilidad". 4ta Edición. Barcelona. España. Editorial reverté S.A. 649 p.
- Usda. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. 88 p.
- Vanderlinden, C. (2003). Evaluación de la capacidad de retención de agua de los suelos de Andalucía mediante el análisis del balance medio anual del agua. Universitaria, CC 509 (5000), Córdoba, Argentina.

- Vargas-Machuca, R.N. (2010). Indicadores biológicos para la evaluación de la calidad de los suelos. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Estación Experimental del Zaidín, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEZ-CSIC). Granada, España. 14 p.
- Vázquez, P. (2005). Revisión bibliográfica y puesta a punto de métodos de valoración de la actividad biológica del suelo.
- Wardle, D., Bardgett, R. (2004). Indirect effects of invertebrate herbivory on the decomposer subsystem. *Ecological Studies* 173: 53:69.
- Wild, A. (1992). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Versión Española de P. Urbano Terrón y C. Rojo Fernández. Mundi - Prensa. Madrid – España. 1045.
- Zavala, S. W. 1999. Estudio Morfopedológico Como base para la recuperación de suelo Degradados en Tingo María. Tesis Ms C. UNAM la Molina Perú.
- Zavaleta, G. (1992). Edafología. El suelo en relación con la producción. Consejo Nacional de Concentración y Tecnología. Lima, Perú.
- Zerbino, M.; Morón, A. (2003). Macrofauna del suelo y su relación con propiedades físicas y químicas en rotaciones cultivo-pastura. In Morón, A.; Díaz, R. (Eds. técnicos). Simposio “40 años de rotaciones agrícolas – ganaderas”. Montevideo, Uruguay. Serie Técnica no. 134. 45-53 p.

## ANEXO

**Anexo 1. Tablas de datos obtenidos en campo**

Tabla 28. Promedio de la resistencia a la penetración del suelo

N° Muestra	Sistemas agroforestales	
	Cacao con capirona	Cacao con bolaina blanca
1	1.6	1.7
4	1.5	1.8
<b>Promedio</b>	<b>1.5</b>	<b>1.8</b>

Tabla 29. Densidad aparente de los suelos en los sistemas agroforestales

Densidad aparente
-------------------

Sistema agroforestales	Peso fresco	Peso seco	Peso cilindro	Diámetro cilindro	H del cilindro	Volumen
Cacao con capirona	240.31	243.78	203.5	4.5	7	100.15
Cacao con bolaina blanca	217.68	196.45	203.5	4.5	7	100.15

Tabla 30. Densidad de macrofauna en dos sistemas agroforestales

Grupo taxonómico	Densidad en dos sistemas agroforestales				
	Orden	Cacao con capirona	Cacao con bolaina blanca	total	%
Díptera		31	17	<b>48</b>	<b>2.70</b>
Coleóptera		42	52	<b>94</b>	<b>5.27</b>
Araneae		23	10	<b>33</b>	<b>1.84</b>
Haplotaxida		234	204	<b>438</b>	<b>24.55</b>
Diplopoda		11	0	<b>11</b>	<b>0.60</b>
Himenóptera		49	15	<b>64</b>	<b>3.60</b>
Isópoda		134	184	<b>318</b>	<b>17.79</b>
Dictióptera		27	0	<b>27</b>	<b>1.53</b>
Hemíptera		30	11	<b>41</b>	<b>2.32</b>
Isóptera		367	233	<b>600</b>	<b>33.61</b>
Orthóptera		37	21	<b>58</b>	<b>3.25</b>
Lepidóptera		15	0	<b>15</b>	<b>0.84</b>
Dermaptera		14	0	<b>14</b>	<b>0.80</b>
Paurápodos		13	10	<b>23</b>	<b>1.31</b>
<b>Densidad ind./m<sup>2</sup></b>		<b>1028</b>	<b>758</b>	<b>1785</b>	<b>100.00</b>

Tabla 31. Grupo Taxonómico y nombre común de los individuos del monolito o muestras 1

Grupo Taxonómico (Clase u Orden)	Nombre Común	Cacao con capirona			TOTAL
		10 cm	20 cm	30 cm	

Díptera	Moscas y mosquitos	24	0	0	<b>24</b>
Coleóptera	Escarabajos	41	4	0	<b>45</b>
Araneae	Arañas	18	0	0	<b>18</b>
Haplotaxida	Lombrices de tierra	172	28	3	<b>203</b>
Diplopoda	Milpiés	17	0	0	<b>17</b>
Himenóptera	Hormigas	12	0	0	<b>12</b>
Isópoda	Cochinillas	126	10	0	<b>136</b>
Dictióptera	Cucarachas	18	4	0	<b>22</b>
Hemíptera	Chinches y salta hojas	12	4	0	<b>16</b>
Isóptera	Termitas	334	14	4	<b>352</b>
Orthóptera	Grillos	23	0	0	<b>23</b>
Lepidóptera	Oruga	12	4	0	<b>16</b>
Dermaptera	Tijeretas	14	0	0	<b>14</b>
Paurápodos	NN	12	4	0	<b>16</b>
<b>TOTAL</b>		<b>835</b>	<b>72</b>	<b>7</b>	<b>914</b>

Tabla 32. Grupo Taxonómico y nombre común de los individuos del monolito o muestras 2

Grupo Taxonómico (Clase u Orden)	Nombre Común	Cacao con capirona			TOTAL
		10 cm	20 cm	30 cm	
Díptera	Moscas y mosquitos	20	0	0	<b>20</b>
Coleóptera	Escarabajos	39	2	1	<b>42</b>
Araneae	Arañas	25	0	0	<b>25</b>
Haplotaxida	Lombrices de tierra	155	32	3	<b>190</b>
Diplopoda	Milpiés	10	0	0	<b>10</b>
Himenóptera	Hormigas	15	2	0	<b>17</b>
Isópoda	Cochinillas	125	15	0	<b>140</b>



Dictióptera	Cucarachas	20	3	0	<b>23</b>
Hemíptera	Chinches y salta hojas	16	3	0	<b>19</b>
Isóptera	Termitas	321	19	2	<b>342</b>
Orthóptera	Grillos	28	0	0	<b>28</b>
Lepidóptera	Oruga	7	1	0	<b>8</b>
Dermaptera	Tijeretas	12	0	0	<b>12</b>
Paurápodos	NN	20	1	0	<b>21</b>
<b>14 ORDENES</b>		<b>813</b>	<b>78</b>	<b>6</b>	<b>897</b>

Tabla 33. Grupo Taxonómico y nombre común de los individuos del monolito o muestras 3

Grupo Taxonómico (Clase u Orden)	Nombre Común	Cacao con capirona			TOTAL
		10 cm	20 cm	30 cm	
Díptera	Moscas y mosquitos	31	0	0	<b>31</b>
Coleóptera	Escarabajos	43	5	0	<b>48</b>
Araneae	Arañas	10	1	0	<b>11</b>
Haplotaxida	Lombrices de tierra	147	26	4	<b>177</b>
Diplopoda	Milpiés	12	0	0	<b>12</b>
Himenóptera	Hormigas	80	5	0	<b>85</b>
Isópoda	Cochinillas	165	21	0	<b>186</b>
Dictióptera	Cucarachas	10	4	0	<b>14</b>
Hemíptera	Chinches y salta hojas	41	2	0	<b>43</b>
Isóptera	Termitas	343	23	2	<b>368</b>
Orthóptera	Grillos	32	0	0	<b>32</b>
Lepidóptera	Oruga	9	0	0	<b>9</b>
Dermaptera	Tijeretas	17	0	0	<b>17</b>
Paurápodos	NN	7	1	0	<b>8</b>
<b>14 ORDENES</b>		<b>947</b>	<b>88</b>	<b>6</b>	<b>1041</b>

Tabla 34. Grupo Taxonómico y nombre común de los individuos del monolito o muestras 4

Grupo Taxonómico (Clase u Orden)	Nombre Común	Cacao con capirona			TOTAL
		10 cm	20 cm	30 cm	
Díptera	Moscas y mosquitos	35	0	0	35
Coleóptera	Escarabajos	23	25	1	49
Araneae	Arañas	33	0	0	33
Haplotaxida	Lombrices de tierra	234	44	3	281
Diplopoda	Milpiés	5	0	0	5
Himenóptera	Hormigas	62	0	0	62
Isópoda	Cochinillas	98	12	0	110
Dictióptera	Cucarachas	41	5	0	46
Hemíptera	Chinches y salta hojas	47	7	0	54
Isóptera	Termitas	296	47	2	345
Orthóptera	Grillos	65	0	0	65
Lepidóptera	Oruga	11	5	0	16
Dermaptera	Tijeretas	15	0	0	15
Paurápodos	NN	5	8	0	13
<b>14 ORDENES</b>		<b>970</b>	<b>153</b>	<b>6</b>	<b>1129</b>

Tabla 35. Grupo Taxonómico y nombre común de los individuos del monolito o muestras 5

Grupo Taxonómico (Clase u Orden)	Nombre Común	Cacao con capirona			TOTAL
		10 cm	20 cm	30 cm	
Díptera	Moscas y mosquitos	45	0	0	45
Coleóptera	Escarabajos	15	11	0	26
Araneae	Arañas	29	0	0	29
Haplotaxida	Lombrices de tierra	267	50	3	320
Diplopoda	Milpiés	9	0	0	9
Himenóptera	Hormigas	70	0	0	70
Isópoda	Cochinillas	81	15	0	96

Dictióptera	Cucarachas	22	9	0	<b>31</b>
Hemíptera	Chinches y salta hojas	15	5	0	<b>20</b>
Isóptera	Termitas	392	27	9	<b>428</b>
Orthóptera	Grillos	37	0	0	<b>37</b>
Lepidóptera	Oruga	17	8	0	<b>25</b>
Dermaptera	Tijeretas	12	0	0	<b>12</b>
Paurápodos	NN	3	6	0	<b>9</b>
<b>14 ORDENES</b>		<b>1014</b>	<b>131</b>	<b>12</b>	<b>1157</b>

Tabla 36. Promedio de los grupos Taxonómicos y nombre común de los individuos del monolito o muestras

Grupo Taxonómico (Clase u Orden)	Nombre Común	Cacao con capirona			TOTAL
		10 cm	20 cm	30 cm	
Díptera	Moscas y mosquitos	31	0	0	<b>31</b>
Coleóptera	Escarabajos	32.2	9.4	0.4	<b>42</b>
Araneae	Arañas	23	0.2	0	<b>23</b>
Haplotaxida	Lombrices de tierra	195	36	3.2	<b>234</b>
Diplopoda	Milpiés	10.6	0	0	<b>11</b>
Himenóptera	Hormigas	47.8	1.4	0	<b>49</b>
Isópoda	Cochinillas	119	14.6	0	<b>134</b>
Dictióptera	Cucarachas	22.2	5	0	<b>27</b>
Hemíptera	Chinches y salta hojas	26.2	4.2	0	<b>30</b>
Isóptera	Termitas	337.2	26	3.8	<b>367</b>
Orthóptera	Grillos	37	0	0	<b>37</b>
Lepidóptera	Oruga	11.2	3.6	0	<b>15</b>
Dermaptera	Tijeretas	14	0	0	<b>14</b>
Paurápodos	NN	9.4	4	0	<b>13</b>
<b>TOTAL</b>		<b>916</b>	<b>104</b>	<b>7</b>	<b>1028</b>

Tabla 37. Índice de Shannon y Wiener de los dos sistemas agroforestales

Grupo Taxonómico (Clase u Orden)	Nombre Común	Cacao con capirona							Cacao con bolaina blanca										
		10 cm	20 cm	30 cm	Total	Abundancia relativa pi	Ln2"pi"	Pi*LN2(pi)	10 cm	20 cm	30 cm	TOTAL	Abundancia relativa pi	Ln2"pi"	Pi*LN2(pi)				
Díptera	Moscas y mosquitos	31	0	0	31	0.03016738	-	5.050867	-0.15237142	17	0	0	17.4	0.0229491	-	5.445419	-0.124967		
Coleóptera	Escarabajos	32	9	0	42	0.04087193	-	4.612746	-0.18853184	41	11	0	51.8	0.0683197	-	3.871554	-0.264503		
Araneae	Arañas	23	0	0	23	0.02257688	-	-5.46901	-0.12347318	10	1	0	10.2	0.0134529	-	6.215937	-0.083622		
Haplotaxida	Lombrices de tierra	195	36	3	234	0.22790969	-	2.133466	-0.48623754	164	36	3	204	0.2690583	-	1.894009	-0.509599		
Diplopoda	Milpiés	11	0	0	11	0.0103153	-	6.599071	-0.06807138	0	0	0	0.4	0.0005276	0	0	0		
Himenóptera	Hormigas	48	1	0	49	0.04787855	-	4.384477	-0.20992239	12	3	0	14.6	0.0192561	-	5.698538	-0.109732		
Isópoda	Cochinillas	119	15	0	134	0.13001168	-	2.943287	-0.38266167	149	33	2	183.8	0.2424162	-	2.044442	-0.495606		
Dictióptera	Cucarachas	22	5	0	27	0.02646944	-	5.239528	-0.1386874	0	0	0	0.4	0.0005276	0	0	0		
Hemíptera	Chinches y salta hojas	26	4	0	30	0.0295835	-	5.079064	-0.15025646	9	2	0	11	0.014508	-	6.107003	-0.088601		
Isóptera	Termitas	337	26	4	367	0.35714286	-	1.485427	-0.53050958	201	27	5	232.8	0.307043	-	1.703487	-0.523044		
Orthóptera	Grillos	37	0	0	37	0.03600623	-	-4.79561	-0.17267182	19	2	0	21.2	0.027961	-	5.160442	-0.144291		
Lepidóptera	Oruga	11	4	0	15	0.01440249	-	6.117538	-0.08810778	0	0	0	0.4	0.0005276	0	0	0		
Dermaptera	Tijeretas	14	0	0	14	0.01362398	-	6.197708	-0.08443744	0	0	0	0.4	0.0005276	0	0	0		
Paurápodos	NN	9	4	0	13	0.01304009	-	6.260902	-0.08164275	9	1	0	9.8	0.0129253	-	6.273653	-0.081089		
<b>TOTAL</b>		<b>916</b>	<b>104</b>	<b>7</b>	<b>1028</b>					<b>631</b>	<b>117</b>	<b>10.2</b>	<b>758.2</b>				<b>-2.42505459</b>		
<b>INDICE DE SHANNON WINER</b>									<b>H' =</b>	<b>2.86</b>	<b>INDICE DE SHANNON WINER</b>							<b>H' =</b>	<b>2.43</b>

## Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 12. Sistema agroforestal cacao con bolaina blanca



Figura 13. Sistema agroforestal cacao con capirona



Figura 14. Vista panorámica del fundo ALBORADA



Figura 15. Muestreo de suelo fundo ALBORADA



Figura 16. Medición de la temperatura del suelo



Figura 17. Medición de la pendiente del suelo



Figura 18. Medición de la resistencia a la penetración del suelo.



Figura 19. Medición de transecto sistema agroforestal





Figura 20. Georreferenciación fundo ALBORADA



Figura 21. Recolección de la macrofauna del suelo



Figura 22. Recolección de macrofauna del suelo en el sistema agroforestal



Figura 23. Recolección de macrofauna, en el sistema agroforestal



Figura 24. Lombriz de tierra, en el sistema agroforestal



Figura 25. Especimen del orden Isópoda, en el sistema agroforestal



Figura 26. Espécimen de arácnidos (Araña), en el sistema agroforestal