



# **UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE URACCAN**

**Monografía**

**Estado físico-químico del suelo en dos agroecosistemas con  
Cacao, Siuna 2016**

**Para optar al título de Ingeniería Agroforestal**

**Autores:**

**Br. Lester Javier Sánchez Rodas  
Br. Josué Araon Taylor Wilson**

**Tutor:**

**MSc. Oscar Flores Pérez**

**Siuna, mayo 2017**

# **UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE URACCAN- LAS MINAS**

**Monografía**

**Estado físico-químico del suelo en dos agroecosistemas con  
Cacao, Siuna 2016**

**Para optar al título de Ingeniería Agroforestal**

**Autores:**

**Br. Lester Javier Sánchez Rodas  
Br. Josué Araon Taylor Wilson**

**Tutor:**

**MSc. Oscar Flores Pérez**

**Siuna, mayo 2017**

Dedico este trabajo primeramente a Dios por la oportunidad de vivir estos momentos, por darme la fortaleza, por el coraje a no rendirme, seguir siempre adelante y permitirme este logro.

A las personas más especiales en mi vida: mis hijos, Janelly, Alondra, Lessrud, mis dos madres Teresa Rodas Centeno que sin su incondicional apoyo no lo hubiese logrado este triunfo es para ella y Ángela Cunningham Rodas por haberme dado la vida, a mi querida abuelita Dominga Rodas, por sus consejos, apoyo, comprensión, cariño y sobre todo creer en mí, a mis hermanos, a toda mi familia por estar en los momentos más importante de mi vida.

A mi compañera que siempre ha estado conmigo antes y durante esta etapa de mi vida, Ruth Díaz, gracias por estar ahí.

A mis amigos(as) que me motivaron siempre a no desvanecer y seguir adelante, los llevo en mi mente.

*Lester Javier Sánchez Rodas*

A Dios Todopoderoso por haberme guiado y bendecido para poder lograr mis sueños.

A mis padres Donald Taylor Alvarado y Justina Wilson Garth por apoyarme con todo su amor, sacrificio y sobre todo me enseñó las sendas de la victoria.

A mi segunda madre Tomasa Gómez Mordy, con su amable apoyo, con mucho cariño y haberme comprendido, en el transcurso del de toda mi formación académica.

A mi abuelita Yolanda Garth Mordy que en paz descase, con sus palabras que me motivo y culmine mis estudios universitarios.

*Josué Araon Taylor Wilson*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios porque es el que nos da la vida, la sabiduría y sobre todo el entendimiento para salir adelante

A nuestros padres por confiar en nosotros, sobre todo apoyarnos económica y moralmente, con su amor, cariño y comprensión, para culminar con nuestros estudios.

A nuestro tutor Msc. Oscar Flores Pérez por apoyarnos durante el proceso de la elaboración del trabajo investigativo.

A la Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN) por darnos la oportunidad y formarnos académicamente.

A los productores señor Germán Valerio Pérez Aguilar y al señor Carlos José López por permitirnos realizar esta investigación en sus fincas.

A la Unión Nacional de Agricultores de Nicaragua (UNAG), por habernos facilitado el tema de investigación y el financiamiento la fase de campo.

A profesionales del laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria (UNA), por su aporte en realizar análisis de las muestras de suelo, especialmente al docente MSc. Leonardo García.

*Lester Javier Sánchez Rodas*

*Josué Araon Taylor Wilson*

## INDICE GENERAL

CONTENIDOS	PÁGINAS
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS .....	II
INDICE GENERAL .....	III
INDICE DE TABLAS.....	IV
INDICE DE ANEXO.....	IV
RESUMEN .....	V
ABSTRACT. ....	VI
I. INTRODUCCION .....	1
II. OBJETIVOS .....	2
2.1. General.....	2
2.2. Específicos .....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1. Generalidades .....	3
3.2. Estado Físico del suelo.....	4
3.3. Estado químico del suelo.....	7
3.4. Manejo de agroecosistemas .....	12
IV. METODOLOGÍA.....	16
4.1. Ubicación del estudio.....	16
4.2. Tipo de estudio. ....	16
4.3. Universo .....	16
4.4. Marco muestral.....	16
4.5. Muestra.....	16
4.6. Unidad de análisis. ....	16
4.7. Unidad de observación. ....	16
4.8. Variables.....	16
4.9. Criterios de selección y exclusión.....	17
4.9.1. Criterio de selección.....	17
4.9.2. Criterio de exclusión.....	17
4.10. Fuentes y obtención de datos.....	17
4.11. Técnicas e instrumentos .....	17
Operacionalización de variables.....	21
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
5.1. Estado físico del suelo en dos agroecosistemas con Cacao .....	22
5.2. Estado químico del suelo en dos agroecosistemas con cacao.....	24
5.3. Manejo en los dos agroecosistemas con cacao. ....	28
VI. CONCLUSIONES.....	30
VII. RECOMENDACIONES.....	31
VIII. LISTA DE REFERENCIAS .....	32
IX. ANEXOS .....	34

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Componentes de la fertilidad física del suelo de 0 a 0.3 metros de profundidad según tratamiento y época de muestreo

Tabla 2. Componentes de la fertilidad química del suelo de 0 a 0.3 metros de profundidad según tratamiento y épocas de muestreo.

Tabla 3. Indicadores físicos del suelo de los dos agroecosistemas con cacao

Tabla 4. Resultados de indicadores químicos del suelo en dos agroecosistemas con cacao

## **INDICE DE ANEXO**

Anexo 1. Clasificación de la profundidad efectiva del suelo

Anexo 2. Clasificación de la densidad aparente

Anexo 3. Clasificación de un suelo según su porcentaje de porosidad total

Anexo 4. Clasificación de la acidez del suelo o pH

Anexo 5. Clasificación de materia orgánica

Anexo 6. Bases totales y Saturación de bases.

Anexo 7. Capacidad de Intercambio Catiónico – CIC

Anexo 8. Clasificación del Nitrógeno (N) disponible

Anexo 9. Clasificación de los niveles de Fósforo (P) en el suelo

Anexo 10. Disponibilidad de Potasio (K).en el suelo.

Anexo 11. Mapa de ubicación de finca Agroecológica

Anexo 12. Análisis comparativo del manejo y tiempo en ambos sistemas, 2016

Anexo 13. Mapa de ubicación de finca convencional

Anexo 14. Toma de muestra de suelo para Densidad aparente.

## RESUMEN

El estudio se realizó en la comunidad el Carao, Hormiguero, municipio de Siuna RACCN con la finalidad de evaluar el estado físico y químico de los suelos en dos agroecosistemas con cacao y así comparar el manejo de los dos sistemas.

El estudio es descriptivo, observacional, transversal y prospectivo cuya técnica de recolección de datos fue la observación (campo y laboratorio) del suelo en finca “Los Laureles” (agroecológica) y finca “El Encanto” (convencional). Se tomaron tres muestras de dos kilogramos en cada una de las cinco parcelas de cacao de los dos sistemas.

Los resultados obtenidos no demuestran cambios significativos entre ambos ecosistemas ( $p = 0.82$ ), pero, los datos muestran una tendencia de mejoras en la calidad del suelo para el sistema donde se aplican prácticas agroecológicas, ello implica mayor profundidad, mayor porcentaje de espacios porosos. Ambos sistemas evidenciaron una infiltración desde 11.7 cm/h para suelo arcilloso hasta 37 cm/h en suelo franco limoso. La infiltración depende de la textura del suelo y la densidad aparente.

El estado químico de los suelos, la mayoría son ácidos (pH entre 4.63 y 5.68), el sistema convencional evidenció los valores más bajos, (4.63 a 5.20) ello se debe a que la aplicación de insumos químicos sintéticos contribuye a acidificar el suelo.

En general, no se encontraron diferencias significativas entre los ecosistemas ( $p=0.82$ ), al igual que los tiempos de ejercer dicha práctica, eso se debe a que las propiedades químicas del suelo requieren de mucho tiempo o de agentes externos muy fuertes que evidenciar cambios

Los sistemas convencional y agroecológico, no evidenciaron diferencias sustanciales en lo productivo, pero sí en beneficios ecológicos sinérgicos para el sistema agroecológico.

**Palabras claves:** Cacao, Manejo, propiedades del suelo, agroecosistema

## **ABSTRACT.**

The study was carried out in the Carao community, Hormiguero, Siuna city, RACCN, with the purpose of evaluating the physical and chemical status of the soils in two agroecosystems with cacao and to compare the management of the two systems.

The study was descriptive, observational, transversal and prospective, whose data collection technique was the observation (field and laboratory) of the soil in the farm "Los Laureles" (agroecological) and "El Encanto" (conventional) farm. Three samples of two kilograms were taken in each of the five cacao plots of the two systems.

The results do not show significant changes between both ecosystems ( $p = 0.82$ ), but, the data show a tendency of improvements in the quality of the soil for the system where agroecological practices are applied, this implies a greater depth, greater percentage of porous spaces. Both systems showed an infiltration from 11.7 cm / h for clayey soil to 37 cm / h in loamy loam soil. Infiltration depends on soil texture and bulk density.

The chemical status of soils, most of which are acidic (pH between 4.63 and 5.68), the conventional system showed the lowest values (4.63 to 5.20). This is because the application of synthetic chemical inputs contributes to soil acidification.

In general, no significant differences were found between the ecosystems ( $p = 0.82$ ), as well as the times of practicing this practice, because the chemical properties of the soil require a long time or very strong external agents to show changes

The conventional and agroecological systems did not show substantial differences in production, but in synergistic ecological benefits for the agroecological system.

**Keywords:** Cocoa, Management, soil properties, agroecosystem



## I. INTRODUCCION

El presente trabajo trata de la calidad de los suelos en un sistema productivo convencional y uno agroecológico y se valoraron las propiedades físicas y química del suelo. Previo a esto, se realizó una caracterización en los dos sistemas.

Cerda (2008) en el valle de Talamanca, Turrialba, Costa Rica comparó la calidad de suelos en sistemas agroforestales de cacao-laurel (*Cordia alliodora*) (CL) y banano-laurel (BL), cacao monocultivo (CM), plátano monocultivo convencional (PMC) y barbecho (BARB) que fue el control.

Con base en el ICSA, el Barbecho (BARB) tiene la mejor calidad de suelos; el plátano monocultivo convencional (PMC) es igual a los sistemas agroforestales cacao laurel y banano laurel (CL y BL) gracias a la fertilización; y el cacao laurel (CL) es mejor que el cacao monocultivo (CM). Con base en el ANOVA y MANOVA el cacao laurel (CL) fue el más parecido al Barbecho (BARB) en los indicadores de calidad de suelos. En el plátano monocultivo convencional (PMC) se registró mayor contenido de P, K, Ca y Mg y mejor pH que en los otros sistemas por la aplicación de fertilizantes sintéticos, pero su menor porcentaje de N indica pérdidas importantes de este nutriente.

En el barbecho (BARB), banano (BL), cacao laurel (CL) y cacao monocultivo (CM) hubo deficiencia de P y K. En el BARB y CL se registró mayor porcentaje de materia orgánica, C en diferentes agregados y fracciones de materia orgánica, y porcentaje de N. Las condiciones de porosidad y aireación fueron mejores en el BARB y CL porque presentaron menor densidad aparente (DA) y mayor porcentaje de agregados de 8 – 2 mm que los otros sistemas.

La intensificación de prácticas culturales de monocultivo ha demostrado que conllevan empobrecimiento y agotamiento de los suelos, principalmente en las zonas tropicales, así como la aplicación de grandes paquetes tecnológicos en la agricultura convencional, que propician el incremento de estos problemas.

La baja fertilidad de los suelos constituye la limitación más importante para el desarrollo y producción de cacao por las prácticas de manejo de suelo deben ser orientadas a mejorar los contenidos de materia orgánica debido a sus efectos sobre las propiedades del suelo integrando nuevos componentes en el sistema que generen sinergia y equilibrio natural en las propiedades físicas y químicas del suelo.

De ahí que, la calidad del suelo fue evaluada usando indicadores que establecen rangos de referencia, que posteriormente fueron comparados con los datos obtenidos en las muestras y mediciones en campo (Gliessman, 2002)

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. General**

Evaluar el estado físico-químico del suelo en dos agroecosistemas (Agroecológico y Convencional) con Cacao, Siuna 2016.

### **2.2. Específicos**

- Describir el estado físico del suelo en los dos agroecosistemas con Cacao, Siuna 2016.
- Determinar el estado químico del suelo en los dos agroecosistemas con Cacao, Siuna 2016.
- Comparar el nivel de manejo en los dos agroecosistemas con cacao, Siuna 2016.

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Generalidades**

##### **Agroecología**

**Ortega G (2009)**, propone que la agroecología es una disciplina científica orientada a las prácticas agrícolas, pecuarias y forestales, cuyos principios se sustentan en el mantenimiento de los recursos naturales o causando el menor daño posible al ambiente.

##### **Agricultura orgánica**

Es un sistema productivo que reemplaza los fertilizantes y pesticidas sintéticos por recursos que se obtienen dentro del mismo predio o en sus alrededores tales como los rastrojos vegetales, abono animal, desechos orgánicos externos al predio y abonos verdes para la acumulación de materia orgánica en el suelo. Además, utiliza prácticas y estrategias con el fin de promover la capacidad del suelo para almacenar agua, intensificar la fertilidad y estructura, y mejorar el mullimiento o condición física del suelo, (León, 2007).

##### **Suelo**

**Rincón, (2010)** sostiene que el suelo el resultado de la descomposición de las rocas debido al intemperismo fisicoquímico y la acción biológica de los seres vivos, **Labrador, (2008)**, es un sistema auto organizado y heterogéneo que posee una gran complejidad estructural y funcional, debido a la gran diversidad de sus componentes (abióticos y bióticos) y a los procesos que tienen lugar en su seno.

##### **Indicador**

Los indicadores son una herramienta útil para definir las condiciones en las que se encuentra la calidad del suelo, diferenciando sus debilidades y atributos como sistema. Además, es una herramienta que funciona como monitor de las condiciones del suelo durante el tiempo y espacio y también se puede realizar entre cultivos que compartan ciertas características similares ubicados en la misma o en diferente zona (Pérez, 2010)

Es un parámetro que se usa para medir, un indicador de calidad de suelos es “una característica que permite definir el estado de las propiedades físicas, químicas y biológicas que hacen que un suelo sea apto o no para determinadas labores” (Porras, 2006) Algunas de las condiciones que deben cumplir los indicadores son:

- ✓ Ser integradores
- ✓ Ser fáciles de medir, basados en información objetiva y fácil de reconocer
- ✓ Ser adecuados al nivel de análisis y del sistema estudiado
- ✓ Ser preferentemente aplicables a un rango de ecosistemas y condiciones

- ✓ Reflejar el atributo de sostenibilidad que se quiere evaluar
- ✓ Ser sencillos de entender
- ✓ Permitir cambios y diferencias entre sistemas
- ✓ Centrarse en aspectos prácticos y claros.

Los indicadores de la calidad del suelo se encuentran divididos en tres categorías, la de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, para efectos de este estudio, el último indicador no será avaluado.

## **Indicadores de calidad del suelo**

El tema de investigación de este estudio es el estado del suelo, con el fin de evaluar y determinar las condiciones en que se encuentran ciertas propiedades físicas y químicas del mismo.

### **Indicadores Físicos**

La calidad del suelo puede ser descrita por algunos indicadores físicos como densidad aparente, infiltración, porosidad, textura, etc. que influyen sobre diversos fenómenos como: el transporte de agua, nutrientes y aire, así como en la estimulación de procesos realizados por los microorganismos e invertebrados del suelo. Adicionalmente regula la emergencia de las plántulas, la penetración de las raíces e influye en los procesos de erosión, (Pérez, 2010).

### **Indicadores Químicos**

Dentro de la calidad del suelo está inmersa la fertilidad que puede ser evaluada por medio de indicadores químicos como el pH, Capacidad de Intercambio Catiónico, Carbono orgánico total, saturación de bases, etc. De la interacción de todos estos atributos que definen la fertilidad depende la producción vegetal en los agroecosistemas.

El complejo de cambio contiene cationes de Ca, Mg, K, Na, etc. adsorbidos. Estos iones al ser positivos pueden ser intercambiados por iones de la misma carga de la solución del suelo, abasteciéndola nuevamente de los nutrientes extraídos (Pinzón, 2010).

## **3.2. Estado Físico del suelo**

### **Profundidad efectiva**

En el estudio “Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba, Costa Rica realizada por **Porras Vanegas, (2006)**, encontró que no hay diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0,1143$ ). En general los promedios se encuentran entre 46,0 y 58,7 cm de profundidad, esta medida se realizó hasta una profundidad máxima de 60 cm, teniendo en cuenta que la mayor cantidad de masa

radicular del café se encuentra entre los primeros 40 cm de profundidad, se concluye que en promedio las fincas tienen una buena profundidad para el desarrollo del cafeto.

## Densidad

Según **Reyes (2013)** en un estudio de calidad de suelos que se llevó a cabo en dos fincas, una agroecológica y una convencional, en el municipio de Guasca, Cundinamarca, Bogotá, Colombia encontró los siguientes resultados:

El sistema orgánico presento un valor entre el intervalo óptimo de calidad de suelo de  $0.73\text{g/cm}^3$  lo que puede deberse al bajo impacto que genera la labranza manual con azadón. En cambio, el sistema convencional obtuvo un valor menor al del suelo orgánico con una densidad aparente de  $0.67\text{ g/cm}^3$  lo cual indica un bajo valor de calidad que se pueden ver afectadas por la labranza con tractor que contribuye a la erosión. A pesar de que también esta práctica afecta la compactación del suelo en este caso no se observó tal efecto.

Mientras que **Saab (2012)** en su estudio de evaluación de calidad del suelo en cuatro sistemas orgánicos; un control (sin uso) y tres lotes de diferentes edades de manejo (20 años, 10 años y 3 años) obteniendo densidades aparentes en las parcelas: Control ( $0.8\text{ g/cm}^3$ ), en la parcela 3 años ( $0.72\text{ g/cm}^3$ ) y 20 años ( $0.79\text{ g/cm}^3$ ) las cuales son ideales para la producción. La parcela 10 años presentó una densidad aparente baja ( $0.69\text{g/cm}^3$ ), lo que no es tan deseable, por ser susceptibles a perder su estructura. La densidad aparente; varía según la textura, estructura, contenido de materia orgánica y la compactación del suelo.

De acuerdo a **Larios, (2014)**, en resultados de su estudio de fertilidad del suelo bajo prácticas agroecológicas y de manejo convencional en café, obtuvo que la densidad aparente no muestra diferencia significativa en los sistemas evaluados, sin embargo, en ambos momentos de muestreo se registran los valores más bajos en los sistemas con prácticas agroecológicas, a como lo muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Componentes de la fertilidad física del suelo de 0 a 0.3 metros de profundidad según tratamiento y época de muestreo:

Componente / Tratamiento	Julio 2009					Enero 2010			
	PAE1	PAE2	C	DMS		PAE1	PAE2	C	DMS
Da ( $\text{g cm}^3$ )	0.64	0.66	0.71	0.20		0.62	0.62	0.67	0.11
$\eta$ (%)	72.00	70.00	68.00	9.81		73.00	73.00	72.00	4.32
CC (%)	42.00	43.00	40.0	9.25		45.00	47.00	39.00	12.71

PAE1: Práctica agroecológica uno, PAE2: Práctica agroecológica dos, C: Convencional, DMS:Diferencia mínima significativa, Da: Densidad aparente,  $\eta$ : Porosidad, CC: Retención de humedad.

Al analizar los resultados, queda demostrado la relación entre los niveles de materia orgánica del sistema agroecológico uno y agroecológico dos y la densidad aparente relacionando directamente al contenido de materia orgánica y valores bajos de densidad aparente, hecho que concuerda con lo descrito en este estudio, ya que los sistemas manejados agroecológicamente cuentan con niveles mayores de materia orgánica en comparación con el sistema convencional, (Larios, 2014).

El rango encontrado en los valores de densidad aparente (0.62 y 0.71 g/cm<sup>3</sup>) son considerados como normales en este tipo de suelo, al situarse por debajo de 0.9 g/cm<sup>3</sup> valores entre 0.6 y 0.7 g/cm<sup>3</sup>, pertenecen a suelos Andisoles. Esto indica que los suelos volcánicos presentan alta fertilidad física, la que es atribuida principalmente a la presencia de alófana, a su buen drenaje, baja densidad aparente y a la profundidad del suelo. De esta manera se evidencian los beneficios que las prácticas agroecológicas aportan a la fertilidad física del suelo y su contribución con la mejora en la relación suelo-planta-atmósfera, (Larios, 2014).

## **Porosidad**

La porosidad determina la aireación, almacenamiento y flujo de agua en el suelo, porosidades altas (>60%) son positivas para la calidad de suelos.

Al analizar este indicador **Reyes (2013)**, encuentra que el sistema agroecológico tuvo un valor de 72% y el agroecosistema convencional obtuvo 74%. A pesar de que el primero maneja labranza con azadón que conviene más la calidad del suelo y el segundo maneja labranza de tractor que puede pulverizar el suelo y favorecer la erosión, los dos sistemas presentaron un buen porcentaje de porosidad.

**Saab, (2012)**, obtuvo valores de porosidad que sobrepasan los estándares establecidos, parcela control; 69.86%, parcela 20 años el valor fue de 70.18%, 10 años 74.07% y parcela 3 años 72.66%. Los altos porcentajes de porosidad obtenidos (>69%), se justifican con las bajas densidades aparentes y con las texturas apropiadas (francas) presentes en los suelos de los sistemas de interés.

Respecto a la porosidad **Larios, (2014)** reporta que no se presentan diferencias estadísticas por efecto de los tratamientos sobre la porosidad del suelo. Los valores oscilan entre 68 y 73% y son clasificados como muy altos cuando los valores sobrepasan el 65% del volumen del suelo ocupado por espacios vacíos.

Se observa que la porosidad tiende a disminuir en el sistema convencional, comportamiento reportado por **(Labrador, 2001)** debido a que menores niveles de materia orgánica ocasionan menor actividad biológica y menor porosidad en el suelo. Esto se traduce como un componente de la fertilidad física del suelo que permitiría contrarrestar los efectos negativos sobre las cosechas causadas por períodos de sequía, debido al aumento de la capacidad de retención de agua que brindan los sistemas con prácticas agroecológicas, así como el aumento en la capacidad de resiliencia ante eventos extremos de precipitación.

## Infiltración

La velocidad a la cual el agua penetra en el suelo, infiltraciones intermedias son positivas para la calidad de suelo ( $\approx 15,5$  cm /hora), (Pérez, 2010). La medición de la infiltración del sistema orgánico y el sistema convencional arrojaron datos de 20 cm/hora y 17 cm/hora respectivamente, acercándose al estándar de 15, 5 cm/hora.

Para el caso de esta propiedad en el sistema convencional lo común hubiese sido un resultado más alto o mucho menor del estándar de calidad debido a su manejo, sin embargo es, de los dos suelos, el que más se acercó posiblemente porque el riego no se aplica de manera medianamente continua sino que se espera la época de lluvias lo que resulta en un suelo seco con agregados poco compactados, para ambos suelos la valoración fue de 8 con buenos resultados de infiltración, (Reyes, 2013).

Infiltraciones muy superiores establecidas de dentro de los estándares de calidad  $\approx 15.5$  cm/h consideradas como ideal, fueron las reportadas por **Saab, (2012)** en los suelos del sistema orgánico de la finca La Estancia, Madrid con 30.48 cm/h para el sistema control, 247 cm/h sistema 20 años, 68.03 cm/h sistema 10 años y el sistema 3 años 212.7cm/h, notándose claramente que el sistema control es el que más se aproxima a valores relativamente normales de infiltración; los otros se consideran de infiltración extremadamente rápida.

## Textura

La textura del suelo se refiere a la proporción de tamaño de partículas denominadas: arena, limo y arcilla. Los suelos francos influyen en la retención de la humedad, la porosidad y desarrollo de las plantas.

Los sistemas de la estancia reportan suelos en su mayoría francos para los sistemas 20 años, 10 años y 3 años con excepción del sistema control que posee suelos francos arcillo arenoso. (Reyes, 2013)

### 3.3. Estado químico del suelo

#### Grado de acidez del suelo (pH)

Esta medición química establece la concentración de iones de  $H^+$  en determinadas sustancias, mostrando un resultado que puede ser ácido, neutro o alcalino, con intervalos de concentración entre cada uno. En este caso se midió el pH de los dos manejos de suelo brindando también información acerca de otras características del suelo que dependen de esta.

El sistema orgánico presentado por **Reyes (2013)**, con una concentración de pH de 6,2 lo cual significa que está entre los valores estándar para calidad de suelo a diferencia de esto el sistema convencional presento un pH bajo de 4,6 lo que significa que es muy ácido, indicando la presencia de aluminio de cambio y bajas

concentraciones de calcio y sodio. Para una buena producción y calidad del suelo lo mejor es tener un equilibrio entre la acidez y la alcalinidad.

En cambio, para **Saab (2012)**, en la evaluación de cuatro sistemas orgánicos reporta pH de 6.2 para el sistema control, pH de 6.7 sistema 20 años, pH de 6.8 sistema 10 años y pH de 6.5 para el sistema 3 años. En la mayoría de los sistemas estudiados se encontraron pH casi neutros sin embargo resulta interesante observar que el Control es el sistema que presenta un pH más bajo y el sistema 10 años es el más neutro (cercano a 7). Esto podría deberse a la incorporación de fertilizantes orgánicos al suelo.

Tabla 2. Componentes de la fertilidad química del suelo de 0 a 0.3 metros de profundidad según tratamiento y épocas de muestreo.

Componente / Tratamiento.	Julio 2009					Enero 2010			
	PAE1	PAE2	C	DMS		PAE1	PAE2	C	DMS
pH	6.05	5.76	5.63	0.92		6.03	5.84	5.85	0.99
MO (%)	8.93	8.47	7.63	4.25		9.35	8.08	7.37	3.24
CIC (cmol/mg <sup>3</sup> )	43.15	37.00	37.44	7.12		40.32	34.79	36.11	8.43
Nt(%)	0.53	0.47	0.42	0.18		0.46	0.40	0.36	0.16

PAE1: Práctica agroecológica uno, PAE2: Práctica agroecológica dos, C: Convencional, DMS: Diferencia mínima significativa, MO: Materia orgánica, CIC: Capacidad de intercambio catiónico, Nt: Nitrógeno total.

En el suelo bajo el sistema agroecológico uno presenta valores superiores de pH (6.05 y 6.03) en comparación con los sistemas de manejo agroecológico dos (5.76 y 5.84) y convencional (5.63 y 5.85). Para **Larios, (2014)**, los valores de pH más cercanos a la neutralidad observada en el sistema con prácticas agroecológica uno, indican que los ecosistemas con presencia de árboles, la materia orgánica se mantiene con niveles satisfactorios, favoreciendo su reciclaje, permitiendo una reducción de la acidez del suelo, mineralización en la superficie del suelo, permitiendo valores mayores de pH con respecto al sistema convencional.

Este resultado se confirma al comparar los valores de pH con los contenidos de materia orgánica, el cual es más bajo en la medida, que la cantidad de materia orgánica disminuye, logrando que al menos un componente del sistema sea mejorado.

**Gliessman (2002)**, argumenta que la influencia de árboles aumenta significativamente los contenidos de carbono y nitrógeno, e incrementan los valores de pH del suelo. Este efecto del incremento del pH del suelo ocurre porque los árboles tienen un mayor volumen de exploración de suelo, lo que permite absorber los elementos bases (K, Ca y Mg) que se han lixiviado, y depositarlos en la superficie del suelo a través de la hojarasca y su posterior mineralización.



## **Materia orgánica del suelo**

La materia orgánica es el residuo de plantas y animales incorporados al suelo, y se expresa en porcentaje. El contenido de materia orgánica es un índice que permite estimar en forma aproximada las reservas de N, P y S en el suelo, y su comportamiento en la dinámica de nutrientes, (Kass, 1996).

Para **Larios, (2014)**, en su estudio de fertilidad física del suelo bajo practicas agroecológicas y convencional en cultivos de café el contenido de materia orgánica no difirió estadísticamente en los tratamientos, observándose valores altos en todos ellos, sin embargo, existe una tendencia a la disminución en el sistema convencional.

Si consideramos algunas prácticas agroecológicas como el uso de enmiendas orgánicas y la combinación de especies vegetales en un sistema productivo, es normal que en éstos sistemas los contenidos de materia orgánica sean mayores, como ocurre en los tratamientos uno y dos y se esperaría que con el tiempo, estos niveles se mantengan o incrementen por el suministro continuo de las enmiendas y por el aporte de materia orgánica que hace el cultivo y los árboles de sombra, (Larios, 2014).

**Rodríguez (2016)**, en el estudio “La agricultura convencional del cultivo de cacao y su efecto en la erosión del suelo agrícola vs bosque primario en Jauneche, Ecuador” encontrado en 6 muestras de suelo los siguientes porcentajes de materia orgánica, muestra 1 (4.7%), muestra 2 (3.4%), muestra 3 (2.8%), muestra 4 (3.69%), muestra 5 (3.84%) y muestra 6 (3.54%), casi todas las muestras analizadas se encuentran dentro de los niveles de referencia de 3.1% - 5.0%, a excepción de la muestra 3 que mostró una concentración de 2.8, considerándose como muy baja.

## **Nitrógeno total**

Porcentajes de nitrógeno total del suelo, no indica diferencias significativas en cuanto a los valores encontrados por **Larios, (2014)**, pero se observa una tendencia de que los contenidos sean mayores en los sistemas con prácticas agroecológicas y más marcadamente en el de PAE 1 y PAE 2 con valores de 0.53% y 0.46 y 0.42% en el convencional en época lluviosa, obteniendo los valores más bajos en los resultados de la época seca en la PAE 1 con 0.46%, PAE 2 con 0.40% y 0.36% en el convencional.

Según los criterios de clasificación de **LABSA-UNA, (2011)**, estos valores son considerados como altos y se ubican según, (Fassbender, 1994), dentro del rango de concentraciones para suelos tropicales (0.02% – 2%).

De acuerdo con lo planteado anteriormente y para este tipo de suelo, no se detectaron valores bajos de nitrógeno total en los tres sistemas, pero el sistema convencional presenta posible tendencia a disminuir.

Los mayores valores de nitrógeno total en el suelo se presentan en los sistemas con prácticas agroecológicas, es producto del continuo aporte de materiales orgánicos provenientes de las enmiendas aplicadas, hojarasca del cultivo y del aporte que los árboles de sombra hacen a través de hojas, ramas y raíces.

Los valores altos de nitrógeno están en correspondencia con los niveles de materia orgánica del suelo, y esto es posible ya que del 97 al 99% del nitrógeno del suelo se encuentra en la materia orgánica.

### **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

La CIC mide la cantidad de carga negativa total del suelo y su relación directa con el pH. **Reyes (2013)** en su estudio de suelos reporta que, el sistema convencional presento un pH bajo y por tanto ácido, sin embargo, su medida de CIC fue de 58,5 cmol Kg<sup>-1</sup> muy por encima del estándar de 20 cmol Kg<sup>-1</sup> y de hecho sobrepaso la medida del sistema orgánico que tuvo un valor de 56,2 cmol Kg<sup>-1</sup>. Estos valores son óptimos para el intercambio de cationes que ocurre por parte del complejo de cambio a la solución del suelo ya que manifiesta que no se lavarán tan fácilmente los nutrientes necesarios y se abastecerán con gran rendimiento para las plantas.

Para los suelos de la finca la Estancia, Madrid la medida de CIC para el sistema Control es de 34 cmol Kg<sup>-1</sup>, el sistema 20 años 31.2 cmol Kg<sup>-1</sup>, sistema 10 años 40.1 cmol Kg<sup>-1</sup> y el sistema 3 años 30.5 cmol Kg<sup>-1</sup>. La acidez de los sistemas presentó pH neutros, lo que justifica los altos valores de CIC obtenidos. Todos los sistemas superan por mucho los 20 cmol g<sup>-1</sup>, establecidos para una buena calidad de suelos, sin embargo, el sistema de 10 años es el que presenta una mayor CIC con 40,1 cmol g<sup>-1</sup>, justificado por ser el sistema que presenta el pH más neutro.

Los resultados mostrados en la tabla 2. Componentes de la fertilización química del suelo, expuesto por **Larios, (2014)**, según tratamientos y épocas de muestreos (época seca- época lluviosa), muestran que no se presentan diferencias estadísticas en los sistemas, sin embargo, según los criterios de clasificación del **LABSA-UNA (2011)**, estos suelos presentan alta capacidad de intercambio catiónico, la cual oscila en el rango de 34.79 a 43.15 cmol/kg<sup>1</sup> de suelo.

Al analizar los valores altos de materia orgánica y CIC, se deduce que estos suelos poseen buena fertilidad química. Se plantean que esta condición es normal en suelos andisoles por su presencia de alófana, arcilla amorfa que confiere alta capacidad de intercambio catiónico, y gran capacidad de retención hídrica debido a su alta porosidad y su baja densidad aparente, como ya fue mencionado, **Labrador, (2001)**, refiere que la capacidad de intercambio catiónico es un factor importante en la fertilidad del suelo. Entre más alta es la CIC, más capacidad tiene el suelo en retener cationes y proveer una adecuada nutrición a los cultivos (**Gliessman, 2002**).

**Nicholls, (2013)**, plantea que sistemas agrícolas manejados agroecológicamente o con prácticas asociadas a ella (agroforestería, uso de abonos orgánicos,

biofermentados, manejo selectivo de arvenses), como las definidas en el sistema agroecológicos uno y agroecológico dos, permiten mejorar la fertilidad del suelo al incrementar la materia orgánica y mejorar otros componentes como la capacidad de intercambio catiónico, así como el reciclaje de nutrientes, mayor cobertura del suelo, mayor retención de humedad, mayor infiltración, uso eficiente del agua y aumento de la actividad microbiana.

### **Bases totales y saturación de bases**

**Ortega, (1995)**, propone que las bases totales se refieren a los metales alcalinos y alcalinotérreos (principalmente Ca, Mg, K y Na) adheridos al complejo de cambio o coloidal del suelo, que pueden ser cambiados entre sí o con otro ion cargado positivamente de la solución del suelo. Aunque ninguno de los dos suelos de cultivo obtuvo un resultado que pasara el estándar de  $16 \text{ cmol Kg}^{-1}$ , el sistema orgánico presento  $13,3 \text{ cmol Kg}^{-1}$ . Por el contrario, el sistema convencional presento  $7,9 \text{ cmol Kg}^{-1}$ . En ambos casos se puede deber a la presencia de aluminio de cambio en el cultivo convencional y la no presencia en el orgánico, lo que hace que haya más bases totales en el segundo que en el primero, (Reyes, 2013).

Para **Pinzón, (2010)**. La saturación de bases establece la proporción o porcentaje de bases ligadas a la capacidad total de intercambio, para conocer su asociación y participación en el complejo y mostrar la disponibilidad de los nutrientes mencionados anteriormente para las plantas. La saturación de bases en los dos suelos fue muy baja con una apreciación de desaturado, sin alcanzar o sobrepasar el estándar de más de 70%. Sin embargo, el agroecosistema orgánico presento un valor de 23,6%, mayor que el sistema convencional con 13,4%, (**Reyes, 2013**).

Los suelos del subsistema la Estancia en **Saab, (2012)**, obtuvieron valores muy superiores al  $16 \text{ cmol Kg}^{-1}$ . El sistema con mayor concentración de bases totales fue el sistema 10 años con  $35.9 \text{ cmol Kg}^{-1}$ , el sistema 20 años presenta una concentración de  $33.4 \text{ cmol Kg}^{-1}$ , el sistema 3 años reporta una concentración de  $32.2 \text{ cmol Kg}^{-1}$ , el sistema Control que no recibe ningún manejo; presentó menor concentración con  $25.3 \text{ cmol Kg}^{-1}$ .

Las concentraciones de bases son tan altas que llevaron a obtener algunos sistemas; como el de 20 y 3 años porcentajes de saturación de bases mayores al 100%, lo que se denomina como saturado. Según **Ortega, (1995)**. El alto porcentaje de saturación de bases implica más bien una gran reserva de nutrientes. El sistema 10 años presenta una concentración de saturación de bases de 89.5 %, el sistema que presenta la menor concentración de saturación de bases; es el control con un 74.4%, sin embargo, **Saab, (2012)**, encuentra que los cuatro sistemas superaron el estándar de calidad con más de 70%.

### **Fósforo (P)**

El fosforo juega un papel importante en la transferencia de energía como el proceso de fotosíntesis, es indispensable para el desarrollo de los tejidos de la planta,

aunque de los macronutrientes sea el menos absorbido. Los lotes de estudio sobrepasaron el límite de calidad de suelos de 40 mg/Kg<sup>1</sup>, el agroecosistema orgánico presento 42,8 mg/Kg<sup>1</sup> y el agroecosistema convencional lo supero con 150 mg/Kg<sup>1</sup>.

Estos resultados representan óptimos niveles de fósforo, sin embargo, en el primer caso, su nivel supero por poco el estándar de calidad y puede deberse a que en el momento de la cosecha se estén extrayendo buena parte de las reservas sin que ocurra por completo lo que hace que su nivel no sea tan alto y los fertilizantes orgánicos estén supliendo solo lo necesario. A diferencia, el segundo resultado tiene un elevado nivel de fósforo debido al alto contenido de este en el fertilizante aplicado (10-30-10 corresponde a N-P-K), además que el fósforo suele formar compuestos de alta energía de unión con los componentes de los coloides (materia orgánica, cantidad de aluminio y hierro entre otros), atribuyéndole alta estabilidad en la fase sólida. Por lo tanto, a pesar de que en un suelo exista alta concentración de fósforo se encontrara en un estado insoluble y solo una pequeña porción estará disponible para las plantas.

En los sistemas orgánicos estudiados se reportaron niveles de fósforo muy superiores a los 40 mg/Kg<sup>1</sup> establecidos para la calidad de los suelos. El Control por ejemplo obtuvo un fósforo de 853 mg/Kg<sup>1</sup>, sistema 20 años 453 mg/Kg<sup>1</sup>, sistema 10 años 211 mg/Kg<sup>1</sup> y por último el sistema 3 años con 364 mg/Kg<sup>1</sup>. A pesar de reportar valores altos; resulta evidente que los demás sistemas obtuvieron valores muy inferiores a los obtenidos en el Control, a diferencia de los otros indicadores donde el sistema 10 años, venía presentando los mejores valores.

## **Potasio (K)**

El potasio regularmente es un elemento que abunda en el suelo y está disponible como forma de catión K<sup>+</sup> el cual es absorbido por las raíces de las plantas de la solución del suelo. El ecosistema orgánico presento una concentración de 1,9 cmol/Kg<sup>1</sup> mientras que el convencional presento 2,1 cmol/Kg<sup>1</sup> sobrepasando el estándar de 0.4 cmol/Kg<sup>1</sup>.

Los cuatro sistemas orgánicos presentan concentraciones altas de potasio (mayores a 3.5 cmol/Kg<sup>1</sup>). Valores que superan por mucho el 0,4 cmol/Kg<sup>1</sup> establecido, por lo cual las altas concentraciones son evaluadas positivamente en la evaluación de este indicador.

### **3.4. Manejo de agroecosistemas**

#### **El enfoque agroecológico**

Los sistemas manejados convencionalmente han ganado la batalla hasta el momento, demostrando su capacidad de producción y rentabilidad, pero a un costo extremadamente peligroso para la continuidad de la vida sobre la tierra.

La sustentabilidad de este tipo de producción podría provocar un desastre ecológico incalculable haciendo imposible la permanencia de la vida en el planeta y/o la producción suficiente de alimentos para los miles de millones de seres hambrientos existente en el mundo. Frente a esta situación se promueve una agricultura alternativa, sustentable, con parámetros diametralmente opuestos, que ha puesto énfasis en la relación con los elementos que intervienen en la naturaleza, (Ortega G. , 2009).

En la propuesta alternativa de una producción sustentable, se debe mirar la integralidad, incorporando dimensiones culturales, sociales, económicas, políticas y ambientales.

La agroecología es una disciplina científica orientada a las prácticas agrícolas, pecuarias y forestales, cuyos principios se sustentan en el mantenimiento de los recursos naturales, o causando el menor daño posible al medio ambiente. Se basa en la conservación de la biodiversidad en la agricultura, y en el restablecimiento del balance ecológico de los agroecosistemas, con la intención de alcanzar una producción sustentable que permita producir alimentos. Utiliza los saberes autóctonos (diversidad de cultivos, venenos orgánicos, conocimiento de las fases de la luna); respeta los bosques, la salud ambiental y la diversificación; la eficiencia energética y el aprovechamiento de los ciclos naturales; prescinde de insumos químicos, (Ortega G. , 2009).

### **La agricultura convencional y su problemática**

De acuerdo a **Rodríguez, (2016)**, la agricultura ha tenido un impacto decisivo en el desarrollo de la sociedad humana, de la vida silvestre y del ambiente.

La agricultura convencional y labranza del suelo ha contribuido a la degradación del suelo como: pérdida de la fertilidad, la salinización, la contaminación por agroquímicos, la erosión por eliminación de la cobertura vegetal, sobrepastoreo o el movimiento constante del suelo. Todos estos tipos de degradación causan que la capacidad productiva del suelo disminuya y por ende el rendimiento.

Ello se traduce en una pérdida de la capacidad productiva de los suelos con las subsiguientes disminuciones en los rendimientos, y resulta además en un modelo de agricultura totalmente dependiente de los insumos externos al sistema, (Rodríguez, 2016).

La crisis de la agricultura convencional es mundial y afecta a todos los países del planeta causa de esto los rendimientos de los cultivos están disminuyendo progresivamente en algunas regiones de América Latina. Los agroecológicos consideran que la reducción del rendimiento se debe a una constante erosión de la base productiva a través de prácticas no sustentables.

Los mecanismos que manifiestan este proceso incluyen la degradación de los suelos, la compactación, la disminución del contenido de la materia orgánica y

biodiversidad, la salinización, el agotamiento de las aguas subterráneas, la deforestación y desertificación, sin dejar de lado la vulnerabilidad de los cultivos a plagas y enfermedades, la eliminación de la fauna auxiliar, y la resistencia a los plaguicidas desarrollada por insectos, malas hierbas y organismos patógenos de los cultivos. Por otro lado a la agricultura tradicional le interesa nutrir, alimentar a la planta y no al suelo; ocasionando graves problemas entre ellos la erosión, (Rodríguez, 2016).

Los nutrientes de las plantas son esenciales para la producción suficiente de alimentos saludables que satisfagan a la creciente población mundial. Por lo tanto, los nutrientes para las plantas son un componente vital en cualquier sistema de agricultura sostenible. Además, la agricultura convencional requiere mayores flujos de nutrientes y mayores demandas de esos nutrientes por parte de los cultivos. El agotamiento de la capa fértil de los suelos, situación que ocurre en muchos países en vías de desarrollo, es una de las principales causas a veces oculta de la degradación de los suelos y del medio ambiente.

Por otro lado, la excesiva aplicación de nutrientes o el manejo ineficiente también pueden provocar problemas ambientales, en especial si grandes cantidades de nutrientes se pierden del sistema suelo/cultivo y pasan al agua o al aire, (Rodríguez, 2016). Otro factor que debemos considerar y no menos importante que otros, por lo que el suelo se ve afectado es la erosión acelerada al que está expuesto el recurso, resultado de una mala gestión de las tierras presente y pasada, que reduce la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios. La conservación y gestión adecuada del suelo, el agua y el territorio no son únicamente una forma de prevenir la erosión, sino factores determinantes para resolver el cambio climático y reducir la pobreza.

### **Producción convencional y agroecológica**

Se han esgrimido diversos fundamentos acerca de los beneficios que se obtienen con la incorporación de la biotecnología, en el manejo de sistemas convencionales. Lo que no se puede negar son las nefastas consecuencias que está ocasionando debido a la contaminación de las aguas y del ambiente, la pérdida de fertilidad de la tierra, el aumento de la deforestación, debido al uso intensivo de cantidades inmensas de químicos, fertilizantes sintéticos, semillas transgénicas, combustibles, y agrotóxicos arrojados sin control (Ortega G. , 2009).

**Altieri y Nicholls, (2000)**, proponen varios indicadores para poder captar el fenómeno en su complejidad, y poder inferir el éxito de la propuesta agroecológica que exprese su durabilidad, adaptabilidad, estabilidad, equidad, es decir el comportamiento del agroecosistema.

### **Sustentabilidad**

Este punto constituye el «equilibrio de manejo» por lo cual el agroecosistema se considera en equilibrio con los factores ambientales y de manejo del hábitat y

produce un rendimiento sostenido. Las características de este manejo balanceado varían con diferentes cultivos, áreas geográficas y entradas de energía y, por lo tanto, son altamente «específicos del lugar».

## **Equidad**

Supone medir el grado de uniformidad con que son distribuidos los productos del agroecosistema entre los productores y consumidores locales. Muchos de los aspectos de la equidad no son fácilmente definibles ni medibles en términos científicos, para algunos, la equidad se alcanza cuando un agroecosistema satisface demandas razonables de alimento sin imponer a la sociedad aumentos en los costos sociales de la producción, para otros, la equidad se logra cuando la distribución de oportunidades o ingresos mejora realmente.

## **Estabilidad**

Es la constancia de la producción bajo un grupo de condiciones ambientales, económicas y de manejo, algunas de las presiones ecológicas constituyen serias restricciones en el sentido de que el productor se encuentra virtualmente impedido de modificarlas, en otros casos, el productor puede mejorar la estabilidad biológica del sistema, seleccionando cultivos más adaptados o desarrollando métodos que permitan aumentar los rendimientos.

La tierra puede ser regada, provista de cobertura, abonada o los cultivos pueden ser intercalados o rotados para mejorar la elasticidad del sistema, de esta manera, la naturaleza exacta de la respuesta, no depende sólo del ambiente, sino también de otros factores de la sociedad.

## **Productividad**

Es la medida de la cantidad de producción por unidad de superficie, labor o insumo utilizado, por lo general, los pequeños productores están más interesados en optimizar la producción de los recursos o factores del predio que les son escasos o insuficientes, que en incrementar la productividad total de la tierra o del trabajo, por otro lado, parecen elegir tecnologías de producción sobre la base de decisiones que toman en cuenta en su totalidad a un solo cultivo en particular.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1. Ubicación del estudio**

El estudio se desarrolló en dos fincas ubicadas en la comunidad el Carao, Hormiguero, Siuna, Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN) aproximadamente geo localizadas dentro de un rango altitudinal de 184 metros sobre el nivel del mar, con sus coordenadas UTM: X= 0722822 y Y= 1517904, con un clima tropical húmedo y una temperatura que fluctúa entre los 26°C y los 32°C, con precipitaciones, entre los 2,000 a 4,000 mm anuales. (Ortega T. S., 2009).

### **4.2. Tipo de estudio.**

Es descriptivo, observacional, transversal y prospectivo.

### **4.3. Universo**

Los agroecosistemas de cacao de Nicaragua con clima tropical húmedo.

### **4.4. Marco muestral.**

Fincas productoras de cacao de la comunidad el Carao, Hormiguero

### **4.5. Muestra.**

Sistema agroecosistema agroecológico comprende 1.73 hectáreas y el convencional 2.27 hectáreas.

En la finca agroecológica “Los Laureles” se hicieron dos parcelas y en la finca convencional El encanto, se hicieron tres parcelas, cada una de ellas con una dimensión, de cada parcela se extrajeron tres muestras de suelo con un peso de 2 kilogramos.

### **4.6. Unidad de análisis.**

Propiedades físicas y químicas del suelo.

### **4.7. Unidad de observación.**

Finca (agroecológica) del señor Germán Valerio Pérez Aguilar y finca “El Encanto” (convencional) del señor Carlos José López.

### **4.8. Variables.**

Indicadores físicos y químicos.



## **4.9. Criterios de selección y exclusión**

### **4.9.1. Criterio de selección.**

Poseer rasgos distintivos de fincas agroecológica y convencional  
Disposición de los propietarios para permitir realizar el estudio en sus unidades de producción.

### **4.9.2. Criterio de exclusión.**

Áreas dentro de las fincas que no contienen plantaciones de cacao.

## **4.10. Fuentes y obtención de datos**

Fuentes primarias. El suelo de las parcelas de cacao seleccionadas de los dos sistemas.

### **4.11. Técnicas e instrumentos**

<b>Técnica</b>	<b>Instrumentos</b>
La observación directa.	Formatos de registros (tablas) de indicadores físicos y químicos, guía de observación, manual de procedimientos

## **Fases**

### **Fase1. Organización y planificación de la investigación.**

Organización y planificación entre la academia de URACCAN, docentes de la UNA y productores. Diseño y elaboración de instrumentos de investigación.

### **Fase 2. Recolección de datos de campo.**

#### **Parámetros evaluados para el diagnóstico de la calidad de los suelos**

Los indicadores físicos y químicos seleccionados para el diagnóstico de la calidad de los suelos fueron: profundidad, densidad aparente, porosidad, materia orgánica, infiltración, pH, textura.

Métodos propuestos por (García, 2015) en el Manual de metodologías de campo para determinar, profundidad, Da, MO e infiltración de agua en el suelo.

#### **✓ Procedimiento para profundidad efectiva del suelo**

La forma de medir la profundidad es muy sencilla, ésta se puede hacer haciendo un hoyo y medir la profundidad efectiva con una cinta métrica, otra forma que es también más sencilla, es introduciendo un barreno de colocho o ranura e ir

observando los cambios de color y tipo de material, luego se puede medir hasta donde penetra el barreno. (Ver anexo 1).

✓ **Procedimiento para la toma de la muestra y del cálculo de la densidad aparente (Da).**

**Método del cilindro**

El método más utilizado para determinarla es el del cilindro, una de las desventajas de tomar la muestra con el cilindro, es que el valor puede variar con el tamaño del cilindro, siendo mayor la densidad cuando menor es el tamaño del cilindro, a causa de que no se captan los poros de mayor diámetro. En general, el método presenta poca variación, es fácil de repetir y su determinación es sencilla.

1. Limpie de maleza el sitio de muestreo con una pala cuadrada.
2. Coloque el cilindro de acero sobre la superficie de muestreo, previamente liberada de hojarasca, basura y arvenses, el suelo debe estar inalterado.
3. Coloque el cilindro en el suelo, ponga la regla sobre el cilindro, golpear suavemente sobre la regla con el martillo hasta conseguir que el cilindro haya penetrado en el suelo y la regla llegue totalmente a la superficie de éste.
4. Con la pala, escarbe alrededor del cilindro y saque el suelo sin perturbarlo, una vez afuera el cilindro corte con un cuchillo, de manera transversal a cada lado del cilindro.
5. Para utilizar el mismo cilindro en otra toma de muestra, guarde todo el suelo contenido en el cilindro en una bolsa plástica, y péselo, luego póngalo a secar en un horno a 105°C por 24 horas si es que estaba muy húmedo, entre más seco el suelo, menos tiempo necesita estar en el horno. Una vez seco péselo de nuevo y registre ese dato como peso seco.
6. Realice al menos de 3 a 4 réplicas para obtener un buen valor del parámetro.

Nota: Si al momento del muestreo el suelo está seco, humedecerlo para garantizar que la muestra sea extraída completa, el secado también se puede hacer en el microondas secando toda la muestra o una porción de ella y se extrapolada al volumen total. **Recuerde siempre identificar bien cada muestra.**

7. Calcule la Densidad aparente (Da) con la formula siguiente:  $\text{Da} = \frac{M_{ss} \text{ (g)}}{V \text{ (cm}^3\text{)}}$

Donde:

Da = densidad aparente del suelo (g/cm<sup>3</sup>)  
Mss = masa o peso (g) del suelo seco  
V = volumen del cilindro

**Para preparar el cilindro se necesita realizar lo siguiente:**

- Cortar 10 cm del tubo PVC de 2 pulgadas de diámetro
- Gastar con un cuchillo con filo el borde interno del cilindro para que penetre con facilidad el suelo
- Calcular el volumen del cilindro.

### Los materiales para desarrollar este método son:

- Tubo de PVC de 2 pulgadas
- Sierra
- Un trozo de regla de 1 x 4 pulgadas
- Un mazo de madera o martillo
- Una balanza
- Horno
- Cuchillo
- Palín
- Marcador

### Porosidad total del suelo

Con los valores de  $D_a$  y  $D_r$  se puede calcular el espacio poroso del suelo. Aplicando la fórmula  $\% P = 1 - (D_r/D_a) * 100$ . (Ver anexo 2).

### ✓ Medición de la infiltración de agua en el suelo

### Procedimiento

- Ponga el cilindro sobre el suelo, presionando hacia abajo y girando hasta que haya profundizado unos 10 cm, cubra el suelo dentro del cilindro con el plástico,
- Echar suavemente el agua dentro del cilindro hasta casi llenarlo y anote el valor hasta el nivel que alcanzó.
- Con el nivel, nivelar el cilindro.
- Quite el plástico y anote cuánta agua se ha infiltrado después de realizar unas tres lecturas con intervalos de 1 minuto, luego puede aumentar los intervalos a 5, 10, 15, 30 y 45 minutos, hasta que toda el agua se haya infiltrado.
- Repita el mismo procedimiento en otro sitio para comparar la diferencia en la velocidad de Infiltración entre sitios, pero en las mismas condiciones de pendiente y suelo.
- Recoja la información en una tabla donde registre los datos requeridos, (tabla 3 anexos).

Nota: Para obtener un buen promedio de infiltración, rellene el bote de infiltración con agua 2 veces o hasta 3 si es necesario.

### Materiales

- Un cronómetro
- Un cilindro que puede ser de PVC, una lata de leche sin fondo
- Una bolsa plástica grande
- Una tabla de madera
- Un martillo
- Un balde con agua

- Nivel de carpintería
- Un centímetro de los que utilizan en sastrería

### Procedimiento de evaluación de la materia orgánica del suelo

- Utilizando el barreno, haga una barrenada de 10 cm
- Ponga el suelo en un recipiente y homogenice bien la muestra
- Tomo un poco de la muestra homogenizada y póngala en un vasito de vidrio (aproximadamente 2 o 3 gramos)
- Si la muestra está seca, adicione un poco de agua hasta humedecer la muestra ligeramente
- Adicionar agua oxigenada al 30% hasta saturar la muestra
- Observar el efecto del agua oxigenada y clasificarla.

### Fase de laboratorio

Método de análisis químico para las dos fincas de estudio

Propiedades	Unidad	Método
Acidez del suelo pH		Potenciómetro suelo: agua 1:1
Materia orgánica	%	Agua oxigenada
Nitrógeno	%	Kjeldahl
Fosforo (P)	mg.Kg <sup>1</sup>	Bray
Potasio (K)	cmol/Kg <sup>1</sup>	Acetato de amonio
Calcio (Ca)	cmol/Kg <sup>1</sup>	Acetato de amonio
Magnesio (Mg)	cmol/Kg <sup>1</sup>	Acetato de amonio
Sodio (Na)	cmol/Kg <sup>1</sup>	Acetato de amonio
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmol/Kg <sup>1</sup>	Acetato de amonio
Saturación de bases (SB)	%	BT/CIC*100

### Instrumentos

- ✓ Formato de registro de campo pre-elaborado para recopilación de la información
- ✓ Tabla de campo
- ✓ Marcadores permanentes
- ✓ Lapiceros
- ✓ Etiquetas adhesivas
- ✓ Palas
- ✓ Machetes
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Barreno
- ✓ Copa de vidrio
- ✓ Valdes
- ✓ Cilindros de hierro
- ✓ Tubo de PVC graduado en cm para infiltración

- ✓ Martillo de madera
- ✓ Un regla de madera 1 x 24 pulg.
- ✓ Plástico
- ✓ Bolsas plásticas selladoras (ziplock)
- ✓ Balanza
- ✓ GPS
- ✓ Computadoras portátiles, de escritorio
- ✓ Libros

### Fase 3. Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento se hizo en microsoft Excel y el análisis mediante la prueba t student para muestras independientes con un nivel de significancia alfa = 0.05.

### Aspectos éticos

No se perturbó ningún dato al momento de anotar y recolectar, los datos obtenidos pertenecen a cada uno de los sistemas a evaluar, todos y cada uno de los datos y muestras obtenidas recolectadas fueron debidamente codificadas por cada parcela y finca.

### Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Unidad de medida	Nivel de medición
Estado físico	Textura Densidad aparente Profundidad Porosidad Infiltración	%porcentaje g/cm <sup>3</sup> cm % cm/h	De razón
Estado químico	pH Materia orgánica Capacidad de intercambio catiónico Saturación de bases	Unidades % cmol/Kg % porcentaje	De razón
Manejo del agro ecosistema	Ciclos Fertilización Control de plagas	Numero Tipo de abonos Tipo de control	Razón Nominal Nominal

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Estado físico del suelo en dos agroecosistemas con Cacao

#### Análisis de indicadores físicos del suelo

Las propiedades físicas del suelo se obtuvieron con una metodología individual de campo para cada propiedad a diferencia de la textura que se analizó en laboratorio, los resultados son los siguientes:

**Tabla 3. Indicadores físicos del suelo de los dos agroecosistemas con cacao**

Identificación	Profundidad (cm)	Da (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Infiltración (cm/hora)	Clases Textural
Lote 8 años (FA)	61.8	1.14	56.96	11.7	Arcilla
Lote 15 años (FA)	64.8	1.13	57.47	28.4	Franco Arcilloso
Lote 4 años (FC)	62.2	1.22	54.00	37	Franco limoso
Lote 6 años (FC)	47	1.25	53.01	34.2.	Arcillo limoso
Lote 15 años (FC)	70	1.21	54.19	18.5	Franco arcilloso

FA=Finca Agroecológica, FC=Finca Convencional,

#### Profundidad del suelo (cm).

Los resultados obtenidos en los dos lotes del sistema agroecológico presentan valores de 61.8 cm y 64.8 cm, en cambio el sistema convencional obtiene profundidades efectivas un poco más favorables para las plantas, que van de 62.2 cm a 70 cm.

Estos valores coinciden con los reportados por (Porras Vanegas, 2006), en suelos con tratamientos orgánicos y convencionales presentando promedios entre 46.0 y 58.7 cm de profundidad refiriendo como profundidad máxima 60 cm, teniendo en cuenta que la mayor masa radicular del café se encuentra en los primeros 40 cm de profundidad, calificándolo como buena profundidad para el desarrollo del café.

La profundidad baja en lote 6 años 47 cm calificada como superficial presente en el lote convencional se justifica por la presencia de raíces superficiales que el cacao desarrolla ya que este cultivo presenta las mismas características radicales, considerándose todos los datos obtenidos como buena profundidad para este cultivo.

#### Densidad aparente (Da).

Según los resultados obtenidos el sistema convencional en el lote 6 presento una densidad aparente alta de 1.25 g/cm<sup>3</sup>, siendo el valor más bajo para el sistema agroecológico de 1.13 g/cm<sup>3</sup>.

El valor encontrado no coincide con **Reyes, (2013)** en su estudio de calidad de suelos que llevó a cabo en dos fincas, una agroecológica y una convencional, quien

obtuvo en la agroecológica  $0,73\text{g/cm}^3$  considerándose como óptimo, en cambio el sistema convencional obtuvo un valor menor al del suelo orgánico con una densidad aparente de  $0,67\text{ g/cm}^3$  lo cual indica un bajo valor de calidad que se pueden ver afectadas por la labranza con tractor que contribuye a la erosión. A pesar de que también esta práctica afecta la compactación del suelo en este caso no se observó tal efecto.

Los valores de densidad aparente obtenidos para el sistema agroecológico son relativamente bajos, respecto a los del sistema convencional, hecho que se asemeja a los valores encontrados por **Larios, (2014)**, en el estudio de fertilidad de suelos, presentando densidades aparente más bajas en los de prácticas agroecológicas PAE 1  $0.64\text{ g/cm}^3$ ,  $0.66\text{ g/cm}^3$  y para el sistema convencional  $0.71\text{ g/cm}^3$ , esta relación es igual a la encontrada en este estudio, obteniendo valores más bajos en el sistema agroecológico.

### **Porosidad**

El sistema agroecológico arroja los valores de porcentaje más altos (57.57%) para el lote 15 años, en cambio estos valores no difieren mucho del sistema convencional, siendo la porosidad más baja de 53.01% para el lote 6 años.

Al comparar estos resultados con los reportados por **Reyes, (2013)**, vemos que son relativamente bajos ya que en su estudio el obtiene valores de 72% para el agroecosistema agroecológico y 74% para el agroecosistema convencional, a pesar que ambos manejan labranza, el primero con azadón y el segundo labranza con tractor, presentan un buen porcentaje de porosidad.

Igualmente **Saab, (2012)**, en los resultados de suelos agroecológico reporta porosidades que sobrepasan los estándares establecidos con porcentajes  $> 69\%$ , obteniendo para parcela control 69.86%, parcela 20 años 70.18%, parcela 10 años 74.07% y parcela 3 años 72.66%, estos porcentajes los justifica con las bajas densidades aparente encontrada.

Los altos porcentajes de porosidad que presenta los dos lotes del agroecosistema agroecológico, se sustenta con lo que lo reportado por **Saab, (2012)**, que a bajas densidades aparente, se presenta mayor porosidad, esta teoría la reportan los resultados de los lotes 8 y 15 años, así la porosidad del agroecosistema convencional, son justificados con las más altas densidades presente en ellos.

La porosidad presente en ambos sistemas no difiere mucho uno del otro, clasificándose como porosidades excelente y satisfactoria para los lotes.

### **Infiltración (cm/hora).**

Para el caso de este indicador el lote 8 años del agroecosistema agroecológico es el que tiene una infiltración más baja de 11.7 cm/hora, siendo el lote 6 años del agroecosistema convencional el que presenta el valor más alto de 34.2 cm/hora.

**Reyes, (2013)**, encontró niveles de infiltración de 20 cm/hora para el sistema agroecológico y 17 cm/hora en el sistema convencional aduciendo que lo común hubiese sido que el agroecológico es el que debía presentar mejor aproximación al estándar de calidad  $\approx 15.5$  cm/hora, y no el convencional debido a su manejo, justificando que no se aplica riego, sino que se espera la época de lluvias, pero valorando los suelos de ambos sistemas con buenos resultados de infiltración.

La infiltración del sistema agroecológico para el lote 8 años no coincide con el reportado por **Reyes, (2013)**, ya que en su estudio el reporta como mejores infiltraciones la del sistema convencional, aproximándose al estándar de calidad y el agroecológico como una infiltración más alta, demostrando lo contrario estos resultados, aproximándose solamente el lote 15 años del convencional al estándar con 18.5 cm/hora, justificando los valores altos de los lotes 6 y 4 años con 34.2 y 37 cm/hora con el manejo, al igual **Saab, (2012)**, reporta una infiltración para el sistema orgánico Control de 30.48 que se aproxima a valores de los dos sistemas evaluados en este indicador.

Los datos obtenidos en esta propiedad no dierén significativamente en la disponibilidad de retención del agua en el suelo, por lo que se aproximan a valores relativamente normales.

## Textura

Para esta clasificación ambos sistemas presentan suelos dentro de la clase textural arcillosos a franco arcilloso para el lote 15 años del sistema agroecológico.

Los suelos estudiados por **Reyes, (2013)**, presentan una clasificación textural francos, en cambio los reportados por **Saab, (2012)**, en suelos orgánicos, encontró texturas francas arcillosos, este coincide con los obtenidos en este estudio, un suelo de la misma clase textural.

## 5.2. Estado químico del suelo en dos agroecosistemas con cacao

### Resultados de indicadores químicos del suelo en dos agroecosistemas con cacao.

Identificación						Bases total				TBT		
	pH	MO	N	P	K	K	Ca	Mg	Na		CIC	SB
	H <sub>2</sub> O	%		ppm		meq/100g suelo				cmol/mg <sup>3</sup>		%
Lote 8 años (FA)	5.68	4.18	0.21	2.61	0.33	0.32	8.60	2.71	0.29	11.92	17.31	68.86
Lote 15 años (FA)	5.60	2.77	0.14	4.06	0.17	0.18	8.78	2.71	0.33	12	17.12	70.09
Lote 4 años (FC)	5.20	2.72	0.14	3.44	0.17	0.23	6.27	2.39	0.20	9.09	13.99	64.97
Lote 6 años (FC)	4.74	2.51	0.13	2.27	0.17	0.22	4.67	2.32	0.17	7.38	14.18	52.05
Lote 15 años (FC)	4.63	2.66	0.13	5.92	0.23	0.31	6.59	2.29	0.22	9.41	16.92	55.60

FA= Finca Agroecológica, FC= Finca Convencional, TBT= Total de Bases Totales, MO= Materia Orgánica, N= Nitrógeno, P= Fósforo, K= Potasio, Ca= Calcio, Mg= Magnesio, Na= Sodio, CIC= Capacidad de Intercambio Cationico, SB= Saturación de Bases.



Estadísticamente, no se encontraron diferencias significativas entre los ecosistemas ( $p=0.82$ ), al igual que los tiempos de ejercer dicha práctica, eso se debe a que las propiedades químicas del suelo requieren de mucho tiempo o de agentes externos muy fuertes que evidenciar cambios en poco tiempo.

### **Grado de acidez del suelo (pH).**

Esta medición química arroja concentraciones para el sistema agroecológico pH ácido de 5.6 en ambos lotes y el sistema convencional presenta pH muy ácido de 4.6 y 4.7, en lotes de 15 años y 6 años a excepción del lote 4 años acercándose a los del agroecológico con pH de 5.2

Las concentraciones de pH presentes en el sistema agroecológico no coinciden con el reportado por **Reyes, (2013)**, que presenta pH de 6.2, a diferencia del sistema convencional presentando la misma concentración con pH de 4.6 para el lote 15 años y pH de 4.7 en lote 6 años, pero en contraste a lo reportado por **Saab, (2012)**, en su evaluación de cuatro sistemas orgánicos encontrando en su mayoría pH casi neutros, siendo el más bajo el sistema Control con pH de 6.2.

Los resultados de pH del sistema agroecológico son cercanos a los encontrados por **Larios, (2014)**, en comparación de los del sistema agroecológico dos que van de 5.7 a 5.8 y los del convencional de 5.6 y 5.8, aproximándose a la neutralidad.

Se puede afirmar que este indicador químico no excede los valores reportados por **Reyes, (2013)**, **Saab, (2012)** y **Larios, (2014)**, la más alta concentración reportada en el sistema agroecológico podría deberse a incorporación de fertilizantes orgánicos, permitiendo mayores concentraciones de pH que el sistema convencional.

Otro factor importante es la remoción de los cationes intercambiables por los cultivos intensivos. Las plantas al absorber estos cationes liberan hidrogeno lo cual genera una alta acidez en el suelo.

### **Materia orgánica (MO).**

El sistema agroecológico arrojó datos de 4.18% y 2.77% de materia orgánica, en cambio el convencional muestra unos porcentajes más bajos que van de 2.51% para el lote 6 años, siendo el más alto para este sistema de 2.72%, pero no superando a los del otro sistema.

Estos valores no se asimilan a los obtenidos (Rodríguez, 2016), en cinco de seis muestras obtuvo porcentajes que establecen niveles de referencia que van de 3.1% a 5.0%, presentando solamente en uno de ellos, un porcentaje bajo de 2.8%, este es el que más se ajusta a nuestros resultados, sin embargo, cabe destacar que el sistema agroecológico registra un valor superior en el lote 8 años valor de 4.18%, con relación al nivel de referencia.

Las concentraciones de materia orgánica en ambos sistemas se encuentran por debajo de los límites de establecidos como adecuados para esta propiedad.

El valor adecuado de materia orgánica se debe a la acumulación de los residuos vegetales y de los microorganismos existentes en el sistema como principales constituyentes de este elemento.

### **Nitrógeno (N).**

El sistema agroecológico tiene los más altos porcentajes de nitrógeno de 0.14% en el lote 15 años y de 0.21% en el lote 8 años, en el convencional van de 0.13% en dos lotes y 0.14% en el lote 4 años.

Las concentraciones reportadas en los dos sistemas difieren con las expuestas por **Larios, (2014)**, ya que este presenta mayores disponibilidades de nitrógeno, considerados por **LABSA-UNA, (2011)**, como altos porcentajes, pero según lo postulado por Fassbender estas concentraciones son ubicadas como apropiadas dentro los rangos de (0.02% - 2%), ideales para suelos tropicales.

La más alta concentración de nitrógeno que obtiene el sistema agroecológico en el lote 8 años se relaciona con el mayor porcentaje de materia orgánica presente en él, los suelos del sistema convencional muestra menores disponibilidades de MO y por ende las de nitrógeno.

### **Fosforo (P).**

En base a los resultados obtenidos el sistema agroecológico presento un bajo nivel de este elemento con valores de 2.61-4.06-ppm. En tanto el sistema convencional de igual forma mostró valores bajo de 2.27-5.92.

Los valores encontrados difieren con **Reyes (2013)** quien reporto alta disponibilidad para el sistema agroecológico de 42.8 ppm. Sin embargo; el agroecosistema convencional lo supero con 150 ppm.

La deficiencia de fosforo encontrada en nuestro estudio está estrechamente vinculada con el pH. En suelos ácidos el contenido de fosforo tiende a disminuir, este para una mayor disponibilidad prefiere un rango de pH de 6.5-7.5.

### **Potasio (K).**

El sistema agroecológico presento valores de 0.17 meq/100g suelo para el lote 15, siendo el más alto para este mismo sistema el de 8 años con 0.33 meq/100g suelo, mostrando el sistema convencional de 15 años una disponibilidad de 0.23 meq/100g suelo.

Las disponibilidades de potasio encontradas por **Reyes, (2013)**, en el sistema orgánico de 1.9 meq/100g suelo y 2.1 meq/100g suelo en el convencional son

clasificadas como altas, sobrepasando el estándar de 0.4 meq/100g suelo, y los propuestos por **Saab, (2012)**, que obtiene en todos los sistemas orgánicos valores mayores de 3.5 meq/100g suelo.

Estos valores difieren mucho con los reportados en los dos sistemas valuados siendo el lote agroecológico 8 años con 0.33 meq/100g suelo y en el lote convencional de 15 años con 0.23 meq/100g suelo, siendo estos valores más cercanos al estándar establecido.

La deficiencia de potasio en ambos agroecosistema de cacao está dada por el alto grado de acidez, en suelos ácidos este elemento tiende a ser lavado. Mientras tanto en los básicos o ligeramente alcalinos es retenido por el suelo. Sumando a ello la movilidad que presenta este elemento trae como consecuencia la absorción a la superficie y es perdido por lixiviación.

### **Bases totales.**

Los resultados para este indicador arrojaron mayores valores para el agroecosistema agroecológico, obteniendo para el lote 15 años 12 cmol/Kg<sup>1</sup> y el lote 8 años con 11.92 cmol/Kg<sup>1</sup> por poco iguales, encontrándose en el agroecosistema convencional los valores más bajos, siendo el lote 6 años con 7.38 cmol/Kg<sup>1</sup>.

Los resultados del agroecosistema agroecológico y convencional difieren con el presentado por **Reyes, (2013)**, el cual presenta 13.3 cmol Kg<sup>1</sup>, para el sistema orgánico, siendo este más alto y 7.9 cmol Kg<sup>1</sup> respectivamente pero no difieren en cuanto a al estándar > 16 cmol Kg<sup>1</sup>, sin embargo, los lotes convencionales 4 y 15 años, presentaron mayores niveles en comparación al mismo manejo, obteniendo el lote 6 años una concentración de bases totales de 7.38 cmol Kg<sup>1</sup>.

Estas moderadas concentraciones encontradas, se justifican con los niveles medios de (K, Ca, Mg, Na), presente en las bases totales.

### **Capacidad de intercambio catiónico (CIC).**

Para los suelos del agroecosistema agroecológico presenta CIC alta de 17.31 cmol/mg<sup>3</sup> en el lote 8 años y 17.12 cmol/mg<sup>3</sup> y 17.12 cmol/mg<sup>3</sup> en el de 15 años, en cambio el agroecosistema convencional obtiene más bajos valores en su medida de CIC.

Estas concentraciones difieren con los obtenidos por **Reyes, (2013)**, en los resultados del sistema agroecológico ya que este autor presenta valores muy por encima al estándar > 20 cmol/mg<sup>3</sup> en el sistema orgánico de 56.2 cmol/mg<sup>3</sup>, sobrepasando esta medida el sistema convencional con 58.5 cmol/mg<sup>3</sup>, no coinciden respecto al manejo ya que la mayor medida de CIC es para el sistema convencional, notándose en este estudio que los mayores datos se ostentan en el agroecológico.

De igual forma los niveles de CIC expuestos por **Larios, (2014)**, en dos épocas de muestreo, no coinciden a los de los dos sistemas orgánicos, ya que este reporta valores para PAE2 (34.79 cmol/mg<sup>3</sup>) y en las PAE1 (43.15 cmol/mg<sup>3</sup>), igualmente los niveles de CIC en el convencional de 36.11 cmol/mg<sup>3</sup> y 37.44 cmol/mg<sup>3</sup>, difieren mucho con los expuestos en este estudio.

La fertilidad del suelo puede verse afectada en suelos del sistema convencional lote 4 y 6 años ya que se ubican dentro del rango de calidad 10 cmol/mg<sup>3</sup> a 15 cmol/mg<sup>3</sup> clasificándose como moderado, aunque los que se ubican en los rangos de 15 cmol/mg<sup>3</sup> a 20 cmol/mg<sup>3</sup> son clasificados como alto, ya que entre más alta es la CIC, más capacidad tienen los suelos en retener cationes y proveer una adecuada nutrición a los cultivos.

### **Saturación de bases (%).**

Los porcentajes oscilaron entre 70.09% y 64.97% para el sistema convencional.

Estos suelos difieren por mucho a los evaluados por **Reyes, (2013)**, superándolos en todos los porcentajes de saturación de bases, pero no difiere en cuanto a que el sistema agroecológico presenta mayores valores que el convencional, sin embargo, **Saab, (2012)**, presenta porcentajes de saturación de bases en dos sistemas mayores de 100% y obteniendo en otros dos; sistema 10 años 89.5% y el que presento menor concentración de saturación de bases fue el sistema control con 74.4%. Siendo estos resultados los más próximos a los mostrados en ésta propiedad.

Los dos sistemas estudiados muestran unos porcentajes de saturación de bases que se aprecian como saturado, dentro de valores de que van de 50% - 70%.

### **5.3. Manejo en los dos agroecosistemas con cacao.**

#### **Finca agroecológica.**

En cuanto al manejo se destacan las podas de formación y raleo de sombra dos veces al año, la primera la hace antes de la entrada del invierno y la otra en época de verano. El cacao está repartido en 3 ciclos

En cuanto al rendimiento, en los meses de enero – mayo se producen 10qq/manzana lo que se vende a 800 córdobas cada quintal en baba; en los meses junio – octubre se producen 4qq/manzana y en los meses de noviembre – diciembre, se producen 7qq/Mz, y se venden al mismo precio de C\$ 800.00.

Otra forma de mercadear el cacao es destinando 4 kilos de cacao al mes, para caramelos

En cuanto al suelo, se utiliza abonos orgánicos, como el Biofertilizante. Se elaboran 80 litros 3 veces al año para el follaje de la planta y estimulación de la floración, aplicando 26.6 litros por manzana.

Ingredientes que utiliza: Estiércol del ganado, Suero, Azúcar, Ceniza

Otro abono es el Bocashi: se aplica entrando el invierno en mayo y saliendo el invierno febrero. Ingredientes que utiliza: Cascarilla de arroz, Microorganismo de montaña, Azúcar, Ceniza y Levadura.

Para el control de plaga se utilizan Bioinsecticida: de este producto se elaboran 16 litros, se aplica en los meses de julio, agosto y septiembre, para áfidos, gusanos alambre y chupadores. Los ingredientes son: Hoja de anona, Hoja de papaya, Ajo, Zorrillo, Las cascarras de cacao se dejan fuera del plantío, porque hay mucha humedad.

### **Finca convencional.**

El manejo en este sistema, es el siguiente, poda de formación y raleo de sombra dos veces al año, la primera la hace antes de la entrada del invierno, la otra en época seca, el cultivo de cacao está repartido en 3 ciclos.

Los rendimientos por ciclos tenemos, en los meses de enero – mayo se producen 10qq/manzana lo vende en baba a 800 córdobas cada quintal, en los meses de junio – octubre se producen 4qq/manzana y en los meses de noviembre – diciembre se producen 7 quintales por manzana y se venden al mismo precio.

Para el control del cultivo del cacao aplica:

- 4 litros de cipermetrina
- 1 litro de gramoxone al año
- 8 litros de bayfolam y
- 18qq de ferticacao

La productividad en ambos sistemas es idéntica, sin embargo, hay esfuerzos de prácticas productivas en la parte agroecológicas que generan beneficios sinérgicos en el sistema, que contribuyen a mejorar por defecto las condiciones del sitio, al ser estas prácticas eco amigables. Al contrario, en el sistema tradicional, la aplicación de productos sintéticos, van en detrimentos de fertilidad biológica del suelo, pero también de la ecología de especies perjudiciales, pero también de las especies benéficas, trayendo consigo, costos ambientales, pero también productivos a mediano y largo plazo.

## **VI. CONCLUSIONES.**

Los resultados del análisis físico, densidad aparente y textura, en ambos sistemas no difirieron sustancialmente.

Los dos sistemas arrojaron infiltraciones superiores a los rangos establecidos como infiltraciones rápidas.

En el análisis químico los resultados obtenidos no difieren significativamente uno del otro ( $p = 0.99$ ), sin embargo, los mejores valores son encontrados en el agroecosistema manejado con prácticas agroecológicas, excepto, para el pH del suelo,  $pH = 5.68$  muy próximo al rango óptimo, al contrario, el sistema convencional evidenció pH muy ácidos,  $pH = 4.63$ .

El porcentaje mayor de materia orgánica (4.18%) está en el sistema de prácticas agroecológicas, en este mismo sentido la tendencia es similar para este sistema para los indicadores químicos.

Los suelos evaluados en los dos sistemas muestran diferencias mínimas, pero convincentes para deducir que los lotes del sistema agroecológico presentan una mejor calidad de suelos.

En cuanto al manejo de los agroecosistemas, los efectos tangibles, no son significativos, pero corroboran los resultados de los análisis químicos, que las prácticas agroecológicas, paulatinamente, generan mayores beneficios ecológicos que a la postre se traducen en mejoras de las condiciones del suelo y del sistema en general.

## **VII. RECOMENDACIONES.**

- ✓ A los productores, no recurrir al uso de paquetes tecnológicos como; uso de los insecticidas, pesticidas, para el control de las plagas y enfermedades ya que esto tiende a la deficiencia de los componentes químicos y como resultado el agotamiento y empobrecimiento de la fertilidad de suelo.
- ✓ Usar diferentes tipos de manejo en las plantaciones de cacao, como abonos orgánicos, con el fin de no llevar al deterioro de los nutrientes en suelos y así una buena producción.
- ✓ Establecer diferentes especies en los sistemas de cacao, como musáceas (plátanos monocultivo convencional), para aumentar los componentes químicos de nitrógeno (N) fosforo (p), potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y este tipo de sistema aumenta un mejor PH.
- ✓ Continuar estudios sobre esta línea de investigación, para monitorear cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo.
- ✓ Evaluar otros sistemas de producción (otros cultivos) que involucren prácticas agroecológicas incluyendo más tiempo de estudio.
- ✓ A la universidad, fomentar las prácticas agroecológicas en los laboratorios naturales para valorar en ellos los cambios en las propiedades edáficas.
- ✓ Indagar sobre otros beneficios sinérgicos que devienen de las practicas agroecológicas en los sistemas productivos.

## VIII. LISTA DE REFERENCIAS

- Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2000). *Agroecología : Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México: PNUMA.
- Cerda, B. R. (2008). *Calidad de suelos en plantaciones de cacao (Theobroma cacao), banano (Musa AAA) y plátano (Musa AAB) en el valle de Talamanca, Costa Rica (Monografía Inedita)*. Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza, Agricultura. Turrialba: CATIE.
- Fassbender, H. (1994). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. (E. Bornemisza, Trad.) San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- García, M. L. (2015). *Metodologías de campo para determinar la profundidad, la densidad parante, materia orgánica e infiltración de agua en el suelo*. Universidad Nacional Agraria, Facultad de agronomía departamento de producción vegetal, Managua. Recuperado el Marzo de 2016
- Gliessman, R. S. (2002). *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba. Costa Rica: CATIE.
- Kass, D. (1996). *Fertilidad de Suelos*. San José, Costa Rica.: EUNED.
- Labrador, J. (2008). *Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica*. España.
- Labrador, Juana. (2001). *La Materia orgánica en los agrosistemas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones. Madrid: Mundi-Prensa. Recuperado el 20 de Abril de 2017
- LABSA-UNA. (2011). *Criterios de clasificación según resultados de laboratorio*. Universidad Nacional Agraria, (Laboratorio de Suelos y Aguas). Managua: UNA.
- Larios, G. R. (2014). *Fertilidad del suelo bajo prácticas agroecológicas y manejo convencional en el cultivo de café, Nicaragua 2009 - 2010*. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua: UNA.
- León, T. (2007). *Medio Ambiente, Tecnología y Modelos de Agricultura en Colombia. Hombre y Arcilla*. Bogotá, Colombia: ECOE.
- Ortega, D. (1995). *Suelos de Colombia, origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá: Canal Ramírez Antares Ltda.
- Ortega, G. (Diciembre de 2009). *Agroecología vs Agricultura Convencional*. Asunción: Base Investigaciones Sociales. Recuperado el 1 de mayo de 2017
- Ortega, T. S. (2009). *Caracterización socioeconómica de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) de Nicaragua*. RACN: Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA).
- Pérez, B. M. (Enero de 2010). Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelos y salu de cultivos. *Herramienta para la Gestión de Sistemas Agrícolas desde la perspectiva de la Agroecología*, 1era, 91. Bogotá, Colombia: Corporación Ambiental Empresarial. Filial de la Cámara de Comercio de Bogotá. Recuperado el 21 de abril de 2017
- Pinzón, A. (2010). *Materia orgánica del suelo. Edafología*, pág. 115.



- Porras Vanegas, C. M. (2006). Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba. 150. Costa Rica, Jiménez. Recuperado el 30 de Mayo de 2017
- Porras, V. C. (2006). Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba–Jiménez, Costa Rica. *Programa de educación para el desarrollo y la conservación, Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, para optar por el grado de Magister Scientiae en Agricultura Ecológica*, Pág. 22. Jiménez, Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Reyes, C. J. (2013). Evaluación de la calidad del suelo en un agroecosistema orgánico de hortalizas y un agroecosistema convencional de papa en el municipio de Guasca, Cundinamarca. pág. 60. Bogotá, Colombia. Recuperado el 20 de abril de 2017
- Rincón, S. L. (3 de Agosto de 2010). Caracterización fisicoquímica de algunos suelos de la zona de los minicipios de Villanueva y Barichara, Santander. *Especialización en Química Ambiental*. Bucaramanga, Santander, Colombia. Recuperado el 20 de Abril de 2017
- Rodriguez, L. E. (2016). *“La agricultura convencional del cultivo de cacao y su efecto en la erosión del suelo agrícola versus bosque primario en Jauneche”*. Guayaquil - Ecuador.
- Rodríguez, L. E. (2016). *La agricultura convencional del cultivo de cacao y su efecto en la erosión del suelo agrícola versus bosque primario en Jauneche-Ecuador*. Tesis de grado , Universidad de Guayaquil , Facultad , Guayaquil para la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Recuperado el 30 de Mayo de 2017
- Saab, A. R. (2012). *Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico la Estancia, Madrid, Cundinamarca, 2012. Utilizando indicadores de Calidad de Suelos*. Bogotá.

## **IX. ANEXOS**

## Indicadores de propiedades físicas

### Anexo 1. Clasificación de la profundidad efectiva del suelo

Profundidad del suelo (cm)	Valores
Muy profundo	> de 150
Profundo	150 – 100
Moderadamente profundo	100 – 50
Superficial	50 – 25
Moderadamente superficial	< de 25

### Anexo 2. Clasificación de la densidad aparente

Densidad aparente -da (g/cm <sup>3</sup> )	Valores	Rango de calidad
	≤0.7	Bajo
	0.7-0.8	Ideal
	0.9-1.2	Alto
	≥1.2	Muy Alto

### Anexo 3. Clasificación de un suelo según su porcentaje de porosidad total

Rango	Clasificación
> 70	Porosidad excesiva
55 – 65	Porosidad excelente
50 – 55	Porosidad satisfactoria
< 50	Porosidad no satisfactoria
40 – 25	Porosidad deficiente

## Indicadores de propiedades químicas

### Anexo 4. Clasificación de la acidez del suelo o PH

pH Agua 1:1	Valores	Apreciación
	≤ 4,5	Extremadamente ácido
	4,6 - 5,5	Muy ácido
	5,6 - 6,0	Ácido
	6,1 - 7,3	Neutro (ideal)
	7,4 - 7,8	Alcalino
	7,9 - 8,4	Muy alcalino
	≥ 8,5	Extremadamente alcalino

## Anexo 5. Clasificación de materia orgánica

Materia Orgánica %	
Categoría	Valores
Baja	< 2
Media	2 - 4
Alta	> 4

## Anexo 6. Bases totales y Saturación de bases.

Bases totales	Variables	Rango de calidad
	<4	Muy baja
	4-8	Baja
	8 -12	Moderada
	12-16	Alta
	>16	Muy alta
Saturación de Bases %	Valores	Rango de calidad
	<10	No saturado
	10-35	Desaturado
	35 – 50	Ligeramente saturado
	50 – 70	Saturado
	>70	Altamente saturado

## Anexo 7. Capacidad de Intercambio Catiónico – CIC

CIC (cmol Kg <sup>1</sup> )	Valores	Apreciación
	<5	Muy bajo
	5 - 10	Bajo
	10 - 15	Moderado
	15 - 20	Alta
	>20	Muy alta

## Anexo 8. Clasificación del Nitrógeno (N) disponible

Rango (%)	Clasificación
< 0.07	pobre
0-07-0.15	Medio
> 0.15	Alto

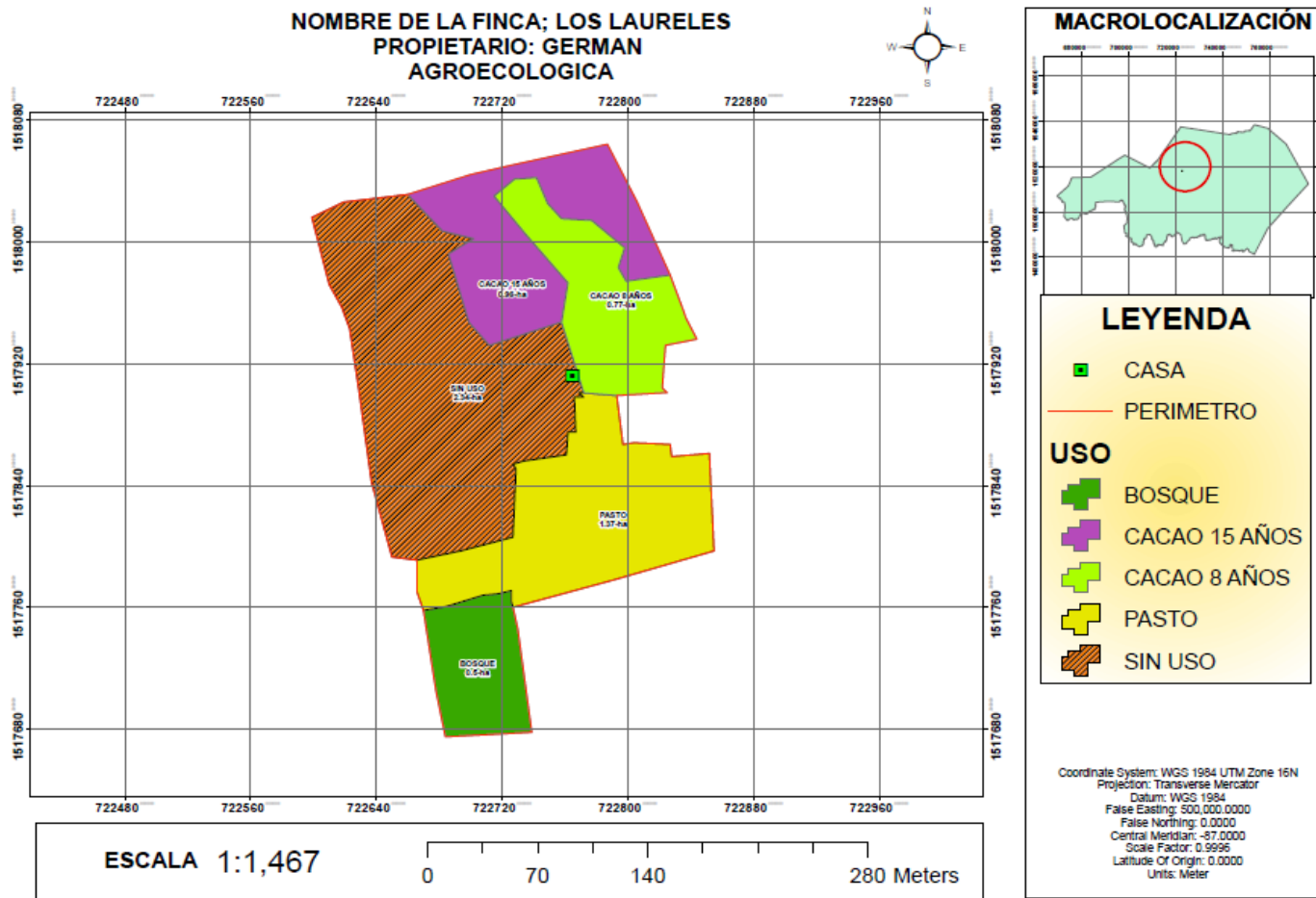
**Anexo 9. Clasificación de los niveles de Fósforo (P) en el suelo**

Método de análisis	Bray	
Unidades	Ppm=mg/kg	Miligramos (mg)/100gr de suelo
Bajo	<20	<2
Adecuado	20-40	2-4
Alto	40-100	4-10
Exceso	>100	>10

**Anexo 10. Disponibilidad de Potasio (K).en el suelo.**

<b>Potasio (cmol/Kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Valores</b>	<b>Apreciación</b>	<b>Rango de calidad</b>
	<0.10	Muy bajo	1-2
	0.10 - 0.20	Bajo	3-4
	0.21 - 0.30	Moderado	5-6
	0.31 - 0.40	Alta	7-8
	>0.40	Muy alta	9-10

## Anexo 11. Mapa de ubicación de finca Agroecológica



## Anexo 12. Análisis comparativo del manejo y tiempo en ambos sistemas, 2016

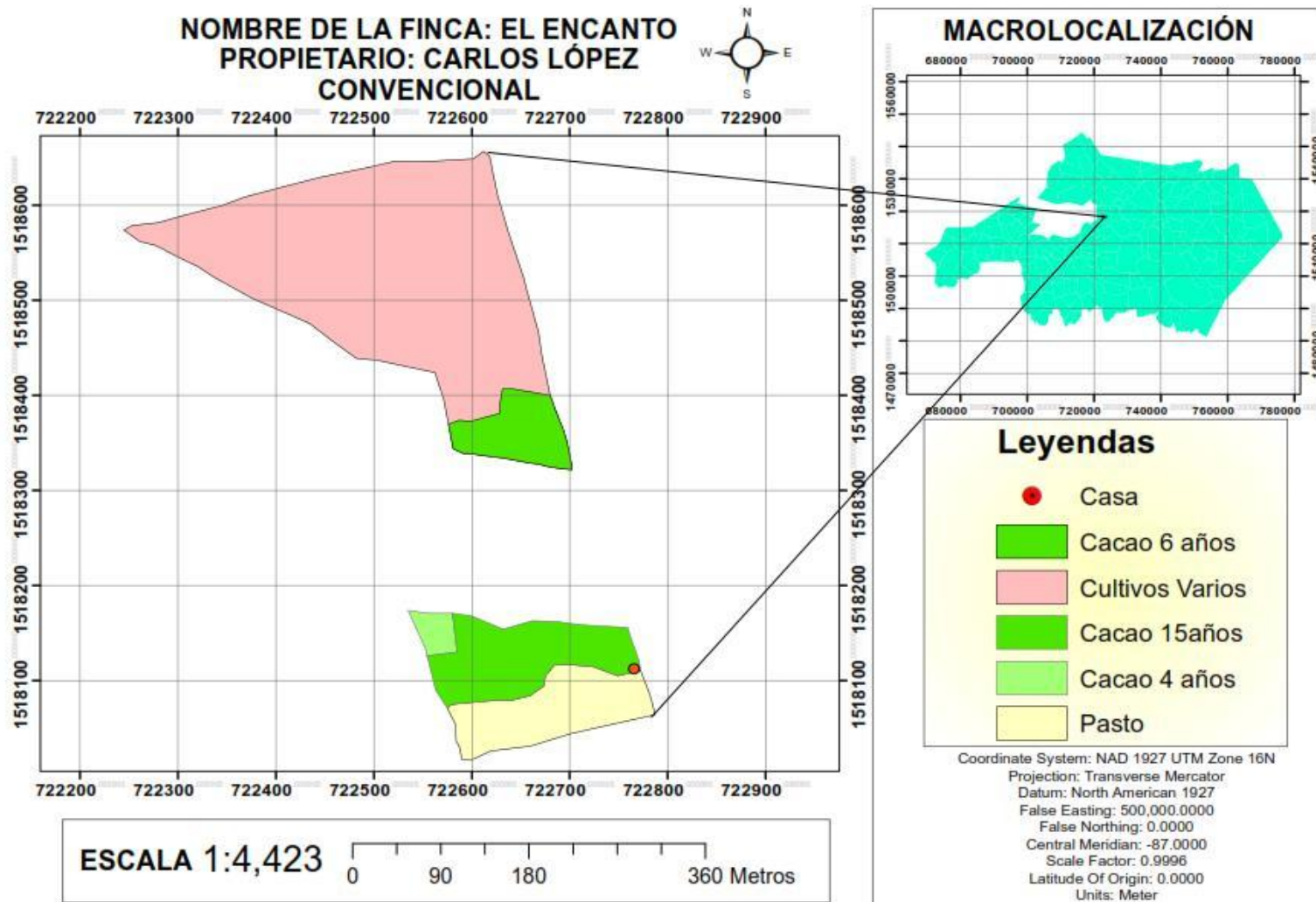
Prueba de t student. (Alfa = 0.05)

	Agroecológica		Agroecológica vs	
	8 y 15 años		Convencional 15 años	
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	10.25	10.33	10.3291	8.7425
Varianza	369.13	382.68	382.685	241.951
Observaciones	12	12	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0		0	
Grados de libertad	22		21	
Estadístico t	-0.00979		0.21991	
P(T<=t) una cola	0.49613		0.41402	
Valor crítico de t (una cola)	1.71714		1.7207	
P(T<=t) dos colas	<b>0.99227</b>		0.82805	
Valor crítico de t (dos colas)	2.07387		2.0796	

Prueba de t student. (Alfa = 0.05)

	4 y 6 años		6 y 15 años		4 y 15 años	
	Convencional		Convencional		Convencional	
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	9.07	7.56	8.743	7.568	8.743	9.068
Varianza	327.66	212.62	241.951	212.615	241.951	327.659
Observaciones	12	12	12.000	12.000	12.000	12.000
Diferencia hipotética de las medias	0		0.000		0.000	
Grados de libertad	21		22.000		22.000	
Estadístico t	0.2235		0.191		-0.047	
P(T<=t) una cola	0.4126		0.425		0.481	
Valor crítico de t (una cola)	1.7207		1.717		1.717	
P(T<=t) dos colas	<b>0.82526</b>		<b>0.850</b>		<b>0.963</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.07961		2.074		2.074	

### Anexo 13. Mapa de ubicación de finca convencional





**Anexo 14. Toma de muestra de suelo para Densidad aparente.**

