UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCIÓN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

Presentado por:

LEYDI KAREN JULCA ALVAREZ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 05 de Abril de 2019, a horas 10:00 a.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

"EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE MANEJO DE LOS SISTEMAS ORGÁNICOS Y CONVENCIONALES SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO EN EL DISTRITO DE RUPA RUPA"

Presentado por la Bachiller: **LEYDI KAREN JULCA ALVAREZ,** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"BUENO"**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES,** mención en **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 02 de Julio de 2019.

Ing. Mg. ROBERTO OBREGÓN PEÑA
PRESIDENTE

Ing. M.Sc. SANDRO RUIZ CASTRE
MIEMBRO

Ing. ERLE OTTO J. BUSTAMANTE SCAGLIONI
VOCAL

Ing. M.Sc. JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO

Autor : **Bach. Julca Alvarez Leydi Karen**

Asesor : **Ing. Lévano Crisóstomo Jóse D.**

Programa de Investigación : **Manejo y conservación de suelos**

Línea (s) de Investigación : **Evaluación de parámetros físico químicos y biológicos**

Eje Temático de Investigación : **Agroforestería comunitario**

Lugar de Ejecución : **Caserío Yurimaguas**

Duración **Fecha de Inicio** : **25/08/2016**

Término : **30/12/2018**

Financiamiento : **s/. 2,546.30**

FEDU : **NO**

Propio : **SI**

Otros : **NO**

DEDICATORIA

A Dios quién supo guiarnos por el buen camino, enseñándonos a enfrentar las adversidades sin perder nunca la dignidad, ni desfallecer en el intento.

A mis queridos padres Félix y Olga; por heredarme el tesoro más grande que es la educación y haberme forjado en la persona que soy ; con el apoyo incondicional, consejos, valores e impulso que me brindaron en los momentos más difíciles de

A mi querido hijo, a mi esposo Benny por compartir esta linda experiencia conmigo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que me acogió en sus aulas; y así lograr estudiar la carrera que me apasiona, logrando culminar con éxito mi formación profesional.

A todos mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.

A los miembros integrantes del jurado de tesis: Ing. M.Sc. Ruiz Castre Sandro; Ing. M.Sc. Obregón Peña Roberto; Ing. Araujo Torres Raúl, por el tiempo tomado para la evaluación de mi tesis.

Al Ing. M.Sc. Lévano Crisóstomo José, docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, asesor del presente trabajo, por su función como mentor y formador, amistad y la desinteresada asistencia en la presente tesis.

A mi familia; por ser los principales promotores de mí sueño; gracias a ellos por confiar, creer y las palabras de aliento; gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada momento de mi vida, estando en las largas y agotadoras noches con una taza de café.

ÍNDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN 1

1.1. Objetivo general 2

1.2. Objetivo específicos 3

II. REVISIÓN DE LITERATURA 4

2.1. El cultivo del café 4

2.1.1. Clasificación botánica 5

2.1.2. Principales características de las variedades de café 5

2.2. Producción convencional 7

2.2.1. Concepto de sostenibilidad 8

2.3. Producción orgánica 8

2.4. El suelo 9

2.4.1. Calidad del suelo 9

2.4.2. Calidad de suelos en finca orgánica y convencional 11

2.4.3. Calidad de suelos bajo sistemas agroforestales 13

2.4.4. Índices de calidad de suelos 13

2.4.5. Análisis de suelos 14

2.4.6. Propiedades físicas del suelo 15

2.4.7. Propiedades químicas del suelo 20

2.5. Estudios realizados 26

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....27

3.1. Lugar de ejecución 27

3.1.1. Antecedentes de las parcelas en estudio.....28

3.2. Materiales y equipos 30

3.2.1. Materiales y equipos de campo 30

3.2.2. Materiales, equipos e insumos de laboratorio.....30

3.3. Metodología 30

3.3.1. Tipo de investigación 30

3.3.2. Formulación de la hipótesis 30

3.3.3. Identificación de variables.....31

3.3.4. Diseño de la investigación 32

3.3.5. Población y muestra.....32

3.3.6. Análisis estadístico.....33

3.3.7. Fases de campo y laboratorio.....34

IV. RESULTADOS.....47

4.1. Evaluación de la calidad del suelo entre parcelas bajo manejo orgánico y convencional por años de instalación.....47

4.1.1. Propiedades físicas del suelo.....47

4.1.2. Propiedades químicas del suelo del suelo.....49

4.1.3. Propiedades biológicas del suelo.....51

4.2. Correlación entre los parámetros seleccionados y las propiedades fisicoquímicos y biológicos analizadas.....53

4.1.4. Cultivo de café bajo manejo convencional.....53

4.1.5. Cultivo de café bajo manejo orgánico.....55

V. DISCUSIÓN.....57

VI. CONCLUSIONES.....63

VII. RECOMENDACIONES.....65

VIII. ABSTRACT 66

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 68

ANEXO 76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro Página

1. Tamaño de las partículas del suelo 16

2. Valores de la densidad aparente (DA) de suelos 17

3. Interpretación de resultados del cálculo de la densidad aparente (DA) 18

4. Escala de resistencia a la penetración del suelo 20

5. Rango de materia orgánica en el suelo.....21

6. Niveles de pH del suelo 23

7. Niveles de contenido de Nitrógeno 24

8. Niveles de contenido de fósforo.....24

9. Niveles de contenido de potasio 25

10. Relación de propietarios por parcelas en estudio 35

11. Métodos para determinar los indicadores físicos. 37

12. Métodos para determinar los indicadores químicos.....39

13. Indicadores biológicos.....43

14. Análisis mecánico de suelos con parcelas de café bajo manejo orgánico y convencional evaluado por años de instalación 48

15. Análisis químico de suelos con parcelas con café bajo manejo orgánico y convencional evaluado por años de instalación 50

16. Valores de biomasa microbiana en suelos con cultivo de café bajo manejo orgánico y convencional evaluado por años de instalación 51

17. Correlación entre parámetros fisicoquímicos y biológicos de suelo bajo manejo convencional 54

18. Correlación entre los parámetros fisicoquímicos y biológicos de suelo bajo manejo orgánico 56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Página

1. Rejillas regulares (Guía para muestreo de suelos, MINAM 2014) 35

2. Valores medios de la relación de C/N en suelos con cultivo de café bajo manejo orgánico y convencional por años de instalación 52

3. Propietario de parcela de café bajo manejo orgánico 77

4. Propietario de parcela de café bajo manejo orgánico 77

5. Propietaria de parcela de café bajo manejo convencional 78

6. Propietario de parcela de café bajo manejo convencional 78

7. Determinación de materia orgánica del suelo (agregando 10 ml de Dicromato de Potasio 1N).....79

8. Determinación de textura de suelo (Agitando la solución en la probeta de Bouyoucos).....79

9. Selección de anillos para muestreo de suelos 80

10. Lectura del pH del suelo en el laboratorio 80

RESUMEN

La calidad de los suelos está influenciada por el uso/ocupación, afectando las propiedades fisicoquímicas y biológicas a través del inadecuado manejo de enmiendas, fertilizantes, riego y mecanización. La investigación se realizó en parcelas con cultivo de café, situados en el caserío Yurimaguas, distrito Rupa Rupa, región Huánuco. Con la finalidad de evaluar prácticas de manejo orgánico y convencional sobre la calidad del suelo. Para determinar los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas se realizó muestreo de suelo en 06 (seis) parcelas en un área de 10 000 m^2, divididas en subparcelas de 20 m. x 20 m. Para determinar la biomasa microbiana se utilizó el principio de “fumigación y extracción” de BROOKES *et al.* (1985), modificada por ANDERSON e INGRAM (1993).

No existió efecto del tipo de manejo en las propiedades físicas del suelo. Del análisis químico. Para el tercer y quinto año, no existió diferencias para los valores de pH, materia orgánica, fósforo, potasio, CIC, sin embargo, el nitrógeno disponible fue mayor en suelos bajo manejo orgánico. Para el séptimo año, los suelos bajo manejo convencional presentaron mayores valores, siendo: 4.01% de materia orgánica, 0.39% en nitrógeno, 22.08 ppm de fósforo, 441.40 kg/ha en potasio, para los valores de pH se determinaron estadísticamente semejantes (5.39 a 5.42), y una CIC del suelo con valores de niveles medios que fluctúan en el rango de 7.59 Cmol/kg a 7.89 Cmol/kg. Para la biomasa microbiana, en el tercer año no existió efecto del tipo de manejo. En el quinto año, se observó mayores valores de carbono microbiano en suelos

bajo manejo convencional. Para el séptimo año, los valores de biomasa microbiana son mayores en los suelos bajo manejo convencional. Finalmente se concluye que, los valores de indicadores de calidad de suelos son mayores en parcelas bajo manejo convencional sobre las parcelas con manejo orgánico en relación a los años de instalación del cultivo.

Palabras claves: Calidad, suelo, indicadores, manejo, café, biomasa.

I. INTRODUCCIÓN

La superficie cultivada con café ocupa 230,000 hectáreas distribuidas en tres zonas, siendo la región más apropiada para obtener los mejores rendimientos con alta calidad la que se ubica al extremo central oriental de la Cordillera de los Andes, en la denominada zona de la selva, bajo una ecología tropical. La zona norte consta de 98 mil hectáreas cafetaleras que constituyen el 43% del área total cultivada y está conformada por los departamentos de Piura, Cajamarca, Amazonas y San Martín. La zona central abarca unas 79 mil hectáreas, es decir un 34% de los cafetales de la nación, que comprende Junín, Pasco y Huánuco.

El año 2006, el Perú alcanzó el primer lugar a nivel mundial en la exportación de café orgánico, debido principalmente al esfuerzo de los caficultores pobres, a sus alianzas con las organizaciones y a las condiciones naturales de la eco-región andino-amazónica. Sin embargo, el mercado orgánico oferta cada vez menores precios relativos al café orgánico peruano porque se percibe una decreciente calidad en los lotes que exportamos. La causa: el productor orgánico, al igual que el convencional, no practica la reposición de los nutrientes al suelo y el manejo adecuado de la biodiversidad de bosques. Cada año los campos producen menos café exportable y los agricultores vuelven a talar el bosque para instalar nuevas áreas de café.

El suelo constituye uno de los recursos más importantes, ya que es la base fundamental para la explotación agropecuaria y forestal. Su formación es un proceso complejo que involucra cambios físicos, químicos y biológicos de la roca originaria. En el manejo orgánicos, la conservación y mejora de las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo es fundamental, por lo que la incorporación de insumos orgánicos es una práctica común que tiene como fin acondicionar el suelo e incorporar biota para optimizar la absorción nutrimental de las plantas, su vigor y sanidad. Sin embargo, en el manejo convencionales, la aplicación sobredosificada de fertilizantes no ha solucionado los problemas de absorción que tienen cultivos como la papa, y más bien resulta en una inversión innecesaria que conduce a consecuencias adversas para el suelo y el medio ambiente.

Por lo antes mencionado, se planteo como interrogante ¿las prtacticas de manejo convencional no ejercen un efecto significativo sobre la calidad del suelo respecto al manejo organico a traves de 3, 5 y 7 años de instalacion del cultivo de café?. Para, finalmente aceptar la hipótesis alternante, debido a que el manejo convencional ejercen un efecto significativo sobre los indicadores de calidad del suelo en relación a los años de instalación del cultivo respecto al manejo orgánico.

1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de las prácticas de manejo orgánico y convencional en cultivos de café sobre los indicadores de calidad del suelo en el distrito de Rupa Rupa.

1.2. Objetivo específicos

- Evaluar la influencia de dos tipos de manejo (orgánico y convencional) del cultivo de café en el comportamiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en 3, 5 y 7 años de instalación. .

- Establecer la relación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en parcelas con cultivo de café bajo manejo orgánico y convencional.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cultivo del café

El origen del café arábigo es en el continente Africano en las montañas sur occidentales de Etiopía, el altiplano del Sudán y el Norte de Kenia, donde es un componente natural del sotobosque, ubicado de 1 300 a 2 000 metros de altitud (CARVALHO,1997). El género Coffea tiene alrededor de 80 especies originarias de África y Asia pero las de mayor importancia comercial son: *Coffea arábica L.* y *Coffea canephora*, que ocupan el 65% y 33% del área cultivada mundial, respectivamente. En nuestro país existe una superficie cultivada de, aproximadamente, 231 919 hectáreas de cafetales de los cuales, 151 958 hectáreas (66%) corresponden a café arábigo y 79 969 hectáreas a cafetales de la especie robusta (34%) (BETTANCOURT, 2002).

El género Coffea es una población vegetal muy diversa que comprende una amplia gama de especies, variedades e híbridos, las mismas que a través del tiempo han sufrido innumerables cambios ya sea de manera espontánea o inducidos por el hombre, para aprovecharlas en su beneficio (INIAP, 2003).

Las especies arábica y robusta tienen mayor importancia comercial y alto valor genético. El café arábigo, es una especie tetraploide (2n=44)

preponderantemente autógena y el café robusta es diploide (2n=22) de naturaleza alógama. En los procesos de mejoramiento genético, orientados al incremento de la productividad y la búsqueda de resistencia a la roya del café se han considerado algunos híbridos interespecíficos naturales como el híbrido de y/o artificiales como el Icatú y Arabusta (BETTANCOURT, 2002).

2.1.1. Clasificación botánica

La clasificación botánica del café se expone a continuación:

Reino : vegetal

Clase : dicotiledónea

Orden : rubiales

Familia : rubiaceae

Género : Coffea

Especie : C. arábica L

2.1.2. Principales características de las variedades de café

Las variedades arábigas de café a cultivar son:

2.1.2.1. Variedad Typica

La variedad Typica es una variedad arábiga pura originaria de Etiopía. Esta variedad es de porte alto, que puede alcanzar cerca de los

cuatro metros a libre crecimiento. Los brotes tiernos son de color bronceado. Las ramas se insertan en el tallo principal formando un ángulo aproximado de 60°. Los entrenudos son largos, normalmente de alrededor de cinco centímetros (GÓMEZ, 2004).

2.1.2.2. Variedad Bourbon

La variedad conocida Bourbón comprende dos cultivares conocidos como Bourbón rojo y Bourbón amarillo. Es una variedad originaria de las Islas Reunión. El porte de las plantas es similar a la variedad Típica. Los brotes terminales u hojas tiernas son de color verde tierno. Se estima que el rendimiento tiende a ser superior a la variedad Typica. La variedad Bourbón es susceptible a la roya (MORENO, 2000).

2.1.2.3. Variedad Caturra

La variedad Caturra de café fue encontrada en Minas Gerais (Brasil) y es considerada como una mutación del café Bourbón. Esta variedad comprende dos cultivares: Caturra rojo y Caturra amarillo. Los nombres rojo y amarillo se han dado en base a la coloración de los frutos. Las características de las plantas de Caturra son de porte bajo, de aspecto vigoroso y compacto. Los entrenudos son cortos y con una coloración verde en sus brotes tiernos. Las ramas de caturra forman un ángulo de 45° con respecto al eje central. Esta variedad tiene amplio rango de adaptabilidad y alta producción, pero es una especie susceptible a la roya del cafeto (GÓMEZ, 2004).

2.2. Producción convencional

La agricultura en su afán de suplir de alimento a la creciente población mundial, ha incrementado sus rendimientos gracias a los avances científicos e innovaciones tecnológicas como: el uso de nuevas variedades, fertilizantes, riego y plaguicidas para el control de plagas y enfermedades. Esta nueva agricultura se basa en: labranza intensiva del suelo para crear condiciones propicias para las raíces de las plantas, monocultivos para obtener mayores rendimientos por hectárea, riego para estabilizar la estacionalidad de la producción, la aplicación de fertilizantes inorgánicos los cuales son rápidamente absorbidos por la planta, el control químico contra plagas y enfermedades y por último la manipulación genética de las plantas para obtener mejores cosechas y protección contra condiciones adversas de clima y plagas. Todas estas prácticas favorecen la productividad a corto plazo comprometiendo así la de largo plazo (JARAMILLO, 1982).

El cultivo del café no fue la excepción, este tipo de producción a partir de la segunda guerra mundial cambio la forma de producción de un sistema agroforestal con bajo impacto en el ambiente, a una caficultura con alto impacto ambiental, donde se usaron variedades mejoradas, con mayores demandas de agroquímicos, sembradas a mayor densidad y con menos uso o eliminación total de árboles de sombra. La eliminación de la sombra genero varios impactos negativos entre los cuales se pueden mencionar una mayor erosión del suelo por la pérdida de cobertura de la hojarasca proveniente de los árboles de sombra (URIBE, 1971 y GÓMEZ, 1992),

2.2.1. Concepto de sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad implica una producción a largo plazo sin causar mayores daños al medio ambiente. La agricultura es sostenible cuando es ecológicamente segura, económicamente, socialmente justa y culturalmente apropiada, donde el medio ambiente y los recursos naturales son la base de la actividad económica. La agricultura sostenible preserva la biodiversidad, conserva el suelo, el agua y la energía, valora el conocimiento local, minimiza los insumos externos que el productor necesita para cultivar haciéndolo más autosuficiente o sostenibles (LABRADOR y ALTIERI, 2001).

2.3. Producción orgánica

La agricultura orgánica es un sistema productivo que excluye el uso de fertilizantes, pesticidas sintéticos (ALTIERI, 1999), hormonas y reguladores de crecimiento para la producción agrícola (CUCHMAN y RIQUELME, 2000). Según la Internacional Federation of Organic Agriculture Movements, IFOAM (2003), la producción orgánica es “un sistema holístico, basado en una serie de procesos que resultan en un ecosistema sostenible, alimentos seguros, buena nutrición, bienestar animal y justicia social.

En este tipo de agricultura las prácticas más comunes son la rotación de cultivos, el uso de rastrojos vegetales, abonos animales, asocio con leguminosas, abonos verdes, rocas minerales, y el control biológico de plagas y enfermedades Estas prácticas incrementan la fertilidad del suelo y ayudan en el control de malezas, enfermedades y plagas dentro del cultivo (ALTIERI, 1999).

CENICAFE (2005) define café orgánico como “el café producido y procesado en un sistema sostenible (ambiental, técnico, social y económicamente viable), sin la utilización de químicos de síntesis”. Hay que tener presente que la producción de café orgánico no es sinónimo de cultivo abandonado, sino que este responde a recomendaciones técnicas bajo una conciencia orgánica (BOYCE, 1994).

2.4. El suelo

El suelo se refiere a la porción superficial de la corteza terrestre que ha sido alterada “in situ” en capas que difieren una de la otra y de los materiales más profundos no alterados o roca sólida (ZAVALETA, 1992).

2.4.1. Calidad del suelo

Un suelo de buena calidad puede ser definido de una manera tan subjetiva como: “un suelo es de buena calidad por el desarrollo y la producción de las plantas que se encuentran allí sembradas”, o “un suelo de buena calidad es de color negro” que son respuestas muy comunes dadas por los productores y que integran una serie de características o propiedades del suelo en cada una de ellas (CERON, 2001).

MAGDOLFF (2001), propone que un suelo de buena calidad debe tener las siguientes características:

- Suficientes nutrientes

- Buena estructura

- Suficiente profundidad para el crecimiento de raíces.

- Buen drenaje interno

- Baja población de enfermedades y organismos parásitos

- Altas poblaciones de organismos para promover el crecimiento de la planta.

- Baja incidencia de malezas

- Libre de químicos que puedan dañar las plantas

- Resistencia a ser degradado

- Resiliencia a un episodio de degradación

Así mismo nace a la vez otra pregunta ¿qué es lo que tenemos en cuenta para decir si un suelo es de buena o de mala calidad? La calidad de suelos se concluye de las propiedades químicas, físicas y biológicas que le permiten cumplir con sus funciones; algunas de estas propiedades son más sensibles a cambios de manejo a estas se les denomina indicadores. La idea de medir estos indicadores es saber que prácticas, que usualmente se utilizan dentro de la agricultura están dañando el suelo o acelerando procesos erosivos que puedan comprometer la producción y calidad de alimentos en un futuro cercano. Por lo tanto la medición de indicadores de calidad de suelos es una herramienta fuerte para la toma de decisiones (ANDREWS *et al*., 2003).

La calidad del suelo varía con la especie de cultivo, el manejo del cultivo y puede llegar a variar también con el estado fenológico del cultivo (HERNÁNDEZ *et al*., 2004). Teniendo en cuenta que el suelo es un ente que varía a cortas distancias se han hecho índices de calidad para regiones y cultivos específicos y falta más investigación para tener parámetros mundiales para comparar la calidad de los suelos.

El café es comúnmente cultivado bajo sistemas agroforestales, en Costa Rica árboles leguminosos, árboles maderables y árboles frutales son usados para proveer de sombra al cafetal (ICAFE, 1998). Estas especies además de ofrecer sombra aportan al sistema nutrientes provenientes de la biomasa de sus ramas y hojas, y en el caso particular de las especies leguminosas estas aportan nitrógeno proveniente de la fijación simbiótica con micorrizas (GÓMEZ, 1992), otro aspecto importante es la regulación del microclima dentro del sistema agroforestal el cual puede prevenir el desarrollo de plagas y enfermedades, regular la temperatura, la humedad y la radiación solar que inciden directamente al suelo. Por lo tanto esperaríamos que dentro de un sistema agroforestal los suelos fueran de mejor calidad y más parecidos a sistemas naturales como los bosques (STAVER, 2001).

2.4.2. Calidad de suelos en finca orgánica y convencional

La calidad de suelos se ve influenciada directamente por el manejo (HENRÍQUEZ *et al*. 2004). Cualquier práctica que se realice al suelo ya sea positiva o negativa hace que la actividad microbiana se vea afectada y por ende la calidad del suelo. Adicionalmente BENDING *et al*. (2004), encontraron

que en producciones orgánicas existen altos contenidos de ATP (Trifosfato de adenosina), igualmente se incrementa el contenido de agua, polisacáridos, niveles de enzimas (fosfatasa ácida, proteasa y deshidrogenada) y biomasa microbiana. Hay baja ruptura de nódulos y la estructura del suelo es más granular y de consistencia más friable (MARINARI *et al*., 2005).

Dentro de las producciones orgánicas se encuentra mayor abundancia y diversidad de microorganismos, de predadores, de parasitoides y crece mayor diversidad de malezas, por esta razón la agricultura orgánica es un sustituto de indicador de biodiversidad. En contraste producciones convencionales a través de los años pueden cambiar las características de los suelos como; el grosor del horizonte, la densidad aparente, la resistencia a la penetración, la infiltración y el desarrollo estructural (ÁVILA *et al*. 2004).

Las diferencias en calidad de suelos bajo estos dos tipos de manejo puede ser más evidentes cuando los cultivos requieren altos insumos (maíz o tomate), pero no en cultivos que requieren bajos insumos como trigo o cebada (PARISI *et al*., 2005). Sin embargo no siempre se da que el manejo orgánico es bueno para la calidad del suelo, por ejemplo, se pueden encontrar desordenes nutricionales en plantaciones de café orgánico causadas por el uso excesivo de productos a base de cobre para el manejo de enfermedades. En general el uso de enmiendas orgánicas ya sea en producciones orgánicas o convencionales induce a cambios en la dinámica del nitrógeno, disminuye la acidez del suelo, mantiene el predominio de la capacidad de intercambio catiónico y mejora la actividad microbiana (THEODORO *et al*., 2003).

FRASER (1988) planteó que las diferencias en propiedades biológicas de los suelos bajo manejo orgánico y convencional no fue directamente resultado de la aplicación de fertilizantes y pesticidas en sí, aparentemente, resultaron del incremento en la disponibilidad de sustrato y mejores condiciones ambientales dadas con la adición de estiércoles o crecimiento de un cultivo.

2.4.3. Calidad de suelos bajo sistemas agroforestales

El componente arbóreo influye en variables físicas, biológicas, ambientales, las del sistema y las químicas, entre de las variables físicas están; densidad, porosidad, humedad y compactación; entre variables biológicas las lombrices e invertebrados; entre las variables ambientales están la regulación del microclima del cultivo que evita el desecamiento y sobrecalentamiento del suelo; entre las variables del sistema están la producción, la calidad y la cantidad de la hojarasca y entre variables químicas está el incremento de la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, y la disponibilidad de N, P y K por la adición de hojarasca, raíces y tallos, que a la vez afecta las variables microbianas incrementando la población de hongos que son los encargados de descomponer estos residuos (JULCA-OTINIANO *et al.,* 2002).

2.4.4. Índices de calidad de suelos

Paralelo al desarrollo de metodologías para medir indicadores de calidad de suelos se han venido proponiendo índices para comparar suelos e identificar el de mejor calidad; sin embargo, el índice que se puede sacar a

partir de un trabajo de investigación es limitado a una determinada área y situación en particular (GIL-SOTRES *et al*., 2005).

Existen diversas metodologías para determinar índices de calidad, entre las más comunes se encuentran el análisis de componentes principales, la regresión múltiple, la regresión lineal y no lineal (ANDREWS *et al*., 2003). Actualmente aunque la calidad del suelo se sigue midiendo con indicadores físicos y químicos, se está promoviendo el uso de indicadores biológicos (BENDING *et al.,* 2004), estos por su sensibilidad propia de los organismos vivos proveen información sobre el entorno en el que se desarrollan. Así mismo, la presencia, ausencia y/o cantidad de estos organismos los convierte en un buen indicador para determinar la calidad de suelos. Dentro de este tipo de indicadores biológicos están los que miden indirectamente la presencia de organismos o microorganismos como es la biomasa microbiana, o directamente la presencia de organismos vivos como el caso de lombrices, nemátodos o colémbolos. Aunque estos indicadores son muy completos y generan gran cantidad de información, existen problemas como la falta de estudios a nivel taxonómico que permitan identificar hasta el nivel de especie los microorganismos como actinomicetes, hongos y bacterias llegando solamente a nivel de grupos funcionales (RAMÍREZ, 2004).

2.4.5. Análisis de suelos

La información obtenida del análisis físico-químico del suelo, junto con la evaluación de las necesidades del cultivo, orientan para determinar las cantidades que se requerirían de los diferentes nutrientes, así como de las

posibles enmiendas del suelo. La información obtenida mediante los análisis de suelos, es una buena base para hacer recomendaciones sobre fertilización, para situaciones específicas. Es información vital para el manejo de suelos; permite: Clasificar los suelos en grupos afines; predecir las probabilidades de obtener respuesta positiva a la aplicación de elementos nutritivos; ayudar en la evaluación de la fertilidad del suelo; determinar las condiciones específicas del suelo que pueden ser mejoradas (GUERRERO, 2000).

2.4.5.1. Muestreo del suelo

Los resultados del análisis de un suelo dependen de la calidad de la muestra recogida por el agricultor. Por ello a continuación se recogen las recomendaciones a seguir en la toma de muestras de suelo para análisis físico – químico. Para la mayoría de los cultivos, la recolección de la muestra cada dos o tres años debe ser suficiente, los cultivos intensivos como las frutas u hortalizas necesitan de un muestreo anual y los cultivos de invernadero realizan sus análisis más a menudo. Se debe realizar el análisis antes de sembrar (GUERRERO, 2000).

2.4.6. Propiedades físicas del suelo

2.4.6.1. Textura del Suelo

La distinta proporción de arena, limo y arcilla define la textura de cada horizonte (GUERRERO, 2000). El suelo recomendable para un cultivo es aquel que permite fácilmente la penetración de sus raíces; tiene aireación, buenas cualidades de drenaje, buenas propiedades de

retención de humedad y de nutrientes, estos requisitos mencionados son todos los suelos que van desde una textura franco arcilloso a franco arenosos (CRESPO, 1997).

Los suelos arenosos poseen un buen drenaje y aireación, estos suelos son pocos fértiles debido a los cambios de temperatura en que se calientan y se enfrían muy rápidamente; pero en la mayoría de los casos los suelos arenosos son pocos fértiles (NAVARRO, 2003).

Cuadro 1. Tamaño de las partículas del suelo

Nombre del componente	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 de clasificación USDA - Laboratorio de suelos UNAS

2.4.6.2. Densidad aparente

La densidad aparente del suelo (DA), es la relación entre la masa de los sólidos y el volumen total que éstos ocupan, incluyendo el espacio poroso existente entre las partículas sólidas (NAVARRO, 1994). Su valor varía de 1.0 g/cm^3 en suelos arcillosos, orgánicos y bien estructurados, hasta alrededor de 1.8 g/cm^3 en suelos arenosos

compactados. Los suelos arenosos son relativamente bajos en espacio vacío total y proporcionalmente tienen densidades aparentes altas. La DA aumentan con la profundidad en el perfil del suelo, esto se debe a niveles más bajos de materia orgánica, menor agregación y más compactación (AGUILERA y MARTÍNEZ, 1996).

En el Cuadro 1, se presentan varios ejemplos de valores de DA donde se aprecia que el valor de esta propiedad disminuye a medida que se incrementa el contenido de arcilla en el suelo (NAVARRO, 2003).

Cuadro 2. Valores de la densidad aparente (DA) de suelos

Clase textural	DA (g/cm3)	Clase textural	DA (g/cm3)
Arena	1.5 – 1.8	Migajón arcillo-limoso	1.15 – 1.3
Arena migajón	1.4 – 1.7	Arcilla arenosa	1.1 – 1.25
Migajón arenoso	1.3 – 1.5	Arcilla limosa	1.1 – 1.25
Migajón	1.2 – 1.4	Arcilla	1.05 – 1.2
Migajón limoso	1.15 – 1.4	Arcilla en agregados	0.9 – 1.1
Limo	1.15 – 1.4	Arcilla sódica	1.2 – 1.5
Migajón arcillo-arenoso	1.15 – 1.3	Arena compactada	1.8 – 1.9
Migajón arcilloso	1.15 – 1.3	Suelo orgánico	0.8 – 1.0

Fuente: Navarro, 2003.

Existe una clara relación del valor de la densidad aparente con otras propiedades y características de los suelos, como la textura, el contenido de materia orgánica, la porosidad, la compactación, la

conductividad térmica y la resistencia del suelo a la penetración. Desde el punto de vista agrícola, los valores bajos de densidad aparente se asocian con una condición general más apropiada para los cultivos (NAVARRO, 2003).

En el Cuadro 2, se interpretan los resultados de la determinación de la DA según la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000):

Cuadro 3. Interpretación de resultados del cálculo de la densidad aparente (DA)

DA (g/cm^3)	Tipos de suelo
< 1.00	Orgánicos y volcánicos
	Minerales:
1.0 – 1.19	Arcilloso
1.20 – 1.32	Franco
> 1.32	Arenoso

Fuente: NAVARRO, 2003

2.4.6.3. Resistencia a la penetración

Es la fuerza que opone el suelo a la introducción de una determinada herramienta de sondeo, proporcionando una idea de su dureza para las condiciones específicas en que se encuentra en un determinado momento. Su valor es un índice integrado de la compactación del suelo, del contenido de humedad, de la textura, del tipo

de arcilla mineral presente, del contenido de materia orgánica y de la estructura del suelo (NAVARRO, 2003). Entre todos los sistemas diseñados para caracterizar la resistencia a la penetración, el más utilizado es el penetrómetro de punta cónica de 30° (ASABE, 2008). Se caracteriza por el empleo de dos tipos de puntas cónicas definidas por el diámetro de la base del cono (20.27 o 12.83 mm) (ORTIZ-CAÑAVATE Y HERNANZ, 1989). El penetrómetro de cono determina un índice de la dureza del suelo, conocido como índice de cono (IC), que se define como la fuerza por unidad de área base de cono requerida para empujar el instrumento a través de un pequeño incremento específico de profundidad (ASABE, 2008).

El IC, al ser una función de las variables mecánicas del suelo, disminuye con el contenido de humedad, tiene relación con la cohesión molecular y aumenta con el grado de compresión. También se ha encontrado una estrecha relación entre el IC y el crecimiento radicular, con valores críticos en que la penetración de las raíces se restringe severamente mayores a 2 MPa (SILVA *et al.,* 2000).

La compactación del suelo es una contracción de las partículas que constituyen la materia sólida, lo que se traduce en una disminución del espacio poroso lo que conlleva a que se aumente los valores de densidad aparente. Al ocurrir esto, también se limita el desarrollo radical, estos autores establecieron la relación directa que existe entre la penetración de raíces con la densidad del suelo y la resistencia a la penetración (BENGOUGH y MULLINS, 1991).

ZERPA (2006) ha empleado la siguiente escala para interpretar la condición del suelo para el desarrollo de la rizosfera según el RP de la capa edáfica.

Cuadro 4. Escala de resistencia a la penetración del suelo

RP (MPa)	Condición
0≤RP≤0,9	Sin restricciones
0,9<RP≤1,4	Leves restricciones
1,4<RP≤2	Moderadas a severas restricciones
RP>2	Restrictivo para el enraizamiento

Fuente: ZERPA (2006)

2.4.7. Propiedades químicas del suelo

2.4.7.1. Materia orgánica

Consiste en organismos vivos, plantas secas y residuos de origen animal. Es la fracción químicamente más activa del suelo, que almacena varios elementos esenciales, estimula la estructura del suelo, es una fuente con capacidad de intercambio catiónico (CIC), regula los cambios de pH, así como también favorece relaciones convenientes entre el aire y el agua en los suelos y es un enorme depósito geoquímico de carbono (BOHN *et al*., 1993). El contenido de materia orgánica en los suelos es muy variable y está condicionado en primera instancia por el clima y la vegetación y localmente se ve determinado por la fisiografía, la naturaleza del material madre que genera el suelo y el sistema de

manejo, Sin embargo las temperaturas bajas y altitudes altas retardan la descomposición de la materia orgánica, originando una mayor concentración por falta de mineralización y humificación, las temperaturas mayores a 25 – 28 ºC y altitudes menores aceleran la descomposición de los residuos vegetales (ZAVALETA, 1992).

La materia orgánica del suelo consiste en residuos vegetales y animales a varios niveles de descomposición. Niveles adecuados de la misma benefician al suelo en formas diferentes: Mejora la condición física, aumenta la infiltración del agua, mejora la friabilidad del suelo, disminuye las pérdidas de erosión, provee nutrientes a las plantas. La mayoría de los beneficios se deben a substancias desprendidas como producto de la descomposición en el suelo de los residuos orgánicos (INPOFOS, 1988).

Cuadro 5. Rango de materia orgánica en el suelo

Nivel	Contenido (%)
Bajo o pobre	menos de 2
Medio	2 – 4
Alto o rico	mayor de 4

Fuente: Sistema de clasificación USDA –Laboratorio de suelos UNAS

2.4.7.2. pH del suelo

Cuando se habla del pH del suelo hace referencia a una de las cualidades más indicativas de sus propiedades. En la que un suelo

puede ser ácido, neutro o alcalino determinara en gran parte la solubilidad de varios compuestos, la fuerza de unión de los iones en los sitios de intercambio y la actividad de los microorganismos, la disponibilidad de la mayoría de los elementos esenciales para la planta depende del pH de la solución suelo. El pH del suelo es una medida de la actividad de los iones H^+ en la solución del suelo. Los iones H^+ activos incluyen todas las fuentes como la disociación de los ácidos solubles y los disociados de las partículas del suelo (ALVARADO, 2007).

Los valores comunes de pH en suelos de regiones húmedas van desde algo menos de 5 (fuertemente acido) a algo más de 7 (moderadamente alcalino). Para regiones áridas, desde algo menos de 7 (neutro) hasta 9 (fuertemente alcalino) (NAVARRO, 2003). La mayoría de las plantas que crecen en suelos minerales se desarrollan bien en un pH de 6,0 a 7,0. Para suelos orgánicos, la mayoría de los cultivos prefieren un pH de 5,5 a 6,0 (PLASTER, 2005).

La acidez es característica de un suelo localizado en regiones de alta pluviometría, los cuales están sometidos a un continuo y alto lavado, y es debido a ello, el agua disuelve las bases solubles, que percolan y se pierden por lixiviación. El continuo lavado va provocando acidez que viene incrementando, al mismo tiempo por la segregación de las raíces y por los compuestos ácidos que se originan en la descomposición de la materia orgánica. Todas estas circunstancias dan lugar a que el complejo coloidal del suelo fije gran cantidad de H^+ y como

este hidrógeno, al producirse su disociación, tiende a estar en equilibrio dinámico con la disolución del suelo (NAVARRO, 2003).

Cuadro 6. Niveles de pH del suelo

Descripción	Rango
Extremadamente acido	Menor de 4.5
Fuertemente acido	4.5 - 5.5
Moderadamente acido	5.5 - 6.5
Neutro	6.5 - 7.5
Moderadamente alcalino	7.5 - 8.5
Fuertemente Alcalino	Mayor de 8.5

Fuente: Sistema de clasificación USDA – Laboratorio de suelos UNAS

2.4.7.3. El Nitrógeno

La mayor parte del nitrógeno presente en los suelos minerales se encuentra en la materia orgánica que en el suelo se deposita a la muerte de microorganismos y plantas, que de ellos se beneficien. En esta forma, el nitrógeno no es aprovechable por la planta (ZAVALETA, 1992).

El nitrógeno varía más en cantidad en el suelo que otros elementos esenciales para el desarrollo vegetal, el amonio es adsorbido por las superficies de las arcillas y el humus, pero en forma de nitrato es fácilmente lixiviado, el nitrógeno es fuente de alimento para los microorganismos y favorece la descomposición de la materia orgánica (ZAVALETA, 1992).

Cuadro 7. Niveles de contenido de Nitrógeno

Nivel	Nitrógeno (%)
Bajo	Menor de 0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	Mayor de 0.2

Fuente: Sistema de clasificación USDA – Laboratorio de suelos UNAS

2.4.7.4. El fósforo

Si el suelo presenta un pH superior a 7.5 los fosfatos cálcicos pasan progresivamente a tricálcicos (apatito), aumentando dichos fosfatos insolubles a medida que lo hace el pH, con lo que las fuentes de fósforo asimilable son muy precarias, reduciéndose a las orgánicas (Cobertera, 1993 citado por HOSOKAY, 2005).

Cuadro 8. Niveles de contenido de fósforo

Nivel	Fósforo (ppm)
Muy Bajo	menos de 5
Bajo	5.1 – 15
Normal	15. 1- 30
Alto	30.1 – 40

Fuente: Sistema de clasificación USDA – Laboratorio de suelos UNAS

El contenido total de fósforo del suelo no es de importancia práctica directa, pero a menudo se le ha usado como índice de meteorización. El fósforo total en la capa arable disminuye conforme

aumenta la intensidad de meteorización (SANCHEZ, 1981). Diferente al nitrógeno, que puede incorporarse a los suelos por medio de la fijación bioquímica por microorganismos, el fósforo no tiene tal ayuda microbiana, este elemento procede solo de la descomposición de la roca madre durante el proceso de la meteorización, y representa alrededor del 0.1% de la corteza terrestre (NAVARRO, 2003).

2.4.7.5. El Potasio

El potasio presente en los suelos aparece por desintegración y descomposición de las rocas que contienen minerales potásicos. Los minerales que se consideran generalmente como fuentes originales de potasio son los feldespatos potásicos (NAVARRO, 2003).

Cuadro 9. Niveles de contenido de potasio

Nivel	Potasio (kg/ha)
Muy Bajo	menos de 300
Bajo	300-600
Normal	más de 600

Fuente: Sistema de clasificación USDA - Laboratorio de suelos UNAS

Su contenido como K_2O varía de 0.5 a 3%, y depende de su textura, la fracción arcillosa es que presenta un contenido mayor, por lo que los suelos arcillosos y limo - arcillosos son más ricos que los limo - arenosos y arenosos. El potasio se intercambia con gran facilidad con

otros metales, especialmente con los del grupo de los alcalinos y los alcalinos térreos (Na, Ca y Mg), tanto en los tejidos vegetales, como en la zona radicular (LLANOS, 1984). La disponibilidad del potasio es buena entre pH 6 y 7.5 .La disponibilidad disminuye en un medio alcalino y se incrementa sobre un pH 8.5 (DONAHUE.R 1989).

2.5. Estudios realizados

Varios estudios respaldan que un suelo bajo condiciones de manejo orgánico posee mejores características que uno bajo manejo convencional, en un estudio realizado por THEODORO *et al*. (200) encontraron que bajo manejo orgánico los suelos tienen un pH mayor, los valores de Ca, Mg, K, P, Zn y B son mayores, lo mismo que la CIC y la suma de bases, así como una disminución del aluminio intercambiable.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en seis parcelas agrícolas con cultivo de café (03 con sistema de manejo orgánico y 03 con sistema de manejo convencional). Situados políticamente en el caserío Yurimaguas, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco, aproximadamente a 35 kilómetros de la ciudad de Tingo María. Asimismo, la determinación de las propiedades químicas del suelo fue realizada en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

Holdrige (1993) citado por Mapa Ecológico del Perú – INRENA (1995) menciona que el área estudiada corresponde a la formación vegetal Bosque Húmedo tropical, temperatura media anual de 24 ºC, precipitación anual mayor a 3000 mm, con una altitud de 645 msnm.

El área de estudio comprende dos extensos territorios: un territorio montañoso colinoso, con características fisiográficas extremas con pendientes muy disectadas, presentando una composición florística particular con muchas epifitas, aunque también con algunas especies del llano, siendo estructuralmente de dosel bajo con pocas especies arbóreas de gran porte; y el llano amazónico, donde se presentaron una gran diversidad de hábitats y tipos

de vegetación, fisiográficamente con relieves suaves y ondulados con predominio de la planicie aluvial (PEAH, 2012).

Las características edafológicas de los suelos indican que son aluviales, aptas para cultivos temporales como; arroz (bajo riego),plátano (variedad isla), frutales, pastos y perennes como el cacao así como especies forestales y nativas, dado que tienen un alto contenido de materia orgánica llegando hasta un 25%, un intercambio catiónico de 11,5% con una distribución promedio N-P-K de 8-10-12, en la zona Oeste se encuentran suelos con un pH de 6.0 e intercambio catiónico aceptables, propicios para el buen desarrollo de cultivos perennes (PEAH, 2012).

3.1.1. Antecedentes de las parcelas en estudio

- Sistema agroforestal de café con manejo orgánico

Las parcelas agrícolas del cultivo de café bajo manejo convencional se sitúan en el caserío Yurimaguas (Ubicación geográfica en el Cuadro 10). En su mayoría, las parcelas llevan instaladas la variedad Caturra, por ser de porte bajo, tiene entrenudos cortos, tronco grueso y poco ramificado, y ramas laterales abundantes, cortas, con ramificación secundaria, lo que da a la planta un aspecto vigoroso y compacto. La plantación de café se encuentra distribuida en distancia de 2,0 m entre hileras x 1,0 m entre plantas, con 5.000 plantas por hectárea. Como sombra se utiliza la guaba con un distanciamiento de 12 x 12 m. Es preciso mencionar que, como cortina rompe viento en los bordes de las parcelas los agricultores han instalado la especie maderable Tornillo con un distanciamiento de 20 x 20 m. Constantemente se realizan

actividades culturales como manejo de sombra a través de podas, control de malezas, control fitosanitario, etc. El manejo de residuos pos cosecha se realiza a través del compostaje de la pulpa de café. De acuerdo al plan de fertilización se realiza en tres etapas al año. El primero en el mes de mayo, la segunda fertilización entre los meses de julio y agosto y la última entre los meses de octubre y noviembre. Como enfermedades se identificaron: el ojo de gallo, la roya. Como plagas se identificaron: Broca, nematodos y cochinillas.

- Sistema agroforestal de café con manejo convencional

Las parcelas agrícolas del cultivo de café bajo manejo organico se sitúan en el caserío Yurimaguas (Ubicación geográfica en el Cuadro 10). En su mayoría, las parcelas llevan instaladas la variedad Caturra y Catimor. La plantación de café se encuentra distribuida en distancia de 2.0 m entre hileras x 1.0 m entre plantas (5.000 plantas/ha). Como sombra se utiliza la guaba con un distanciamiento de 12 x 12 m. Asimismo, inmerso al área de las parcelas se identificaron cítricos (limón y naranja).

Constantemente se realizan actividades culturales como manejo de sombra a través de podas, control de malezas, control fitosanitario, etc. El manejo de residuos pos cosecha se realiza a través del compostaje de la pulpa de café. De acuerdo al plan de fertilización se realiza en tres etapas al año. El primero en el mes de mayo, la segunda fertilización entre los meses de julio y agosto y la última entre los meses de octubre y noviembre. Como enfermedades se identificaron: el ojo de gallo, la roya. Las principales plagas identificadas son: Broca, nematodos y cochinillas.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales y equipos de campo

Flexómetro de 5 m., libreta de campo, cilindro metálico, bolsas plásticas de 1 y 2 kg, martillo, navajas, machete, pala recta, capa impermeable, wincha de 50 m, cámara fotográfica, sistema de posicionamiento global (GPS).

3.2.2. Materiales, equipos e insumos de laboratorio

Matraz de Erlenmeyer, vaso de precipitación, probeta graduada, varilla, tamiz, balanza de precisión y estufa, agua destilada, ácido sulfúrico, difenilamina sulfúrica, sal de Mohr y cloruro de potasio.

3.3. Metodología

3.3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación científica es una investigación descriptiva, el estudio se inicia con una fase de recopilación de datos in situ e información bibliográfica existente, con el fin de comprender como son las características de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

3.3.2. Formulación de la hipótesis

3.3.2.1. Hipótesis general

Las parcelas con cultivo de café bajo manejo convencional de 3, 5 y 7 años de instalación influirán significativamente en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo a través de los años de instalación.

3.3.2.2. Hipótesis específicas

- Las propiedades fisicoquímicas de los suelos en parcela con cultivo de café bajo manejo orgánico y convencional, evidencian mejor el efecto del tipo de manejo en la calidad de los suelos.

- Los niveles de las propiedades físicas del suelo bajo sistema de manejo orgánico y convencional se incrementa a mayor edad de instalación del cultivo.

- Las propiedades químicas del suelo en parcelas con sistema de manejo convencional son mayores que las de parcelas orgánicas.

3.3.3. Identificación de variables

3.3.3.1. Variable independiente

Cultivo de café

- Parcelas con cultivo de café bajo sistema de manejo orgánico

- Parcelas con cultivo de café bajo sistema de manejo convencional

- Parcela con cultivo de café de 3, 5 y 7 años de instalación.

3.3.3.2. Variable independiente

Calidad del suelo

- Propiedades físicas del suelo (textura, densidad aparente)

- Propiedades químicas del suelo (materia orgánica (C y N orgánico), reacción del suelo o pH, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, capacidad de intercambio catiónico, aluminio de cambio, magnesio de cambio, calcio de cambio).

- Propiedades biológicas (carbono y nitrógeno microbiano)

3.3.4. Diseño de la investigación

En el presente trabajo se realizó con un diseño No Experimental debido a que se trata de una investigación sistemática que está orientado a la observación y descripción del comportamiento de las principales propiedades fisicoquímicos y biológicas del suelo que participan en los sistemas de manejo orgánico y convencional del cultivo de café, en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. Las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa y dichas relaciones se observan tal y como se ha dado en su contexto natural.

3.3.5. Población y muestra

3.3.5.1. Población

Está constituido por los productores del café orgánico y convencional situados políticamente en el caserío Yurimaguas.

3.3.5.2. Muestra

Para la presente investigación se ha considerado tres (03) parcelas con sistema de manejo orgánico y tres (03) parcelas con sistema de manejo convencional, cada una de ellas diferenciadas por años de instalación (03, 05, y 07 años de instalación).

3.3.6. Análisis estadístico

Se utilizará el diseño completamente al azar (DCA) con 2 sistemas que actúan como tratamientos, y cada sistema (tratamiento) tuvo 3 repeticiones.

El modelo aditivo lineal a utilizarse es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo sistema

μ : Media general de las observaciones.

S_i : Efecto del i-ésimo sistema.

e_{ij} : Error aleatorio.

Para demostrar la normalidad de datos se usó la prueba de Shapiro Wilk y para la prueba de hipótesis se utilizó la prueba de correlación r de

Pearson. Todos los datos fueron procesados con el programa informático INFOSTAT Versión 2013.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT Versión 2013, se realizó el análisis de varianza, con un nivel de significancia del 5% y un comparador de medias de t-student. Asimismo, se incorporarán figuras y gráficos que expliquen mejor el comportamiento y diferencias entre los tratamientos.

3.3.7. Fases de campo y laboratorio

Para abordar el presente estudio sobre la influencia de la edad de plantación del cultivo de café bajo sistemas de manejo orgánico y convencional en la evolución de diversas propiedades fisicoquímicas del suelo en cada parcela. Se realizaron las siguientes actividades:

3.3.7.1. Selección de las parcelas agrícolas en estudio

Para el desarrollo de la investigación se seleccionaron seis (06) parcelas con plantación del cultivo de café diferenciadas por el tipo de manejo (orgánico y convencional) y con diferentes años de instalación (03, 05 y 07 años). Los mismos que se detallan a continuación (Cuadro 10):

Cuadro 10. Relación de propietarios por parcelas en estudio

Beneficiarios	Año instalación	DNI	SAF	Altitud	Has	Coordenadas (WGS84-18S)	
						Este (m)	Norte (m)
Teresa Culantres Acosta	3 años	47003156	CV	705	5	386 257	8 987 665
Abdón Melgarejo Basilio	5 años	80137476	CV	724	5	386 459	8 987 615
Jaime Campos Delgado	7 años	43603046	CV	715	10	387 555	8 988 803
Pablo Chipani Cconnislla	3 años	999175	OR	739	4	386 690	8 988 101
Walter Gonzales Aquino	5 años	41949389	OR	774	8	387 550	8 988 044
Octavio Espinoza Ayala	7 años	4022489	OR	769	3	386 477	8 987 432

CV: convencional; OR: orgánico

3.3.7.2. Demarcación del área de estudio

En la Figura 1, se detalla la demarcación de la superficie de estudio.

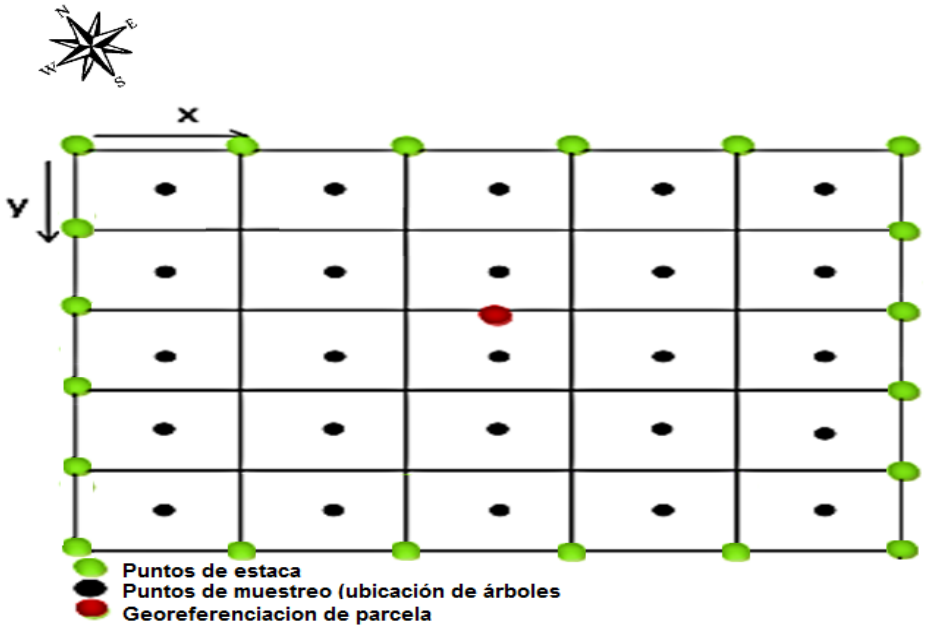

Figura 1. Rejillas regulares (Guía para muestreo de suelos, MINAM 2014)

La demarcación de la superficie de estudio se realizó en cada una de las parcelas (Figura 1), por un área de 100 m x 100 m; posteriormente divididas en subparcelas de 20 m. x 20 m. y se delimito utilizando rafia de color naranja. Seguidamente se colocó 20 estacas verdes (rombos) de madera alrededor de toda el área de estudio, en las tres unidades experimentales.

Se realizó un muestreo aleatorio simple, recomendado para áreas homogéneas menores a 5 hectáreas, delimitadas por referencias visibles a lo largo y ancho de toda la extensión del sitio. Se caracteriza por permitir todas las combinaciones posibles de puntos de muestreo. Los puntos de muestreo se enumeraron en un plano cartesiano (Xi, Yj). La selección de estos se realizó por medio de una tabla de números aleatorios lo cual garantiza que cada punto tenga la misma probabilidad de ser seleccionado.

3.3.7.3. Muestreo de suelos

Para la toma de muestras se tuvo en cuenta precauciones y normas generales como, no muestrear inmediatamente después de una lluvia o si el perfil del suelo está saturado, conviene siempre esperar 2 o 3 días a que drene bien. La extracción de las muestras de suelos se tomaron aleatoriamente para el análisis fisicoquímico y biológico, correspondientes a los primeros 30 centímetros se realizaron con un barreno de suelos de 2 centímetro de diámetro. Por lo que, por parcela en estudio, se tomó al azar tres puntos de muestreo (cada punto de

muestreo que representa un monolito) de ellos. Extrayéndose un total de 18 muestras de suelo para ser analizadas en el laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la UNAS.

Previamente, antes de llevar a cabo las determinaciones analíticas en el laboratorio, se realizó el acondicionamiento de las muestras. Este proceso de pretratamiento consistió en el secado a temperatura ambiente, el tamizado a 2 mm y el triturado de las muestras.

3.3.7.4. Estimación de propiedades físicas

La determinación de las propiedades físicas del suelo fue de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro 11. Métodos para determinar los indicadores físicos.

Indicadores físicos	Método
Textura del suelo	Método del hidrómetro de bouyoucos
Densidad aparente	Volumen, peso húmedo y seco del suelo

Fuente: (MOSCATELLI *et al*, 2005); (ACEVEDO *et al.,* 2005)

- Determinación de textura del suelo (método Bouyoucos)

Para la determinación de la textura del suelo se tomaron en cuenta el protocolo que menciona BAZAN (1996): Se pesó 50 gr. de suelo, luego el suelo se vació en un vaso de dispersión, añadimos 15 ml de hexametafosfato de sodio al 10%,

para después completar con agua destilada hasta aproximadamente 2/3 del vaso de dispersión. Posteriormente se agitó por 5 minutos en el agitador eléctrico, luego se vació la suspensión a la probeta de sedimentación asegurándose de que no quede partículas de suelo adheridas a la pared del vaso, posteriormente se enraza con agua hasta completar los1000 mililitros.

Se agitó la suspensión, se efectuó la primera lectura del hidrómetro y la temperatura a los cuarenta segundos. Después se dejó en reposo. Por efecto de la agitación puede formar espuma que impide leer el hidrómetro, para ello se aplicó 1 gota de alcohol amílico. Se dejó la probeta en reposo durante dos horas. Al cabo de las dos horas se realizó la segunda lectura del hidrómetro y la temperatura de la suspensión. Al final se utilizó la siguiente ecuación para realizar los cálculos y determinar la clase textural.

$$\%\ \text{arena} + \%\ \text{limo} + \%\ \text{arcilla} = 100\%$$

$$\%\ \text{limo} + \%\ \text{arcilla} = \frac{\text{Lectura corregida a los 40”}}{\text{Peso seco de la muestra}} \times 100$$

$$\%\ \text{arcilla} = \frac{\text{Lectura corregida a las 2 horas}}{\text{Peso seco de la muestra}} \times 100$$

% limo = (% limo + % arcilla) - % arcilla

- Estimación de la densidad aparente del suelo

La estimación de la densidad aparente se determinó por el método del cilindro, que consistió en introducir un cilindro metálico en las paredes del monolito, para lo cual cada cilindro poseía un volumen definido, luego estas muestras serán secadas al horno a 105ºC por 72 horas, para determinar su peso seco (ms). Posteriormente, el peso seco se dividirá entre el volumen del suelo (volumen interno del cilindro).

3.3.7.5. Estimación de propiedades químicas

La determinación de las propiedades químicas del suelo fue de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro 12. Métodos para determinar los indicadores químicos

Indicadores químicos	método
Materia orgánica (C y N orgánico)	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo o pH	Método del potenciómetro
Nitrógeno Total	Método de Kjeldahl
Fósforo disponible	Método de Olsen
Potasio disponible	Método del Ácido sulfúrico
C.I.C	Método del Acetato

Fuente: (MOSCATELLI *et al.*, 2005); (ACEVEDO *et al.,* 2005)

- Materia orgánica (método de Walkley y Black)

Se pesó 1g de suelo y depositarlo en un Erlenmeyer de 250 mL, agregar 10 mL. de dicromato de potasio 2 N y añadir 10 mL de ácido sulfúrico Q.P 96%.

Mezclar para homogenizar la solución y dejar reposar por 2 horas a más, llevar a volumen de 100 mL con agua destilada, tomar 20 mL.

De esta solución en un vaso de precipitado titularlo; agregar 2 a 3 gotas de indicador de difenil-amina. Titular con sal de Mohr 0.2 N. El cambio de color verde oscuro a verde brillante indicará el final de la titulación; anotar el gasto de solución de Mohr, paralelo a esto realizar un blanco (sin muestra).

$$\% \text{ M.O.} = \frac{(a - bf)\ 0.003 \times 1.724)}{P}\ 100$$

a = ml de bicromato de potasio utilizado.

b = ml de sal ferrosa o sal de Mohr gastado (gasto de titulación).

0.003 = Factor del carbón.

1.724 = Factor de Van Vammelen.

p = peso de muestra de suelo.

- Determinación del pH (método del potenciómetro)

Se pesó 20 gr. de suelo, luego se añadió 20 ml de agua destilada y se agito por 10 minutos. Se calibró el potenciómetro con la solución buffer 7.0 y 4.0, además se limpió el electrodo de vidrio (sensible a los cambios de pH) con agua destilada, se secó y sumergió en la muestra, tratando que no choque al fondo. Se procedió con la lectura cuando el potenciómetro se estabilizó.

- Determinación del fósforo disponible (método de Olsen modificado)

Se pesó 2 gr de suelo, luego se agregó carbón activado. A la mezcla se añadió 20 ml de NaHCO3 (bicarbonato de sódio) 0.5 M pH 8.5, luego se llevó al agitador por 15 minutos para después ser filtrado. Del filtrado se tomó 3ml, después se añadió 10ml de molibdato de amonio, luego se procedió a agregar 0.01gr de ácido ascórbico por muestra y se mezcló inmediatamente. Se tornó de color azul en la muestra se llevó al espectrofotómetro para la lectura correspondiente; la lectura en el espectrofotómetro fue a una banda de 660 nm, después de 5 minutos.

- Determinación del Potasio disponible (método del ácido sulfúrico 6N)

Se pesó 5 gr de suelo en un vaso de plástico, luego se agregó 25 ml de ácido sulfúrico 6 N, se agito por espacio de 10

minutos, al final de filtró para obtener el extracto y se realizó diluciones de 1/100. La lectura se tomó en el espectrofotómetro de absorción atómica.

- Capacidad de intercambio catiónico

Se pesó 5 gramos de suelo, luego se le agregó 50 ml de KCL 1N para después agitarlo por espacio de 15 minutos, finalmente se filtró la mezcla con papel filtro.

- Determinación de bases cambiable (Ca + Mg) método del versenato

Del filtrado anterior se tomó 10 ml y se agregó 5 ml de solución tampón compleja (Buffer), Luego se agrega 1 o 2 gotas de indicador dicromo negro tonándose a rojo vivo. Se tituló con EDTA 0.01 M hasta que vire a color azul.

Cálculos: Cmol c de Ca + Mg = gasto de titulación

- Determinación del Ca

De la solución anterior se tomó 10 ml. Se agregó 2 ml de NaOH 6N, luego se agregó como indicador purpurato de amonio tornándose rosado al final se titula con EDTA hasta que vire a violeta y se anotó el gasto.

- Determinación de la acidez cambiable (Al + H)

De la solución anterior se tomó 10 ml, se agregó como indicador 1 – 2 gotas de fenolftaleína y luego se tituló con NaOH 0.01 N hasta virar a rosado.

Cálculos: Cmol c. de Al + H = gasto de titulación.

- Determinación del Al

Se decolora la muestra anterior con unas gotas de HCl 0.01 M hasta cambiar de color (incoloro), luego se retitula agregando a cada muestra 10 ml de fluoruro de sodio 4% tornándose púrpura. Además, se tituló con ácido clorhídrico 0.01 M hasta cambio de color (incoloro) y se anotó el gasto.

Cálculos: Cmol c. de aluminio = gasto de titulación

Cálculos de CICe (Cmol/100gr de suelo) = Cmol Bases Cambiables + Cmol Acidez Cambiables.

3.3.7.6. Estimación de propiedades biológicas

La determinación de las propiedades biológicas del suelo fue de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro 13. Indicadores biológicos

Indicadores químicos	método
Carbono y nitrógeno microbiano	Técnica de fumigación-extracción

- Determinación de carbono y nitrógeno microbiano

La evaluación de los parámetros biológicos consistirá en el contenido de carbono y nitrógeno microbiano en cada estrato de evaluación (0 - 10 cm, 10 - 20 cm, y 20 - 30 cm). La determinación de C y N microbianos se realizó por medio de la técnica de fumigación-extracción, utilizando la metodología descrita por VANCE *et al.,* (1987) para el C y la de *BROOKES et al.,* (1985) para el N.; modificada posteriormente por ANDERSON e INGRAM (1993).

La biomasa microbiana se expresó en términos de C y N microbiano de la siguiente manera:

C microbiano = (C extraíble en suelo sin fumigar - C extraíble en suelo fumigado).

N microbiano = (N extraíble en suelo sin fumigar - N extraído en suelo fumigado).

Principio de la metodología de “fumigación y extracción” de BROOKES *et al.* (1985): A través de la exposición de la microflora del suelo a una atmósfera de cloroformo por espacio de 24 horas, los microorganismos del suelo son lizados, pero los componentes inanimados de la materia orgánica no se afectan. El C y N orgánico extraído en una solución de sulfato de potasio (0,5 M) es determinado en muestras de suelo fumigadas y no fumigadas, el incremento en las cantidades de C y N determinado en las muestras fumigadas con respecto a los controles es considerado como carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana del suelo.

El método es usualmente nombrado como “fumigación extracción”. Fumigación con cloroformo y extracción de los nutrientes en una solución de sulfato de potasio Fumigación y extracción:

Para someter los suelos a una atmósfera de cloroformo se ubicaron cuatro beakers de 50 ml conteniendo 15 g de suelo, tamizados por malla de 2 mm en una desecadora para vacío de plástico, que contenía dos beakers con 25 ml de cloroformo libre de etanol con perlitas de vidrio y un beaker con 25 ml de H_2O destilada.

Para provocar la atmósfera de cloroformo la desecadora se conectó por medio de una manguera plástica a una bomba eléctrica de vacío y se provocó vacío hasta observar la ebullición del cloroformo en el interior de los beakers por espacio de dos minutos, la llave de la desecadora se cerró y se desconectó la manguera de la bomba de vacío, y se incubó a temperatura ambiente (28°C) durante 24 h. Una desecadora con un contenido similar al descrito anteriormente, excepto que no contenía los beakers con cloroformo fue incubada al unísono y las muestras de suelo ubicadas en esta segunda desecadora fueron consideradas muestras controles.

Después de pasado 24 a 28 horas el cloroformo fue evacuado de la desecadora por repetida evacuación del mismo empleando para ello la bomba de vacío.

Para realizar la extracción de los nutrientes provenientes de la biomasa microbiana del suelo, los 15 g de suelo se pasaron a un erlenmeyer de 200 ml de capacidad e inmediatamente después fue añadida a los frascos 60 ml de una solución de sulfato de potasio 0,5 M (87.14 g/l), los cuales fueron sometidos a agitación vertical entre 35 y 40 minutos, el extracto de suelo fue filtrado empleando papel de filtro Watman No. 42, las muestras controles fueron sometidas al mismo procedimiento.

IV. RESULTADOS

Para la investigación se utilizó el análisis estadístico descriptivo, reflejado a través de tablas de referencia y análisis de medidas de tendencia central (medida y desviación estándar); además, previo a ello, se realizó la prueba de normalidad, donde tenemos a ShapiroWilk, para muestras menores a 30 (RODRIGUEZ, *et al,* s. f.). De nuestros resultados, en el Cuadro 13 (Anexo 2), se puede observar que los valores de significancia son mayores a 0.05. Por ende podemos afirmar con una seguridad del 95 % de que los datos provienen de una distribución normal (prueba de normalidad de Shapiro-Wilk).

4.1. Evaluación de la calidad del suelo entre parcelas bajo manejo orgánico y convencional por años de instalación

4.1.1. Propiedades físicas del suelo

Del análisis mecánico de los suelos en estudio, se observó que, en el tercer año de instalación ambas parcelas presentan texturas franco arcilloso, cuyos rangos de densidad aparente encontrados entre1.50 g/cm^3 a 1.51 g/cm^3 y una resistencia a la penetración determinada entre 0.96 MPa a 1.07 MPa, característico de presentar leves restricciones radiculares. Para el quinto año de instalación, la parcela con manejo convencional presento la textura franco arcilloso arenoso, mientras que, para el manejo orgánico la textura fue franco

limoso, ambos con densidad aparente fluctuante en el rango de 1.47 g/cm^3 a 1.54 g/cm^3 y una resistencia a la penetración cuyos valores se encuentran en el rango de 0.97 MPa a 1.21 MPa con leves restricciones radiculares. Finalmente, para el séptimo año de instalación, la textura franco fue predominante en ambas parcelas de estudio, con rangos de densidad aparente que van de 1.44 g/cm^3 a 1.53 g/cm^3 y una resistencia a la penetración cuyos valores se encuentran entre 1.29 MPa a 1.34 MPa. De nuestros resultados se observó que, para la prueba t-student no existe diferencias entre los promedios para las variables en estudio (Cuadro 14).

Cuadro 14. Análisis mecánico de suelos con parcelas de café bajo manejo orgánico y convencional evaluado por años de instalación

Año de instalación	Manejo	Textura (%)				Dap (g/cm^3)	R. a la penetración (MPa)
		Arena	Limo	Arcilla	Textura		
	Convencional	38	31	31	Fr. Arcilloso	1.50±0.06	0.96±0.02
	Orgánico	36	37	27	Fr. Arcilloso	1.51±0.03	1.07±0.09
3 año	T					-0.15	-1.13
	gl					4	4
	p_valor					0.4455	0.1616
	Convencional.	54	21	25	Fr. Arc. Ar.	1.54±0.13	1.21±0.10
	Orgánico	24	53	23	Fr. Limoso	1.47±0.12	0.97±0.05
5 año	T					0.44	2.10
	gl					4	4
	p_valor					0.3428	0.0520
	Convencional.	28	49	23	Franco	1.53±0.14	1.34±0.10
	Orgánico	30	45	25	Franco	1.44±0.18	1.29±0.04
7 año	T					0.38	0.49
	gl					4	4
	p_valor					0.3602	0.3255

p<= 0.05 indica diferencias significativas según prueba de t-student.

4.1.2. Propiedades químicas del suelo del suelo

De los resultados generados en el análisis químico de suelos de las parcelas en estudio. En el Cuadro 15, se observa para el tercer año de instalación, la prueba t-student indica que no existe diferencias estadísticas para los valores de pH, el cual fluctúa de 5.66 a 5.74 (moderadamente ácido), niveles medios de materia orgánica (2.27% a 2.58%), fósforo con nivel normal (13.58 ppm a 13.98 ppm), niveles bajos de potasio (312.93 kg/ha a 348.30 kg/ha), nivel medio de capacidad de intercambio catiónico (7.09 Cmol/kg a 7.77 Cmol/kg), sin embargo para el nitrógeno disponible se observa que es mayor en los suelos bajo manejo orgánico (0.13%).

El comportamiento anterior frecuenta en el quinto año de instalación, con un pH que va de 5.29 a 5.49 (moderadamente ácido), niveles medios de materia orgánica (2.41% a 2.45%), niveles medios de nitrógeno (0.12% a 0.14%), contenido normal de fósforo disponible (16.76 ppm a 19.55 ppm), niveles bajos de potasio (310.04 kg/ha a 322.50 kg/ha), niveles medios de capacidad de intercambio catiónico (7.35 Cmol/kg a 9.28 Cmol/kg). Finalmente en el séptimo año, para la prueba t-student, los suelos bajo manejo convencional presentaron mayores valores de indicadores de calidad de suelos, siendo: nivel alto de materia orgánica (4.01%), niveles altos de nitrógeno (0.39%), nivel normal de fósforo (22.08 ppm), bajo en potasio (441.40 kg/ha), por otra parte para los valores de pH se determinaron estadísticamente semejantes (5.39 a 5.42), y una CIC del suelo con valores de niveles medios que fluctúan en el rango de 7.59 Cmol/kg a 7.89 Cmol/kg.

Cuadro 15. Análisis químico de suelos con parcelas con café bajo manejo orgánico y convencional evaluado por años de instalación

Año de instalación	Manejo	pH	M.O (%)	N. (%)	P (ppm)	K (kg/ha)	CIC (Cmol/kg)	Ca (Cmol/kg)	Mg (Cmol/kg)	Al (Cmol/kg)	H (Cmol/kg)
	Convencional.	5.74±0.29	2.27±0.09	0.09±0.003	13.98±0.88	348.30±23.94	7.77±0.72	5.10±0.31	1.55±0.06	2.23±0.67	1.30±0.66
	Orgánico	5.66±0.13	2.58±0.22	0.13±0.01	13.58±0.58	312.93±16.39	7.09±0.41	3.27±0.13	0.47±0.25	2.30±0.25	1.02±0.21
3 año	T	0.25	-1.28	-2.24	0.38	1.22	0.82				
	gl	4	4	4	4	4	4				
	p_valor	0.4066	0.1342	0.0445	0.3621	0.1449	0.2290				
	Convencional.	5.49±0.52	2.45±0.15	0.12±0.02	15.55±0.58	310.04±14.57	9.28±0.72	4.73±0.64	1.59±0.06	2.68±0.37	1.89±0.68
	Orgánico	5.28±0.10	2.41±0.16	0.14±0.03	16.76±1.36	322.50±18.30	7.35±0.03	4.53±0.78	0.65±0.11	1.57±0.58	0.65±0.33
5 año	T	0.40	0.21	-0.50	-0.82	-0.53	2.69				
	gl	4	4	4	4	4	4				
	p_valor	0.3532	0.4219	0.3217	0.2286	0.3112	0.0575				
	Convencional.	5.42±0.28	4.01±0.27	0.39±0.20	22.08±1.72	441.40±17.33	7.89±0.56	4.87±0.67	1.82±0.07	1.49±0.05	1.36±0.96
	Orgánico	5.39±0.05	2.67±0.10	0.11±0.04	15.86±0.65	307.28±7.21	7.59±0.27	3.60±0.25	0.55±0.03	2.40±0.23	1.08±0.19
7 año	T	0.10	4.73	1.38	3.39	7.15	0.47				
	gl	4	4	4	4	4	4				
	p_valor	0.4612	0.0045	0.1192	0.0137	0.0010	0.3301				

p<= 0.05 indica diferencias significativas según prueba de t-student.

4.1.3. Propiedades biológicas del suelo

En el Cuadro 16, se observa los valores obtenidos correspondientes a la biomasa microbiana de suelos bajo manejo orgánico y convencional.

Cuadro 16. Valores de biomasa microbiana en suelos con cultivo de café bajo manejo orgánico y convencional evaluado por años de instalación

Año de instalación	Manejo	CM (mg/kg)	NM (mg/kg)	Relación C/N
	Convencional.	235±2.65	7.00±1.01	33.570
	Orgánico	233±2.05	9.67±0.89	24.095
3 año	T	0.59	1.84	
	gl	4	4	
	p_valor	0.2922	0.0702	
	Convencional.	241±1.68	9.00±0.48	26.770
	Orgánico	228±1.59	7.67±0.57	29.726
5 año	T	3.70	0.85	
	gl	4	4	
	p_valor	0.0329	0.2209	
	Convencional.	254.00±1.57	12.67±0.55	20.047
	Orgánico	242.67±1.84	9.67±0.48	25.095
7 año	T	3.90	6.36	
	gl	4	4	
	p_valor	0.0088	0.0016	

p<= 0.05 indica diferencias significativas según prueba de t-student.

En el tercer año de instalación no existe efecto significativo del tipo de manejo sobre la cantidad de biomasa microbiana en el suelo (Cuadro 16), cuyos valores van de 233.00 mg/kg a 235.00 mg/kg de carbono microbiano y de 7.00 mg/kg a 9.67 mg/kg de nitrógeno microbiano. Para el quinto año se observa mayores valores de carbono microbiano en suelos bajo manejo convencional (241.00 mg/kg), siendo superior a los de manejo orgánico (228 mg/kg). Respecto al nitrógeno microbiano no se observaron diferencias significativas en promedio, cuyos valores van de 7.67 mg/kg a 9.00 mg/kg. Finalmente para el séptimo año, la biomasa microbiana es mayor en los suelos bajo manejo convencional (254 mg/kg de carbono y 12.67 mg/kg de nitrógeno microbiano) sobre los de manejo orgánico (242.67 mg/kg de carbono y 9.67 mg/kg de nitrógeno microbiano).

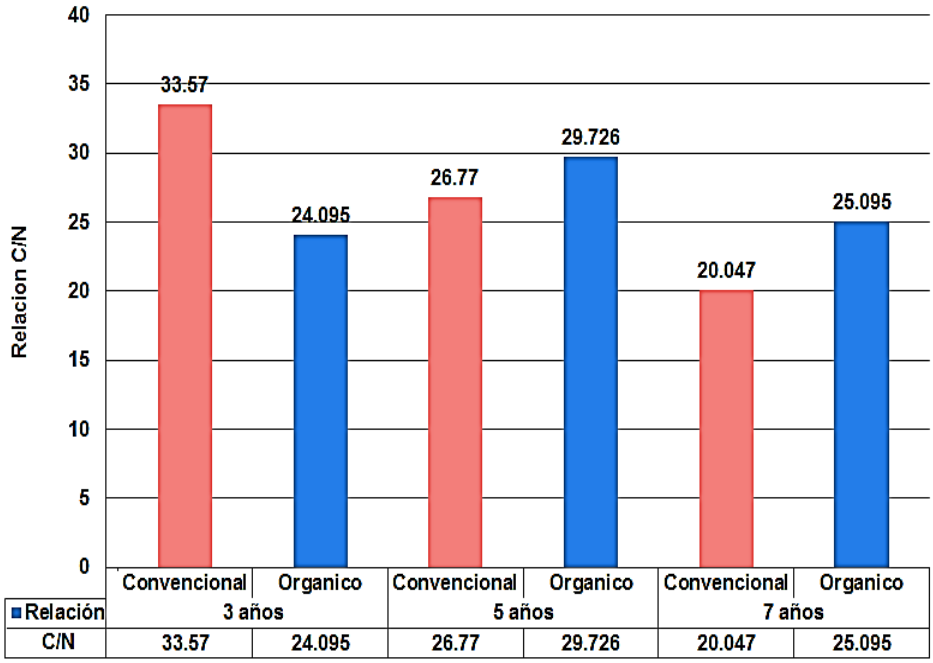

Figura 2. Valores medios de la relación de C/N en suelos con cultivo de café bajo manejo orgánico y convencional por años de instalación

En la Figura 2, se detalla la relación del carbono microbiano y nitrógeno microbiano en parcelas con cultivo de café bajo manejo orgánico y convencional evaluado por años de instalación. La relación de C/N en las tres etapas de evaluación se observa que los valores sobrepasan el equilibrio en el suelo (Relación C/N entre 8.5 y 11.5) por lo que se determina como un suelo con exceso de carbono y energía.

4.2. Correlación entre los parámetros seleccionados y las propiedades fisicoquímicos y biológicos analizadas

Con el fin de analizar el comportamiento entre las propiedades determinadas y su relación, se sometió los datos al análisis de correlación por medio del coeficiente de Pearson para cada uno de los suelos bajo manejo organico y convencional estudiados.

4.1.4. Cultivo de café bajo manejo convencional

En el Cuadro 17, se muestra la correlación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de suelo bajo sistema de manejo convencional que se abordaron en este estudio (correlación de Pearson). En ella, se verificaron o descartaron las relaciones lineales positivas ($0,80 < R^2 < 1,0$), inversas ($-1,0 < R^2 < -0,8$) o inexistentes (R^2 tiende a 0).

Cuadro 17. Correlación entre parámetros fisicoquímicos y biológicos de suelo bajo manejo convencional

Variable	Arena	Limo	Arcilla	Dap.	Rep.	pH	MO	N	P	K_2O	CIC	Ca	Mg	Al	H	BC	AC	CM	NM
Arena	**1**																		
Limo	**-0.97**	**1**																	
Arcilla	-0.13	-0.13	**1**																
Dap.	0.06	-0.03	-0.11	**1**															
Rep.	-0.18	0.37	-0.75	-0.40	**1**														
pH	0.02	-0.09	0.25	0.53	-0.60	**1**													
MO	-0.69	**0.84**	-0.55	0.05	0.67	-0.21	**1**												
N	-0.49	0.56	-0.36	0.09	0.23	-0.20		**1**											
P	-0.60	0.76	-0.59	0.33	0.49	0.11	**0.91**	0.52	**1**										
K_2O	**-0.84**	**0.89**	-0.21	0.06	0.32	0.01	**0.84**	0.36	0.73	**1**									
CIC	0.53	-0.44	-0.33	0.65	-0.09	0.47	-0.18	-0.20	0.12	-0.44	**1**								
Ca	-0.09	0.04	0.17	-0.04	-0.18	0.10	-0.24	0.09	-0.28	0.11	-0.17	**1**							
Mg	-0.50	0.70	-0.50	-0.47	0.77	-0.38	0.70	0.63	0.61	0.51	-0.36	-0.08	**1**						
Al	0.60	-0.62	0.09	-0.22	-0.12	0.03	-0.56	-0.39	-0.53	-0.54	0.13	-0.23	-0.30	**1**					
H	0.21	-0.17	-0.14	0.65	-0.18	0.73	-0.003	-0.32	0.30	-0.10	**0.82**	-0.31	-0.32	0.19	**1**				
Bases camb.	-0.37	0.26	0.43	0.53	-0.63	**0.86**	-0.05	0.01	0.19	0.31	0.15	0.22	-0.28	-0.09	0.52	**1**			
Acidez camb	0.37	-0.26	-0.43	-0.53	0.63	**-0.86**	0.05	-0.01	-0.19	-0.31	-0.15	-0.22	0.28	0.09	-0.52	**-1.00**	**1**		
CM	-0.54	0.72	-0.71	-0.04	0.68	-0.25	**0.83**	0.65	0.78	0.76	-0.24	-0.003	0.79	-0.30	-0.15	-0.09	0.09	**1**	
NM	-0.61	0.67	-0.24	0.04	0.18	0.48	0.57	0.33	0.67	0.74	-0.13	0.16	0.53	-0.30	0.22	0.54	-0.54	0.64	**1**

Rep: resistencia a la penetración; CM: carbono microbiano; NM: Nitrógeno microbiano

En el Cuadro 17, se muestra el análisis de correlación entre las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los suelos bajo manejo convencional, encontrándose relaciones positivas con altos valores significativo entre, el limo y materia orgánica, entre el limo y potasio, entre el pH y bases cambiables, entre la materia orgánica y fósforo, entre la materia orgánica y potasio, entre la materia orgánica y carbono microbiano, entre la capacidad de intercambio catiónico y el hidrogeno. Para el caso de las relaciones negativas, se encuentra relación significativa entre, la arena y limo, entre la arena y potasio, entre el pH y acidez cambiable, entre las bases camb. y ácidez camb.

4.1.5. Cultivo de café bajo manejo orgánico

En el Cuadro 18, se muestra la correlación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de suelo bajo manejo orgánico que se abordaron en este estudio (correlación de Pearson). Se confirma que existe relaciones positivas entre, la arena y arcilla, entre la resistencia a la penetración y nitrógeno microbiano, entre el calcio y magnesio, entre el calcio y bases camb., entre el magnesio y bases cambiables, entre el aluminio y el hidrogeno, entre el aluminio y acidez camb., entre el hidrogeno y la acidez cambiable. Para el caso de las relaciones negativas, se encuentra relación significativa entre, la arena y limo, entre el limo y la arcilla, entre la materia orgánica y el potasio, entre el calcio y aluminio, entre el calcio e hidrogeno, entre el calcio y la acidez cambiable, entre el magnesio y aluminio, entre magnesio e hidrogeno, entre magnesio y acidez cambiable, entre aluminio y bases cambiables, entre el hidrogeno y bases camb., entre bases camb. y acidez camb.

Cuadro 18. Correlación entre los parámetros fisicoquímicos y biológicos de suelo bajo manejo orgánico

	Arena	Limo	Arcilla	Dap	Rep	pH	MO	N	P	K_2O	CIC	Ca	Mg	Al	H	BC	AC	CM	NM
Arena	**1**																		
Limo	**-1.00**	**1**																	
Arcilla	**1.00**	**-1.00**	**1**																
Dap	0.09	-0.09	0.09	**1**															
Rep	0.25	-0.25	0.25	-0.03	**1**														
pH	0.73	-0.73	0.73	-0.20	-0.21	**1**													
MO	0.27	-0.27	0.27	-0.36	0.38	-0.07	**1**												
N	-0.13	0.13	-0.13	-0.28	-0.25	-0.20	0.08	**1**											
P	-0.69	0.69	-0.69	0.17	0.06	-0.56	-0.66	-0.05	**1**										
K_2O	-0.18	0.18	-0.18	0.17	-0.01	-0.05	**-0.81**	0.09	0.65	**1**									
CIC	-0.23	0.23	-0.23	-0.53	0.58	-0.31	0.27	0.13	0.12	0.18	**1**								
Ca	-0.60	0.60	-0.60	-0.37	-0.31	-0.25	-0.29	0.00	0.49	0.09	0.04	**1**							
Mg	-0.60	0.60	-0.45	-0.36	-0.18	-0.33	-0.26	-0.02	0.56	0.10	0.09	**0.99**	**1**						
Al	0.45	-0.45	0.45	0.17	0.53	0.08	0.39	0.07	-0.41	-0.03	0.35	**-0.92**	**-0.88**	**1**					
H	0.38	-0.38	0.38	0.07	0.52	0.06	0.35	0.08	-0.36	0.05	0.47	**-0.86**	**-0.83**	**0.98**	**1**				
Bases camb.	-0.50	0.50	-0.50	-0.24	-0.44	-0.16	-0.33	-0.04	0.44	0.02	-0.22	**0.96**	**0.94**	**-0.99**	**-0.96**	**1**			
Acidez camb	0.50	-0.50	0.50	0.24	0.44	0.16	0.33	0.04	-0.44	-0.02	0.22	**-0.96**	**-0.94**	**0.99**	**0.96**	**-1.00**	**1**		
CM	0.28	-0.28	0.28	0.11	0.78	-0.13	0.36	-0.08	0.04	-0.10	0.21	-0.58	-0.45	0.64	0.57	-0.60	0.60	**1**	
NM	-0.21	0.21	-0.21	0.08	**0.84**	-0.51	0.22	-0.32	0.34	0.01	0.60	-0.17	-0.04	0.42	0.42	-0.32	0.32	0.69	**1**

Rep: resistencia a la penetración; CM: carbono microbiano; NM: Nitrógeno microbiano

V. DISCUSIÓN

En el Cuadro 14, se observó que para el tercer año de instalación las parcelas en estudio presentaron texturas franco arcilloso, con densidad aparente (Dap.) promedio de 1.51 g/cm^3 y una resistencia a la penetración (RP) de 0.96 MPa a 1.07 MPa. Para el quinto año de instalación, la parcela bajo manejo convencional presento textura franco arcilloso arenoso, y bajo manejo orgánico fue franco limoso, ambos con Dap. entre 1.47 g/cm^3 a 1.54 g/cm^3, una RP de 0.97 MPa a 1.21 MPa. Finalmente, para el séptimo año de instalación, la textura franco fue predominante en ambas parcelas, con Dap que van de 1.44 g/cm^3 a 1.53 g/cm^3 y una RP entre 1.29 MPa a 1.34 MPa.

En general, los suelos que tienden a ser francos poseen como principal característica tener una buena estructura, porosidad intermedia, moderada retención de agua y drenaje, favoreciendo a todos los procesos físicos, químicos y biológicos que suceden en el suelo. Asimismo, a pesar de no existir diferencias significativas (t-student) de las variables de estudio en edades de instalación, los resultados de la resistencia a la penetración muestran un incremento al séptimo año. Nuestros resultados guardan relación entre variables físicas, debido a que al índice integrado de la compactación del suelo, de la textura, del tipo de arcilla mineral presente, del contenido de materia orgánica y de la estructura del suelo (NAVARRO, 2003).

Este comportamiento se atribuye a que los sistemas de producción convencional a través de los años pueden cambiar las características de los suelos como; el grosor del horizonte, la densidad aparente, la resistencia a la penetración, la infiltración y el desarrollo estructural, a consecuencia del alto aporte de materia orgánico e inorgánico en el suelo (ÁVILA *et al*., 2004). Sin embargo, en suelos bajos manejo orgánico se encuentra mayor abundancia y diversidad de microorganismos, de predadores, de parasitoides y crece mayor diversidad de malezas, por esta razón la agricultura orgánica es un sustituto de indicador de biodiversidad. Siendo contrastado con nuestros resultados al no existir diferencias mecánicas entre ambos sistemas de manejo.

El potasio se halla en la mayoría de los suelos en cantidades relativamente grandes. Su contenido como K_2O depende de su textura, la fracción arcillosa es que presenta un contenido mayor, por lo que los suelos arcillosos y limo - arcillosos son más ricos que los limo - arenosos y arenosos. El potasio se intercambia con gran facilidad con otros metales, especialmente con los del grupo de los alcalinos y los alcalinos térreos (Na, Ca y Mg), tanto en los tejidos vegetales, como en la zona radicular (LLANOS, 1984).

De los resultados generados en el análisis químico de suelos de las parcelas en estudio (Cuadro 15). Para el tercer año de instalación, no existió diferencias estadísticas para los valores de pH, el cual fluctúo entre 5.66 a 5.74 (moderadamente ácido), niveles medios de materia orgánica (2.27% a 2.58%), fósforo con nivel normal (13.58 ppm a 13.98 ppm), niveles bajos de potasio (312.93 kg/ha a 348.30 kg/ha), nivel medio de capacidad de intercambio

catiónico (7.09 Cmol/kg a 7.77 Cmol/kg), sin embargo para el nitrógeno disponible se observa que es mayor en los suelos bajo manejo orgánico (0.13%). El comportamiento anterior frecuenta en el quinto año, con un pH que va de 5.29 a 5.49 (moderadamente ácido), niveles medios de materia orgánica (2.41% a 2.45%), niveles medios de nitrógeno (0.12% a 0.14%), contenido normal de fósforo disponible (16.76 ppm a 19.55 ppm), niveles bajos de potasio (310.04 kg/ha a 322.50 kg/ha), niveles medios de capacidad de intercambio catiónico (7.35 Cmol/kg a 9.28 Cmol/kg). Para el séptimo año de instalación, los suelos bajo manejo convencional presentaron mayores valores de indicadores de calidad de suelos, siendo: nivel alto de materia orgánica (4.01%), niveles altos de nitrógeno (0.39%), nivel normal de fósforo (22.08 ppm), bajo en potasio (441.40 kg/ha), por otra parte para los valores de pH se determinaron estadísticamente semejantes (5.39 a 5.42), y una CIC del suelo con valores de niveles medios que fluctúan en el rango de 7.59 Cmol/kg a 7.89 Cmol/kg. Finalmente se aceptó la hipótesis alternante.

Los valores de pH moderadamente ácidos en los suelos de ambas sistemas de manejo no se vieron afectados al pasar los años. Esta acidez es característica de suelos localizados en regiones de alta pluviometría, sometidos a un continuo y alto lavado, y es debido a ello, el agua disuelve las bases solubles, que percolan y se pierden por lixiviación. A causa del continuo lavado va provocando acidez que viene incrementando, al mismo tiempo por la segregación de las raíces y por los compuestos ácidos que se originan en la descomposición de la materia orgánica. Acarreando como consecuencia el complejo coloidal del suelo fije gran cantidad de H^+ (NAVARRO, 2003).

El uso de enmiendas orgánicas ya sea en producciones orgánicas o convencionales induce a cambios en la dinámica del nitrógeno, disminuye la acidez del suelo, mantiene el predominio de la capacidad de intercambio catiónico y mejora la actividad microbiana (THEODORO *et al*., 2003). Lo mencionado por el autor, sumado a la cantidad y frecuencia en aplicación de enmiendas pueden haber influenciado que en los suelos bajo manejo convencional se incremente los valores de las propiedades químicas del suelo.

En el Cuadro 16, se observó que, para el tercer año no existió efecto significativo de los sistemas de manejo orgánico y convencional sobre la cantidad de biomasa microbiana en el suelo, cuyos valores van de 233.00 mg/kg a 235.00 mg/kg de carbono microbiano y de 7.00 mg/kg a 9.67 mg/kg de nitrógeno microbiano. En el quinto año se observó mayores valores de carbono microbiano en suelos bajo manejo convencional (241.00 mg/kg), sobre los de manejo orgánico (228 mg/kg). Para el nitrógeno microbiano no se observaron diferencias significativas en promedio (7.67 mg/kg a 9.00 mg/kg). Finalmente para el séptimo año, los valores de biomasa microbiana son estadísticamente mayores en los suelos bajo manejo convencional (254 mg/kg CM y 12.67 mg/kg NM) sobre los suelos bajo manejo orgánico (242.67 mg/kg de carbono y 9.67 mg/kg de nitrógeno microbiano).

Al respecto, FRASER (1988) refiere que las propiedades biológicas de los suelos bajo manejo orgánico y convencional no son directamente resultado de la aplicación de fertilizantes y pesticidas, sino incremento en la disponibilidad de sustrato y mejores condiciones ambientales dadas con la

adición de estiércoles o crecimiento de un cultivo. Discrepamos con el autor, al haberse encontrado mayor cantidad de biomasa microbiana en suelos bajo manejo convencional. Esta variabilidad la atribuimos debido a este sistema es más tecnificado, con mayor aporte de enmiendas y actividades culturales. Siendo contrastado con nuestros resultados de la relación de C/N para las tres etapas de evaluación donde se observa que los valores sobrepasan el equilibrio en el suelo (Relación C/N entre 8.5 y 11.5) por lo que se determina como un suelo con exceso de carbono y energía.

En el Cuadro 17, se observó que existe relaciones positivas con altos valores significativo entre, el limo y materia orgánica, entre el limo y potasio, entre el pH y bases cambiables, entre la materia orgánica y fósforo, entre la materia orgánica y potasio, entre la materia orgánica y carbono microbiano, entre la capacidad de intercambio catiónico y el hidrogeno. Para el caso de las relaciones negativas, se encuentra relación significativa entre, la arena y limo, entre la arena y potasio, entre el pH y acidez cambiable, entre las bases camb. y ácidez camb. Por otra parte, en el cuadro 18 se muestra que existe relaciones positivas entre, la arena y arcilla, entre la resistencia a la penetración y nitrógeno microbiano, entre el calcio y magnesio, entre el calcio y bases camb., entre el magnesio y bases cambiables, entre el aluminio y el hidrogeno, entre el aluminio y acidez camb., entre el hidrogeno y la acidez cambiable. Para el caso de las relaciones negativas, se encuentra relación significativa entre, la arena y limo, entre el limo y la arcilla, entre la materia orgánica y el potasio, entre el calcio y aluminio, entre el calcio e hidrogeno, entre el calcio y la acidez cambiable, entre el magnesio y aluminio, entre

magnesio e hidrogeno, entre magnesio y acidez cambiable, entre aluminio y bases cambiables, entre el hidrogeno y bases camb., entre bases camb. y acidez camb.

La correlación positiva de la materia orgánica con limo, fósforo, potasio y carbono microbiano, revela la contribución significativa de la materia orgánica del suelo en la capacidad de intercambio catiónico, siendo el calcio el catión que se encuentra en mayor proporción en los sitios de cambio, así como en la materia orgánica del suelo.

VI. CONCLUSIONES

1. Se acepta la hipótesis nula para los indicadores físicos del suelo. En el tercer año de instalación ambas parcelas presentaron texturas franco arcilloso, con densidad aparente (Dap) promedio de 1.51 g/cm^3 y 0.96 MPa a 1.07 MPa de resistencia a la penetración (Rp). Para el quinto año, la parcela bajo manejo convencional presento la textura franco arcilloso arenoso, mientras que, bajo manejo orgánico fue franco limoso, ambos con Dap entre 1.47 g/cm^3 a 1.54 g/cm^3, Rp de 0.97 MPa a 1.21 MPa. Finalmente, para el séptimo año, la textura franco fue predominante en ambas parcelas, con Dap entre 1.44 g/cm^3 a 1.53 g/cm^3 y Rp entre 1.29 MPa a 1.34 MPa. Finalmente se concluye que, los valores de indicadores de calidad (químicos y biológicos) de suelos son mayores en parcelas bajo manejo convencional sobre las parcelas con manejo orgánico en relación a los años de instalación del cultivo.

2. Existió relaciones positivas para la variables en estudio en suelos bajo manejo convencional con altos valores significativo entre, el limo y materia orgánica, entre el limo y potasio, entre el pH y bases cambiables, entre la materia orgánica y fósforo, entre la materia orgánica y potasio, entre la materia orgánica y carbono microbiano, entre la capacidad de intercambio catiónico y el hidrogeno. Para el caso de las relaciones negativas, entre,

la arena y limo, entre la arena y potasio, entre el pH y acidez cambiable, entre las bases camb. y ácidez camb. Por otra parte, para los suelos bajo manejo orgánico, existió relaciones positivas entre, la arena y arcilla, entre la resistencia a la penetración y nitrógeno microbiano, entre el calcio y magnesio, entre el calcio y bases camb., entre el magnesio y bases cambiables, entre el aluminio y el hidrogeno, entre el aluminio y acidez camb., entre el hidrogeno y la acidez cambiable. Para el caso de las relaciones negativas, entre, la arena y limo, entre el limo y la arcilla, entre la materia orgánica y el potasio, entre el calcio y aluminio, entre el calcio e hidrogeno, entre el calcio y la acidez cambiable, entre el magnesio y aluminio, entre magnesio e hidrogeno, entre magnesio y acidez cambiable, entre aluminio y bases cambiables, entre el hidrogeno y bases camb., entre bases camb. y acidez camb.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere entablar una comunicación directa con los agricultores productores del cultivo de café bajo manejo orgánico y convencional del caserío Yurimaguas para explicar el impacto del uso excesivo de pesticidas en sus cultivos y técnicas culturales de manejo. Además, se sugiere medir el impacto anual en las propiedades fisicoquímicas del suelo, de la introducción del cultivo de café bajo estos dos tipos de manejo.

2. Se recomienda el uso de enmiendas orgánicas (guano de isla, roca fósfórica, etc.) con la finalidad de aportar nutrientes al suelo y actuar como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana, como son: las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fulvicos, y huminas). Que al incorporarla ejercerá distintas reacciones en el suelo como son: mejora la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados estables con lo que mejora la permeabilidad de éstos, aumenta la fuerza de cohesión a suelos arenosos y disminuye está en suelos arcillosos

EVALUATION OF ORGANIC AND CONVENTIONAL MANAGEMENT PRACTICES ON SOIL QUALITY

VIII. ABSTRACT

The quality of the soils is influenced by the use/occupation, affecting the physical and chemical properties through the proper handling of the amendments, fertilizers, irrigation and mechanization. The present investigation was carried out in plots with coffee cultivation, maintenance in the farmhouse Yurimaguas, district Rupa Rupa, region Huánuco. In order to evaluate organic and conventional management practices on soil quality. To determine the changes in the physical, chemical and biological properties, soil sampling was carried out on 06 (six) plots in an area of 10,000 m^2, divided into subplots of 20 m. x 20 m To determine the microbial biomass the principle of "fumigation and extraction" of BROOKES *et al*. (1985), modified by ANDERSON and INGRAM (1993).

There is no effect of type of management on the physical properties of the soil. From the chemical analysis. For the third year and fifth year, there are no differences for the values of pH, organic matter, phosphorus, potassium, CIC, however, the available nitrogen was higher in the soils in the management of the organic soil. For the pH data were statistically statistically similar (5.39% organic matter, 0.39% nitrogen, 22.08 ppm phosphorus, 441.40 kg/ha in potassium, for pH values.), and a CIC of the soil with values of average levels that fluctuate in the range of 7.59 Cmol/kg to 7.89 Cmol/kg. For the microbial

biomass, in the third year there is no effect of the type of management. In the fifth year, higher carbon values are observed. For the seventh year, microbial biomass values are higher in soils under conventional management. Finally, it is concluded that the values of the soil quality indicators are higher in the plots in the conventional management on the plots with the organic management in the years of installation of the crop.

Keywords: Quality, soil, indicators, management, coffee, biomass.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, L; ACUÑA, L. OVIEDO, J. 2005. Nitrogen cycling in grazed pastures at elevated CO2: N returns by ruminants. Global Change Biology 342 p..

AGUILERA, P; MARTÍNEZ, Q. 1996. Tratado de Edafología de México, Tomo I. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. 143 p.

ALTIERI, M. 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo, Uruguay. Nordan-Comunidad. 338 p.

ALVARADO, T. 2007. Estudio de los sustratos utilizados en la producción de plantines forestales en el noreste de Entre Rìos. Trabajo Final de Graduaciòn, Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER. 37p.

ANDERSON, W; INGRAM, A. 1993. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con Acacia mangium y Eucalyptus deglupta en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc: Turrialba, CR, CATIE. 70 p.

ANDREWS, S., KARLEN, D., MITCHELL, J., 2003. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. Agriculture, Ecosystems and Environment. Flora, CB. 90 p.

ASABE, R. 2008. Efecto de las propiedades físicas del suelo sobre la distribución de las raíces del mango (Mangifera indica L.) Turrialba 29 (2) 122 p.

ÁVILA, A., AYARZA, M., RAO, I., THOMAS, R. Almacenamiento, Fijación de Carbono y Valoración de Servicios Ambientales en Sistemas Agroforestales en Costa Rica. Avance de Investigación. Agroforesterías en las Américas Vol. 8, No. 30 2001. CATIE, Costa Rica.

BAZAN, L.1996. Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. Ciencia del suelo. 32 p.

BENDING, G., TURNER, M., RAYNS, F., MARX, M., WOOD, M. 2004. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agriculturalmanagement regimes. Soil Biology & Biochemistry 36(11):1785-1792. 45 p.

BENGOUGH, A; MULLINS, E. 1991. Introducción a la Química de Suelos. Universidad de Costa Rica. Secretaría General de la Organización de los Estados Unidos Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. San José, Costa Rica. 47 p.

BETTANCOURT, C. 2002. Los cafetales y su papel en la captura de carbono In: Un servicio ambiental aún no valorado en Veracruz. Veracruz, México. 65 p.

BOHN, A., HINRICH. L., MCNEAL. P., BRIAN. L., O"CONNOR. G., 1993. "Química del suelo". Primera Edición. Edit. Limusa S.A. 370 p.

BOYCE, J., FERNÁNDEZ, A., FÜRST, E., SEGURA. B., 1994. Café y desarrollo sostenible: del cultivo agroquímico a la producción orgánica en Costa Rica. Heredia, Costa Rica. EFUSA. 248 p.

CARVALHO, K. 1997. Origin and regulation 01 nutrient supply to plants in humid tropical grassland. In International Grassland Congress (1993, Palmerston North, New Zealand). [Congreso]. N.Z. 324 p.

CENICAFE, 2005. Sistemas Agroforestales de producción de café. (en línea) consultado el 20 de sep de 2005, Disponible en línea (:http://www.Cenicafe.org/modules.pistemas_Produccion&file=sisagr)

CERON, A. 2001. Edafología aplicada. Cátedra, Madrid, 328 pp.

CRESPO, 1997. Descripción y caracterización de nueve variedades de mango a ser usados como patrones. III Estudio fenológico. Agronomía Tropical. 450 p.

CUCHMAN, O; RIQUELME, S. 2000. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, United States of America. Soil Science Society of America, Inc. 244p.

DONAHUE, R. 1989. “Introducción a los Suelos y al crecimiento de las plantas”. Edit. Prentice hall Internacional. 435 p.

FRASER, D., DORAN, J., SAHS, W., LESOING GW., 1988. Soil microbial populations and activities under conventional and organic management. Journal Environmental Quality 17: 585-590. 65 p.

GIL-SOTRES, F., TRASAR-CEPEDA, C., LEIRÓS, MC., SEOANE, S., 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. Soil Biology & Biochemistry 37(5):877-887. 25 p.

GÓMEZ, A. 2004. El sombrío en los cafetales conserva la capacidad de producción de los suelos. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Departamento de Recursos Naturales. Informe. Santafé de Bogotá, junio de 1992. 6p.

GUERRERO, A. 2000. El suelo, abonos y la fertilización de los cultivos. 2º reimpresión. España. Editorial Aedos S.A. 206 p.

HENRÍQUEZ, R; HABARUREMA, E., STEINER, K., 20004. Soil suitability classification by farmers in southern Rwanda. Geoderma 75: 75-87. 98 p.

HERNÁNDEZ, C., RAMOS, J; RODRÍGUEZ, M., LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D. 2004. Efectos de enmiendas orgánica y química sobre algunos parámetros bioquímicos y la estructura gremial de comunidades bacterianas en un suelo bajo manejo agrícola. In Congreso Latinoamericano de la Ciencia del suelo (16). Congreso Colombiano de la Ciencia del suelo (12) Suelo Ambiente y Seguridad Alimentaria. (Cartagena de Indias, Colombia, 2004). Memoria. Cartagena de Indias, Colombia.152 p.

HOOSBEEK, D; BOUMA, A.1998. Variables microbiológicas y propiedades químicas del suelo como indicadores del efecto del fuego en sabanas secundarias. In Congreso Latinoamericano de la Ciencia del suelo (16).

Congreso Colombiano de la Ciencia del suelo (12) Suelo Ambiente y Seguridad Alimentaria. (Cartagena de Indias, Colombia, 2004). Memoria. Cartagena de Indias, Colombia. 163 p.

HOSOKAY, K. 2005. Leed species diversity and community composition in organic and conventional cropping of spring cereals. Agriculture, Ecosystems & Environment 97:131-149. 103 p.

ICAFE, 1998 Manual de recomendaciones para el cultivo del café. La institucionalidad del sector agropecuario costarricense: evolución y efectos sobre el desarrollo del sector. Contribución especial realizada para el Vigésimo Informe Estado de la Nación. San José: PEN. 132 p.

IFOAM (2003). Principles of organic agriculture. Edit Castilla. Costa Rica. 32 p.;

INIAP, 2003. Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias. Fortalecimiento Nutrición y Calidad. 45 p.

INPOFOS, 1988. Manual de Fertilidad de los Suelos. [en línea]: INPOFOS (http:// www.inpofos.mgr.org/, Fertilidad de los suelos, 30 de abril del 2014).

INRENA 1995. Mapa Ecológico del Perú (guía explicativa). Oficina Nacional de Evaluación d los Recursos Naturales. Lima, Perú. 146 p.

JARAMILLO, A., 1982. Microclima en cafetales a libre exposición solar y bajo sombrío. In Taller sobre roya del cafeto, Federacafe–Cenicafe. Manizales, Colombia). 8p.

JULCA-OTINIANO, A., CARHUALLANQUI-PÉREZ, R., CRESPO-COSTA, R. 2002. Efecto de la sombra y la fertilización sobre la población de hongos y bacterias del suelo en café var. ¨Catimor¨ en Villa Rica, Selva Central. de Perú. Villa Rica. Perú. 3(2):74-77. 25 p.

LABRADOR, M., ALTIERI, M. 2001. Agroecología y desarrollo: aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de agroecosistemas mediterráneos. Universidad de Extremadura. Cáceres–Madrid, España. Edit. Mundi-Prensa. 566 p.

LLANOS, R. 1984. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA. Pampa, Argentina. 162 p.

MAGDOLFF, F. 2001. Concept, components, and strategies of soil health in agroecosystems. Journal of Nematology 33(4):169-172. 28 p.

MARINARI, S., MANCINELLI, R., CAMPIGLIA, E., GREGO, S. 2005. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. Ecological Indicators (article In press). 45 p.

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). 2014. Manual de muestreo de suelos. Editorial ministerio de agricultura; lima, 2004.

MORENO, G. 2000. Interpretación de las propiedades Físicas del Suelo. En: Seminario-Taller "Fundamentos para la interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para riego". Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá D.E. Colombia. 57 p.

MOSCATELLI, A; GIGIO, O; POLAST, W. 2005. Recent considerations 01 grassland "soil quizlity" in temperate regions .. In International Grassland Congress (1993, Palmerston North, New Zealand).. N.l. 418 p.

NAVARRO, 2003. “Botánica de los Cultivos Tropicales”. 1era Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. San José, Costa Rica. 445 p.

ORTIZ-CAÑAVATE, L; HERNANZ, A. 1989. Potencial para la producción y certificación de café orgánico en fincas del departamento de Caldas. Cenicafé 54(2):145-161 p.

PARISI, V., MENTA, C., GARDI, C., JACOMINI, C., MOZZANICA, E. 2005. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and diversity: a new approach in Italy. Agriculture, Ecosystems and Environment 105:323-333. 34 p.

PEAH, 2012. Manual de Formulación de proyecto (Asistencia técnica personalizada) Formulación de proyectos – Dirección de estudios. 30 de abril del 2012. 35 p.

PLASTER, E. 2005.”La ciencia del suelo y su manejo”. Editorial Thompson. España. Madrid

RAMÍREZ, J. 2004. Comparison of soil properties as influenced by organic and conventional farming systems. American Journal of Alternative Agriculture 3(4):144-155 p.

SANCHEZ, P. 1981. Suelos del Trópico. Características y Manejo. 45 p.

SILVA, O; SOSA, A; RUIZ, O; PEREZ, W. 2000, Release of inorganic N, P and K in peat soils; effect of temperature, water chemistry and water level. Biogeochemistry, 20, 63-81.

STAVER, R. 2001. Soil quality and its dependence on dynamic physical processes. Journal Environmental Quality 26:41-48. 56 p.

THEODORO, E; THOMPSON, L; TROEH, F. 2003. “Los suelos y su fertilidad”. 4ta Edic. Barcelona. España. Edit. Reverte S.A. 649 p.

URIBE, H; GÓMEZ, O. 1992. Erosión y conservación de suelos en café y otros cultivos. Cenicafe 22(1):1-17. 17 p.

VANCE, L., MELÉNDES, G.; CABRERA, L; MOLINA, E. 1987. Memoria: Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de cultivos en Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Centro de investigaciones agronómicas.

ZAVALETA, G. A. 1992. Edafología en relación con la producción. 1era Edición-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONCYTEC. Lima Perú. Editorial A&B. 45 p.

ZERPA, C. 2006. Los suelos, su origen, constitución y clasificación. Ediciones Omega S.A. Barcelona.McGraw-Hill Interamericana quinta edición 2005. Mexico. 739 p.

ANEXO

Panel fotográfico

Figura 3. Propietario de parcela de café bajo manejo orgánico

Figura 4. Propietario de parcela de café bajo manejo orgánico

Figura 5. Propietaria de parcela de café bajo manejo convencional

Figura 6. Propietario de parcela de café bajo manejo convencional

Figura 7. Determinación de materia orgánica del suelo (agregando 10 ml de Dicromato de Potasio 1N)

Figura 8. Determinación de textura de suelo (Agitando la solución en la probeta de Bouyoucos)

Figura 9. Selección de anillos para muestreo de suelos

Figura 10. Lectura del pH del suelo en el laboratorio