

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO EN DIECISÉIS (16)
SECTORES EN LOS DISTRITOS DE NUEVO PROGRESO, PUEBLO
NUEVO, UCHIZA Y RUPA-RUPA**

TESIS

Para optar grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN GESTION AMBIENTAL

LESLIE KREBS TRUJILLO TORRES

Tingo María – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Nro. 028-2018-EPG-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 09:00 am, del día viernes 2 de noviembre del 2018, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELO EN DIECISEIS (16) SECTORES EN LOS DISTRITOS DE NUEVO PROGRESO, PUEBLO NUEVO, UCHIZA Y RUPA RUPA"

A cargo de la candidata al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención Gestión Ambiental, **leslie Krebs TRUJILLO TORRES.**

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo **BUENO**.

Acto seguido, a horas 10:25 am el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

Tingo María, 2 de noviembre del 2018.

.....
Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUÁREZ
Presidente del Jurado

.....
M.Sc. ROBERTO OBREGON PEÑA
Miembro del Jurado

.....
M.Sc. WILFREDO ALVA VALDIVIEZO
Miembro del Jurado

.....
M.Sc. JOSÉ D. LEVANO CRISÓSTOMO
Asesor

DEDICATORIA

A Dios, por cada día bendecir mi vida con nuevas oportunidades y darme la oportunidad de poder concluir mi tesis.

A mis padres, Hermelinda Torres Maita y Juan Carlos Trujillo Suárez por su apoyo incondicional.

A mis hermanos, Katherine Rocio, Lady Alexandra y Juan Carlos, quienes me apoyaron todo el tiempo.

A mi hijita Bethany Valentina, quien es mi inspiración de superación.

Todo lo puedo en Cristo que me fortalece. (Filipenses 4,13)

No temas, porque yo estoy contigo; no desmayes, porque yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudaré, siempre te sustentaré con la diestra de mi justicia. (Isaías 41,10)

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a Escuela de Posgrado que contribuyó en mi formación profesional.
- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables por contribuir en mi formación profesional.
- Al Ing. M.Sc. Lévano Crisóstomo José, docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, asesor de la presente investigación, por su labor como formador, su amistad, su apoyo desinteresado y supervisión de la presente tesis.
- A los jurados de tesis: Dr. Manrique de Lara Suárez Lucio, Ing. M.SC. Wilfredo Alva Valdiviezo, Ing. M.SC. Roberto Obregón Peña, por sus oportunas sugerencias.
- A mis amigos, quienes me apoyaron desinteresadamente en el transcurso de mi carrera profesional.
- A todas aquellas personas que en forma directa o indirecta colaboraron en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. El suelo	3
2.2. Calidad del suelo.....	4
2.2.1. Indicadores físicos	7
2.2.2. Indicadores químicos	8
2.3. Factores que influyen en la propiedad del suelo.....	17
2.3.1. Relieve.....	17
2.3.2. Material parental	18
2.3.3. Organismos.....	18
2.3.4. Tiempo.....	19
2.3.5. El clima	19
2.4. Sistemas de uso de suelos.....	19
2.4.1. Bosque secundario	19
2.4.2. Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	20
2.4.3. Plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	21

2.4.4.	<i>Erythroxylum coca</i> ; Lam., 1786.....	23
2.4.5.	<i>Oryza sativa.</i> , L.	23
2.4.6.	Capirona (<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schumann)	27
2.4.7.	Purma	28
2.4.8.	Bosque primario, primigenio o virgen	30
2.4.9.	<i>Coffea arábica</i> L. café	30
2.5.	Antecedentes.	32
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1.	Lugar de ejecución	33
3.1.1.	Descripción de la zona de influencia del proyecto	33
3.1.2.	Ubicación geográfica.....	35
3.2.	Materiales y equipos	35
3.2.1.	Materiales de campo.....	35
3.2.2.	Materiales de laboratorio.....	36
3.2.3.	Equipos y reactivos	36
3.3.	Metodología	36
3.3.1.	Selección de las parcelas experimentales.....	36

3.3.2. Coordinación con los propietarios de los terrenos a evaluar.....	36
3.3.3. Demarcación del área de estudio	36
3.3.4. Muestreo de suelos para el análisis físico químico	37
3.3.5. Análisis físico del suelo	38
3.3.6. Análisis químico del suelo	39
3.4. Interpretación de indicadores de calidad ambiental del suelo	42
IV. RESULTADOS	44
4.1. Clase textural de 16 sectores.	44
4.2. Propiedades químicas del suelo de en estudio.....	45
4.2.1. pH y materia orgánica de las 16 parcelas	45
4.2.2. Nitrógeno de los suelos de los 16 sectores en estudio	47
4.2.3. Fósforo disponible (ppm) en los suelos de las 16 parcelas.....	47
4.2.4. Potasio (ppm) en suelos de las 16 parcelas	48
4.2.5. Capacidad de intercambio catiónico de los suelos de los 16 sectores en estudio	48
4.3. Indicadores de calidad de suelos de los 16 sectores.....	49
V. DISCUSIÓN	51

VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RECOMENDACIONES.....	55
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXO.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Propiedades físicas indicadores de la calidad del suelo.....	7
2. Propiedades químicas indicadores de la calidad del suelo.....	8
3. Texturas de los suelos	10
4. Niveles de pH	11
5. Niveles de contenido de nitrógeno	12
6. Niveles de contenido de fósforo (Método de Olsen).....	13
7. Niveles de contenido de potasio	14
8. Niveles de CIC	16
9. Niveles de contenido de materia orgánica en el suelo	17
10. Coordenadas UTM de los sectores de muestreo.	35
11. Clases de calidad de suelos.....	42
12. Indicadores propuestos para evaluación de calidad de suelos (ICS) de los 16 sectores, unidades de medida, e índices como valores máximos y mínimos definidos para las muestras.....	43
13. La clase textural de 16 parcelas.....	44
14. Propiedades químicas del suelo en estudio de 16 sectores	45
15. Indicadores de calidad de suelos de las 16 parcelas en estudio	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Composición del suelo	4
2. Principales componentes de la calidad del suelo	6
3. Rejillas regulares (Guía para muestreo de suelos, MINAM 2014)	37
4. pH de los suelos de los 16 sectores	46
5. Materia orgánica de los suelos de 16 sectores.	46
6. Nitrógeno en el suelo de 16 sectores	47
7. Fósforo disponible (ppm) de los 16 sectores	47
8. Potasio disponible (ppm) de las 16 parcelas en estudio.....	48
9. Capacidad de intercambio catiónico (cmol / kg) de las 16 parcelas	49
10. Índices de calidad de suelos de las 16 parcelas en estudio	49
11. Cultivo de arroz.....	62
12. Muestreo de suelos del cultivo de arroz	62
13.. Tomando puntos en el cultivo de arroz	63
14. Cultivo de cacao	63
15. Muestreo de suelos del cultivo de cacao.....	64
16. Tomando puntos del Cultivo de cacao	64

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en los meses de marzo hasta agosto del 2018, en 16 sectores de los distritos de Rupa Rupa, Pueblo Nuevo, Uchiza y Nuevo Progreso de las provincias de Leoncio Prado y Tocache de las regiones Huánuco y San Martín y tuvo como objetivos determinar la clase textural de los suelos, las propiedades químicas y los índices de calidad del suelo. La metodología consistió en el muestreo de suelos y la determinación en el laboratorio de conservación de suelos de los parámetros físicos (textura), químicos (pH, M.O, N, P, K, CIC y CICe) y los índices de calidad de suelos de los sectores cuyos sistemas de uso fueron: Bosque primario, bosque secundario, café de tres años, café de dos años, cacao de siete años, cacao de 6 años, cacao de cinco años, cacao de un año, cacao de ocho años, purma, plátano, cacao de cuatro años, coca de ocho años, coca de un año, capirona y arroz. Se concluyó que las clases texturales de los suelos de los 16 sectores son sueltos de granos grueso por el predominio de limo y arena frente a la arcilla, las características químicas de los suelos en estudio evidencian la pérdida de cationes por lo tanto la fertilidad, debido a las condiciones climáticas (lluvias), a la topografía y al manejo (agricultura) en cuanto a la calidad de suelos se encontró las categorías; alta calidad (3 sectores) moderada calidad (5 sectores) baja calidad (5 sectores) y muy baja calidad (3 sectores).

Palabras claves: propiedades físicas, químicas, biológicas, Calidad de suelo.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the months of March to August 2018 and was carried out in 16 sectors of the districts Rupa Rupa, Pueblo Nuevo, Uchiza and Nuevo Progreso in the provinces of Leoncio Prado and Tocache provinces of Huánuco and San Martín and had as objectives to determine the textural class of the soils, the chemical properties and the soil quality indexes. The methodology consisted of the soil sampling and the determination in the soil conservation laboratory of the physical (texture), chemical (pH, MO, N, P, K, CIC and CICe) parameters and soil quality indexes the sectors whose systems of use were: primary forest, secondary forest, three-year coffee, two-year coffee, seven-year-old cocoa, six-year-old cocoa, five-year-old cocoa, one-year-old cocoa, eight-year-old cocoa, purma, banana, four-year-old cocoa, eight-year-old coca, one-year coca, capirona and arróz. It was concluded that the textural classes of the soils of the 16 sectors are loose of coarse grains due to the predominance of silt and sand in front of the clay, the chemical characteristics of the soils under study show the loss of cations, therefore fertility, due to the climatic conditions (rains), to the topography and to the management (agriculture) as far as the quality of soils the categories were found; high quality (3 sectors) moderate quality (5 sectors) low quality (5 sectors) and very low quality (3 sectors).

Keywords: Physical, chemical, biological properties, soil quality.

I. INTRODUCCIÓN

El estudio del efecto del suelo sobre el desgaste de los implementos agrícolas, se encuentran muchas propiedades de este que pueden intervenir y, además, que la mayoría de ellas tienen una alta variabilidad, tanto aleatoria como espacial. En la actualidad los suelos del Alto Huallaga presentan una fertilidad de media a pobre, originada a veces por el manejo irracional de estos, para la instalación de cultivos y especialmente el de la coca. Los síntomas de estas alteraciones se reflejan en la baja productividad de los cultivos lícitos; disminución por área en la oferta de alimentos y materias primas; degradación y pérdida de fertilidad del suelo deterioro de la vegetación.

El análisis de suelos es muy importante para conocer su fertilidad y también para determinar su estado en cuanto a calidad de los suelos. Dentro de la agricultura, el suelo es considerado un factor importante para lograr una producción económicamente viable. Un indicador es una variable que simplifica información relevante haciendo que una condición de interés se haga perceptible y que cuantifica, mide y comunica, en forma comprensible, información relevante. Deben ser preferiblemente variables cuantitativas, aunque pueden ser cualitativas, especialmente cuando no hay disponibilidad de información cuantitativa, el atributo no es cuantificable o cuando los costos para cuantificar son demasiado elevados. Las principales funciones son: evaluar condiciones o tendencias, comparar transversalmente sitios y objetivos, proveer información preventiva temprana y anticipar condiciones y tendencias futuras.

En tal sentido, el Índice de calidad del suelo (ICS) encontrado en los sectores será de mucha consideración, en el cual se puede determinar las condiciones normales y sus alteraciones del suelo. Estos cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas afectan la condición superficial del suelo provocando un incremento de los procesos de erosión, con la consiguiente pérdida de fertilidad, reflejada por el indicador correspondiente.

Esta investigación evaluó el efecto que tienen los diferentes sistemas de manejo (bosque primario, bosque secundario, cacao, café, plátano, arroz, cocal, capirona, purma) en la calidad del suelo en los distritos de Rupa Rupa, Uchiza, Nuevo Progreso, Pueblo Nuevo. Lográndose dar respuesta a la interrogante planteada, que los diferentes sistemas de manejo influye en la calidad de los suelos.

Por lo antes mencionado, se planteó como objetivos:

Objetivo general

Determinar las propiedades físicas y químicas como indicadores de la calidad del suelo en 16 sectores de los distritos de Rupa Rupa, Nuevo Progreso, Uchiza y Pueblo Nuevo.

Objetivo específico

- Realizar los análisis textural del suelo de dieciséis parcelas, situados en los distritos de Rupa Rupa. Nuevo Progreso, Uchiza y Pueblo Nuevo.
- Determinar las propiedades químicas: (pH, P, K, CIC, CICe Ca, Mg, K, Na, Al, H) y la materia orgánica de los suelos de dieciséis parcelas situados en los distritos de Rupa Rupa Nuevo Progreso, Uchiza y Pueblo Nuevo.
- Determinar los índices de calidad del suelo de las dieciséis parcelas situados en los distritos de Rupa Rupa, Nuevo Progreso, Uchiza y Pueblo Nuevo.

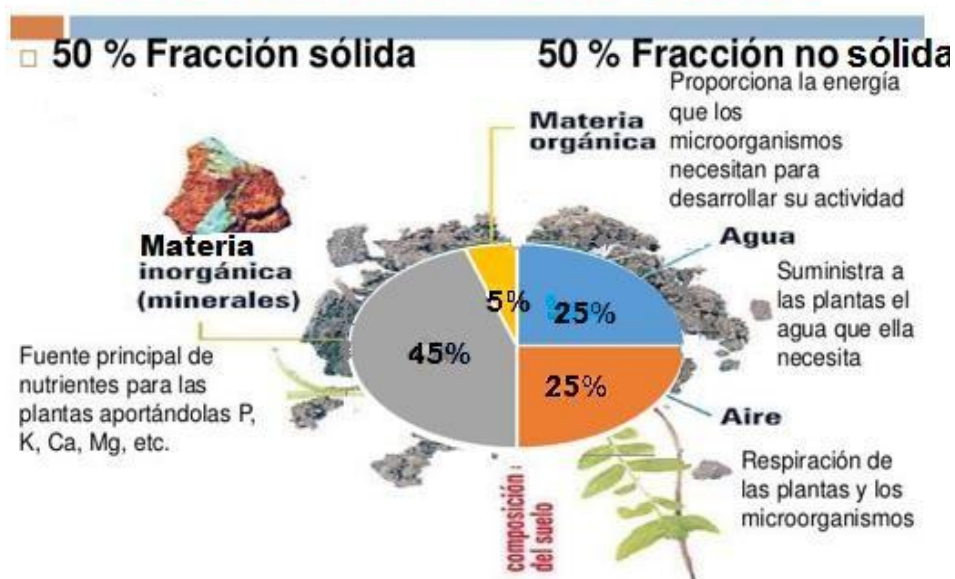
II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El suelo

El sistema suelo, está constituido por tres fases: Sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida es dominante y consiste en partículas de diferentes tamaños rodeadas por agua y gases, cuyas cantidades y composición fluctúan en el espacio y en el tiempo. En términos de peso, los componentes del sistema suelo son divididos: Materia inorgánica (45%), agua (25 %), aire (25%) y materia orgánica (5%). Hay un intercambio continuo de moléculas e iones entre estas fases, mediados por procesos físicos, químicos y biológicos. El balance dinámico de estos procesos es fundamental para mantener la salud y calidad del suelo (BAUTISTA *et al.*, 2004).

ORTIZ *et al.*, (2008) indican que, desde el punto de vista edáfico, un suelo es un cuerpo natural formado por la progresiva alteración física y química de un material original o roca madre a lo largo del tiempo, bajo unas condiciones climáticas y topográficas determinadas y sometido a la actividad de organismos vivos, mantiene un continuo intercambio de materia y energía. Esto lo convierte en una pieza clave del desarrollo de los ciclos biogeoquímicos y a desempeñar su papel como filtro de la contaminación producida por compuestos orgánicos e inorgánicos, impidiendo que alcancen las aguas subterráneas y el aire o que entren en la cadena alimenticia. MIRALLES (2006), manifiesta que, como parte de los ecosistemas terrestres, los suelos cumplen importantes servicios ecosistémicos, el más conocido es el soporte y suministro de nutrientes a las plantas, de ahí que la degradación del suelo esté considerada como el mayor problema ambiental que amenaza la producción mundial de alimentos. Este recurso es una unión en común con el ambiente y juega un rol fundamental en el uso sustentable y protección de todos los ecosistemas terrestres.

COMPOSICIÓN DEL SUELO



Fuente: MIRALLES, 2006.

Figura 1. Composición del suelo

2.2. Calidad del suelo

La calidad del suelo ha declinado por el proceso continuo de manejo de suelos dedicado a la agricultura creciente, en muchas situaciones desmedido, sumado al manejo inadecuado de las tierras, lo que ha conducido al deterioro de las propiedades físicas del suelo y a la consecuente reducción en el nivel de materia orgánica, con una marcada disminución de la fertilidad química. La alteración de las condiciones del suelo por las prácticas de manejo puede afectar la producción de los cultivos, por un lado, a través de su influencia en la distribución de la materia orgánica, actividad microbiana y dinámica de nutrientes; y por otro lado, modificando propiedades físicas del suelo como agregación y porosidad (FERRERAS, 2007).

La calidad del suelo se puede definir brevemente como la "adecuación para un uso", esto significa que la calidad de un suelo dependerá de su naturaleza dinámica, del uso y manejo que se le dé. El mantenimiento y mejoramiento de la calidad del suelo en los sistemas de cultivo continuo es

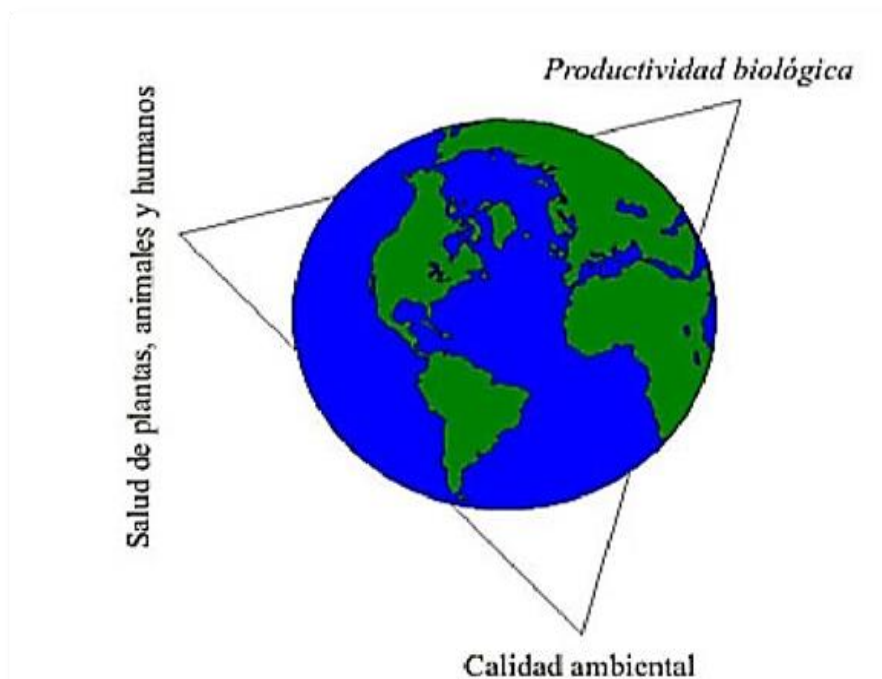
fundamental para sostener la productividad agrícola y la calidad del medio ambiente para las generaciones futuras (LARSON y PIERCE, 1991). En condiciones naturales, los suelos alcanzan un estado de equilibrio tras un lento proceso de formación conocido como edafogénesis. El suelo en este estado climático se encuentra cubierto por una cobertura vegetal que le aporta nutrientes y materia orgánica contribuyendo a la mejora de su estructura, y a la protección frente a procesos erosivos. Los suelos, entonces desempeñan correctamente todas sus funciones y presentan una calidad adecuada, no obstante, el equilibrio de los suelos se puede perturbar por diversos motivos, entre los que destacan, indudablemente, los de origen antrópico (GARCIA, 2003).

El suelo es un componente crítico de la biosfera no renovable a escala humana. La salud de recursos de suelo y una correcta gestión de los mismos es vital, no solo para el correcto funcionamiento de los ecosistemas, sino también para que los suelos desempeñen sus múltiples funciones en la mejora de la productividad biológica, soporte para el crecimiento de la cobertura vegetal, regulación y almacenamiento del flujo hídrico en el medio ambiente, atenuación de los efectos nocivos de contaminantes mediante procesos físicos, químicos y biológicos e incluso la mejora de la salud humana (GLANZ, 1995).

Un suelo es de calidad aquél que tiene la capacidad de producir cultivos sanos y nutritivos en forma sostenida a largo plazo, y de promover al mismo tiempo la salud humana y animal sin detrimento de los recursos naturales base o del medio ambiente circundante. Definen la calidad del suelo como la capacidad que éste tiene para sostener la productividad biológica y mantener la calidad ambiental de tal forma que se promueva la salud vegetal, animal y humana; todo ello dentro de los límites que imponen el ecosistema y el tipo de manejo que se le da (DORAN y PARKIN, 1994).

El término calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo (Figura 2) según (DORAN y PARKIN, 1994). Promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y

biológicas (productividad biológica sostenible); atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental): favorecer la salud de plantas, animales y humanos.



Fuente: DORAN y PARKIN ,1994

Figura 2. Principales componentes de la calidad del suelo

El suelo es el substrato básico para las plantas; capta, retiene y emite agua; y es un filtro ambiental efectivo. En consecuencia, este concepto refleja la capacidad del suelo para funcionar dentro de límites del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa (LARSON y PIERCE, 1991). El Comité de la Sociedad de la Ciencia del Suelo Americana define la calidad del suelo como "la capacidad funcional de un tipo específico de suelo, para sustentar la productividad animal o vegetal"; incluye los conceptos de capacidad productiva del suelo y la protección ambiental. Las funciones específicas a que hace referencia el concepto de calidad del suelo son: Captar, mantener y liberar nutrientes y otros compuestos químicos; captar, mantener y liberar agua a las plantas y recargar las napas subterráneas; mantener un hábitat edáfico adecuado para la actividad biológica del suelo.

La mantención o mejora de la calidad del suelo puede generar beneficios económicos en forma de aumentos en la productividad, mayor eficiencia en el uso de nutrientes, mejor calidad del aire y del agua y reducción de los gases del efecto invernadero (ACEVEDO, 2005).

2.2.1. Indicadores físicos

ACEVEDO (2005) indica que para clasificar a los constituyentes del suelo según su tamaño de partícula se han establecido muchas clasificaciones granulométricas. Básicamente todas aceptan los términos de grava, arena, limo y arcilla, pero difieren en los valores de los límites establecidos para definir cada clase. Las propiedades físicas relacionadas a la calidad del suelo de uso agrícola se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Propiedades físicas indicadores de la calidad del suelo

Propiedad	Relación con la condición y función del suelo
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.2. Indicadores químicos

Los indicadores para evaluar la calidad química consideran las condiciones que afectan la relación suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos. A continuación, se describen en detalle las implicaciones de cada una de propiedades fisicoquímicas más comunes sobre la calidad del suelo agrícola (SAGARPA, (2012).

Cuadro 2. Propiedades químicas indicadores de la calidad del suelo

Propiedad	Relación con la condición y función del Suelo
Materia orgánica (N y C Total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión.
pH	Define la actividad química y biológica.
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental.

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.2.1. Textura

Es una de las características básicas del suelo, referida a la proporción relativa en porcentaje de los componentes minerales del suelo con diámetros menores de 2mm: Arena, limo y arcilla. Influencia sus propiedades hídricas, manifestada en la fuerza o succión con que es retenida el agua y el ámbito en que hay agua disponible (en porcentaje) para las plantas. Determina parcialmente el grado de aireación, ya que dependiendo del tipo de textura predominante en el suelo dominan macro poros (rango 60 a 100 u) o micro poros (menores a 60 u) y tanto el agua como el aire se desplazan más fácilmente en los macro poros

(NUÑEZ, 2007). La infiltración o velocidad con que el agua penetra en la superficie, es siempre mayor en suelos de textura gruesa (arenosa y franco arenosa) que en suelos de textura fina, o pesados como los arcillosos.

SAGARPA (2012) menciona que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra y lo atraviesa. El análisis granulométrico representa el dato más valioso para interpretar la génesis y las propiedades de los suelos.

La acción de los factores formadores del suelo queda reflejada en la textura, ya que la roca tiende a dar una determinada clase textural, que quedará más patente cuanto más joven sea el suelo (en un principio el suelo hereda la textura del material original). El clima tiende a condicionar la textura en función de su agresividad (texturas gruesas en climas áridos y texturas arcillosas en climas húmedos y templados). El relieve condiciona el transporte de las partículas. El tiempo tiende a dar una mayor alteración y aumenta la fracción arcilla. La relación entre la cantidad de arcilla y la de cada horizonte es un buen índice del grado de evolución y de calidad del suelo, que influye la estructura, color, consistencia, porosidad aireación, permeabilidad, retención de agua, lavado, capacidad de cambio y reserva de nutrientes (ACEVEDO, 2005).

Los suelos arenosos son inertes desde el punto de vista químico, carecen de propiedades coloidales y de reservas de nutrientes. En cuanto a las propiedades físicas presentan mala estructuración, buena aireación, muy alta permeabilidad y nula retención de agua. Por el contrario, los suelos arcillosos son muy activos desde el punto de vista químico, adsorben iones y moléculas, floculan (la fracción arcilla permanece

inmóvil) y dispersan (migran), muy ricos en nutrientes, retienen mucha agua, bien estructurados, pero son impermeables y asfixiantes. Los suelos limosos tienen nula estructuración, sin propiedades coloidales, son impermeables y con mala aireación. Los suelos francos son los equilibrados con propiedades compensadas (ACEVEDO, 2005).

Cuadro 3. Texturas de los suelos

Suelos	Textura	Clase textural
	Gruesa	Arena, Arena franca
Arenosos	Moderadamente Gruesa	Franco arenosa
Francos	Media	Franca, franco limosa, Limo
	Moderadamente Fina	Franco arcillosa, Franco arcillo
Arcillosos	Fina	Arenosa, franco arcillo limosa
	Fina	Arcillo arenosa, Arcillo limosa

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina, 1984.

2.2.2.2. Potencial hidrógeno (pH)

Es una propiedad que tiene influencia indirecta en los procesos químicos, disponibilidad de nutrientes, procesos biológicos y actividad microbiana (SÁNCHEZ, 2007).

El pH es el logaritmo negativo de la actividad de H⁺, que afecta directamente la solubilidad, disponibilidad y absorción de los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo vegetal. Entre los elementos que más afecta el pH se encuentran el P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, Zn²⁺ y Cu²⁺, el porcentaje de saturación de bases y la capacidad de intercambio catiónico. En regiones con lluvias abundantes se promueve el lavado de las bases y como consecuencia el suelo se acidifica (pH entre 4.0 y 6.5), provocando altas concentraciones de aluminio y manganeso solubles que al ser absorbidos por las raíces provocan intoxicación y

fijación de fosfatos. Mientras que en zonas áridas el lavado es mínimo y los suelos se alcalinizan (pH entre 7.0 y 8.5), provocando baja solubilidad del fósforo debido a la presencia de carbonato de calcio (CaCO_3) (SAGARPA, 2012).

Cuadro 4. Niveles de pH

Términos descriptivos	Rango de pH	Interpretación
Extremadamente ácido	Menor de 4.5	Muy Bajo
Fuertemente ácido	4.5 – 5.0	Bajo
Moderadamente ácido	5.1 – 6.5	Medio
Neutro	6.6 – 7.3	Alto
Moderadamente alcalino	7.4 – 8.5	Alto
Fuertemente Alcalino	Mayor de 8.5	Alto

Fuente: Área de suelos de la UNAS, 2014.

Se pueden estimar dos tipos de pH: pH actual: es la derivada de la concentración de (H^+) en la solución del suelo; pH de cambio o acidez potencial: considera la concentración y proporción de los hidrogeniones que se encuentran adsorbidas o retenidos por el complejo de cambio (principalmente en los agregados del suelo).

El rango óptimo de pH sobre el que crecen vigorosamente la mayor parte de las plantas cultivadas oscila entre 6.0 a 7.0. Es decir, hablamos de suelos moderadamente ácidos o neutros. Este hecho es debido a que la mayor parte de las sustancias nutritivas para las plantas, presentes en la solución del suelo, son fácilmente asimilables o absorbidas por las raíces en dicho intervalo (IBAÑEZ, 2007).

Cuando la lluvia que cae durante gran parte del año sobre el suelo, es mayor que la evapotranspiración, se produce el fenómeno de la lixiviación y salen del perfil los iones más solubles como Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+

y K^+ , que no causan hidrólisis ácida. En el suelo quedan los iones que le confieren acidez, por la hidrólisis de estos, los cuales básicamente son los cationes metálicos Al^{+3} , Fe^{+3} y Mn^{+4} . Este es la causa por lo que a mayor precipitación menor es el pH del suelo. El efecto de la precipitación sobre los cationes explica el hecho porque en las zonas más lluviosas se presentan los suelos más ácidos, con menos contenidos de cationes básicos, mayores contenidos de cationes metálicos que producen hidrólisis ácida y por consiguiente, menor valor de pH (ZAPATA, 2002).

2.2.2.3. El nitrógeno en el suelo

El nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato (NO_3) o amonio (NH_4^+), puede encontrarse en muy diversos estados de oxidación y reducción. La cantidad de nitrógeno disponible para las plantas obedece a un balance entre ganancias y pérdida. Entre las ganancias de nitrógeno en el suelo se pueden considerar. Las fijaciones (eléctricas, biológicas e industriales), los abonos de origen orgánico (estiércol) y los residuos de cosecha. Las pérdidas de nitrógeno más significativas (SAGARPA, (2012).

Cuadro 5. Niveles de contenido de nitrógeno

Nivel	Nitrógeno%
Bajo	menos 0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	mayor de 0.2

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de la UNAS, 2014.

2.2.2.4. El fósforo en el suelo

El fósforo, luego del nitrógeno, es el macronutriente que en mayor medida limita el rendimiento de los cultivos. Interviene en numerosos

procesos bioquímicos a nivel celular y se lo considera un nutriente esencial para las plantas. La única entrada al sistema proviene del agregado de fertilizantes fosfatados, mientras que las salidas pueden dar por extracción en los granos cosechados, erosión, escurrimiento, lixiviación (de escasa importancia) (SAGARPA, (2012).

Aunque el fósforo generalmente se incluye dentro del grupo de elementos mayores porque se aplica en grandes cantidades, no es en realidad consumido por la planta en gran magnitud, sino que su uso en el suelo resulta muy ineficiente y lamentablemente, no es abundante en el suelo. Y lo que es peor, mucho del fósforo presente en el suelo no está en formas disponibles para la planta (ZAPATA, 2002)..

Al aumentar el contenido de materia orgánica de los suelos, aumenta el contenido de fosfato orgánico y por lo tanto los contenidos totales llegan a ser mayores. Factores estabilizadores de materia orgánica como órgano minerales y alófana es muy posible que conduzcan a elevar los niveles de fósforo total de los suelos. El contenido total también depende de la textura del suelo y tanto en áreas de clima templado como tropicales, entre más fina sea la textura, mayor es el contenido de fósforo total (IBAÑEZ, 2007).

La erosión y la remoción por el cultivo son las dos únicas formas significativas de pérdida de fósforo del suelo.

Cuadro 6. Niveles de contenido de fósforo (Método de Olsen)

Nivel	Fósforo (ppm)
Bajo	0 – 16
Medio	7 -14
Alto	> 14

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de la UNAS, 2014.

2.2.2.5. El potasio en el suelo

El potasio es un elemento nutritivo esencial para todos los organismos vivos. Los vegetales necesitan cantidades elevadas de este nutriente siendo semejantes al requerimiento de nitrógeno. El K cumple un rol importante en la activación de un gran número de enzimas (conociéndose, más de 60 actividades por este catión), que actúan en diversos procesos metabólicos tales como fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos; también tiene incidencia en el balance de agua y en el crecimiento meristemático. Al participar de estos procesos metabólicos el K actúa favoreciendo el crecimiento vegetativo, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos (RAMOS, 2003).

Cuadro 7. Niveles de contenido de potasio

Nivel	Potasio(ppm)
Bajo	<120
Medio	120- 140
Alto	> 240

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de la UNAS, 2014

2.2.2.6. Capacidad de intercambio catiónico

Es una de las propiedades más importantes del suelo, dado que ella determina la retención de la mayoría de los elementos requeridos para la nutrición vegetal, y constituyen gran parte de la capacidad reguladora del suelo (SCHARGEL Y DELGADO, 1990).

El cambio catiónico significa el cambio de un catión por otro en la superficie de un coloide. Los coloides del suelo han absorbido en sus sitios de intercambio catiónicos como los del calcio, magnesio, potasio, sodio, amonio, aluminio, hierro e hidrogeno que están retenidos con diferente intensidad de acuerdo a su carga, capacidad de hidratación y

deshidratación. Como regla general, los suelos con grandes cantidades de arcilla y materia orgánica tendrán una mayor capacidad de cambio catiónico que los suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica (RODRIGUEZ, 2002). Mientras que un suelo con alta CIC no necesariamente puede ser más fértil, cuando se combina con otras medidas de fertilidad del suelo, la CIC es un buen indicador de calidad y productividad de suelos.

Los sitios de intercambio de cationes son encontrados sobre la superficie de la arcilla y la MO. El rango normal de CIC en suelos debería ser desde $< 3 \mu\text{eq}/100\text{g}$, para suelos arenosos bajos en MO. La MO desarrollara una mayor CIC en suelos con pH cercano al neutro que en condiciones acidas. Adiciones de un material orgánico incrementaran ligeramente la CIC. La CIC del suelo puede disminuir con el tiempo a través de la descomposición de la MO (AREVALO, 2005).

La CIC es la cantidad de cationes, expresados en miliequivalentes por 100g de suelo (me/100g) necesarios para neutralizar las cargas negativas de la fracción coloidal. Los cationes o bases cambiables son cuatro: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} . En cambio, el hidrogeno y el aluminio representan la acidez cambiabile. Bases cambiables y acidez cambiabile se encuentran en permanente equilibrio dinámico entre las partículas coloidales y la solución del suelo (SCHAGEL Y DELGADO, 1990).

Los suelos ácidos son típicos de aquellas regiones en donde precipitación es tan alta que ocurre un lavado de los cationes básicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+}) y por lo tanto existe un predominio de cationes ácidos (Al^{3+} , H^{+}), tanto en los sitios de intercambio como en la solución del suelo. A medida que aumenta el CIC, aumenta el pH, ya que los pH menores de 5.5 han obtenido una mayor CICe. Pero este puede relacionarse con la toxicidad del aluminio, ya que a mayor cantidad de aluminio en el suelo la CICe aumenta (SCHAGEL Y DELGADO, 1990).

2.2.2.7. Capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICe)

Desde un punto de vista práctico el valor de más utilidad es la CIC efectiva (CICe). Esta se obtiene sumando las bases y el aluminio cambiante. Este valor refleja mejor las condiciones de intercambio catiónico en suelos ácidos. Los valores de referencia son los siguientes:

Cuadro 8. Niveles de CIC

Nivel	CIC (meg/100g de suelo)
Bajo	<4
Medio	4-30
Alto	> 30

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de la UNAS, 2014

2.2.2.8. Materia orgánica

La materia orgánica (M.O) es un parámetro relacionado directamente con la calidad edáfica. El contenido en materia orgánica interviene en la estructura del horizonte, ayuda a formar los complejos arcillo-húmicos del suelo, mejora la capacidad de infiltración del agua en suelos arcillosos y aumenta la capacidad de retención en los suelos arenosos y determina la disponibilidad de nutrientes, influyendo por tanto positivamente en la productividad del suelo (GASTEIZ, s. d.).

La MO es un indicador de la calidad del suelo más usado, ya que incide directamente sobre propiedades edáficas, como estructura y disponibilidad de carbono y nitrógeno. Numerosos estudios coinciden en que la MO, es el principal indicador e indudablemente el que posee una influencia significativa sobre la calidad del suelo y su productividad (SILVA, s. d.).

Según el contenido de materia orgánica el suelo puede clasificarse de la siguiente manera.

Cuadro 9. Niveles de contenido de materia orgánica en el suelo

Nivel	%
Bajo	menor de 2.0
Medio	2.0-4.0
Alto	más de 4.0

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de la UNAS, 2014

RAMÍREZ y SALAZAR (2006) observaron que a medida que aumenta el contenido de materia orgánica, disminuye la resistencia a la penetración, esto se puede deber a que la materia orgánica ayuda a que se aumente la porosidad del suelo.

2.3. Factores que influyen en la propiedad del suelo

Para NUÑEZ (2007) se consideran cinco principales factores en la formación del suelo. Ellos son:

2.3.1. Relieve

Es la configuración geomorfológica. Incluye las irregularidades; elevaciones y depresiones de la tierra, consideradas en conjunto. El relieve es consecuencia de los procesos geomorfológicos y de meteorización actuando sobre los materiales geológicos. Se considera un factor formador del suelo. Una de las varias características del relieve, la pendiente, modifica algunas condiciones del suelo como el drenaje, la profundidad, la susceptibilidad a la erosión, el acúmulo de materiales, etc., afectando el desarrollo y la evolución del perfil en el tiempo, su grado de utilidad agrícola, así como, su clasificación dentro de un sistema establecido. La posición geográfica y especialmente la altura de las pendientes modifica las condiciones climáticas del suelo, una de ellas es el régimen de temperatura. La posición geográfica afecta el régimen de temperatura del suelo ya que las diferencias en exposición a la energía solar incidente, afecta el tipo de vegetación que se desarrolla en el mismo.

2.3.2. Material parental

Constituye el sustrato sobre el que operan los otros factores formadores del suelo. El origen diverso de los materiales parentales da a las mismas características propias de estructura cristalina, composición química, textura, grado de dureza, propiedades de fractura, etc. La acción de la meteorización sobre diversos materiales parentales origina suelos que difieren mucho en textura, saturación de bases, grados de acidez (pH), tipo de arcilla predominante en el suelo, fertilidad natural, etc. Junto con el clima, el material parental se considera como una de las variables más importantes en la formación de suelo (NUÑEZ, 2007).

2.3.3. Organismos

Como organismo se incluye a la vegetación, los animales del suelo (meso, macro y microscópicos) y al hombre. Como fuente de residuos vegetales, la vegetación uno de los factores más importantes en la formación del suelo. El aporte de materiales vegetales, su mineralización y transformación, el modo como se incorporan al suelo ya convertidos en material humificador, afecta el desarrollo de los horizontes superficiales modificando sus propiedades físicas y químicas (NUÑEZ, 2007).

El clima y la vegetación permiten relaciones ecológicas que afectan muchos procesos pedogenéticos. La temperatura y la relación entre precipitación y evapotranspiración, condicionan especialmente el tipo de vegetación que se desarrolla en un área (pastos, coníferas, árboles o bosques de hoja ancha, arbustos), lo que a su vez condiciona la cantidad y tipo de materia orgánica aportada al suelo (NUÑEZ, 2007). Por otra parte, la acción de los animales (hormigas, termitas, lombrices, roedores pequeños, escarabajos, etc.) afecta las relaciones de aireación, humedad, mezcla de horizontes, acarreo de materiales del subsuelo a la superficie, etc (NUÑEZ, 2007).

2.3.4. Tiempo

Constituye el intervalo o período durante el cual ocurren los procesos formadores y se producen las características morfológicas que permiten la diferenciación genética de los suelos entre sí. Los suelos que no presentan horizontes claramente diferenciables se consideran suelo inmaduros o recientes, ya que los factores formadores del suelo no han actuado suficientemente para permitir la diferenciación genética, mientras que los que presentan una clara diferenciación de horizontes y permiten el diagnóstico de procesos pedogenéticos se consideran evolucionados y en los cuales el transcurso del tiempo ha permitido el desarrollo de esas características (NUÑEZ, 2007).

2.3.5. El clima

Los principales factores que determinan el clima son: Temperatura, precipitación, humedad relativa, energía radiante y viento. El clima se considera el principal factor formador del suelo. Los procesos que ocurren en los suelos están claramente influenciados por el clima, especialmente por la precipitación y la temperatura, asimismo, influyen en la cantidad de materia orgánica del suelo. El contenido de materia orgánica aumenta a medida que la temperatura disminuye. La humedad del suelo también tiene efectos positivos en la acumulación de materia orgánica, a medida que la humedad del suelo se incrementa, la materia orgánica del suelo también lo hace (NUÑEZ, 2007).

2.4. Sistemas de uso de suelos

2.4.1. Bosque secundario

Se denomina bosque secundario a todas aquellas áreas en el que se han desarrollado diferentes actividades antropogénicas. Muchas culturas se han apoyado en productos que obtenían del bosque: Madera para usarla como combustible o en la construcción, carbón vegetal imprescindible

en la primera industria del hierro, caza, resinas, frutos y medicinas. Pero a la vez producir más alimentos exigió talar bosques para convertirlos en tierras de cultivo alterando de esta manera la biota del suelo y el equilibrio de los ecosistemas naturales (ODUM, 2002).

Los bosques secundarios son ecosistemas imprescindibles para la vida. Son el hábitat de multitud de seres vivos, regulan el agua, conservan el suelo y la atmósfera y suministran multitud de productos útiles. El suelo del bosque es uno de los principales sitios de descomposición, proceso de suma importancia para la continuidad del bosque como un todo. También es hogar de miles de plantas y animales, y provee soporte para los árboles que son responsables de la formación del dosel. Considérese además que los residuos vegetales son la principal fuente de materia orgánica que permite entre otras cosas el proceso de mineralización (ODUM, 2002).

2.4.2. Cacao (*Theobroma cacao* L.)

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie originaria de los bosques tropicales húmedos de América del sur, sus almendras constituyen el alimento básico para la industria del chocolate, cosmética, farmacéutica y otros derivados. La amazonía es uno de los centros de mayor variabilidad genética de esta especie, su dispersión ha sido originada por influencia del hombre y animales, por diversos lugares generando cruzamientos o híbridos espontáneos; así como posibles mutaciones que han creado numerosos fenotipos de cacao comercial que hoy se cultivan (DE LOS RÍOS, 2000).

2.4.2.1. Condiciones adecuadas para el Cultivo del cacao

El clima favorable para el crecimiento normal del cultivo de cacao es el trópico húmedo, que se caracteriza por tener lluvias, calor y humedad durante todo el año. El cacao no soporta climas fríos ni secos. Estos dos factores afectan el crecimiento y la producción por eso, cuando el clima es muy caliente, el cultivo debe estar bajo sombra para evitar los daños que le pueda ocasionar el sol y mantener el cultivo a una

temperatura adecuada. Las plantaciones deben estar libres de vientos fuertes, para evitar la caída de las hojas y plantas. Para este problema, es recomendable que en algunas zonas sembremos árboles en hileras que funcionen como cortinas rompe vientos (DE LOS RÍOS, 2000).

- Temperaturas: No tolera temperaturas bajas, lo ideal entre 18°C y los 32°C, cuando son inferiores las mazorcas se da de estacional y durante algunas semanas no habrá cosecha.
- Precipitaciones: 1500 a 3000 mm en las zonas bajas más cálidas y entre 1000 y 1500 mm en las zonas frescas o los valles altos.
- Vientos: Vientos continuos pueden provocar un desecamiento, muerte y caída de las hojas y aun la planta, por ello es preciso la implementación de cortavientos para enfrentar este problema, recomendándose que se siembre árboles en hileras. También podemos utilizar árboles frutales y forestales.
- Luz: La luminosidad deberá estar comprendida más o menos a 50 % durante los primeros 4 años de vida de las plantas, para garantizar que alcancen un buen desarrollo y limiten el crecimiento de las malas hierbas.

2.4.3. Plátano (*Musa paradisiaca*)

El plátano (*Musa paradisiaca*) no es un árbol, sino una megafobia, una hierba perenne de gran tamaño. Como las demás especies de *Musa*, carece de verdadero tronco. En su lugar, posee vainas foliares que se desarrollan formando estructuras llamadas pseudotallos, similares a fustes verticales de hasta 30 cm de diámetro basal que no son leñosos, y alcanzan los 7 m de altura (CHEESMAN, 1948).

2.4.3.1. Suelos para el cultivo de plátano

Los bananos toleran bien una gran variedad de terrenos; crecen y fructifican en condiciones de bastante pobreza, aunque para que la producción sea económicamente rentable requieren suelos fértiles y húmedos. Prefieren terrenos profundos, bien drenados, con la capa freática a no menos de dos metros de profundidad; para evitar el anegamiento de las raíces, los cultivos en zonas de extrema humedad suelen elevar las plantas mediante canteros o bancales, además de cavar canales de desagüe entre las plantas, previendo una pendiente de alrededor del 1 % para permitir el drenaje. En terrenos más secos se hace necesaria la irrigación artificial; el riego por aspersión permite la plantación de bananos en terrenos arcillosos que tradicionalmente se consideraron inadecuados (CHEESMAN, 1948).

2.4.3.2. Temperatura

Los bananos son propios de regiones tropicales y subtropicales, y rara vez dan buenos resultados fuera de la banda comprendida entre los 30°N y 30°S. Algunos cultivos están adaptados a altitudes de hasta 2300 msnm, pero la mayoría no prospera a más de 600 m de altitud. La temperatura óptima para la floración ronda los 27 °C, y el crecimiento de los frutos se beneficia de una ligeramente superior. Por encima de los 37 °C las hojas padecen quemaduras y los frutos se deforman; por debajo de los 16 °C el ritmo de desarrollo se reduce sensiblemente, dando lugar a la aparición de una hoja por mes en lugar del período óptimo de una por semana.

Por debajo de los 10 °C, la planta detiene su crecimiento por completo, y el desarrollo de los frutos se aborta. Aún breves accesos de frío pueden matar las inflorescencias, ocasionar la podredumbre de los frutos ya presentes o abortar su desarrollo, dando lugar a frutos pequeños, de color verde gris (CHEESMAN, 1948).

2.4.4. *Erythroxylum coca*; Lam., 1786.

Pese a los esfuerzos actuales por el estado en el control de la producción de la hoja de coca, es un cultivo que aún sigue vigente y a diario se instalan nuevos espacios para este fin. La técnica que se aplica en la instalación es uno de los factores clave en su nocividad en la degradación del suelo, la instalación a favor de la pendiente, el control de malezas con herbicidas y la extracción de los residuos vegetales del área, la alta pluviometría y el tipo de suelo inceptisol con epipedón granular y una geomorfología de lomas y colinas y en algunos casos de montañas bajas. Son las causas que en conjunto tienen un efecto devastador en el suelo, que nos lleva en pocos años de uso a tener un suelo fuertemente ácido, con niveles muy bajos en materia orgánica y una acidez cambiante con una saturación de aluminio superiores a 50% (URRELO, 1997).

2.4.5. *Oryza sativa*., L.

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arces de Asia a otras partes del mundo (PERDOMO *et al.*, 1985).

2.4.5.1. Adaptación del arroz a los suelos inundados

Los suelos inundados ofrecen un ambiente único para el crecimiento y nutrición del arroz, pues la zona que rodea al sistema radicular, se caracteriza por la falta de oxígeno. Por tanto, para evitar la asfixia radicular, la planta de arroz posee unos tejidos especiales, unos espacios de aire bien desarrollados en la lámina de la hoja, en la vaina, en el tallo y en las raíces, que forman un sistema muy eficiente para el paso de aire. El aire se introduce en la planta a través de los estomas y de

las vainas de las hojas, desplazándose hacia la base de la planta. El oxígeno es suministrado a los tejidos junto con el paso del aire, moviéndose hacia el interior de las raíces, utilizado en la respiración. Finalmente, el aire sale de las raíces y se difunde en el suelo, creando una interfase de oxidación-reducción (PERDOMO *et al.*, 1985).

2.4.5.2. Requerimientos edafoclimáticos

- Clima

Se trata de un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, pero también se puede cultivar en las regiones húmedas de los subtropicos y en climas templados. El cultivo se extiende desde los 49-50° de latitud norte a los 35° de latitud sur. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2.500 m. de altitud. Las precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de cultivo, sobre todo cuando se cultivan en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas (PERDOMO *et al.*, 1985).

- Temperatura

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13°C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C. Por encima de los 40°C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo de 7° C, considerándose su óptimo en los 23 °C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades. El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días (PERDOMO *et al.*, 1985).

La panícula, usualmente llamada espiga por el agricultor, comienza a formarse unos 30 días antes del espigado, y 7 días después de comenzar su formación alcanza ya unos 2 mm. A partir de 15 días antes

del espigado se desarrolla la espiga, y es este el período más sensible a las condiciones ambientales adversas. La floración tiene lugar el mismo día del espigado, o al día siguiente durante las últimas horas de la mañana. Las flores abren sus glumillas durante una o dos horas si el tiempo es soleado y las temperaturas altas. Un tiempo lluvioso y con temperaturas bajas perjudica la polinización (PERDOMO *et al.*, 1985).

El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15°C. El óptimo de 30°C. Por encima de los 50°C no se produce la floración. La respiración alcanza su máxima intensidad cuando la espiga está en zurrón, decreciendo después del espigado. Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica es mayor. Por esta razón, las temperaturas bajas durante la noche favorecen la maduración de los granos (PERDOMO *et al.*, 1985).

- **Suelo**

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propias del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y deltas de los ríos. Los suelos de textura fina dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes (PERDOMO *et al.*, 1985).

- **pH**

La mayoría de los suelos tienden a cambiar su pH hacia la neutralidad pocas semanas después de la inundación. El pH de los suelos ácidos aumenta con la inundación, mientras que para suelos alcalinos ocurre lo contrario. El pH óptimo para el arroz es 6.6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, y la

disponibilidad de fósforo son altas y además las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos están por debajo del nivel tóxico (PERDOMO *et al.*, 1985).

- **Abonado**

Nitrógeno: Gran parte del nitrógeno del suelo se encuentra en formas orgánicas, formando parte de la materia orgánica y de los restos de cosecha, pero la planta de arroz solo absorbe el nitrógeno de la solución en forma inorgánica. El paso de la forma orgánica del nitrógeno a las formas inorgánicas tiene lugar mediante el proceso de mineralización de la materia orgánica, siendo los productos finales de este proceso distintos según las condiciones del suelo (PERDOMO *et al.*, 1985).

En un suelo anaeróbico, la falta de oxígeno hace que la mineralización del nitrógeno se detenga en la forma amónica, que es la forma estable en los suelos con estas condiciones. Esta forma de nitrógeno se encuentra en dos maneras: disuelta en la solución del suelo y absorbida por el complejo arcillo-húmico, formando ambas la fracción de nitrógeno del suelo fácilmente disponible (PERDOMO *et al.*, 1985).

El nitrógeno se considera el elemento nutritivo que repercute de forma más directa sobre la producción, pues aumenta el porcentaje de espiguillas rellenas, incrementa la superficie foliar y contribuye además al aumento de calidad del grano. PERDOMO *et al.* (1985) refiere que el arroz necesita el nitrógeno en dos momentos críticos del cultivo:

El nitrógeno se debe aportar en dos fases: La primera como abonado de fondo, y, la segunda, al comienzo del ciclo reproductivo. La dosis de nitrógeno depende de la variedad, el tipo de suelo, las condiciones climáticas, manejo de los fertilizantes, etc. En general la dosis de 150 kg de nitrógeno por hectárea distribuida dos veces (75% como abonado de fondo, 25% a la iniciación de la panícula).

En el abonado de fondo conviene utilizar fertilizantes amónicos y enterrarlos a unos 10 cm. de profundidad, antes de la inundación, con una labor de grada. El abonado de cobertura se aplicará a la iniciación de la panícula, utilizando nitrato amónico. Los abonos nitrogenados utilizados, son generalmente, el sulfato amónico, la urea, o abonos complejos que contienen además del nitrógeno, otros elementos nutritivos.

Fósforo: influye de manera positiva sobre la productividad del arroz, aunque sus efectos son menos espectaculares que los del nitrógeno. El fósforo estimula el desarrollo radicular, favorece el ahijamiento, contribuye a la precocidad y uniformidad de la floración y maduración y mejora la calidad del grano.

Potasio: aumenta la resistencia al encamado, a las enfermedades y a las condiciones climáticas desfavorables. La absorción del potasio durante el ciclo de cultivo transcurre de manera similar a la del nitrógeno. Las dosis de potasio a aplicar varían entre 80-150 kg de K₂O/ha. Las cifras altas se utilizan en suelos sueltos y cuando se utilicen dosis altas de nitrógeno.

2.4.6. Capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann)

2.4.6.1. Descripción taxonómica

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

División : ANGIOSPERMAE

Clase : Dicotyledoneae

Orden : Rubiales

Familia : Rubiaceae

Género : *Calycophyllum*

Especie : *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann)

El árbol de capirona llega hasta 35 metros de altura y 80 cm de diámetro, con fuste recto y cilíndrico; la corteza externa es de color verde petróleo con ritidoma coriáceo de color rojizo que se desprende anualmente dejando al descubierto la corteza brillante. Las semillas son pequeñas comprimidas con alas en los extremos (FLORES, 2002).

Hasta los 1000 m.s.n.m.; Se encuentra tanto en bosque primario como el bosque clímax. Es una especie heliófita, frecuente también en bosques secundarios, pioneros o tardíos, en suelos limosos a arcillosos, aluviales y fértiles (FLORES, 2002).

2.4.7. Purma

Se encuentra en zonas de altura e inundables, cerca y lejos de los cuerpos de agua, en chacras nuevas, purma cerrada, purma joven, áreas de pastoreo, pradera degradada, con alta intensidad de luz y bajo sombra. Es resistente a la inundación. Comparte su hábitat con las siguientes especies: guayaba, poma rosa, pandisho, retama, bijao, casho, huito, cetico, capinurí, ubos, pichirina, aguaje, pijuayo, guaba, guanábana, cedro, barbasco, huamansamana, camu-camu, yumanasa, tamamuri. Con un clima Tropical húmedo, con temperatura media anual de 22 a 26°C y precipitación pluvial entre 1 100 a 3 400 mm anuales. Suelo: Se desarrolla en suelos arenosos y arcillosos que presenten un contenido medio o alto de materia orgánica. Prefiere suelos con pH de 7 y saturación de aluminio menor de 30%. No prospera en suelos extremadamente ácidos, con pH de 4 a 4,5. Época de siembra: En la zona de Iquitos de junio a julio, al inicio de la vaciante de los ríos. En zonas de tierra firme, debe plantarse preferentemente al inicio de la temporada de lluvias (DE CAMINO, 2010).

Espaciamiento: En plantaciones densidad programada para un aprovechamiento escalonado de los fustes, se recomienda un distanciamiento de 2 m x 1,5 m. Este espaciamento permitirá un alargamiento del tallo y el aprovechamiento de madera redonda. Para plantaciones mixtas, es adecuado un espaciamento de 7 a 10 m. **Labores de cultivo:** En los primeros años de cultivo se debe reemplazar las plantas que mueran, tanto después de la plantación como después de las inundaciones (DE CAMINO, 2010).

Propagación: Se realiza por semilla sexual. En forma natural la semilla se dispersa profusamente en los suelos inundables. La especie es muy sensible al trasplante, mostrando aspecto de marchita tan pronto se le extrae del suelo, por lo que debe eliminarse parcialmente las hojas y evitar el rompimiento de las raíces al momento de la colección de plántulas. Por este motivo se recomienda trasplantar a viveros de adaptación plántulas de 5 a 15 cm de altura. Las plántulas se establecerán en el vivero a un distanciamiento de 10 x 7 cm, protegiéndolas de la luz directa, para luego ir adaptándolas gradualmente hasta el endurecimiento completo de los plantones. En estas condiciones, los plantones podrán trasplantarse con cepellón a campo definitivo, cuando presenten una altura mínima de 40 cm (DE CAMINO, 2010).

Cosecha y conservación del producto. Partes aprovechadas: Corteza, savia, madera. **Cosecha:** La corteza y la savia pueden extraerse todos los meses del año. La floración en Ucayali ocurre de marzo a mayo y fructifica de agosto a setiembre. **Manejo poscosecha:** Es recomendable secar la corteza bajo sombra para su conservación (HENAO, 2014).

Descripción botánica: Arbol de 15 a 27 m, de tronco recto y ramificado, de copa heterogénea, corteza de color marrón o verde petróleo brillante. Hojas oblongas u ovadooblongas de 9 a 17 cm de longitud, simples, opuestas, pecioladas, penninervadas. Inflorescencias terminales cimosas. Flores pequeñas, blancas, bisexuales y aromáticas. Fruto cápsula oblonga de 8 a 11 mm de longitud. Semillas comprimidas angulosas y aladas en ambos extremos, con endospermos (HENAO, 2014).

2.4.8. Bosque primario, primigenio o virgen

Representan un 65% de la biodiversidad terrestre, a pesar de haber sido talados un 80% de estos. Actualmente los bosques vírgenes están desapareciendo rápidamente y de forma irreversible. El 80% de estos ecosistemas ya ha sido destruido o alterado y el 20% restante está amenazado por diversas causas: explotación forestal, minería, construcción de embalses y carreteras, expansión de la agricultura y la ganadería, etc (HENAO, 2014).

Es una extensión considerable de masa forestal que ha permanecido intacta, es decir, que nunca ha sido explotada, fragmentada, o influenciada por el ser humano y la actividad industrial. Por lo tanto, ningún otro tipo de bosque o plantación se acerca a la riqueza biológica o a la importancia ecológica de los bosques primarios (DE CAMINO, 2010).

Los siete grandes bosques primarios planetarios los "Siete magníficos", son los siguientes (HENAO, 2014):

- El bosque tropical amazónico
- La jungla del sudeste asiático
- Las selvas tropicales de África central
- Los bosques primarios de Norteamérica
- Los últimos bosques primarios europeos en Rusia
- Los últimos de la taiga siberiana.

2.4.9. *Coffea arábica* L.

Hay cuatro especies o grupos o formas principales, que se cultivan ampliamente y constituyen los cafés del comercio: Café arábigo (*Coffea arábica* L.), café robusta (*Coffea. canephora* Pierre ex Froehner), café liberiano (*Coffea*

liberica Mull ex Hiern), y café excelso (*Coffea excelsa* A. Chev.); además, existe una gran cantidad de otras especies llamadas económicas, que se plantan en escala local y normalmente no entran a los canales comerciales. Con el mejoramiento de plantas se han desarrollado diferentes tipos de plantas (variedades, cultivares, híbridos), que presentan características específicas que colaboran con la mayor producción y calidad. Entre las variedades más comunes se tiene Typica, Bourbon rojo, Caturra rojo, Pache, Catimor, siendo esta última variedad la que presenta como ventaja tolerancia a la roya amarilla y es de alta producción (LÓPEZ y ENCOMENDEROS, 2008).

El suelo se debe seleccionar en base a su drenaje y permeabilidad, así como su potencial nutricional, desde este punto de vista se debe tener en cuenta los suelos de ladera que normalmente son pobres nutricionalmente. Teniendo estas consideraciones, se debe seleccionar un suelo suelto (buen drenaje), con pendientes menores de 30% (potencial nutricional), de buena profundidad. Entre las propiedades físicas recomendadas podemos citar, color, textura, estructura, porosidad, permeabilidad, profundidad efectiva. En términos generales, el color negro de los suelos indica un buen contenido de materia orgánica. Los suelos oscuros son los mejores para el café y los cultivos, en general (LÓPEZ y ENCOMENDEROS, 2008).

Textura Esta referida a concentración porcentual de arena, limo y arcilla. Bajo Alto igual o menor de igual o mayor de pH 5 5,5 - 6,5 7 Al (meq/100 gr) 0,3 1,5 Ca (meq/100 gr) 4 4-20 20 Mg (meq/100 gr) 1 1-10 10 K (meq/100 gr) 0,2 0,2-1,5 1,5 Cu (ppm) 1 1-20 20 Zn (ppm) 3 3-15 15 Fe (ppm) 10 10-50 50 Mn (ppm) 5 5-50 50 Desbalance Ca/Mg 2 2-5 5 Mg/K 2,5 2,5 - 15 15 Ca+Mg/K 10 10-40 40 Ca/K 5 5-25 25 (LÓPEZ y ENCOMENDEROS, 2008). Cada textura le da propiedades particulares al suelo, en cuanto al drenaje o porosidad y se puede proyectar respecto a la concentración de nutrientes.

La estructura se puede mejorar o dañar con las labores de cultivo. La mejor para el cafeto es la de tipo granular. 2.3. Porosidad y permeabilidad Al agruparse los granos o partículas del suelo para formar terrones, quedan entre

ellos espacios de tamaño variable denominados poros, que son ocupados por el agua y el aire. La permeabilidad se refiere a la velocidad con la que el agua y el aire circulan o se mueven a través de los poros del suelo. Los suelos arenosos son de permeabilidad alta y los arcillosos, de baja permeabilidad. Los mejores suelos para el café son los francos, en los cuales la permeabilidad es moderada (LÓPEZ y ENCOMENDEROS, 2008).

El conocimiento del pH de un suelo es de gran utilidad para el manejo de una buena fertilización; valores entre 5.0 y 5.5 son considerados adecuados para el café, puesto que allí se da cierto grado de actividad de microorganismos que mineralizan materia orgánica para dejar disponibles la mayoría de nutrimentos para las plantas, especialmente N- P - S - y elementos menores. Si el pH es inferior a 5.0, puede haber toxicidad por aluminio o por manganeso o deficiencias de P - Ca - Mg - K - B - Cu. Zn. Si el pH es superior a 5.5, pueden ocurrir deficiencias de P-B-Fe-Cu-Zn. Lo anterior permite afirmar que si se conserva el pH del suelo entre 5.0 y 5.5, y además, se hace uso de la materia orgánica descompuesta, no habrá problemas de elementos menores ni de azufre en el cafetal (LÓPEZ y ENCOMENDEROS, 2008).

2.5. Antecedentes.

REATEGUI (2016) trabajando con la finalidad de determinar la calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en el distrito de El Eslabón en la región San Martín, encontró que el suelo donde se cultiva la yuca es de muy buena calidad. Por su parte, YAROS (2015) investigó la calidad de suelos en diferentes sistemas de cultivo en distrito de Naranjillo determinó que el cultivo de la coca fue baja calidad. ARAUJO (2014) evaluó la calidad de los suelos en diferentes sistemas de uso en el centro poblado de San Antonio, provincia Huamalíes, encontró que la purma fue el de mejor calidad, seguido del cultivo permanente y el de menor calidad fue al cultivo de maíz.. Asimismo, CRUZ (2010) trabajo con identificar los índice de calidad ambiental de los suelos ácidos del estado de Hidalgo en España, concluyó que de los catorce sitios 8 son de muy alta calidad, 4 de alta calidad y 2 de moderada calidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, específicamente en el laboratorio de Suelos de la Escuela Profesional de Conservación de Suelos y Agua y en 16 parcelas, situados en los distritos de Rupa Rupa, Nuevo Progreso, Uchiza y Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado y Tocache de la región Huánuco y San Martín respectivamente.

3.1.1. Descripción de la zona de influencia del proyecto

- Provincia de Tocache

El acceso a la zona es a través de la vía terrestre (carretera Fernando Belaunde Terry), Tingo María - Nuevo Progreso con un recorrido de 120 km, aproximadamente 2.0 horas en moto lineal, luego pasando el puente que cruza el río Uchiza y por un desvío de la carretera con dirección hacia el norte hacemos un recorrido de 18 km de carretera afirmada, aproximadamente en 30 minutos, para llegar al distrito de Uchiza

Presenta una vegetación típica de bosque secundario, donde predominan las especies de cético *Cecropia* sp., *Atadijo*, *Ocroma* sp. y bosques cubiertos de densa vegetación arbórea. Asimismo, la influencia de régimen hídrico, la cantidad de nutrientes, la fauna, la vegetación favorece un microclima especial para el desarrollo de la cubierta vegetal, razón por la cual, dentro del bosque las temperaturas son más moderadas.

Holdrige (1993) citado por Mapa Ecológico del Perú – INRENA (1995) establece en su diagrama bioclimático que ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida; la provincia de Tocache presenta formaciones vegetales de bosque húmedo - Tropical (bh-T).

La precipitación promedio en el año 2016 fue 1850 mm y en el año 2017 de 2100 mm, temperatura media mensual 28 °C con leves descensos en los meses de junio a agosto con oscilación media de 5 °C con respecto a la media anual y humedad relativa 75%. Asimismo, exteriorizan suelos de colina con aptitud para cultivos en sistemas agroforestales, así como suelos de las terrazas bajas son medianamente profundos y de buena fertilidad para cultivos permanentes: cocona, arroz, cacao y palmas y suelos hidromorficos o aguajales pobres en drenaje y aireación con espacios donde se puede realizar actividades piscícolas, protegiendo estos humedales, aguajales y renacales.

- Provincia de Leoncio Prado

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 °C, 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).

3.1.2. Ubicación geográfica

Las muestras de suelos se obtuvieron de dieciseis parcelas, las cuales, su ubicación corresponde a las coordenadas UTM (Zona 18 L, Datum WGS 84):

Cuadro 10. Coordenadas UTM de los sectores de muestreo.

Nº	Cultivos	Coordenadas			Sector	Distrito
		X	Y	Altitud (msnm)		
1	Bosque primario	390998	8970810	745	Brunas	Rupa-Rupa
2	Bosque secundario	390545	8970890	717	Brunas	Rupa-Rupa
3	Café	367611	9064182	683	Rio Azul	Nuevo progreso
4	Café	362234	9054822	985	Santa Cruz	Nuevo progreso
5	Cacao	358295	9070711	544	Alto Colombia	Nuevo progreso
6	Cacao	355449	9062201	520	Cucaracha	Nuevo progreso
7	Cacao	371945	9034095	551	Ramal de Azpuzana	Nuevo progreso
8	Café	355107	9068860	712	San pedro	Nuevo progreso
9	Cacao	356784	9055335	485	Santa Cruz	Nuevo progreso
10	Purma	378590	8994637	610	Venenillo	Rupa-Rupa
11	Plátano	378591	8994639	609	Venenillo	Rupa-Rupa
12	Cacao	378592	8994639	610	Venenillo	Rupa-Rupa
13	Coca	342928	9075330	610	Unión Cadena	Uchiza
14	Coca	343341	9074902	610	Yunte	Uchiza
15	Capirona	385617	8991017	616	Tulumayo	Pueblo Nuevo
16	Arroz	385832	8990795	614	Tulumayo	Pueblo Nuevo

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales de campo

Flexómetro de 5 m, wincha de 30 m, tarjetas de campo, bolsas plásticas, papel aluminio, tubo de muestreador, machete, clinómetro.

3.2.2. Materiales de laboratorio

Matraz, agua destilada, pizetas, probeta, vaso precipitado 100 ml., tubo de ensayo, pipetas graduadas igazu KL., papel filtro.

3.2.3. Equipos y reactivos

Acetato de amonio 1 N., dicromato de potasio 1 N., cloruro de potasio 1 N., agitador eléctrico dispersante, balanza analítica con precisión de 0.001 g., hidrómetro de Bouyoucos (gr/Lt), óxido de Lantano 0.5 N., sal de Mohr 0.5 N., cloruro de sodio al 10 %, ácido clorhídrico concentrado al 0.2 N., hidróxido de sodio.

3.3. Metodología

3.3.1. Selección de las parcelas experimentales

Para el desarrollo de la investigación se seleccionaron 16 parcelas diferentes por el tipo de sistema de uso de la tierra situados en los distritos de Rupa Rupa Nuevo Progreso, Uchiza y Pueblo Nuevo.

3.3.2. Coordinación con los propietarios de los terrenos a evaluar

La identificación de las parcelas en estudio, consistió en visitas directas de los terrenos, con fin de verificar que cumplieran con las características para realizar la investigación.

3.3.3. Demarcación del área de estudio

La demarcación de la superficie de estudio se realizó en cada una de las parcelas, 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 unidades experimentales (Figura 3).

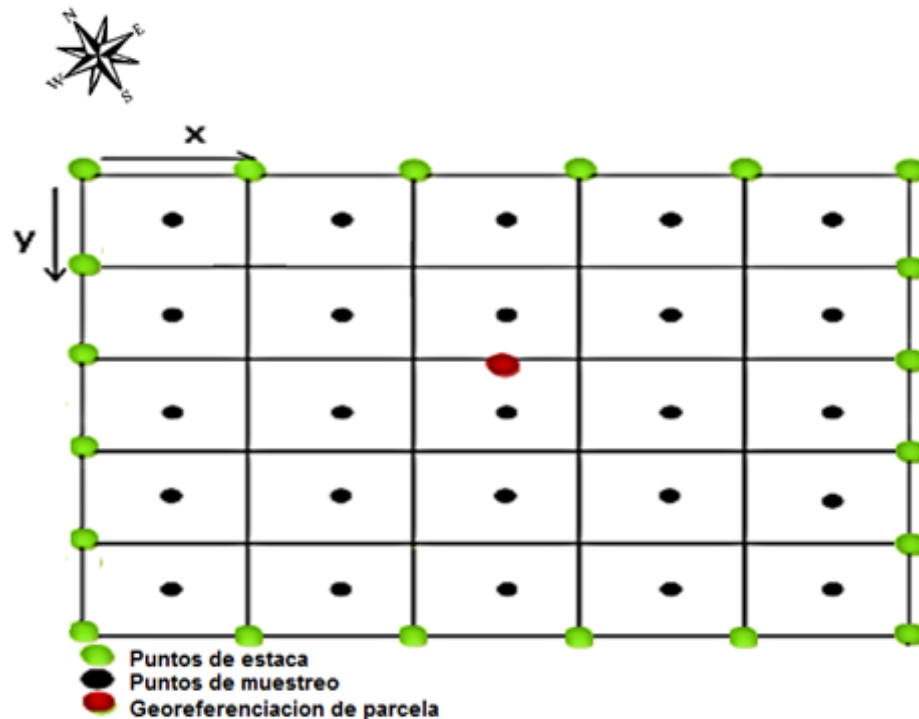


Figura 3. Rejillas regulares (Guía para muestreo de suelos, MINAM 2014)

Para la obtención de muestras de suelo de las 16 parcelas en estudio, 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. Esta metodología se caracteriza por permitir todas las combinaciones posibles de puntos de muestreo. Los puntos de muestreo se enumeraron en un plano cartesiano (X_i , Y_j). 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.

3.3.4. Muestreo de suelos para el análisis físico químico

Delimitado las parcelas en estudio, se tomaron 10 submuestras aleatoriamente. Posteriormente se mezclaron las submuestras y se extrajo 1 Kg. Para ser derivado al laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.3.5. Análisis físico del suelo

- 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 los 1000 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.

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

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

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

$$\% \text{ limo} = (\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla}) - \% \text{ arcilla}$$

3.3.6. Análisis químico del 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 NaHCO_3 (bicarbonato de sodio) 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 se 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 cambiante (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: $C_{mol\ c} \text{ de Ca + Mg} = \text{gasto de titulación.}$ 39

- 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 cambiante (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: $C_{mol\ c. \text{ de Al + H}} = \text{gasto de titulación.}$

- Determinación del Al

Se decolora la muestra anterior con unas gotas de HCl 0.01 M hasta cambiar de color (inoloro), 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 (inoloro) y se anotó el gasto.

Cálculos: Cmol c. de aluminio = gasto de titulación

Cálculos de CICE: CICE (Cmol c/100gr de suelo) = Cmol Bases Cambiables +
Cmol Acidez Cambiables.

- Determinación de materia orgánica (método de Walkley y Black)

Se pesó 0.5 gr de suelo, luego se depositó en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Se agregó 10 ml de dicromato de potasio 1 N con 10 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se mezcló para homogenizar la solución y se dejó reposar por 1 hora a más, posteriormente se enrazo a un volumen de 100 ml con agua destilada.

De toda la mezcla se tomó 10 ml en un vaso de precipitado y agregar de 2 a 3 gotas del indicador difenilamina sulfúrica, luego se tituló con la sal de Morh 0.5 N. El cambio de color verde oscuro a verde brillante indicará el final de la titulación, anotar el gasto de la solución de la sal de Morh. Paralelamente se realizó un blanco (sin muestra).

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

a = ml de bicarbonato de potasio utilizado

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

0.003 = factor del carbono

f = factor de corrección

1.724 = factor de Vanvelem

p = peso de la muestra

3.4. Interpretación de indicadores de calidad ambiental del suelo

Para la interpretación del ICS se utilizó una escala de transformación en cinco clases de calidad de suelo de 1 a 5 y según propuesta que reportan (CANTÚ *et al.*, 2009).

Cuadro 11. Clases de calidad de suelos

Indicador de calidad del suelo	Escala	Clase
Muy alta calidad	0.80-1.00	1
Alta calidad	0.60-0.79	2
Moderada calidad	0.40-0.59	3
Baja y calidad	0.20-0.39	4
Muy baja calidad	0.00-0.19	5

Existen dos situaciones posibles (CANTÚ *et al.*, 2009): la primera cuando el valor máximo del indicador (I_{\max}) corresponde a la mejor situación de calidad de suelo (Valor normalizado del indicador: $V_n = 1$) y el cálculo es:

$$V_n = (I_m - I_{\min}) / (I_{\max} - I_{\min}) \dots\dots\dots(1)$$

La otra situación es cuando el valor I_{\max} corresponde a la peor situación de calidad de suelo ($V_n = 0$) y se calcula como:

$$V_n = 1 - (I_m - I_{\min} / I_{\max} I_{\min}) \dots\dots\dots(2)$$

Dónde: V_n = valor normalizado del indicador,

I_m = medida del parámetro,

I_{\max} = medida del parámetro máximo

I_{\min} = medida del parámetro mínimo

Debemos tener en cuenta que el método es estricto solo para índices de suelos, descartando aire, agua, metales pesados y otros.

Para los valores máximos y mínimos de los indicadores se tomó como rango valores de acuerdo a la revisión bibliográfica ;para los casos que no se encontró valores, se consideró como máximo y como mínimo del análisis de suelo de los 16 sectores , teniendo en cuenta que lo valores tomados ya sea para mínimos o máximos tengan un valor considerable para el requisito mínimo de calidad, asimismo los valores que sobrepasan los valores de referencia son ajustados de acuerdo al resultado de análisis.

Cuadro 12. Indicadores propuestos para evaluación de calidad de suelos (ICS) de los 16 sectores, unidades de medida, e índices como valores máximos y mínimos definidos para las muestras

Indicador	Um	Max	Min
pH		7.09	4.03
Materia orgánica	%	2.21	1.58
Potasio disponible	Ppm	95.96	40.48
Nitrógeno total	%	0.1	0.07
Fosforo disponible	Ppm	7.58	4.12
CIC	Meq/100g	12.53	9.07
CICe	Meq/100g	12.07	5.35
Calcio(Ca)	cmolkg ⁻¹	10.25	3.95
Magnesio(Mg)	cmolkg ⁻¹	1.92	0.63
Potasio (K)	cmolkg ⁻¹	1.21	0.18
Sodio (Na)	cmolkg ⁻¹	0.16	0.12
Aluminio (Al)	cmolkg ⁻¹	5.85	0.18
Hidrogeno (H)	cmolkg ⁻¹	0.5	0.02

IV. RESULTADOS

4.1. Clase textural de 16 sectores

En el Cuadro 13, se observa que las texturas de los sectores en estudio van de franco arenoso hasta arcilloso de suelos sueltos a suelos pesados para su manejo.

Cuadro 13. La clase textural de 16 parcelas

N°	Sectores	Textura
1	BRUNAS (Bosque Primario)	Franco Arenoso
2	BRUNAS (Bosque secundario)	Arcilloso
3	Río Azul (Café 3 años)	Franco Arenoso
4	Santa Cruz (Café 2 años)	Franco Limoso
5	Alto Colombia (Cacao 7 años)	Franco Limoso
6	Cucaracha (Cacao 6 años)	Franco Arenoso
7	Ramal de Aspuzana (Cacao 5 años)	Franco Limoso
8	San Pedro (Cacao 1 año)	Franco Arenoso
9	Santa Cruz (Cacao 8 años)	Franco Limoso
10	Venenillo (Purma)	Franco
11	Venenillo (Plátano)	Franco
12	Venenillo (Cacao)	Franco
13	Unión Cadena (Coca 8 años)	Franco
14	Yunte (Coca 1 año)	Franco
15	Tulumayo (Capirona)	Franco
16	Tulumayo (Arroz)	Arcillo Limoso

4.2. Propiedades químicas del suelo de en estudio

Las propiedades químicas del suelo tales como pH, materia orgánica, CIC, fósforo, nitrógeno, potasio disponible, calcio y magnesio; fueron obtenidos del análisis que se dio en el laboratorio de Suelos de la Escuela Profesional de Conservación de Suelos y Agua

Cuadro 14. Propiedades químicas del suelo en estudio de 16 sectores

Sectores	Indicadores					CIC	Cambiabiles Cmol(+)/kg						CICe
	pH	M.O	N	P	K		Ca	Mg	K	Na	Al	H	
	1:1.	%	%	ppm	Ppm								
Bosque primario	4.39	2.12	0.10	5.61	41.98		4.98	0.82	...	...	5.00	0.50	11.30
Bosque secundario	4.25	2.18	0.10	5.52	44.98		5.13	0.84	...	...	5.85	0.25	12.07
Café 3 años	4.49	1.89	0.09	5.61	40.48		3.95	0.63	...	...	3.40	0.10	8.08
Café 2 años	4.54	1.97	0.09	5.80	91.96		4.16	0.68	...	...	5.70	0.30	10.84
Cacao 7 años	6.90	1.68	0.08	7.58	95.96	10.39	8.52	1.52	0.19	0.16	...	...	...
Cacao 6 años	6.34	2.12	0.10	7.30	66.47	12.53	10.25	1.92	0.23	0.13	...	...	...
Cacao 5 años	6.30	2.18	0.10	6.83	58.97	10.22	8.35	1.55	0.14	0.14	...	...	...
Café 1 año	4.03	2.10	0.09	4.21	50.98		4.25	0.80	...	...	4.75	0.25	10.05
Cacao 8 años	7.09	2.21	0.10	8.23	53.98	9.07	7.35	1.38	0.21	0.12	...	...	...
Purma	4.47	1.58	0.07	4.21	41.98		5.21	0.90	...	...	1.80	0.20	8.11
Plátano	4.40	1.96	0.09	4.12	47.48		5.17	0.87	...	...	1.75	0.25	8.04
Cacao 6 años	4.49	1.64	0.07	4.58	71.97		5.36	0.96	...	...	1.35	0.05	7.72
Coca 8 años	4.86	1.75	0.08	4.86	40.98		4.99	0.82	...	...	0.87	0.03	6.71
Coca 1 año	5.29	1.99	0.09	6.36	43.48		4.21	0.68	...	...	0.40	0.10	5.39
Capirona	5.40	2.01	0.09	6.46	60.97		5.18	0.91	...	...	0.18	0.02	6.29
Arroz	5.15	2.13	0.10	5.99	70.47		6.01	1.13	...	...	1.00	0.2	8.34

4.2.1. pH y materia orgánica de las 16 parcelas

En las Figura 4 y 5, se muestra los valores de pH y materia orgánica. Observándose que el mayor pH (7.09) se da en el cacao de 8 años (sector Santa Cruz) y el menor (4.03) muy acido en café de 1 año (sector de San Pedro), con promedio de 5.14. Por otra parte, para la materia orgánica se encontró rangos de 2.21 % en la parcela con cacao de 8 años hasta 1.58% (tenor bajo) en el suelo de purma, con un promedio de 1.96%.

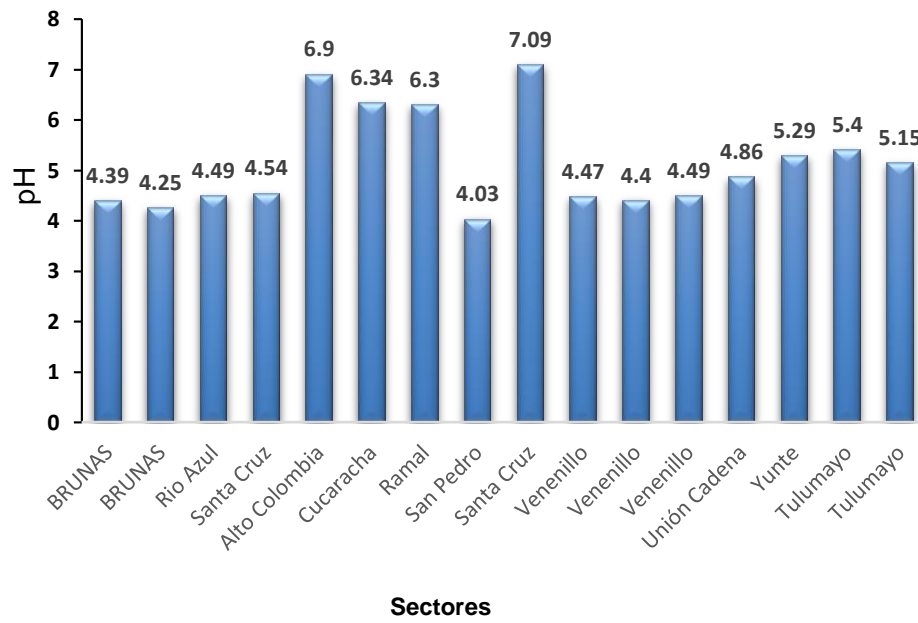


Figura 4. pH de los suelos de los 16 sectores

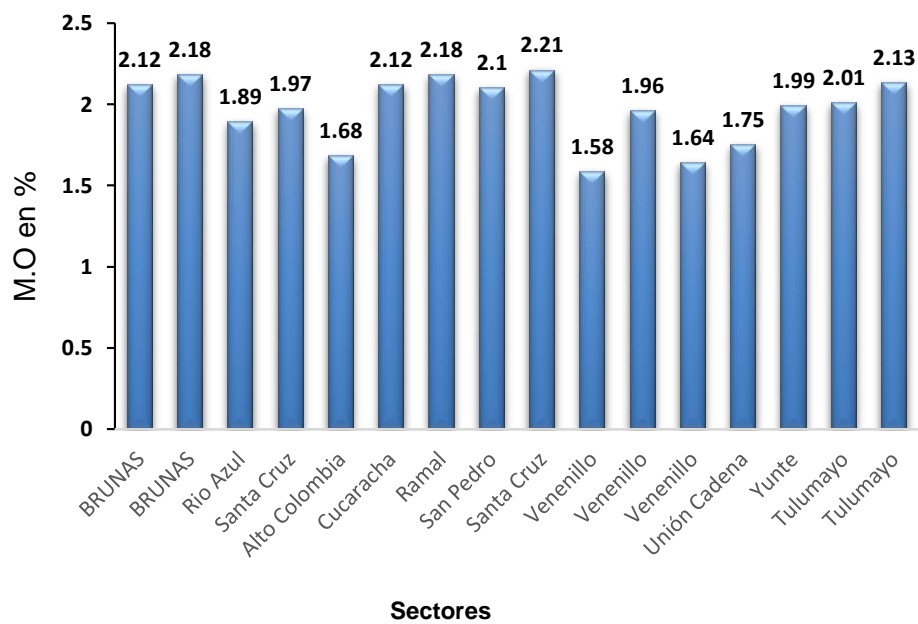


Figura 5. Materia orgánica de los suelos de 16 sectores.

4.2.2. Nitrógeno de los suelos de los 16 sectores en estudio

La Figura 6, se muestra los contenidos de nitrógeno van desde 0.07 % (purma) hasta 0.10% en cacao de 8 años, con promedio de 0.09%.

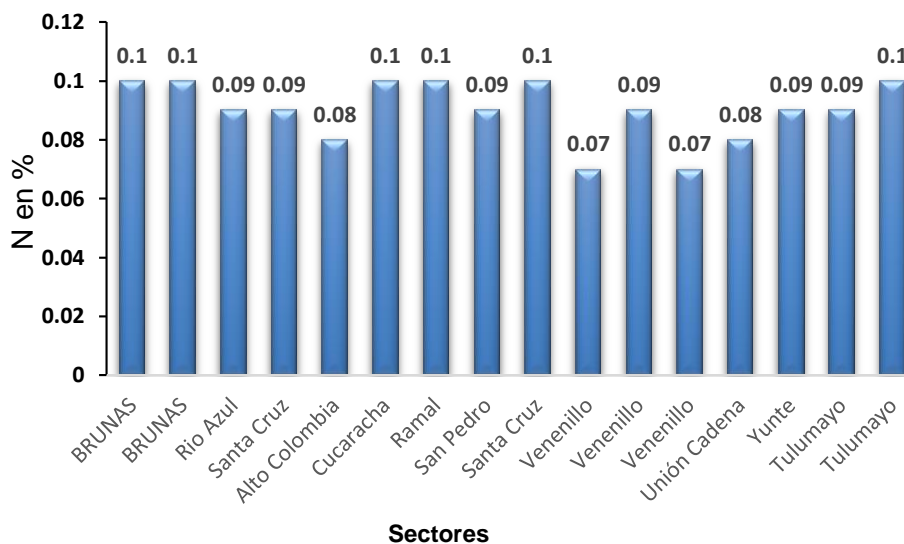


Figura 6. Nitrógeno en el suelo de 16 sectores

4.2.3. Fosforo disponible (ppm) en los suelos de las 16 parcelas

En la Figura 7, se determinó que los tenores de fosforo van de 4.12 ppm muy bajo (suelo con plátano), hasta 8.23 ppm (bajo) en cacao.

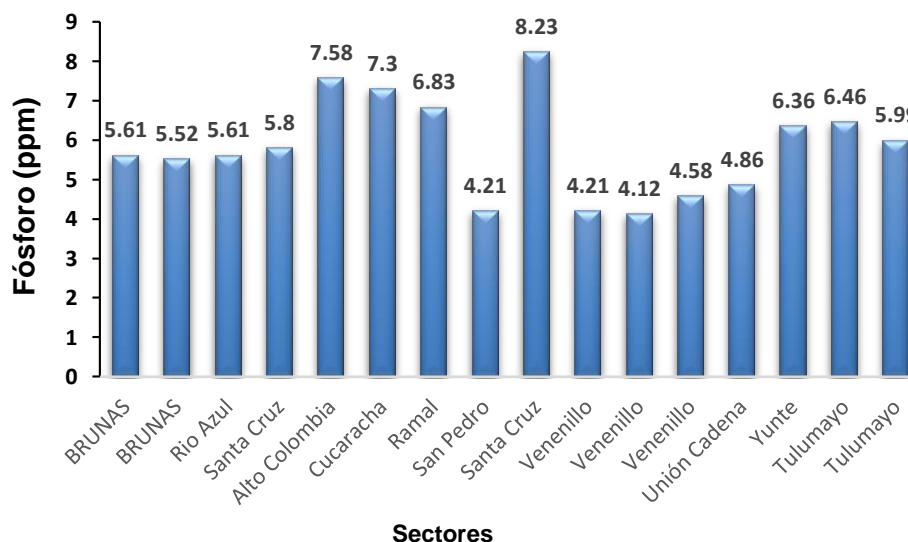


Figura 7. Fosforo disponible (ppm) de los 16 sectores

4.2.4. Potasio (ppm) en suelos de las 16 parcelas

En la Figura 8, se observa que los contenidos de potasio fluctúan de 40.48 ppm en la parcela con cultivo de café de 3 años hasta 95.96 ppm en los suelos de la parcela con cultivo de cacao de 7 años. De los resultados, todos los suelos en estudio presentan contenidos bajos con un promedio de 57.87 kg/ha.

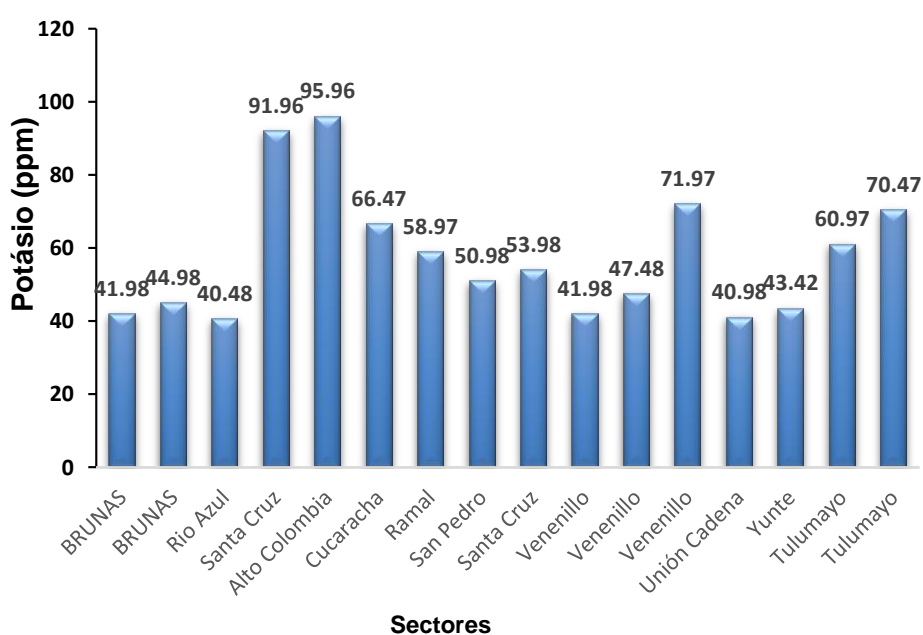


Figura 8. Potasio disponible (ppm) de las 16 parcelas en estudio

4.2.5. Capacidad de intercambio catiónico de los suelos de los 16 sectores en estudio

Referente a la capacidad de intercambio catiónico de los suelos en estudio, en el Cuadro 14 y la Figura 9, mostramos los valores de CIC que van de 5.39 cmol/kg en la parcela con coca de un año (contenido bajo) hasta 12.53 cmol/ kg para la parcela con cultivo con cacao de 6 años (nivel medio), asimismo, se observa un promedio de 9.67 cmol/kg.

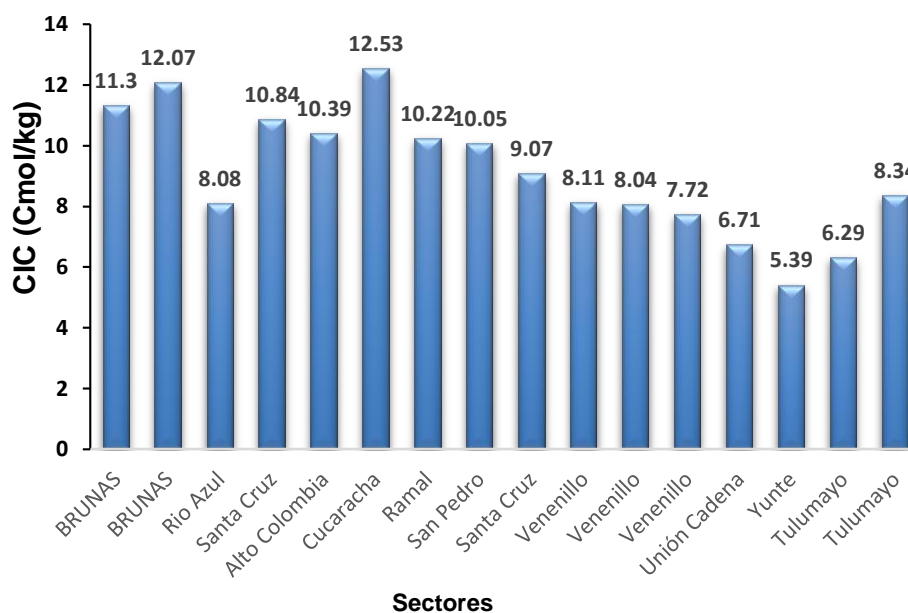


Figura 9. Capacidad de intercambio catiónico (cmol / kg) de las 16 parcelas

4.3. Indicadores de calidad de suelos de los 16 sectores

En la Figura 10, se observa que los suelos de estos sectores van de 0.15 de sector purma (venenillo) baja calidad a 0.71 alta calidad del sector de cacao de 6 años (cucaracha).

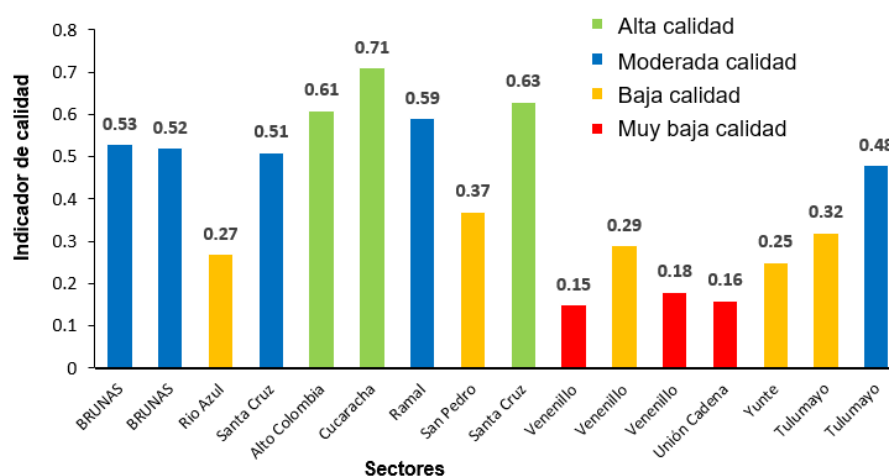


Figura 10. Índices de calidad de suelos de las 16 parcelas en estudio

Cuadro 15. Indicadores de calidad de suelos de las 16 parcelas en estudio

Parcelas	Indicadores de físico químicos de calidad de suelos														Total	X
	pH	M.O %	N %	P ppm	K ppm	CIC Cmol/Kg	Ca Cmol/Kg	Mg Cmol/Kg	K Cmol/Kg	Na Cmol/Kg	Al Cmol/Kg	H Cmol/Kg	CICe Cmol/Kg			
Bosque primario	0.11	0.85	1	0.36	0.02	-	0.16	0.14	-	-	0.82	1	0.88	5.34	0.53	
Bosque secundario	0.07	0.95	1	0.34	0.08	-	0.18	0.16	-	-	1	0.47	1	5.25	0.52	
Café 3 años	0.15	0.49	0.7	0.36	0	-	0	0	-	-	0.55	0.16	0.4	2.77	0.27	
Café 2 años	0.16	0.61	0.7	0.4	0.94	-	0.03	0.03	-	-	0.94	0.58	0.81	5.16	0.51	
Cacao 7 años	0.93	0.15	0.3	0.84	1	0.38	0.72	0.63	0.09	1	-	-	-	6.12	0.61	
Cacao 6 años	0.75	0.85	1	0.77	0.46	1	1	1	0.04	0.25	-	-	-	7.12	0.71	
Cacao 5 años	0.74	0.95	1	0.65	0.33	0.33	0.69	0.71	0	0.5	-	-	-	5.9	0.59	
Café 1 año	0	0.82	0.7	0.02	0.18	-	0.04	0.13	-	-	0.78	0.47	0.69	3.79	0.37	
Cacao 8 años	1	1	1	1	0.24	-	0.53	0.58	1	-				6.35	0.63	
Purma	0.14	0	0	0.02	0.02	-	0.2	0.2	-	-	0.27	0.32	0.4	1.57	0.15	
Plátano	0.12	0.6	0.7	0	0.12	-	0.19	0.18	-	-	0.26	0.47	0.39	2.99	0.29	
Cacao	0.15	0.09	0	0.11	0.56	-	0.22	0.25	-	-	0.11	0.06	0.34	1.89	0.18	
Coca 8 años	0.27	0.26	0.3	0.18	0.01	-	0.16	0.14	-	-	0.11	0.02	0.19	1.67	0.16	
Coca 1 año	0.41	0.65	0.7	0.54	0.05	-	0.04	0.03	-	-	0.03	0.16	0	2.57	0.25	
Capirona	0.44	0.68	0.7	0.56	0.36	-	0.19	0.21	-	-	0	0	0.13	3.24	0.32	
Arroz	0.36	0.87	1	0.45	0.54	-	0.32	0.38	-	-	0.14	0.32	0.44	4.82	0.48	

V. DISCUSIÓN

Las clases texturales encontradas varían desde franco arenoso hasta arcilloso, son suelos en su mayoría sueltos de fácil manejo para la agricultura con buen drenaje y permeabilidad. La textura se relaciona con el arreglo de las partículas sólidas y los espacios porosos. Esta característica es importante para la evaluación de la calidad del suelo, debido a que no se puede mejorar fácilmente. Este indicador influye en la producción de los cultivos, y se determinan por las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, así como su penetración y expansión; determinan la retención de agua por el suelo, y disponibilidad de agua para la planta, así como la aireación. Estos factores influyen en: Estabilidad de agregados, densidad aparente, consistencia en seco y húmedo, profundidad de las raíces, difusión de oxígeno (Singer y Swing 2000 citado por CRUZ, 2010).

El origen es que son suelos en proceso de meteorización suelos jóvenes por eso la textura las partículas en su mayoría son la arena y el limo. La lluvia copiosa (3,400 mm/ año) hace que la arcilla sea arrastrada por ser una partícula fina (menor de 0.002 mm) hacia la parte baja como lo menciona (ZAPATA, 2002).

Los valores de los parámetros químicos evaluados en los suelos de los 16 sectores correspondían a cultivos de cacao, café, arroz, capirona, purmas, bosques primario y secundario.

Las condiciones químicas afectan directamente la relación suelo – planta, la calidad de agua y la disponibilidad de nutrientes y depende de procesos físicos y químicos tales como la intemperización y su capacidad de amortiguamiento, propiedades como contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico tienen que ser analizados a bajos y altos valores de pH, ya que de ello depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas o de

elementos tóxicos. Algunas de las propiedades propuestas para determinar la calidad de suelos en este sentido son, disponibilidad, concentración, movilidad y presencia de contaminantes, conductividad eléctrica, salinidad, ciclo de nutrientes, pH, disponibilidad y contenido de nutrientes para las plantas (Muckel y Mausbach, 1996, Singer y Swing, 2000 citado por CRUZ, 2010).

Estos suelos soportan una diversa población de organismos en diferentes tamaños desde virus hasta macroorganismos interactúan positivamente con las plantas y otros componentes del sistema.

La normalización de los parámetros seleccionados, pH, M.O, N, P, K, CIC y CICe, muestran los comportamientos diferentes de acuerdo a las muestras de los sectores estudiados, se infiere que obedece lugar de donde provienen o mejor dicho a la variabilidad espacial, es necesario precisar que la integración de cada uno de ellos nos determina la calidad del suelo. La interpretación aislada de cada uno de estos índices carece de validez.

Es importante precisar que viendo los resultados de índices de calidad que las bases cambiables como el Ca, Mg, K y Na o saturación de bases juegan papel importante en la calidad de los suelos asimismo como el pH cerca de la neutralidad.

Para Dumanski (1997) citado por CRUZ, 2010, los indicadores de calidad de suelos son los instrumentos que ayudan a monitorear si este está en el camino hacia los sistemas de uso sustentable de las tierras. Y deben ser de uso práctico y útiles a través de un rango de condiciones socioeconómicas y ecológicas, considera que deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Correlacionar adecuadamente con los procesos del ecosistema.
- Integrar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y los procesos que sirvan como información básica necesaria para la estimación de las propiedades o funciones del suelo.
- Ser sensibles a variaciones de manejo y del clima.

- Cuando sea posible, formar parte de bases de datos de suelo ya existentes.

Una vez integrados los valores, los índices se agrupan de la siguiente manera: en 3 sectores de alta calidad en donde los nutrientes están en niveles altos y las propiedades físicas como la textura son sueltas; como cacao de 6 años (0.71) (Cucaracha), cacao de 8 años (0.63) (Santa Cruz) y cacao de 7 años (0.61) (Alto Colombia). 5 sectores de moderada calidad los nutrientes están en tenores medios y la textura suelta; Bosque primario, bosque secundario, café 2 años (Santa Cruz), cacao de 8 años (Ramal de Aspuzana), arroz (Tulumayo) 5 de baja calidad niveles de nutrientes pobres suelos sueltos ; café 3 años (Rio Azul) , café 1 año (San Pedro) , plátano (Venenillo), coca 1 año (Yunte) , capirona (Tulumayo) y 3 muy baja calidad tenores de nutrientes bajos y textura pesada; purma (venenillo), cacao (venenillo) , coca de 8 años (Unión Cadena).

VI. CONCLUSIONES

1. Las clases texturales de los suelos de los 16 sectores resultaron desde franco arenoso hasta arcilloso o sea desde suelos sueltos de fácil labranza hasta suelos pesados con problemas para la labranza, permeabilidad o infiltración
2. Las características químicas de los suelos en estudio evidencian una fertilidad media a pobre debido las altas precipitaciones que provocan el lavaje constante de los nutrientes del suelo y a veces la topografía inclinada coadyuva a la erosión hídrica.
3. Se estableció la categorización de calidad de los 16 sectores, encontrándose en las categorías; alta calidad, con nutrientes a un nivel medio y textura suelta (3 sectores) moderada calidad, con tenores de nutrientes medios , textura suelta con presencia de aluminio (5 sectores) baja calidad , con niveles bajos de nutrientes, textura suelta con presencia de aluminio (5 sectores) y muy baja calidad con tenores bajos de nutrientes, textura pesada y presencia de aluminio (3 sectores).

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para los sectores que obtuvieron baja calidad tener en cuenta que antes de instalar un cultivo los requerimientos óptimos de nutrientes de los cultivos como café, cacao, arroz, plátano, arboles forestales.
2. Para la obtención de las muestras deben tenerse en cuenta el estado de los cultivos como floración, cosecha, el estado del bosque y los arboles forestales, etc.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, E. 2005. Criterios de calidad de suelo agrícola. [En Línea]: BIBLIOTECA DIGITAL, (<http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos> ,19 Jul. 2017).
- ARAUJO, C. 2014. Calidad d suelos en diferentes sistemas de uso en el Centro Poblado de San Antonio en la Provincia de Huamalies. Tesis para optar el título de Ingeniero en Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- ARÉVALO, E; ZÚÑIGA L. 2005. Manejo Integrado del cultivo y Transferencia de Tecnología en la Amazonía Peruana CACAO. Instituto de Cultivos Tropicales (ICT). San Martín, Perú.
- BASURTO, E. 2008. The ecology of the rock heathlands of Western Nova Scotia. Proc. 10 th Tall Timbers Fire Ecology Conference, Tallahassee, Florida. 265 p.
- BAUTISTA, A., ETCHEVERS, J., DEL CASTILLO, R., GUTIÉRREZ, C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente, México. 13(2):90-97.
- CANTÚ, Q; SANCHEZ. Q; SALINAS, L. 2009. Environmental and plant ecology. Chichester, U.K.Willey. 487 p.
- CHEESMAN, E. E. 1948. «Classification of the Bananas. III. Critical Notes on Species. *c.Musa paradisiaca* L. and *Musa sapientum* L.». Kew Bulletin 2(3).pp. 145–153.
- CRUZ, L. 2010. Avances en la investigación en sisternas silvopastoriles. In L. Babbar (ed.). Curso corto intensivo Agroforestal (1983, Turrialba, CR.) Turrialba, CR, CATIE. s.p. 321 p.

- DE CAMINO, R. 2010. Los bosques secundarios: necesidad de aprovechar su potencial real. Propuesta de manejo forestal. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- DE LOS RÍOS, O. 2000. Índice físico y químico a nivel de laboratorio para determinar la calidad de suelo de nueve parcelas de cacao (*Teobroma cacao*) del distrito de Rupa Rupa. Informe de Prácticas Pre Profesionales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú
- DORAN, J., PARKIN, B. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- ENRÍQUEZ, T. 1983. Indicadores de calidad ambiental en suelos ácidos. Tesis de Doctor en Ciencias Ambientales. Instituto en Ciencias Básicas e Ingeniería Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. España.
- FERRERAS, L. 2007. Indicadores de calidad física en suelos de la Región Pampeana Norte de Argentina bajo siembra directa. Ciencia del suelo, Buenos Aires. 25(2):159-172.
- FLORES, A. 2002. Clasificación Taxonómica y calidad de suelo en la zona de uso especial del Parque Nacional de Tingo María (PNTM). Tesis para optar el título de Ingeniero en Conservación de Suelos y Agua. Tingo María, Perú.
- GARCIA, C. 2003. Actividad microbiana en suelos del sureste español sometidos a procesos de degradación y desertificación. In; En Investigación de la Enzimología Española.
- GASTEIZ, V. s.d. Calidad del suelo. Metodología del modelo. [En línea]: VITORIA GASTEIZ, (<http://www.vitoriagasteiz.org> , 01 Ago. 2017).

- GLANZ, J. 1995. Saving Our Soil: Solutions for Sustaining Earth's Vital Resource Johnson Books, Boulder.
- HENAO, E. 2014. Potencial socioeconómico del manejo de bosques secundarios latifoliados: tres ejemplos de Centroamérica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 93 p.
- IBAÑEZ J. 2007. Acidez y Alcalinidad (pH) o reacción del suelo . Como diagnóstico de suelo en campo. Universidad Autónoma de México. Mexico.
- LARSON, W., PIERCE, F. 1991. Conservation and Enhancement of Soil Quality. In Evaluation for sustainable land management in the developing world. En Proc. Of the Int. Work-shop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Chiang Rai. pp. 175-203. 15-21 Sept. 1991. Int. Board of Soil Res. And Manage., Bangkok, Thailand
- LÓPEZ, G., ENCOMENDEROS, I. 2008. Experiencia de aplicación del EPCP en la Amazonía Peruana: Cadena del café. Recuperado de http://www.cambioandino.org/apcles/b1bd090315015f80b389c115e1165928/EPCP_afe_art_culo.doc
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). 2014. Manual de muestreo de suelos. Editorial ministerio de agricultura; lima, 2004.
- MIRALLES. M. 2006., calidad de suelos en ambientes calios mediterráneos: parque natural de sierra María –los Vélez, Universidad de Granada.
- MOSTACERO, P; AGUILAR, L; TORRES, A. 2002. Comparación de la CIC en dos suelos utilizando acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio. Rev. Fac. Agr. LUZ. 19(3):253-263.

- NUÑEZ, J. 2007. Fundamentos de edafología. Edit. EUNED. [En línea]: ([http://books.google.com.pe/books?id=dpachut7xxoc&pg=PA184&dq=organismos del suelo](http://books.google.com.pe/books?id=dpachut7xxoc&pg=PA184&dq=organismos+del+suelo)).
- ODUM, E. 2002. Natural areas as necessary components of man's total environment. Transactions of the 37th North American Wildlife Management Institute, (págs. 178-189). Washington DC.
- ORTIZ, I., FERNÁNDEZ, E., MARTÍN, F. 2008. Propiedades físicas del suelo en gabinete y su aplicación en la identificación de horizontes edáficos. [En línea]: CAT (<http://www.cat/index./ect/article/viewfile/> 19 Agos. 2017).
- PERDOMO, M., GONZÁLEZ, J., GALVIS, Y., GARCÍA, E. 1985. Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. In: Tascón, E., García, E (eds.). Arroz investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y programa de las naciones unidas para el desarrollo (PNUD), Cali, Colombia. pp103-132.
- RAMÍREZ, R., SALAZAR, C. 2006. Cambios de la resistencia a la penetración en un suelo con diferentes sistemas de manejo y su relación con algunas propiedades físicas en un Andisol - Marinilla La Montañita.
- RAMOS, N. 2003. Evaluación del fósforo extraído con dos soluciones extractoras en 19 suelos del Altiplano Occidental de Guatemala. Tesis In. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. 51 p.
- REATEGUI, M. 2016. Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso de la tierra, distrito el Elabon, provincia de Huallaga- San Martín. Tesis para optar el título de Ingeniero en Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú
- SAGARPA 2007. Secretaria de Agricultura y Ganadería Desarrollo Rural y Pesca. Subíndice de Uso Sustentable del Suelo México.

SÁNCHEZ, J. 2007. Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas. FERTITEC S.A. 19 p.

SCHARGEL, W., DELGADO, F. 1990. Características y manejo de los suelos utilizados en la producción de carne en Venezuela. In Plasse, D., Peña de Borsotti, N., eds. VI Cursillo sobre Bovinos de Carne. FCV-UCV, Maracay. pp. 187-220.

URRELO, G. 1997. Cultivo de la coca en el Perú. IX Congreso nacional De Ingeniaron Agrónomos. 15 p.

ZAPATA, H. 2002. Química de la acidez del suelo, Colombia, Medellín.

ANEXO

Panel fotográfico



Figura 11. Cultivo de arroz

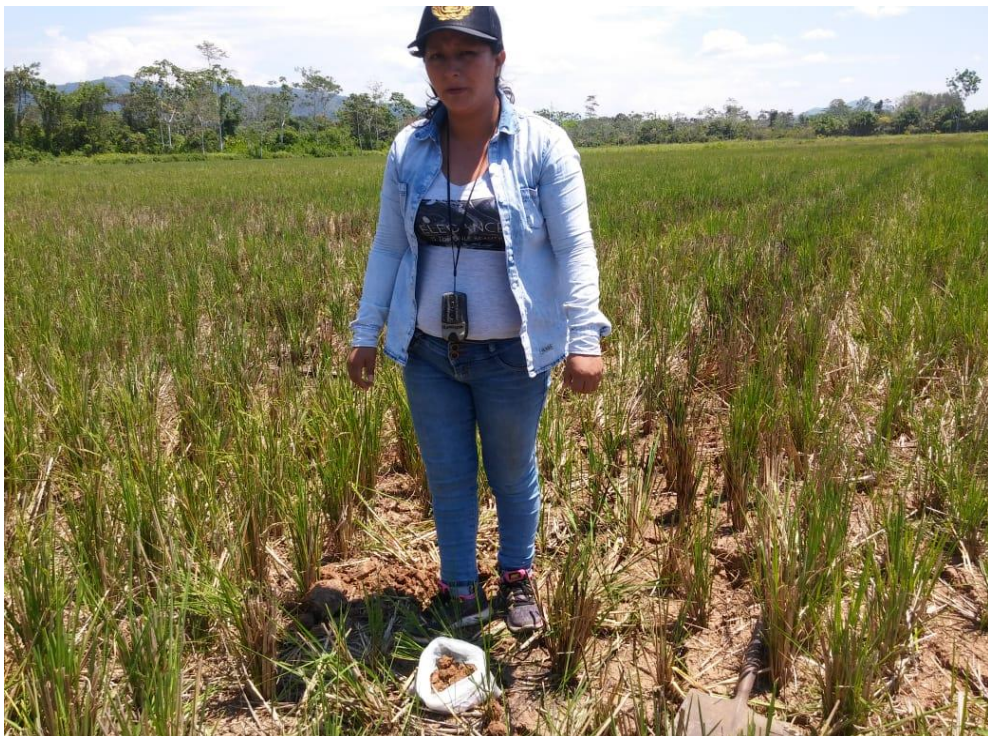


Figura 12. Muestreo de suelos del cultivo de arroz



Figura 13.. Tomando puntos en el cultivo de arroz



Figura 14. Cultivo de cacao



Figura 15. Muestreo de suelos del cultivo de cacao



Figura 16. Tomando puntos del Cultivo de cacao