

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**CALIDAD DE SUELO MEDIANTE INDICADORES DEL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN TULUMAYO (CIPTALD) DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – TINGO MARÍA**

Tesis

Para optar el título de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

MARLON BRAULIO ROBLES MITMA

2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 041-2021-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 18 de diciembre de 2021, a horas 08:00 a.m. en la Sala virtual Microsof Teams de del Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental para calificar la Tesis titulada:

“CALIDAD DE SUELO MEDIANTE INDICADORES E INDICES EN EL CENTRO DE INVESTIGACION Y PRODUCCION TULUMAYO(CIPTALD) DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA -TINGO MARIA”

Presentado por el Bachiller: **ROBLES MITMA, Marlon Braulio**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“BUENO”**

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

Tingo María, 01 de Diciembre de 2021

Ing. M. Sc. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
PRESIDENTE

Dr. LUIS EDUARDO ORE CIERTO
MIEMBRO

Ing. M. Sc. FRANKLIN DIONISIO MONTALVO
MIEMBRO

Ing. M. Sc. JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CALIDAD DE SUELO MEDIANTE INDICADORES DEL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN Y PRODUCCION TULUMAYO (CIPTALD) DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA - TINGO MARÍA

Autor : MARLON BRAULIO ROBLES MITMA

Asesor : Ing. LEVANO CRISOSTOMO JOSÉ DOLORES

Programa de investigación : Gestión Ambiental

Línea de investigación : Índices, Indicadores de Calidad Ambiental

Eje temático : Diseñar Índices, Indicadores y Estándares

Lugar de ejecución : CIPTALD - TULUMAYO

Duración:

Fecha de inicio : 22 – 10 – 2019

Fecha de término : 22 – 06 – 2020

Financiamiento:

Propio : 2 546,00 soles

Tingo María, Perú

2020

DEDICATORIA

*A mis padres Luz Mitma y Roberto Robles,
por forjarme como la persona que soy en la
actualidad; ustedes fueron la causa y el
motivo de muchos de mis logros, me
formaron con reglas y algunas libertades,
pero siempre motivándome a lograr mis
anhelos.*

*A mis hermanos, Chris Robles y Mateo
Robles, quienes siempre fueron unos de mis
grandes motivos a salir adelante.*

*A mis amigos más cercanos, porque siempre
depositaron su confianza en mí, y estuvieron
en los momentos más felices y difíciles de mi
vida hasta ahora.*

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por darme la vida, salud, sabiduría y guiarme en este sendero de la vida.
- A mis Padres, por el sacrificio que hicieron para poder brindarme una educación de prestigio, aconsejarme e inculcarme valores que me ayudan a mejorar como persona día a día.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que me acogió en sus aulas; y así lograr estudiar la carrera que me apasiona, logrando culminar con éxito mi formación profesional.
- A todos mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.
- A los miembros integrantes del jurado de tesis, quienes, con su amplia experiencia y conocimientos, dieron aportes importantes para que este proyecto se ejecute de la mejor manera.
- Al Ing. M.Sc. Lévano Crisóstomo José, docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, asesor del presente trabajo, por su función como mentor y formador, amistad y la desinteresada asistencia en la presente tesis.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivo general	1
1.2.	Objetivos específicos	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	El suelo.....	3
2.2.	Calidad del suelo	3
2.3.	Indicadores de calidad.....	3
2.4.	Indicadores físicos y químicos del suelo.....	3
2.4.1.	Textura.....	3
2.4.2.	Densidad aparente (d.a).....	4
2.4.3.	Estabilidad de agregados	5
2.4.4.	Infiltración	5
2.4.5.	Reacción de suelo (pH)	6
2.4.6.	Materia orgánica (M.O).....	6
2.4.7.	Nitrógeno total	7
2.4.8.	Fosforo disponible.....	8
2.4.9.	Potasio disponible	8
2.4.10.	Calcio intercambiable.....	9
2.4.11.	Magnesio disponible	9
2.4.12.	Capacidad de intercambio catiónico	10

2.4.13.	Conductividad eléctrica.....	10
2.4.14.	Horizonte A (HzA).....	11
2.4.15.	Porcentaje de saturación de bases	11
2.5.	Estado del arte	12
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1.	Lugar de ejecución.....	13
3.1.1.	Ubicación política	13
3.1.2.	Ubicación geográfica	13
3.1.3.	Características climáticas	13
3.1.3.1.	Clima	13
3.1.3.2.	Fisiografía	13
3.1.3.3.	Ecología	14
3.1.3.4.	Hidrología	14
3.1.3.5.	Vegetación	14
3.2.	Materiales y métodos	14
3.2.1.	Evaluación de los indicadores físicos: infiltración, textura, densidad aparente, estabilidad de agregados y profundidad del horizonte A del suelo del CIPTALD.....	14
3.2.2.	Evaluación de los indicadores químicos: conductividad eléctrica, pH, M.O, porcentaje de saturación de bases, nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, CIC del suelo del CIPTALD	15
3.2.3.	Evaluación de la calidad de los suelos del CIPTALD	15
3.2.4.	Variables a evaluar.....	16
3.2.4.1.	Variable independiente	16

3.2.4.2. Variables dependientes	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1. Evaluación de los indicadores físicos: infiltración, densidad aparente, estabilidad de agregados y profundidad del horizonte A del suelo del CIPTALD	17
4.1.1. Velocidad de infiltración (mm/h).....	17
4.1.2. Densidad aparente (g/cc)	19
4.1.3. Agregados estables en agua	21
4.1.4. Espesor del horizonte A	22
4.2. Evaluación de los indicadores químicos: pH, M.O, porcentaje de saturación de bases, del suelo del CIPTALD	24
4.2.1. pH de los suelos	24
4.2.2. Materia orgánica	25
4.2.3. Porcentaje de saturación de bases	27
4.3. Determinación del índice de calidad de suelos de las unidades fisiográficas	29
V. CONCLUSIONES	30
VI. PROPUESTAS A FUTURO	31
VII. REFERENCIAS	32
ANEXO.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Relación de la densidad aparente (d.a) con crecimiento radicular.	4
2. Valores de pH.	6
3. Rangos de materia orgánica (%).	7
4. Rangos de nitrógeno disponible	8
5. Rangos para el fósforo total.	8
6. Rangos para potasio disponible.	9
7. Niveles para el Calcio (Ca) disponible.	9
8. Niveles de magnesio disponible	10
9. Niveles para la “Capacidad de intercambio Catiónico”	10
10. Niveles de conductividad eléctrica	11
11. Indicadores físicos del suelo a evaluar en campo.	15
12. Indicadores químicos	15
13. Índices de calidad de suelos.	16
14. Puntos de muestreo	17
15. Velocidad de infiltración de los suelos las unidades fisiográficas.	18
16. ANVA de la velocidad de infiltración de las unidades fisiográficas	18
17. Orden de mérito de la velocidad de infiltración de las unidades fisiográficas	19
18. Densidad aparente de los suelos en las unidades fisiográficas.	19
19. ANVA de la d.a de los suelos en las unidades fisiográficas.	20
20. Orden de mérito de las d.a de los suelos en las unidades fisiográficas.	20

21.	Porcentaje de agregados estables en las unidades fisiográficas.	21
22.	ANVA del porcentaje de agregados estables de las unidades fisiográficas.	21
23.	Orden de mérito del contenido de porcentaje de agregados estables de las unidades fisiográficas	22
24.	“Espesor del horizonte A” (cm) de los suelos en las unidades fisiográficas.	22
25.	ANVA del “espesor del horizonte A” de los suelos en las unidades fisiográficas.	23
26.	Orden de mérito del “espesor del horizonte A” de los suelos en las unidades fisiográficas	23
27.	pH de los suelos en las unidades fisiográficas.	24
28.	ANVA del pH de los suelos en las unidades fisiográficas.	25
29.	pH de los suelos en las unidades fisiográficas	25
30.	Contenido de M.O de los suelos en las unidades fisiográficas.	26
31.	Análisis de Variancia (ANVA) para el contenido de M.O de los suelos en las unidades fisiográficas.	26
32.	Orden de mérito para el contenido de M.O de los suelos en las unidades fisiográficas.	26
33.	PSB de los suelos en las unidades fisiográficas.	27
34.	ANVA de PSB de los suelos de las unidades fisiográficas.	28
35.	Orden de mérito de PSB de los suelos en las unidades fisiográficas.	28
36.	Análisis de suelo de Tulumayo.	35
37.	Análisis de suelo de Tulumayo.	36
38.	Análisis de suelo de Tulumayo.	37

ÍNDICE DE FIGURA

Figura	Página
1. Velocidad de infiltración de los suelos en las unidades fisiográficas.....	19
2. Densidad aparente de los suelos de las unidades fisiográficas.....	20
3. Porcentaje de agregados estables de las unidades fisiográficas.	22
4. Espesor de los horizontes A de los suelos en las unidades fisiográficas.	23
5. pH de los suelos en las unidades fisiográficas.....	25
6. Contenido de M.O de los suelos en las unidades fisiográficas.	27
7. PSB de los suelos en las unidades fisiográficas.	28
8. Índices de calidad de suelos de las unidades fisiográficas.	29
9. Mapa de ubicación de área de estudio	38
10. Pesaje de muestras obtenidas	39
11. Método del conductímetro.	39
12. Método del hidrómetro de Bouyoucos.....	40
13. Método del hidrómetro de Bouyoucos.....	40
14. Método del hidrómetro de Bouyoucos.....	41
15. Obtención de muestra por unidad fisiográfica.....	41
16. Obtención de muestra por unidad fisiográfica.....	42

RESUMEN

El trabajo se realizó en el CIPTALD – Tulumayo, con el objetivo de evaluar los indicadores físicos, químicos y biológicos y la calidad del suelo, el área de estudio fue de 447.84 ha, se determinó cuatro unidades fisiográficas: terraza alta, terraza media, terraza baja y terraza baja no inundable, los cultivos predominantes son pastos, arroz, maíz, bolaina. capirona, cacao, plátano, etc.

Los indicadores físicos fueron: infiltración, textura, densidad aparente, profundidad del horizonte A, los químicos: pH, Capacidad de intercambio catiónico, Fosforo, Potasio y Nitrógeno e indicador biológico: materia orgánica. Para la calidad de suelos (ICS) se utilizó la escala propuesta por Cantu (2007) que considera cinco clases de calidad de suelos de 1 al 5. Se encontró que los indicadores de los suelos en estudio tienen una fertilidad media y la calidad de los suelos están en la clase 3 o calidad moderada.

ABSTRACT

SOIL QUALITY THROUGH INDICATORS OF THE TULUMAYO RESEARCH AND PRODUCTION CENTER (CIPTALD) OF THE UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA - TINGO MARÍA

The work was carried out in the CIPTALD - Tulumayo, with the objective of evaluating the physical, chemical and biological indicators and the quality of the soil, the study area was 447.84 ha, four physiographic units were determined: high terrace, middle terrace, terrace Low and low non-floodable terrace, the predominant crops are pastures, rice, corn, bolaina. capirona, cocoa, banana, etc.

The physical indicators were: infiltration, texture, apparent density, depth of the horizon A, the chemicals: pH, cation exchange capacity, Phosphorus, Potassium and Nitrogen and biological indicator: organic matter. For the quality of soils (ICS) the scale proposed by Cantu (2007) was used, which considers five classes of soil quality from 1 to 5. It was found that the indicators of the soils under study have a medium fertility and the quality of the soils are in class 3 or moderate quality

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la calidad de los suelos agrícolas ha disminuido, por su manejo inadecuado, como las malas prácticas agronómicas. Estos procesos, conducen a la destrucción de la estructura del suelo, al mal drenaje y la disminución de la materia orgánica (M.O), así como la fertilidad química, física y biológica del suelo.

El manejo racional y sustentable de los suelos para los cultivos, están basadas en la labranza mínima, la aplicación de M.O y la alternancia de cultivos. Sin embargo, algunas prácticas de labranza, el pastoreo, así como el mal drenaje que pueden conducir a la compactación.

Un cambio en las condiciones de manejo del suelo puede alterar el desarrollo óptimo de los cultivos como contenido de M.O, la biota y absorción de nutrientes. y por otro lado modificación de la estructura del suelo.

“La calidad del suelo”, es una característica que es dependiente de la interacción de las propiedades físico, químicas, biológicas, manejo de del cultivo, influenciadas por el clima. Por lo que el CIPTALD- TULUMAYO es un fundo de la UNAS, que debido a la intenso cultivo y prácticas agronómicas como el uso de maquinaria, al mal drenaje pueden afectar la producción de los cultivos.

Se planteó el siguiente problema: ¿En qué nivel se encuentra la calidad de suelos evaluado a partir de indicadores en el CIPTALD – UNAS -Tingo María?

Asimismo, se planteó la siguiente hipótesis: La calidad del suelo evaluado a partir de indicadores es baja en el CIPTALD de la UNAS – Tingo María.

1.1. Objetivo general

- Determinar la calidad del suelo mediante indicadores del suelo del CIPTALD – Universidad Nacional Agraria de la Selva.

1.2. Objetivos específicos

- Evaluar los indicadores físicos: infiltración, textura, densidad aparente, estabilidad de agregados y profundidad del horizonte A del suelo del CIPTALD.

- Evaluar los indicadores químicos: Conductividad eléctrica, pH, M.O, porcentaje de saturación de bases, nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, CIC del suelo del CIPTALD.
- “Evaluar la calidad de los suelos” del CIPTALD.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El suelo

El suelo es una fase entre: la biosfera; la litosfera (con la que coincide en su límite interior con una roca o material originario, con una transición generalmente indefinida y gradual); la atmósfera (con la que concurre en su límite superior); y la hidrósfera. El suelo tiene un espesor variable que constituye la cubierta edáfica de cuya genesis de ha dado en el tiempo. (Porta, 2019).

La Junta del Soil Science Society of America Journal aprobó en 2017 la siguiente definición: Como una capa de material mineral, orgánico, que está afectado por procesos de meteorización y que contiene líquido, gases y material vivo (Porta, 2019).

2.2. Calidad del suelo

Es un atributo que depende de la interacción de las propiedades físico, químicas y biológicas, efectos de manejo y sistemas de cultivo, en combinación con el clima (Jiménez y González, 2006).

2.3. Indicadores de calidad

Es una característica, que brinda información objetiva y medible. Además, debe ser variable cuantitativa. Las funciones son: evaluar condiciones, comparar estados, metas y objetivos y tendencias futuras (Murrillo, 2010).

Los parámetros a utilizar deben cumplir con los requisitos:

- Incluye procesos del ecosistema.
- Involucra las propiedades y procesos físicos, químicos y biológico
- Ser permeable a las variaciones del clima. (Paz, 2006).

2.4. Indicadores físicos y químicos del suelo

2.4.1. Textura

La textura del suelo es el porcentaje de arena, limo y arcilla. El análisis del laboratorio de la distribución del tamaño de las partículas proporciona un dato numérico de ella. La textura se usa para inferir algunas propiedades químicas como la capacidad de intercambio de cationes

CIC y algunas propiedades físicas como la retención de humedad, la consistencia y la infiltración (Forsythe, 1985).

Las partículas gruesas y finas del suelo difieren considerablemente, pero no hay una división natural marcada de ninguna clase de tamaño de partícula (Rucks, 2004).

Las diferentes clasificaciones de las fracciones. Mencionaremos, la establecida por el Departamento de Agricultura de U.S.A: Arena muy gruesa (2.00mm - 1.00mm), Arena gruesa (1.00mm - 0.50mm), Arena Media (0.50mm - 0.25mm), Arena fina (0.25mm - 0.10mm), Arena muy fina (0.10mm - 0.05mm), Limos (0.05mm - 0.002mm) y Arcilla (Menos de 0.002mm), y la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo: Arena gruesa (2.00mm – 0.20mm), Arena fina (0.20mm - 0.002mm), Limos (0.02mm - 0.002mm) y Arcilla (Menos de 0.002mm) (Rucks, 2004).

2.4.2. Densidad aparente (d.a)

Es la distribución o acomodo de las partículas del suelo. En la actualidad ha tomado importancia su medición, debido al incremento del uso de irrigación de tierra cultivadas sin labranza y la compactación del suelo (Salamanca, 2005).

Tabla 1. Relación de la densidad aparente (d.a) con crecimiento radicular.

Textura	Bueno D.a (g cm ⁻³)	Aceptable (g cm ⁻³)	Crecimiento radicular normal (g cm ³)	Crecimiento radicular deficiente (g cm ⁻³)
“Arena, areno-franco”	< 1.6	1.6 - 1.69	1.69 - 1.80	>1.80
“Franco-arenosa, franco”	< 1.4	1.4 - 1.63	1.63 - 1.80	>1.80
“Franco-arcilla”-arenosa, franco-arcillosa	< 1.4	1.4 - 1.60	1.60 - 1.75	>1.70
Limosa	< 1.3	1.3 - 1.60	1.60 - 1.75	>1.75
Franco-limosa, franco- arcillo-limosa	< 1.4	1.4 - 1.55	1.55 - 1.65	>1.65
“Arcillo-arenosa”, arcillo- limosa”	< 1.1	1.1 - 1.39	1.39 - 1.58	>1.58
“Arcillosa (>45% arcilla)”	< 1.1	1.1 ≤ - <1.39	1.39 - 1.47	>1.47

Fuente: Salamanca (2005).

Los valores de la densidad aparente están sujetos a la textura, materia orgánica, y el manejo de suelos. En contraposición con la densidad real, (2.65 g/cc,) la d.a es muy variable (Salamanca, 2005).

2.4.3. Estabilidad de agregados

La estructura del suelo es el acomodo o disposición de las partículas como arena, limo y arcilla dando lugar a espacios vacíos llamados macroporos y microporos. La estructura está relacionada con las fases sólidas, líquidas y gaseosas del suelo el cual regula el paso del aire, agua, nutrientes, lo cual influye en el desarrollo de los organismos del suelo (Torres - Guerrero, 2013).

Los factores que relacionados con la estructura y en la formación de agregados están: la materia orgánica, microorganismo, agentes cementantes inorgánicos y raíces. Los procesos de formación de agregados se agrupan en cinco categorías: penetración de raíces, alteración del del régimen hídrico, formación de exudados, disposición de agregados, tasa de descomposición de raíces (Torres - Guerrero, 2013).

2.4.4. Infiltración

La infiltración el paso del agua de lluvia o riego que pasa al suelo a través de los espacios porosos en forma vertical y horizontal. La porosidad del suelo condiciona la infiltración y el desplazamiento del agua dentro del mismo. (Velez y Velez, 2002).

Conocer la velocidad de infiltración, nos permite predecir el tiempo de paso del agua a través del suelo y así predecir el volumen de agua que se debe reponer para satisfacer las necesidades del cultivo (Velez y Velez, 2002).

Valores de la velocidad de infiltración según textura del suelo.

Textura	“Velocidad de infiltración (mm/ hr)”
“Arcilloso”	< 5
“Franco arcilloso”	5 – 10
“Franco”	10 – 20
“Franco arenoso”	20 – 30

“Arenoso”

> 30

2.4.5. Reacción de suelo (pH)

El pH del suelo expresa la concentración de los iones H que existen en el suelo. En la escala de pH el valor máximo es de 14, siendo el valor de 7, cuando el suelo es neutro. Son ácidos todos aquellos que tienen valores inferiores a 7, y básicos cuando son mayores (Soriano, 2018).

Cuando es ácido, en el complejo arcillo húmico predomina el H y aluminio, los cationes como calcio, magnesio, sodio y potasio están ausentes porque son eliminados por el agua de lluvia o de riego (Soriano, 2018).

Si el suelo tiene menos de 5,5 de valor de pH es conveniente elevarlo hasta al menos valores de 6,5, mediante aporte de una enmienda caliza, para que los elementos nutritivos puedan estar más fácilmente disponibles para las plantas (Soriano, 2018).

Tabla 2. Valores de pH.

pH	Tipo	Observaciones
Menos de 5,5	Muy Ácido	Dificultad de desarrollo de la mayoría de los cultivos.
5,5-6,5	Ácido	Dificultad de desarrollo de algunos cultivos, dificultad de retención de nutrientes
“6,5-7,5”	Neutro	Óptimo
7,5-8,5	Básico	Cierta dificultad para el desarrollo de cultivos exigentes
Mayor de 8,5	Muy básico	Poco desarrollo de la mayoría de los cultivos, posible aparición de clorosis férrica.

Fuente: SORIANO (2018).

2.4.6. Materia orgánica (M.O)

Es un componente del suelo formado por los restos vegetales y animales del suelo (Fassbender, 1975).

Los restos orgánicos al descomponerse forman el humus, que está conformado por sustancias orgánicas como proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, como inorgánicos los minerales, etc., Los coloides con su carga negativa, permite absorber iones H^+ y cationes “ $(Ca^{2+}, Mg^{+2}, K^+$ y $Na^+)$ ” (Fassbender, 1975).

La materia orgánica tiene la función principal en el crecimiento y desarrollo vegetal mediante la interacción con las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En el aspecto nutricional influye directa e indirecta en la disponibilidad de nutrientes. Asimismo, influye en una buena estructura del suelo, la actividad de la labranza es mejorada, así como la aireación y retención de humedad, los agregados del suelo (Fassbender, 1975).

Tabla 3. Rangos de materia orgánica (%).

Interpretación	% MO
Muy bajo	< 0.5
Bajo	0.5 - 1.5
Medio	1.5 - 3.5
Alto	3.5 - 6.0

Fuente: Fassbender (1975).

2.4.7. Nitrógeno total

El Nitrógeno del suelo tiene su fuente en el nitrógeno atmosférico cual se hace asimilable por las plantas a través del proceso de fijación realizado por bacterias fijadoras de nitrógeno. El nitrógeno del suelo se encuentra en los compuestos orgánicos y mediante procesos de mineralización son disponibles por las plantas. La mayor parte de N en el suelo están constituidas por el humus, compuestos húmicos y fúlvicos y una pequeña parte se encuentra en compuestos inorgánicas (Flaig, 1975).

La relación C/N promedio de los vegetales es de alrededor de 100, pero, en el proceso de humificación, esta relación disminuye debido al consumo de carbono como fuente de energía por los microorganismos (Flaig, 1975).

Cuando la relación C/N es de alrededor de 10, los procesos de humificación están equilibrados. En esta etapa cerca del 95% del nitrógeno del suelo esta unido en forma orgánica y sólo lentamente llega a ser disponible para los microorganismos y las plantas (Flaig, 1975).

Tabla 4. Rangos de nitrógeno disponible

Interpretación	% N total
Muy bajo	< 0.05
Bajo	0.05 - 0.10
Medio	0.10 - 0.15
Alto	0.15 - 0.25
Muy alto	$N \geq 0.25$

Fuente: (Flaig, 1975).

2.4.8. Fosforo disponible

El fosforo es un nutriente esencial para las plantas formando las proteínas y los ácidos nucleicos ADN y ARN, interviene en la diferenciación de las plantas (Rojas, 2006).

El fósforo forma compuestos débilmente solubles con cationes divalentes y monovalentes. Por esta razón, la cantidad de fósforo de la solución suelo es muy mínima. (Rojas, 2006).

Tabla 5. Rangos para el fósforo total.

Interpretación	P (ppm)
Bajo	< 5.5
Medio	5.5 – 11
Alto	≥ 11

Fuente: Rojas (2006).

2.4.9. Potasio disponible

El potasio es un macronutriente necesario para las plantas, su consumo solo es superado por el nitrógeno y el calcio. (Carbonero, 2007).

El potasio se absorbe como ión K^+ y como tal se encuentra en la célula vegetal. Se trata de un elemento móvil, se moviliza de las partes viejas a los tejidos meristemáticos jóvenes, y por ello, los primeros síntomas de una deficiencia de K^+ se manifiestan en las hojas viejas. (Carbonero, 2007).

Interviene en un buen número de reacciones enzimáticas (glicolisis, fosforilación, oxidativa, etc) (Carbonero, 2007).

Tabla 6. Rangos para potasio disponible.

Interpretación	K (Cmol/kg suelo)
“Muy bajo”	< 0.2
“Bajo”	0.2 - 0.3
“Medio”	0.3 - 0.6
“Alto”	≥0.6

Fuente: CARBONERO (2007).

2.4.10. Calcio intercambiable

El calcio presente en suelo como catión y es absorbido por las plantas a partir de la solución del suelo, y en menor escala por el proceso de intercambio. Debido al equilibrio existente entre Ca^{2+} en solución y el Ca^{2+} adsorbido, (Carbonero, 2007).

La absorción del calcio está influenciada por los siguientes factores (Carbonero, 2007):

- La cantidad de Ca^{2+} disponible.
- Saturación de calcio en el complejo arcillo húmico.
- El tipo de arcilla.

Podemos afirmar que la calidad del suelo, el calcio juega un papel importante en la estructuración del suelo (Carbonero, 2007).

Tabla 7. Niveles para el Calcio (Ca) disponible.

Interpretación	(Cmol/kg)
Muy bajo	<2
Bajo	2 - 5
Medio	5 -10
Alta	≥10

Fuente: Carbonero (2007).

2.4.11. Magnesio disponible

El magnesio es un catión presente en el suelo y en las células vegetales. Es muy móvil y translocable dentro de la planta (Carbonero, 2007).

El magnesio forma parte de la clorofila y acelera las reacciones enzimáticas de las glicolisis, del ciclo de Krebs, de la biosíntesis de proteínas, etc. (Carbonero, 2007).

Tabla 8. Niveles de magnesio disponible

Interpretación	(Cmol / kg)
Muy bajo	< 0.5
Bajo	0.5 - 1.3
Medio	1.3 - 3.0
Alta	≥ 3.0

Fuente: Carbonero (2007).

2.4.12. Capacidad de intercambio catiónico

La CIC es considerado como de segunda importancia después de la fotosíntesis, porque de ella va a depender la fertilidad de los suelos por el cual el complejo arcillo húmico adsorbe o desorbe los cationes equivalentes de la fase líquida del suelo (Fuentes, 1971).

En intercambio iónico las partículas coloidales están cargadas negativamente. Los cationes intercambiables neutralizan la carga negativa localizándose en la superficie del complejo arcillo humico. (Fuentes, 1971).

Tabla 9. Niveles para la “Capacidad de intercambio Catiónico”.

Interpretación	Cmol/kg
“Muy Alta”	≥ 40
“Alta”	25 - 40
Medio	15 - 25
Pobre	< 15
Muy pobre	< 5

Fuente: Fuentes (1971).

2.4.13. Conductividad eléctrica

La CE mide concentración de sales solubles presentes en el suelo. Es la conducción de la corriente eléctrica a través de la solución suelo, un valor alto será cuando la CE se mueve fácilmente lo que significa mayor cantidad de sales solubles. Se recomienda una CE menor a 1dS m⁻¹ (1+5 v/v) facilitando un buen manejo de los fertilizantes. (Barbaro, 2013).

Tabla 10. Niveles de conductividad eléctrica

CE (dS/cm)	Interpretación
< 1.0	Baja salinidad
1.0 - 2.0	Suelo ligeramente salino
2.0 - 4.0	Suelo moderadamente salino
4.0 - 8.0	“Suelo salino”
8.0 – 16	Suelo “fuertemente salino”
≥16	Suelo “muy fuertemente salino”

Fuente: Barbaro (2013)

2.4.14. Horizonte A (HzA)

El horizonte A es la parte del suelo superficial a las acciones del sol, la lluvia, el viento, el hielo y de los seres vivos. En el horizonte A se encuentran los minerales más resistentes y la materia orgánica. Este hecho tiene mucha importancia para el crecimiento de las plantas. El horizonte A es la parte más lavada del suelo (Thompson, 1982).

El HzA tiene los sub horizontes (Thompson, 1982):

- Sub horizonte A1: este horizonte se caracteriza por la acumulación de M.O de color oscuro y por las lluvias ocurre un proceso de iluviación hacia el horizonte inferior.
- Sub horizonte A2: en esta capa disminuye la M.O encontrándose minerales formados por eluviación.
- Sub horizonte A3: es un horizonte de transición.

2.4.15. Porcentaje de saturación de bases

El PSB es la relación entre la CIC y la suma de los cationes básicos (Ca, Mg, K y Na) expresada como porcentaje. (Fassbender, 1994).

En suelos de coloides similares existe una correlación entre pH y porcentaje de saturación de las bases, esta correlación directa no existe cuando se consideran suelos con una mineralogía de arcilla diferente (Fassbender, 1994).

2.5. Estado del arte

Cantu (2007) evaluó la calidad de los suelos de los agroecosistemas en Molisoles en la cuenca La Colacha en Córdoba Argentina, encontró que el índice de calidad de suelo fue 0.47 calidad 3 o de moderada calidad este valor está influenciado por la materia orgánica, asimismo el autor indica que el set de indicadores que se utilizó cumple con los criterios para usarse como indicadores.

Denoia et al., (2000) evaluó el impacto del pisoteo vacuno sobre las propiedades físicas de la capa superficial y sobre la velocidad de infiltración del suelo en Santa Fe Argentina. concluyeron que el pisoteo aumenta la densidad aparente y disminuye la velocidad de infiltración, asimismo la vegetación incrementa la velocidad de infiltración.

Murrillo (2007). evaluó los índices de calidad de los suelos de la Región Su Oeste de Bolivia con cultivo de quinua, encontró que los índices estaban en un rango de 0.32 a 0.72.

Vasquez et al., (2001), estudiaron las propiedades del horizonte A en el contenido de materia seca de pastizales bajo dos condiciones de estrés hídrico, concluyeron que las propiedades edáficas el horizonte A influyen en la producción de materia seca y en la eficiencia del nitrógeno.

De Orellana et al., (2001) evaluó la capacidad de estabilidad de agregados como indicador global para detectar estados críticos o de recuperación de agroecosistemas, asimismo cuantificar la relación entre carbono orgánico y estabilidad de agregados, demostró que los agregados mayores de 250 μm , son estabilizados por raíces e hifas y que la gramíneas superaban a las leguminosas en la generación de agregados mayores de 200 μm .

Torres (2013), evaluó la calidad de suelos de dieciséis sectores de los distritos: de Rupa Rupa, Nuevo Progreso, Uchiza y Pueblo Nuevo, encontrando lo siguiente; alta calidad (tres sectores) moderada calidad (cinco sectores) baja calidad (cinco sectores) y muy baja calidad (tres sectores).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

El estudio se realizó en el fundo Tulumayo (CIPTALD - UNAS) a 26 km de la carretera Tingo María – Aucayacu, laboratorio de Conservación de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía.

“Departamento” : “Huánuco”
“Provincia” : “Leoncio Prado”
“Distrito” : “José Crespo y Castillo”

3.1.2. Ubicación geográfica

“Este” : 337168 m
“Norte” : 8989104 m
“Altitud”: 615 m.s.n.m.

3.1.3. Características climáticas

3.1.3.1. Clima

Predomina un clima cálido y húmedo, precipitación anual de 3000 mm al año, temperatura promedio anual de 26 °C. (Gabinete de Meteorología de la FRNR)

3.1.3.2. Fisiografía

Para la elaboración de mapa fisiográfico del área en estudio, se descargó la carta nacional con el cual se obtuvo el raster de altitud y pendiente apoyado en el Software ArcGIS, donde se reclasificó el raster de pendiente en 8 rangos y el raster altitud en 4 rangos, estos se superpusieron con ayuda de la herramienta “raster calculator” luego se utilizó la herramienta “combine”, para crear un nuevo raster (mapa fisiográfico) donde se le asignó las categorías correspondiente y posterior fue convertido a polígono, y finalmente se realizó el diseño del mapa en el ArcGIS.

Escobedo (2010) describe las unidades fisiográficas:

- Terraza alta (Ta): Están formados por las tierras con topografía plana de 2 – 8 %, suelos moderadamente profundos, capa orgánica poco descompuesta.
- Terraza media (Tm): Formados por tierras de pendiente de 2- 4%, compuesto por suelos de textura fina especialmente arcillosos con mal drenaje.
- Terraza baja (Tb): Topografía plana conformadas por tierras formadas por deposición aluvial de material fino, difícilmente se inundan.
- Terraza baja no inundable (tbni): Conformadas por tierras formadas por deposición aluvial de material fino, difícilmente se inundan.

3.1.3.3. Ecología

El Centro de Investigación y Producción Tulumayo se encuentra en la zona ecológica: Bosque muy Húmedo – Tropical (bmh – T).

3.1.3.4. Hidrología

El río Huallaga es su principal curso de agua.

3.1.3.5. Vegetación

La vegetación predominante es el pasto camerun, seguido de cultivos como arroz, maíz, cacao plantaciones de bolaina, capirona, aguaje, cedro, etc.

3.2. Materiales y métodos

Se elaboró el mapa fisiográfico o mapa del fundo Tulumayo para la toma de muestras de suelo. Para el muestreo de campo se basaron en las recomendaciones establecidas por (IICA, 1992). Por cada unidad fisiográfica se ubicaron cuatro puntos de muestreo, para evaluar los indicadores seleccionados.

3.2.1. Evaluación de los indicadores físicos: infiltración, textura, densidad aparente, estabilidad de agregados y profundidad del horizonte A del suelo del CIPTALD

Obtenida las muestras compuestas de cada unidad fisiográfica de uso de suelo se realizó los análisis en el “Laboratorio de Conservación de Suelos de la UNAS para su respectivo análisis físico”.

Tabla 11. Indicadores físicos del suelo a evaluar en campo.

Indicador físico	Determinación
Infiltración	Método: cilindro infiltrómetro
Textura	Método: “hidrómetro de Bouyoucos”
“Densidad aparente”	“Método del cilindro”
Profundidad del horizonte A	“Método directo”

Fuente: Cantu (2007)

3.2.2. Evaluación de los indicadores químicos: conductividad eléctrica, pH, M.O, porcentaje de saturación de bases, nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, CIC del suelo del CIPTALD

Obtenida las muestras compuestas de cada unidad fisiográfica de uso de suelo se realizó los análisis en el “Laboratorio de Conservación de Suelos” de la Facultad de Recursos Naturales Renovables.

Tabla 12. Indicadores químicos

Indicadores químicos	Método
“Materia Orgánica”	“Walkley y Black”
“pH”	Potenciómetro
“Nitrógeno total”	Materia orgánica
“Fosforo disponible”	“Olsen modificado”
“Potasio disponible”	“Acetato de amonio”
“Calcio disponible”	“Acetato de amonio”
“Magnesio disponible”	“Acetato de amonio”
“Conductividad eléctrica”	“Conductímetro”
“Capacidad de intercambio catiónico”	“Acetato de amonio”

Fuente: Cantu (2007)

3.2.3. Evaluación de la calidad de los suelos del CIPTALD

Se analizó los datos colectados del campo en estudio y se realizó el procesamiento para elaborar los Tablas respectivos.

“Se utilizó la escala que consta de cinco clases de calidad de suelo de 1 a 5 (CANTÚ et al., 2009)”.

Tabla 12. Índices de calidad de suelos.

“Índices 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 calidad	0.20 - 0.39	4
Muy baja calidad	0.00 - 0.19	5

Fuente: Cantu (2007)

Cantu (2007) refiere dos situaciones:

“La primera cuando el valor del indicador es mayor ($I_{máx}$) corresponde al valor de 1 (Valor normalizado del indicador: $V_n = 1$) y el cálculo es:”

$$V_n = \frac{I_m - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \quad (1)$$

La segunda: cuando el valor del indicador es menor (I_{min}) corresponde 0 (Valor normalizado $V_n = 0$) y su cálculo es:

$$V_n = 1 - \frac{I_m - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \quad (2)$$

“Donde; V_n = valor normalizado, I_m = medida del indicador, I_{max} = valor máximo del indicador, I_{min} = valor mínimo del indicador”.

3.2.4. Variables a evaluar

3.2.4.1. Variable independiente

- Fisiografía (Terraza alta (T_a), Terraza media (T_m), Terraza baja (T_b), Terraza baja no inundable (T_{bni})).

3.2.4.2. Variables dependientes

- Indicadores físicos: densidad aparente (g/cc), velocidad de Infiltración (mm/h), estabilidad de agregados (%), espesor del horizonte A (cm), pH, materia orgánica (M.O %), PSB (%), CIC (meq / 100g suelo), P (ppm), K (kg/ha), Ca y Mg (meq/100g suelo)).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de los indicadores físicos: infiltración, densidad aparente, estabilidad de agregados y profundidad del horizonte A del suelo del CIPTALD

Para evaluar los indicadores y calidad de los suelos se agruparon estos en unidades fisiográficas como Terraza alta, Terraza media, Terraza baja y Terraza baja no inundable (Tbni).

Tabla 13. Puntos de muestreo

Unidad Fisiográfica	Este	Norte	Altitud (m.s.n.m)
Terraza alta	385757	8992205	609
	386421	8991571	609
	386807	8990940	609
Terraza media	385308	8991726	608
	385881	8991330	607
	386562	8990408	607
Terraza baja	384937	8991589	605
	385389	8991095	605
	385760	8990292	606
Terraza baja no inundable	385415	8990421	585
	386143	8989475	592
	386110	8989926	602

El área en estudio tiene una fisiografía de planicie (0 – 5%) para la evaluación de la calidad de suelos se identificó cuatro unidades fisiográficas:

Terraza alta (Ta).....110.33 ha

Terraza media (Tm)..... 133.45 ha

Terraza baja (Tb)..... 86.27 ha

Terraza baja no inundable (Tbni)..... 118.78 ha

4.1.1. Velocidad de infiltración (mm/h)

La velocidad de infiltración o cantidad del agua que entra por unidad de superficie y de tiempo, nos permite predecir el tiempo que se necesita para reponer la cantidad de agua en el

suelo para satisfacer las necesidades de un cultivo o sea los sistemas de riego adecuados para los suelos. Para las unidades fisiográficas de Tulumayo en la terraza alta y media la velocidad es lenta (4.50 y 5.25 mm/h) la velocidad de infiltración está relacionadas con la textura pesada o arcillosa de los suelos arcillosos y la compactación el pisoteo constante del ganado vacuno.

En la terraza baja y terraza baja no inundable la velocidad de infiltración es mayor por la deposición de partículas gruesas como limo y arena producto de las inundaciones esporádicas, esto coincide con Prieto-Mendes et al. (2015), Denoia et al. (2000) y Forsythe (1980).

Tabla 15. Velocidad de infiltración de los suelos las unidades fisiográficas.

Terraza	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	C.V. (%)
Alta	4	3	6	4.50	1.29	28.69
Baja	4	3	8	5.25	2.22	42.24
Media	4	8	12	10.25	1.71	16.66
Baja no inundable	4	15	18	16.50	1.29	7.82
Total	16	3	18	9.13	5.18	56.72

En el Tabla 15 la mayor velocidad de infiltración es en la terraza baja no inundable con 16.50 mm/h., y la menor velocidad de infiltración en terraza alta con 4.50 mm/h., el ANVA para este indicador muestra una diferencia significativa entre las unidades fisiográficas.

Tabla 16. ANVA de la velocidad de infiltración de las unidades fisiográficas

Fuente de variación	SC.	GL.	CM	Fc	Valor P
Unidades fisiográficas	368.250	3	122.750	43.970	0.00001
Error	33.500	12	2.792		
Total	401.750	15			

Tabla 1714. Orden de mérito de la velocidad de infiltración de las unidades fisiográficas

Mérito	Terraza	N	Media	Significancia
1	Baja no inundable	4	16.50	A
2	Media	4	10.25	B
3	Baja	4	5.25	c
4	Alta	4	4.50	c

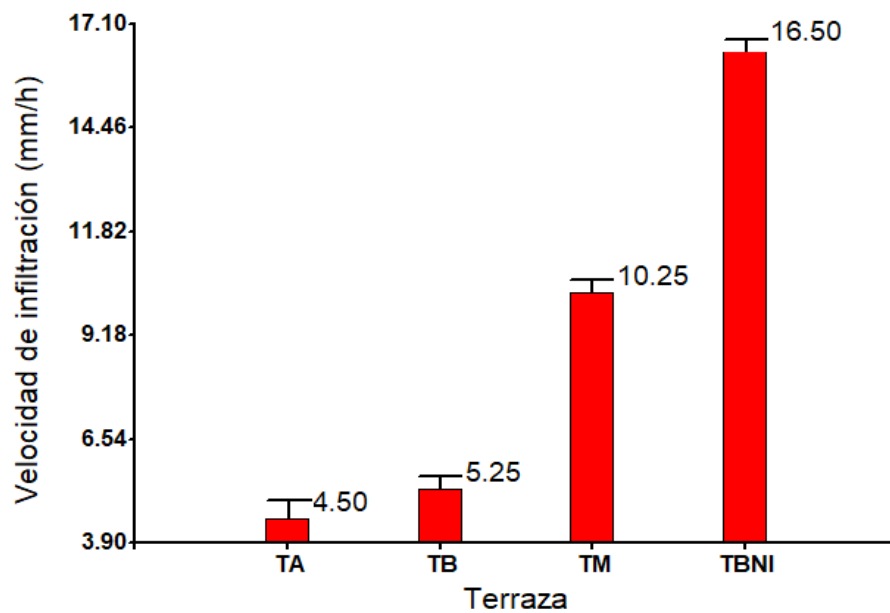


Figura 1. Velocidad de infiltración de los suelos en las unidades fisiográficas.

4.1.2. Densidad aparente (g/cc)

La densidad aparente es la relación entre la masa de las partículas del suelo y su volumen, incluyendo el espacio poroso que ocupan (Forsythe, 1980).

Tabla 18. Densidad aparente de los suelos en las unidades fisiográficas.

Terraza	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	C.V. (%)
Alta	4	1.00	1.30	1.13	0.13	11.18
Baja	4	1.10	1.30	1.20	0.08	6.80
Media	4	1.10	1.30	1.23	0.10	7.82
Baja no inundable	4	1.10	1.40	1.28	0.13	9.87
Total	16	1.00	1.40	1.21	0.11	9.31

En el Tabla 18 la terraza baja no inundable los suelos tienen una densidad aparente de 1.28 g/cc versus la terraza alta cuya densidad es de 1.13 g/cc., cuyo ANVA nos indica que hay diferencia significativa entre las unidades fisiográficas.

Tabla 19. ANVA de la d.a de los suelos en las unidades fisiográficas.

Fuente de variación	SC.	GL.	CM	Fc	Valor P
Unidades fisiográficas	0.047	3	0.016	1.316	0.315
Error	0.143	12	0.012		
Total	0.189	15			

Tabla 20. Orden de mérito de las d.a de los suelos en las unidades fisiográficas

Mérito	Terraza	N	Media	Significancia
1	Baja no inundable	4	1.28	A
2	Media	4	1.23	B
3	Baja	4	1.20	C
4	Alta	4	1.13	C

En las terrazas alta, media y baja las densidades son bajas (1.0 g/cc) tiene un mayor nivel de compactación debido a la predominancia de arcillas y al pisoteo del ganado o al paso de maquinarias para el cultivo, este valor no es restrictivo para el crecimiento de las raíces (Vetpraskas 1994). En la terraza baja no inundable la densidad es mayor (1.4 g/cc.) debido a la presencia de partículas gruesas como limo y arena provenientes de deposición de materiales del río, lo que fue estudiado por Cantu (2008) y Denoia (2000).

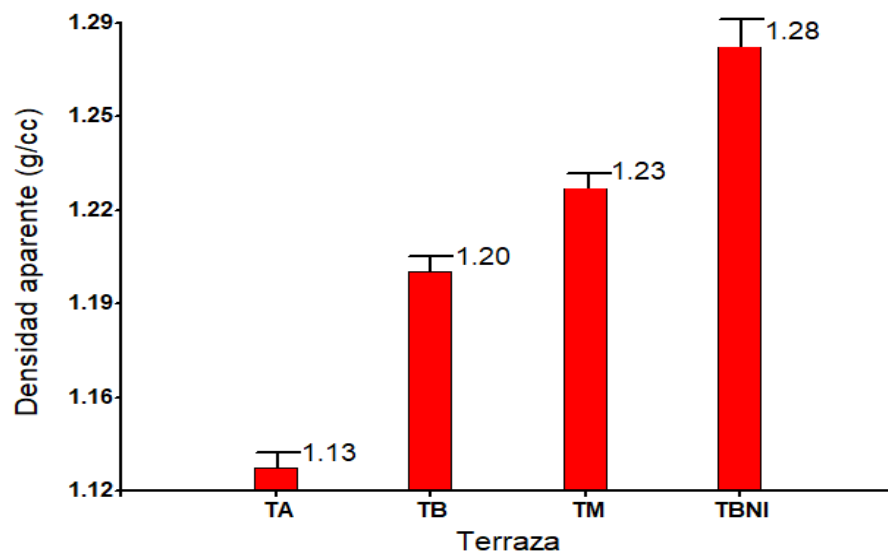


Figura 2. Densidad aparente de los suelos de las unidades fisiográficas

4.1.3. Agregados estables en agua

La agregación del suelo están relacionados con la estructura y esta con la fase sólida, líquida y gaseosa y esta regula el flujo de agua, nutrientes y el desarrollo de los organismos vivos.

Esta propiedad física de los suelos de Tulumayo están influenciados, por la M.O del suelo, microorganismos, agentes cementantes inorgánicos y las raíces de las plantas que afectan la agregación en los procesos de penetración, producción de exudados, entrelazamiento de las raíces, descomposición de las raíces muertas (Torres et al., 2013; Orrellana et al., 1994.)

Tabla 21. Porcentaje de agregados estables en las unidades fisiográficas.

Terraza	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	C.V. (%)
Alta	4	21	42	33.00	9.49	28.75
Baja	4	22	49	39.00	11.80	30.27
Media	4	20	51	30.75	13.79	44.86
Terraza baja no inundable	4	20	38	26.75	7.89	29.49
Total	16	20	51	32.38	10.83	33.46

Observando el Tabla 21, la unidad fisiográfica que más agregados estables contiene es la terraza baja (39 %) y la menor cantidad se da en la terraza baja no Inundable (26.75 %) en el ANVA hay diferencia estadística entre las unidades fisiográficas.

En las unidades fisiográficas de Tulumayo la terraza baja no inundable tiene menor porcentaje de estabilización porque son suelos recientes formados por la deposición de las partículas de las inundaciones (26.75 %) que no logran agregarse, por otro lado, la terraza baja tiene el 39% de agregados estables como consecuencia de la acumulación de M.O de los cultivos y plantaciones forestales, como agentes de agregación. (Cantu, 2007)

Tabla 22. ANVA del porcentaje de agregados estables de las unidades fisiográficas.

Fuente de variación	SC.	GL.	CM	Fc	Valor P
Unidades fisiográficas	314.25	3	104.75	0.87	0.48
Error	1445.50	12	120.46		
Total	1759.75	15			

Tabla 23. Orden de mérito del contenido de porcentaje de agregados estables de las unidades fisiográficas

Mérito	Terraza	N	Media	Significancia
1	Baja	4	39.00	A
2	Alta	4	33.00	B
3	Media	4	30.75	B
4	Baja no inundable	4	26.75	C

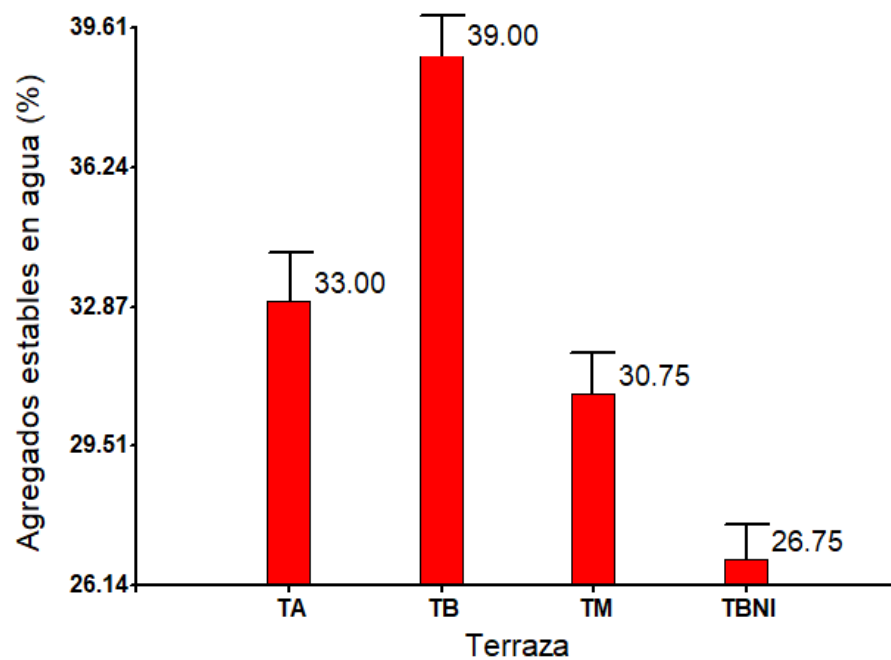


Figura 3. Porcentaje de agregados estables de las unidades fisiográficas.

4.1.4. Espesor del horizonte A

Tabla 24. “Espesor del horizonte A” (cm) de los suelos en las unidades fisiográficas.

Terraza	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	C.V. (%)
Alta	4	13	16	14.50	1.291	8.90
Baja	4	17	19	18.00	0.816	4.54
Media	4	9	12	10.50	1.291	12.30
Baja no inundable	4	11	25	15.75	6.292	39.95
Total	16	9	25	14.69	4.078	27.76

En el Tabla 24 el mayor espesor de horizonte A se da en la terraza baja con 18 cm y el menor en la terraza media con 10.50 cm. Asimismo el ANVA los valores son estadísticamente significativos para las unidades fisiográficas y el CV está dentro de los rangos permisibles.

Tabla 25. ANVA del “espesor del horizonte A” de los suelos en las unidades fisiográficas.

Fuente de variación	SC.	GL.	CM	Fc	Valor P
Unidades fisiográficas	118.688	3	39.563	3.631	0.045
Error	130.750	12	10.896		
Total	249.438	15			

Tabla 26. Orden de mérito del “espesor del horizonte A” de los suelos en las unidades fisiográficas

Mérito	Terraza	N	Media	Significancia
1	Alta	4	18.00	A
2	terrazza baja no inundable	4	15.75	Ab
3	Baja	4	14.50	Bc
4	Media	4	10.50	C

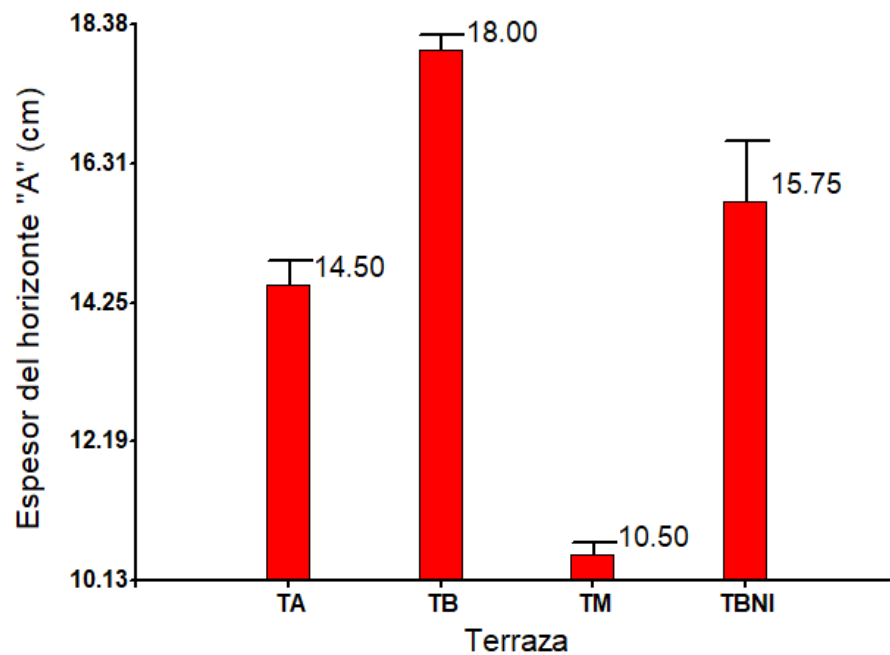


Figura 4. Espesor de los horizontes A de los suelos en las unidades fisiográficas.

El espesor del horizonte A es la capa superficial del suelo se encuentran los nutrientes orgánicos e inorgánicos para que se desarrollen las plantas, en las unidades fisiográficas la

terrazza baja (18 cm) es la que tiene mayor espesor tiene debido a que hay acumulación mayor de partículas finas del suelo cuando se inunda debido a la cercanía de las quebradas y por falta de drenaje, asimismo la deposición de residuos orgánicos, la que menos espesor tiene es la terraza media (10.50 cm) porque no hay mucha acumulación de M.O y por el pisoteo constante del ganado y poca acumulación de partículas finas del suelo a esta misma conclusión llegaron Morales et al. (2005) y Vasquez et al. (2000).

4.2. Evaluación de los indicadores químicos: pH, M.O, porcentaje de saturación de bases, del suelo del CIPTALD

Se evaluaron los siguientes indicadores químicos:

4.2.1. pH de los suelos

El pH de los suelos de Tulumayo, nos muestran los niveles de disposición de los nutrientes para el crecimiento y desarrollo de las plantas de los cultivos como arroz, maíz, pasto, bolaina, capirona, aguaje, cacao etc. Los elementos más afectados por el pH son el P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu, así como el PSB y la CIC. En la zona de estudio las lluvias son abundantes originando el lavado de las bases y como consecuencia el suelo tiende a la acidificación.

Tabla 27. pH de los suelos en las unidades fisiográficas.

Terraza	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	C.V. (%)
Alta	4	5.08	5.84	5.38	0.33	6.06
Baja	4	5.15	5.99	5.42	0.39	7.21
Media	4	5.22	5.64	5.38	0.18	3.40
Terraza baja no inundable	4	5.25	5.63	5.46	0.19	3.42
Total	16	5.08	5.99	5.41	0.26	4.77

En el Tabla 27 los valores de pH fluctúan entre 5.38 y 5.46 una acidez fuerte a medianamente ácido, en el ANVA en las unidades fisiográficas no hay diferencias estadísticas entre ellas, los pH son homogéneos no hay variación como lo indica el CV.

En las unidades fisiográficas de Tulumayo los tenores de pH son acidez muy ácido (5.08) y acidez muy débil (5.99) con una media de 5.41 esta disminución es debido a la lluvia copiosas los que provocan el lavado de los cationes básicos esta situación es corroborada por Musso et al. (2006) pero distan de la toxicidad establecido para los cultivos.

Tabla 28. ANVA del pH de los suelos en las unidades fisiográficas.

Fuente de variación	SC.	GL.	CM	Fc	Valor P
Unidades fisiográficas	0.018	3	0.006	0.074	0.973
Error	0.980	12	0.082		
Total	0.998	15			

Tabla 29. pH de los suelos en las unidades fisiográficas

Mérito	Terraza	N	Media	Significancia
1	Alta	4	5.38	A
1	terrazza baja no inundable	4	5.46	A
1	Baja	4	5.42	A
1	Media	4	5.38	A

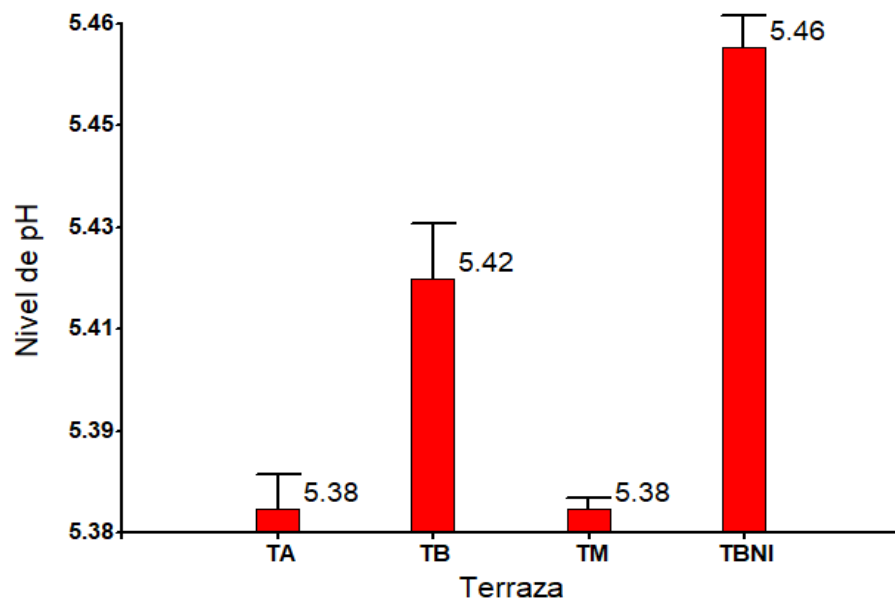


Figura 5. pH de los suelos en las unidades fisiográficas.

4.2.2. Materia orgánica

La M.O del suelo en el fundo Tulumayo proviene de los residuos de ramas hojas y raíces de la vegetación que predomina en las unidades fisiográficas como pastos camerún, bolaina, capirona, cacao, arroz, aguaje, malezas arbustivas y de porte pequeño etc. (Fasbender, 1975), cuyos rangos se encuentran entre 1.31 % y 2.97% con una media de 2.17% de M.O.

Tabla 30. Contenido de M.O de los suelos en las unidades fisiográficas.

Terraza	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	C.V. (%)
Alta	4	2.40	2.90	2.63	0.26	9.90
Baja	4	1.31	2.34	2.00	0.47	23.39
Media	4	1.50	1.86	1.69	0.17	9.86
Baja no inundable	4	1.80	2.97	2.35	0.49	20.73
Total	16	1.31	2.97	2.17	0.49	22.80

En el Tabla 30 se observa, que la terraza alta tiene un nivel medio de M.O (2.9%) y la terraza media un tenor bajo de M.O (1.86%), el ANVA nos indica que hay diferencia significativa entre las unidades fisiográficas, asimismo los CV está dentro del rango de aceptación.

Tabla 31. Análisis de Variancia (ANVA) para el contenido de M.O de los suelos en las unidades fisiográficas.

Fuente de variación	SC.	GL.	CM	Fc	Valor P
Unidades fisiográficas	2.003	3	0.668	4.846	0.020
Error	1.653	12	0.138		
Total	3.656	15			

Tabla 32. Orden de mérito para el contenido de M.O de los suelos en las unidades fisiográficas.

Mérito	Terraza	N	Media	Significancia
1	Alta	4	2.63	A
2	Baja no inundable	4	2.35	Ab
3	Baja	4	2.00	Bc
4	Media	4	1.69	C

En la terraza alta, terraza baja y terraza baja no inundable hay un porcentaje medio de M.O (debido a que están cubierto de pastos y arbustos perennes, cultivos y plantaciones forestales que no son pastados por el ganado la biomasa que se acumula es constante y a la altas temperatura la tasa de descomposición es alta. En la terraza media es un área que es pastada frecuentemente hay pobre o bajo nivel de M.O, esto es corroborado por Cespedes et al. 2018. Estadísticamente hay diferencias entre las unidades fisiográficas en estudio.

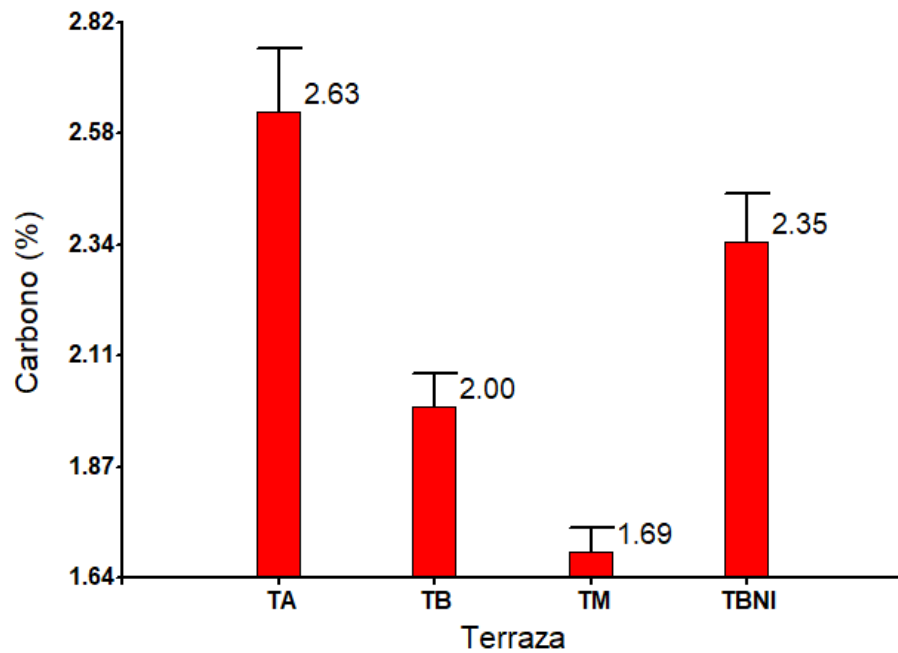


Figura 6. Contenido de M.O de los suelos en las unidades fisiográficas.

4.2.3. Porcentaje de saturación de bases

Las bases como; calcio, magnesio, potasio presentan valores bajos a veces valores críticos. Los porcentajes PSB en las unidades fisiográficas van de 57.00 a 88.75 % con una media de 78.06% pero con un CIC y CIC efectiva bajas, esta diferencia se debe a la vegetación herbácea, arbórea, pastos, cultivos presentes y al proceso de descomposición. Asimismo, el CIC es bajo debido a las copiosas lluvias, al material arcilloso que predomina en los suelos de las unidades fisiográficas, tal como lo refieren Moreno (2000) y Becker (2006).

Tabla 33. PSB de los suelos en las unidades fisiográficas.

Terraza	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación. Estándar	C.V. (%)
Alta	4	33.00	100.00	57.00	29.50	51.75
Baja	4	70.00	100.00	83.50	13.99	16.75
Media	4	60.00	100.00	83.00	17.93	21.60
Terraza baja no Inundable	4	71.00	100.00	88.75	14.03	15.81
Total	16	33.00	100.00	78.06	21.91	28.06

En el Tabla 33, la terraza baja no inundable presenta un valor de 88.7 PSB y la terraza alta presenta 57.00 PSB, asimismo en el ANVA hay diferencia significativa entre las unidades fisiográficas, el coeficiente de variación muestra una buena disgregación.

En las unidades fisiográficas como terraza media, baja y baja no inundable el porcentaje es mayor que la terraza alta, como consecuencia de lavaje de las sales de la parte alta y su acumulación en la parte baja, esto lo corrobora Cantu (2007).

Tabla 34. ANVA de PSB de los suelos de las unidades fisiográficas

Fuente de variación	SC.	GL.	CM	Fc	Valor P
Unidades fisiográficas	2447.188	3	815.729	2.060	0.159
Error	4751.750	12	395.979		
Total	7198.938	15			

Tabla 35. Orden de mérito de PSB de los suelos en las unidades fisiográficas.

Mérito	Terraza	N	Media	Significancia
1	Baja no inundable	4	88.75	A
2	Baja	4	83.50	B
3	Media	4	83.00	B
4	Alta	4	57.00	C

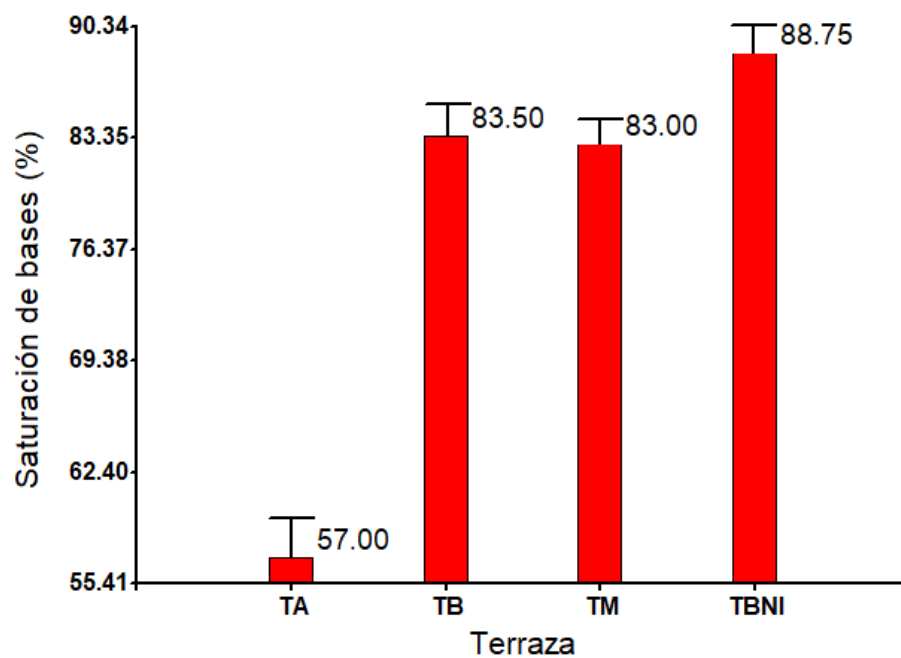


Figura 7. PSB de los suelos en las unidades fisiográficas.

4.3. Determinación del índice de calidad de suelos de las unidades fisiográficas

La calidad de suelos de las unidades fisiográficas del fundo Tulumayo son de clase 3 o calidad moderada, atributo que es influenciada por bajo nivel de materia orgánica, pH ácido y porcentaje de saturación de bases es pobre; características inherentes de los suelos de selva alta lo cuales son afectados por la meteorización por las partículas finas como arcillas, asimismo por las intensas lluvias ocasionando un lavado de los cationes como calcio, magnesio sodio y presencia de los cationes ácidos como Al e H lo que le resta atributo de buena calidad.

La materia orgánica debido a las alta temperaturas y humedad relativa alta ocasiona que la tasa de descomposición sea alta no hay acumulación de esta es estos suelos, esto es comprobado por Cantu (2008), Murillo (2002) y Acevedo (2010).

En el gráfico 8 se observa que los suelos de las cuatro unidades fisiográficas tienen una calidad moderada o clase 3 (0.47 – 0.49 – 0.50).

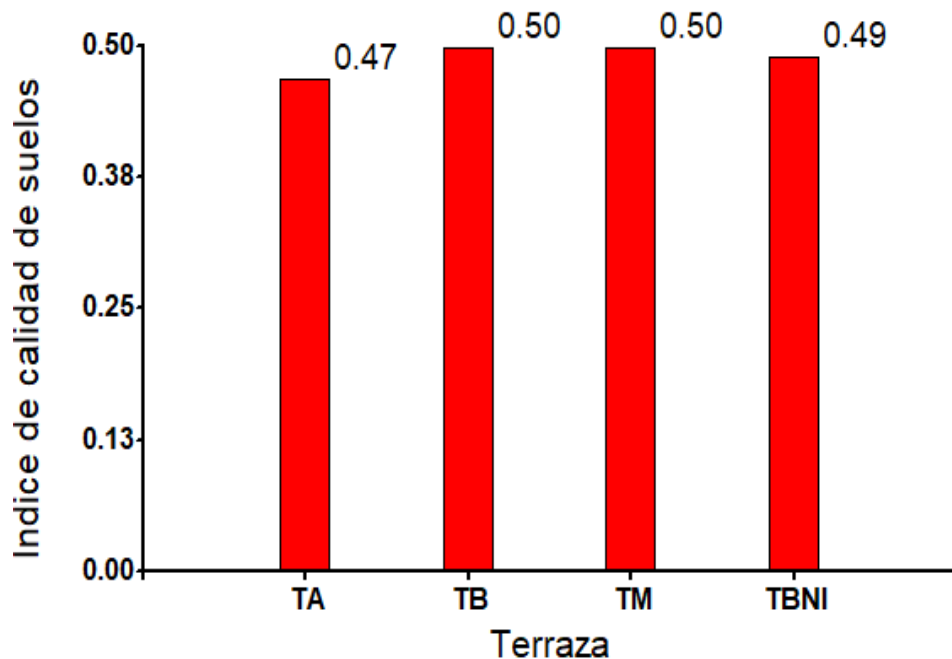


Figura 1. Índices de calidad de suelos de las unidades fisiográficas.

V. CONCLUSIONES

1. Los indicadores físicos de los suelos, en relación a la densidad aparente son suelos arcillosos, la profundidad del horizonte A es superficial, la agregación es bajo o mala y la velocidad de infiltración relativamente rápida.
2. Los indicadores químicos de los suelos del CIPTALD en cuanto al pH son moderadamente ácido, la M.O están en los niveles de bajo a medio, el PSB entre medio a alto.
3. La calidad de los suelos del CIPTALD, están en una calidad moderada o clase 3.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. El mantenimiento de los drenes, para evacuar las aguas superficiales y sub-superficiales.
2. La adición de materia orgánica para mejorar la densidad aparente, la velocidad de infiltración de los suelos.
3. Cuando se trate de cultivo anuales se recomienda el uso enmiendas encalantes.
4. Controlar el pastoreo del ganado existente.

VII. REFERENCIAS

- Acevedo, I., Sanchez, A., Mendoza, B. 2020. Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión del Quibor. II Calidad de suelo. Revista Bioagro. Doi. <http://www.doi.org/10.51372/bioagro3326>. Venezuela.
- Barbaro, L. Karlanian, M. Mata, D. 2013. Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para pantas. Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 7-8 p.
- Cantu, M., Bedano, J., Schiavo. H. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. Universidad Nacional de Río. Córdoba. Argentina.
- Carbonero, P. 2007. Química del suelo y los fertilizantes. Universidad Politécnica Madrid. Madrid, España 131-134 p.
- Denoia, J., Sosa, O., Zerpa, G., Martin, B. 2000. Efecto del pisoteo animal sobre la velocidad de infiltración y otras propiedades físicas del suelo. Revista Pastos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. Argentina.
- De Orellana, J., Pilatti, M. 2001. La estabilidad de agregados como indicador edáfico de sostenibilidad. Revista Ciencia del Suelo V 19 numero 2 diciembre, 2001. Argentina.
- Fassbender, H., Bornemisza, E. 1994. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2ed. IICA. San José, Costa Rica. 163-164 p.
- Fassbender, H. 1975. Química de suelos con énfasis en Suelos de América Latina. 2ed. IICA. San José, Costa Rica. 404 p.
- Flaig, W., Beutelspacher, H., Rietz, E. 1975. Chemical composition and physical properties of humic substances. New York, EE.UU. Vol 1. 1-211p.
- Forsythe, W. 1985. Manual de Laboratorio Física de Suelos. 1 ed. 2 reimpresión. San José, Costa Rica. IICA. 46 p.
- Fuentes, R. 1971. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico en algunos suelos ácidos de origen volcánico. Tesis de Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. 5-10 p.

- Jiménez, R. y González, V. 2006. La calidad de suelos como medida para su conservación. Edafología. Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. de Geología y Geoquímica. Madrid, España, vol 13, 125-138 p.
- Murrillo, M., Carbajal, E., Chacolla, E. 2007. Evaluación de la calidad de suelos en llanuras de piedemonte mediante indicadores e índices en el área de producción de quinua (s.o de Bolivia) Ministerio de Desarrollo Rural y de Tierras. La Paz Bolivia.34-36 p.
- Paz, J. 2006. Propiedades bioquímicas de suelos de Prado de Galicia. Galicia, España. Universidad de Santiago de Compostela. 21-22 p.
- Porta, J., López, M., Poch, M. 2019. Edafología; uso y protección de suelos. 4 ed. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa.
- Rojas, C. 2006. Interpretación de la disponibilidad del fósforo en los suelos de Chile. Centro Regional de investigación INIA La Platina. Chile. 24- 25 p.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., HILL, M. 2004. Propiedades Físicas del Suelo. Montevideo, Uruguay. Universidad de la Republica. 2-3 p.
- Salamanca, A., Sadeghian, S. 2005. La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. Colombia. Cenicafé 56(4): 381-397 p.
- Soriano, M. 2018. pH del Suelo. Valencia, España. Universitat Politècnica de València. 2-8 p.
- Thompson, L., Troeh, F. 1984. Los suelos y su fertilidad. Trad. por Juan Puigdefábregas. 4 ed. Barcelona, España. REVERTE S.A. 4-5 p.
- Torres – Guerrero, C. 2013. Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana México D.F. México.
- Vasquez P., Costa J., Monterrubianesi G., GODZ P. 2001. Predicción de la productividad primaria de pastizales naturales de la Pampa Deprimida utilizando propiedades del horizonte A. Revista Ciencia del Suelo. V 19 numero 2 Diciembre 2001. Argentina.
- Vélez, M. y Vélez, J. 2002. Cap. 8. Infiltración. Universidad Nacional de Colombia, Unidad de Hidráulica.
- Vepraskas, M. (1994). Plant response mechanisms to soil compactación. In: WILKINSON, R., (ed.) Plant – environment interactions. Dekker Publ. Co., New York. pp 263-287.

ANEXO

Tabla 36. Análisis de suelo de Tulumayo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 DEPARTAMENTO CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA
 Laboratorio de Conservación de Suelos



ANÁLISIS DE SUELOS - CARACTERIZACIÓN

Lugar : Tulumayo **Solicitante: MARLON ROBLES MITMA** **Fecha: Abril 2020**

Muestra	CE Mmh / cm	Análisis mecánico				pH	D.A g/cc	M.O %	N % (% M.O x 0.045)	P ppm	K ₂ O Kg / ha	CATIONES CAMBIABLES meq / 100 g suelo										
		Arena %	Limo %	Arcilla %	TEXTURA							CIC	Ca	Mg	K	Na	Al + H	% SB	% AC	CICe		
Terraza alta	0.18	32	25	43	Arcilloso	5.38	1.1	2.62	0.10	15	403	-	3.67	0.24	0.35	-	1.16	79	21	5.42		
Terraza media	0.36	31	16	43	Arcilloso	5.41	1.2	2.00	0.08	22	444	-	3.64	0.20	1.97	0.31	1.02	86	14	7.14		
Terraza baja	0.08	21	62	17	Franco limoso	5.37	1.2	1.69	0.07	12	301	-	2.75	1.09	1.92	-	1.14	84	16	7.10		
Terraza baja no inundable	0.18	31	47	22	Franco	5.48	1.3	2.35	0.10	16	409	-	3.03	0.18	1.29	-	1.50	75	25	6.0		

Jose Levano Crisostomo
Jefe




Tabla 37. Análisis de suelo de Tulumayo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 DEPARTAMENTO CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA
 Laboratorio de Conservación de Suelos



ANÁLISIS DE SUELOS – CARACTERIZACIÓN

Lugar : Tulumayo

Solicitante: MARLON ROBLES MITMA


Fecha: Abril 2020

Muestra	CE Mmh / cm	Análisis mecánico				pH	D.A g/cc	M.O %	N % (% M.O x 0.045)	P ppm	K ₂ O Kg / ha	CATIONES CAMBIABLES meq / 100 g suelo								
		Arena %	Limo %	Arcilla %	TEXTURA							CIC	Ca	Mg	K	Na	Al + H	% SB	% AC	CiCe
Terraza baja 1	0.11	32	57	11	Franco limoso	5.64	1.2	1.86	0.08	9	384	3.66	1.99	0.11	1.37	0.19	-	100	-	-
Terraza baja 2	0.03	21	62	17	Franco limoso	5.35	1.1	1.79	0.08	10	288	-	1.44	0.11	0.78	-	1.55	60	40	3.88
Terraza baja 3	0.03	51	49	9	Franco limoso	5.22	1.3	1.50	0.06	9	324	-	3.34	0.18	1.98	-	1.48	79	21	6.98
Terraza baja 4	0.16	48	37	15	Franco limoso	5.30	1.3	1.60	0.07	20	208..	-	3.47	0.24	2.99	-	0.40	94	06	7.10
Terraza baja no inundable 1	0.35	31	46	23	Franco	5.6	1.3	1.8	0.08	12	350	4.26	2.04	0.09	1.83	0.30	-	100	-	-
Terraza baja no inundable 2	0.11	31	47	22	Franco	5.34	1.1	2.21	0.10	12	576	-	3.00	0.15	1.98	-	1.4	84	16	6.53
Terraza baja no inundable 3	0.16	31	47	22	Franco	5.35	1.3	2.97	0.13	20	360	-	3.07	0.20	0.60	-	1.6	71	29	5.47
Terraza baja no inundable 4	0.08	31	55	14	Franco limoso	5.63	1.4	2.40	0.10	20	348..	5.85	3.79	0.06	1.80	0.20	-	100	-	-


Jose Levano Crisostomo
 Jefe




Tabla 38. Análisis de suelo de Tulumayo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 DEPARTAMENTO CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA
 Laboratorio de Conservación de Suelos



ANÁLISIS DE SUELOS - CARACTERIZACIÓN

Lugar : Tulumayo **Solicitante: MARLON ROBLES MITMA** **Fecha: Abril 2020**

Muestra	CE Mmh / cm	Análisis mecánico				pH	D.A g/cc	M.O %	N % (% M.O x 0.045)	P ppm	K ₂ O Kg / ha	CATIONES CAMBIABLES meq / 100 g suelo										
		Arena %	Limo %	Arcilla %	TEXTURA							CIC	Ca	Mg	K	Na	Al + H	% SB	% AC	CICe		
Terraza alta	0.16	32	25	43	Arcilloso	5.38	1.1	2.62	0.10	15	403	-	3.67	0.24	0.35	-	1.16	79	21	5.42		
Terraza media	0.36	31	16	43	Arcilloso	5.41	1.2	2.00	0.08	22	444	-	3.64	0.20	1.97	0.31	1.02	86	14	7.14		
Terraza baja	0.08	21	62	17	Franco limoso	5.37	1.2	1.69	0.07	12	301	-	2.75	1.09	1.92	-	1.14	84	16	7.10		
Terraza baja no inundable	0.18	31	47	22	Franco	5.48	1.3	2.35	0.10	16	409	-	3.03	0.18	1.29	-	1.50	75	25	6.0		

Jose Levano Crisostomo
Jefe



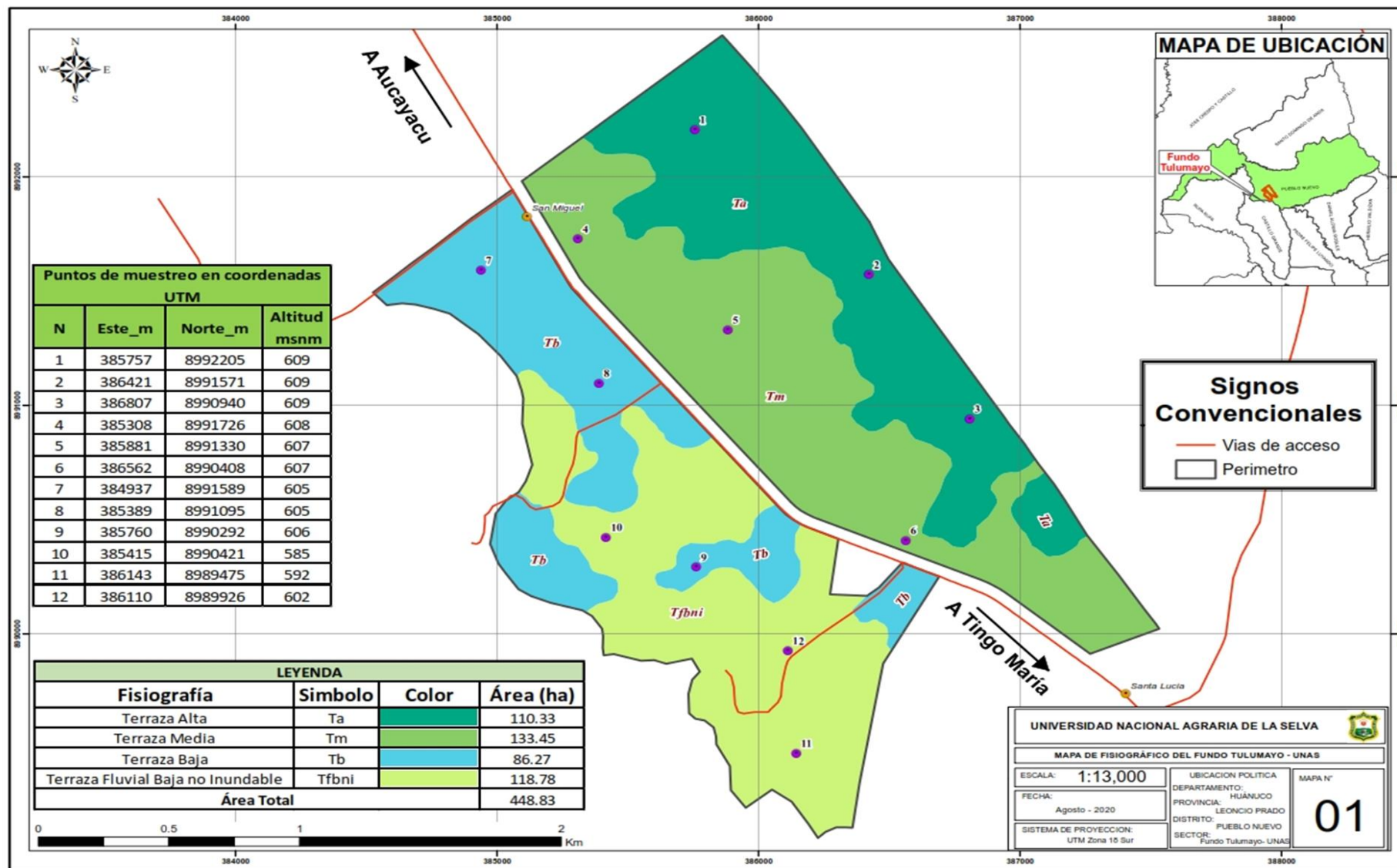



Figura 9. Mapa de ubicación de área de estudio.



Figura 10. Pesaje de muestras obtenidas



Figura 11. Método del conductímetro.



Figura 12. Método del hidrómetro de Bouyoucos.



Figura 13. Método del hidrómetro de Bouyoucos.



Figura 14. Método del hidrómetro de Bouyoucos.



Figura 15. Obtención de muestra por unidad fisiográfica.



Figura 16. Obtención de muestra por unidad fisiográfica.