

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**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

Presentado por:

SHEYLA FIORELA OBREGON ESCALANTE

Tingo María – Perú

2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por haberme permitido llegar a este momento tan importante de mi formación profesional

A mí querida madre Melina Escalante Paucar por ser la mejor mamá, por estar siempre conmigo brindándome su amor y comprensión.

A mis preciosas hermanas: Luisa Lora Escalante, Greysi Rosa Lora Escalante porque me brindan momentos únicos y al precioso Irving quien nos alegra día a día.

A mi abuela Julia Paucar Inga por estar presente en momentos muy importantes en mi vida.

A mis tíos: Otilia, Diana, Domitila, Felipe, por sus consejos, comprensión y apoyo

A Leodan Toribio Dueñas por ser una persona maravillosa y por acompañarme siempre en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Durante mi formación profesional, personal y elaboración de la presente investigación, diversas personas colaboraron directa e indirectamente, a quienes deseo expresar mi más profundo reconocimiento:

A Dios y a mi familia por su comprensión, amor y apoyo incondicional

A los docentes de la facultad de recursos naturales renovables y docentes del departamento de conservación de suelos y agua que se esforzaron por entregarme sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. Nelino Florida Rofner, quien me ofreció su invaluable asesoramiento en la presente investigación. Gracias por su paciencia, empeño y confianza.

Al Ing. M.Sc. Huamani Yupanqui Hugo Alfredo asesor del presente trabajo, por sus consejos y asesoramiento en el desarrollo académico del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Jaime Torres, Ing. Roberto Obregón y al Ing. Sandro Ruiz, Jurados de esta investigación, por la amistad, exigencia, orientación y confianza que me brindaron en la realización del presente trabajo.

A mis amigos: Dayli, Magno, Shilton, José, Myanu, Karen, Percy, Diana, Michael, Lins, Saller, Liz Eraldy, Helen, Priscila.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Parque Nacional Tingo María según la categoría actual	3
2.2. Zonificación del Parque Nacional Tingo María	4
2.2.1. Zona de protección estricta.....	4
2.2.2. Zona silvestre	5
2.2.3. Zona de uso turístico y recreativo	6
2.2.4. Zona de uso especial.....	6
2.2.5. Zona de amortiguamiento	7
2.3. Suelo	8
2.3.1. Designación de los horizontes del suelo.....	9
2.3.2. Horizontes de transición	13
2.4. Clasificación de los suelos según soil taxonomy	14
2.4.1. Horizontes superficiales de diagnóstico:.....	15
2.4.2. Horizontes de Diagnóstico sub superficiales	17
2.4.3. Categorías taxonómicas	22
2.4.4. Ordenes: principales características	23
2.5. Calidad de suelo.....	29
2.5.1. Indicadores de calidad	30

2.6. Indicadores físicos.....	32
2.6.1. La textura del suelo.....	32
2.6.2. Densidad del suelo	33
2.6.3. Temperatura del suelo	34
2.6.4. Color del suelo.....	35
2.6.5. Consistencia del suelo	36
2.6.6. Estructura del suelo	36
2.7. Indicadores químicos.....	37
2.7.1. Materia orgánica	37
2.7.2. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....	38
2.7.3. Fósforo disponible (método de Olsen modificado).....	39
2.7.4. El pH del suelo.....	40
2.7.5. Nitrógeno	41
2.7.6. Potasio.....	42
2.7.7. Porcentaje de saturación de bases.....	42
2.8. Subíndice de uso sustentable del suelo SUSS	43
2.8.1. Valores deseables y valores de corte utilizados en la normalización de los indicadores implicados en el SUSS.....	44
2.9. Antecedentes de calidad de suelos.....	45
2.9.1. Calidad del suelo en tres sistemas de uso en la localidad de Rio Espino – Monzón.....	45

2.9.2. Clasificación taxonómica soil taxonomy en el Parque Nacional Tingo María, extraída de la ZEE de Leoncio Prado.	46
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
3.1. Lugar de ejecución	47
3.2. Características de las zonas de estudio	47
3.2.1. Clima.....	47
3.2.2. Flora.....	48
3.2.3. Fauna.....	48
3.2.4. Ecología (zonas de vida)	49
3.2.5. Accesibilidad.....	49
3.3. Materiales y equipos.....	49
3.3.1. Materiales	49
3.3.2. Equipos de campo	50
3.3.3. Equipos de laboratorio	50
3.4. Metodología.....	50
3.4.1. Descripción de la zona de estudio	50
3.4.2. Clasificación taxonómica del suelo según soil taxonomy.....	51
3.4.3. Indicadores físicos, químicos del suelo.....	52
3.4.4. Calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS)	53

IV. RESULTADOS	55
4.1. Clasificación de la taxonomía del suelo.....	55
4.1.1. Descripción de los diferentes tipos de suelos de la zona de uso especial del PNTM.	55
4.2. Determinación de indicadores del suelo de la zona de uso especial del Parque Nacional de Tingo María.	62
4.2.1. Indicadores físicos del suelo.....	62
4.2.2. Indicadores químicos del suelo.....	67
4.3. Determinación de la calidad del suelo por el método de sub índice de uso sustentable del suelo SUSS.	75
V. DISCUSIÓN.....	77
5.1. Clasificación soil taxonomy	77
5.2. Indicadores físico químico	79
5.3. Calidad de suelo.....	80
VI. CONCLUSIONES	81
VII. RECOMENDACIONES.....	82
VIII. ABSTRAC	83
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXO	89

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Rangos interpretativos para densidad aparente y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.	34
2. Niveles de resistencia a la penetración del suelo.....	36
3. Intervalos de materia orgánica en el suelo.....	38
4. Niveles de CIC para suelos con pH menor de 5.5	39
5. Niveles de CIC para suelos con pH mayor de 5.5.....	39
6. Niveles de fósforo	40
7. Rangos interpretativos para el pH.....	41
8. Niveles de contenido de nitrógeno.	41
9. Niveles de contenido de potasio disponible (K ₂ O).	42
10. Parámetros edáficos, valores deseables y de corte para evaluar el estado actual de los suelos.....	44
11. Indicadores de físico - químico.....	52
12. Rangos interpretativos del SUSS.....	54
13. Clasificación taxonómica soil taxonomy.....	55
14. Características de la calicata 1 del sector Rio Oro.....	56
15. Descripción del perfil de la calicata 1 del sector Rio Oro	57
16. Características de la calicata 2 del sector Rio Oro.....	57
17. Descripción del perfil de la calicata 2 del sector Rio Oro	58
18. Características de la calicata 3 del sector Puente Pérez	59
19. Descripción del perfil de la calicata 3 del sector Puente Pérez	60
20. Características de la calicata 4 del sector Tres de Mayo	61

21. Descripción del perfil de la calicata 4 del sector Tres de Mayo.....	62
22. Textura de suelos de la zona de uso especial	63
23. Registro de densidad aparente; temperatura; y resistencia a la penetración.....	65
24. PH de las muestras de suelo de la zona de uso especial del PNTM.	67
25. Materia orgánica en el suelo de la zona de uso especial del PNTM.	68
26. Nitrógeno en el suelo de la zona de uso especial del PNTM.	69
27. Fósforo disponible en el suelo de la zona de uso especial del PNTM	71
28. Potasio disponible en el suelo de la zona de uso especial del PNTM.....	72
29. Bases cambiables del suelo.....	73
30. CIC en las muestras de suelo.	74
31. Sub índice de calidad de uso sustentable del suelo.....	76
32. Coordenadas UTM de las calicatas	90
33. Coordenadas UTM de los puntos de muestreos.....	90
34. Resultados del parámetro normalizado.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Categoría de la taxonomía del suelo.....	23
2. Relación de los constituyentes de tierra por tamaño, definiendo las clases texturales y sub clases de arena.....	33
3. Tipos de estructura del suelo y su formación.....	37
4. Distribución porcentual de partículas de suelo.....	64
5. Densidad aparente de las 10 muestras analizadas.....	65
6. Temperatura de las muestras de la zona de uso especial.....	66
7. Resistencia a la penetración de las muestras de suelo.....	66
8. PH del suelo de la zona de uso especial del PNTM.....	68
9. Materia orgánica en el suelo de la zona de uso especial del PNTM.	69
10. Nitrógeno en el suelo de la zona de uso especial del PNTM.....	70
11. Fósforo disponible en el suelo de la zona de uso especial del PNTM.	71
12. Potasio disponible en el suelo de la zona de uso especial del PNTM.....	73
13. CIC disponible en las muestras de suelo.....	75
14. Calidad de suelos de la zona de uso especial del PNTM.....	76
15. Sector Rio Oro.....	92
16. Observación de la pendiente del terreno.....	92
17. Calicata en el sector Rio Oro.....	93
18. Calicata en el sector Tres de Mayo.....	93
19. Calicata en el sector Puente Pérez.....	94
20. Parcelas de café en el sector Tres de Mayo.....	94
21. Visitando el sector Juan Santos Atahualpa.....	95

22. Homogenizando la muestra de suelo	95
23. Resultados del analisis de suelos	96
24. Mapa del Parque Nacional de Tingo María	98

RESUMEN

En el Parque Nacional de Tingo María (PNTM) existe la zona de uso especial, que es el área en la cual la intervención del hombre a lo largo de los años ha producido una alteración del ecosistema, lo que ha traído consigo la formación de un ecosistema antropogénico. Por esa razón los sistemas de uso de suelos ocasionan diferentes grados de perturbación, que al afectar sus características físicas, químicas y biológicas, producen efectos sobre la degradación y erosión del suelo. En base a ello se planteó clasificar la taxonomía, los indicadores físicos químicos y la calidad del suelo por el método de sub índice de uso sustentable del suelo (SUSS). En la zona de uso especial del PNTM se realizaron la lectura de 4 calicatas clasificadas según soil taxonomy, se recolectaron muestras de suelo en 10 puntos del área en estudio que fueron analizados en el laboratorio de suelos de la UNAS; en base a estos análisis, se determinó la calidad del suelo utilizando la metodología del SUSS. Los suelos de la zona especial del PNTM, son de orden inceptisol, sub orden edepts, gran grupo eutrudepts (las calicatas C1 Rio Oro (RO) y C3 Puente Pérez (PP)) y distrudepts (C2 RO y C4 Tres de Mayo (TM)), En sub grupo se encuentran los typic eutrudepts (C1 RO y C3 PP) y typic distrudepts (C2 RO y C4 TM). En los indicadores físico químicos se determinó suelos que presentan diferentes clases texturales que varían de franco arenoso a franco arcilloso, su temperatura media es de 22.8°C, presentan pH extremadamente ácido en las muestras (2, 3, 7, 9 y 10), M.O nivel bajo en la muestra 5 Puente Pérez (PP), N nivel bajo en la muestra 5 (PP), fosforo nivel muy bajo en las muestras (1 RO, 3 RO, 4 B (Bella), 10 (JSA) Juan Santos Atahualpa), K nivel medio en las

muestras (2 RO y 9 TM) y CIC nivel bajo en la muestra 5 (PP). Finalmente se concluye que la zona de uso especial del PNTM según la clasificación soil taxonomy son suelos inceptisols y según la metodología SUSS presenta suelos de calidad pobre (2 y 3) marginal (4, 7 y 10), sensible (1, 5, 8 y 9) y aceptable (6). Se recomienda principalmente aplicar enmiendas de cal agrícola para mejorar el pH de 4.0 a 6.5 se tiene que aplicar una dosis de 40 a 150 sacos (50kg) por hectárea, 2 a 4 meses antes de establecimiento del cultivo que se desea implantar.

I. INTRODUCCION

Las áreas naturales protegidas constituyen muestras representativas de las grandes unidades ecológicas del país. En ellos se protege la integridad ecológica de uno o más ecosistemas, las asociaciones de flora y fauna silvestre, los procesos sucesionales y evolutivos, así como características paisajísticas y culturales. En ellos no se pueden desarrollar actividades agrícolas, ganaderas, pastoriles, madereras o mineras, o en general todas aquéllas que supongan la explotación de los recursos naturales

A excepción de otras áreas, en el Parque Nacional de Tingo María existe la zona de uso especial, que es el área en la cual la intervención del hombre a lo largo de los años ha producido una alteración del ecosistema, lo que ha traído consigo la formación de un ecosistema antropogénico por la agricultura y ganadería. Asimismo, dichos usos de los suelos ocasionan diferentes grados de perturbación, que al afectar sus características físicas, químicas y biológicas, tendrán efectos sobre la degradación y erosión parcial o total de los suelos.

Teniendo en cuenta la evidente alteración del ecosistema y a falta de información que permita determinar la clasificación taxonómica y calidad del suelo de la zona de uso especial. La presente investigación pretende aportar mayores conocimientos para una mejor administración del Parque Nacional.

Por lo que la investigación se orientó a realizar la clasificación taxonómica usando la soil taxonomy, determinar los indicadores físicos y químicos que proporcionaron información valiosa para entender en que condición se encuentra el suelo y mediante la metodología sub índice de uso sustentable del suelo (SUSS), se conoció el índice de calidad del suelo.

Objetivo general:

Determinar la clasificación y calidad del suelo en la zona de uso especial del Parque Nacional de Tingo María (PNTM)

Objetivos específicos

- Clasificar la taxonomía del suelo en la zona de uso especial del Parque Nacional de Tingo María.
- Determinar los indicadores físicos, químicos del suelo en la zona de uso especial del Parque Nacional de Tingo María.
- Determinar la calidad del suelo por el método de sub índice de uso sustentable del suelo SUSS.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Parque Nacional Tingo María según la categoría actual

La Ley N° 15574, del 14 de mayo de 1965, declara la categoría de Parque Nacional a dos zonas específicas de la ciudad de Tingo María, las montañas que conforman la Bella Durmiente y la Cueva de las Lechuzas, no se precisa superficie, pero si menciona los bosques adyacentes a dichas formaciones naturales, el área está ubicada en el distrito de Mariano Dámaso Beraun, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

El Parque Nacional Tingo María se caracteriza por su relieve abrupto con fuertes pendientes en las partes altas y escasos valles amplios como el alto Huallaga. En esta zona se presentan bosques característicos de las Yungas o selva alta. En el trabajo de limitación del Parque Nacional, trabajaron un equipo de profesionales y personal de la Jefatura del ANP, ellos consideraron diversos criterios, por ejemplo el de no incluir áreas intervenidas, deforestadas, con población, planas o las partes aptas para realizar agricultura, las cuales se ubicaban especialmente en las playas de los ríos Huallaga y Monzón (BRACK, 1986).

Actualmente, de acuerdo a la ley de áreas naturales protegidas, su reglamento y el plan director de las ANP; los parques nacionales son “áreas que constituyen muestras representativas de la diversidad natural del país y de

sus grandes unidades ecológicas. En ellos se protege con carácter intangible la integridad ecológica de uno o más ecosistemas, las asociaciones de la flora y fauna silvestre y los procesos sucesionales y evolutivos, así como otras características, paisajísticas y culturales que resulten asociadas”.

2.2. Zonificación del Parque Nacional Tingo María

La zonificación de un área natural protegida, consiste en el ordenamiento del uso del espacio, estableciendo zonas homogéneas y que cumplan con las características del marco legal las cuales incluyen regímenes de manejo, considerando las restricciones de uso y manejo de cada unidad asignada (SERNANP, 2012).

2.2.1. Zona de protección estricta

Son aquellos espacios donde los ecosistemas han sido pocos o nada intervenidos, o incluyen lugares con especies o ecosistemas únicos, raros o frágiles, los que, para mantener sus valores, requieren estar libres de la influencia de factores ajenos a los procesos naturales mismos, debiendo mantenerse las características y calidad del ambiente original. En estas zonas sólo se permiten actividades propias del manejo del área y de monitoreo del ambiente, y excepcionalmente, la investigación científica, (SERNANP, 2012).

Esta zona está representada por cuatro sectores; en la zona oeste del PNTM ubicamos el primer sector sobre el bosque de montaña ligeramente empinado. Esta zona a la vez es una de las áreas de menor impacto y de mayor biodiversidad de acuerdo al mapa de valor de importancia, aquí se ubica parte de las montañas que realizan la configuración de la “Bella Durmiente”.

El segundo sector se ubica en la parte este del Parque Nacional Tingo María es el segundo en tamaño y alberga el bosque húmedo tropical, conforma en su totalidad la configuración de la Bella Durmiente, además alberga las principales especies que se identifican como los objetos de conservación.

El tercer sector se ubica principalmente en el medio del área natural protegida, aquí se encuentra la zona de vida del bosque muy húmedo pre montano tropical, este sector da origen a una de las quebradas principales del parque que en su recorrido se encuentra la catarata “La Quinceañera” la cual es otro de los atractivos turísticos del área natural protegida.

El cuarto sector se ubica al noreste del área natural protegida, es la más pequeña de las zonas de protección estricta, se ubica en la configuración de las montañas que dan forma a la Bella Durmiente, se ubica la zona de vida del bosque húmedo tropical (SERNANP, 2012)

2.2.2. Zona silvestre

Son zonas que han sufrido poca o nula intervención humana y en las que predomina el carácter silvestre; pero que son menos vulnerables que las áreas incluidas en la zona de protección estricta, en estas zonas es posible, además de las actividades de administración de control, la investigación científica, educación y recreación sin infraestructura permanente y vehículos motorizados.

La zona silvestre del PNTM tiene por objetivo, mantener espacios de muestra de las Yungas Peruanas con limitada influencia humana destinada para la investigación científica, conectividad de especies, educación y turismo.

La zona silvestre es el espacio de la dinámica poblacional y hábitat natural de especies, esta zona protege los siete objetos de conservación identificados, que incluye el río perdido que atraviesa las montañas que configuran a la “Bella Durmiente”, este lugar es importante por albergar una población de “*Steatornis caripensis*” en la zona de la “Cueva de las Lechuzas”.

2.2.3. Zona de uso turístico y recreativo

Espacios que tienen rasgos paisajísticos atractivos para los visitantes y, por su naturaleza permiten un uso recreativo compatible con los objetivos del área. En estas zonas se permite el desarrollo de actividades educativas y de investigación, así como infraestructura de servicios necesarios para el acceso, estadía y disfrute de los visitantes, incluyendo rutas de acceso carrozable, albergues y uso de vehículos motorizados.

El turismo en las áreas naturales protegidas no constituye un fin en sí mismo, sino un medio para alcanzar los objetivos primarios de conservación, recreación y educación. (SERNANP, 2012).

2.2.4. Zona de uso especial

Es el área en la cual la intervención del hombre a lo largo de los años ha producido una alteración del ecosistema lo que ha traído consigo la formación de un ecosistema no natural o antropogénico (agricultura y ganadería).

Según la norma, son espacios ocupados por asentamientos humanos preexistentes al establecimiento del área natural protegida, o en los que por situaciones especiales, ocurre algún tipo de uso agrícola, pecuario,

agrosilvopastoril u otras actividades que implican la transformación del ecosistema original.

La Zona de uso especial está distribuida en seis áreas comprendidas en cuatro sectores de ocupación. En el sector Melitón Carbajal en Río Oro (margen derecha) el número de familias es de 36; 16 familias en el sector Afilador, entre los ríos Monzón y Huallaga; 1 familia en el sector Cumbre Alania, en el río Huallaga; y 5 familias en el sector Tambillo, en el río Huallaga (margen izquierda). En estos sectores se desarrolla una agricultura principalmente de productos de pan llevar y una ganadería en un número muy pequeño de cabezas de ganado vacuno.

2.2.5. Zona de amortiguamiento

La zona de amortiguamiento del Parque Nacional Tingo María se ha establecido por primera vez con Resolución Jefatural N° 315-2001-INRENA del 13 de diciembre del 2001, luego por la Resolución Jefatural N° 145 – 2007-INRENA. Disponen la publicación del mapa y memoria descriptiva de la zona de amortiguamiento del ANP.

2.2.5.1. Lineamientos para la zona de amortiguamiento

- La presión antrópica del PNTM se ha representado en las zonas de uso especial y las zonas de recuperación, por ello no debe darse opinión favorable a las concesiones forestales de amortiguamiento de esta ANP.
- El aprovechamiento de árboles no maderables y caídos por efecto de la erosión, deben ser aprovechados con supervisión de los encargados de la administración técnica forestal y fauna silvestre de la zona.

- Cualquier infraestructura vial dentro de la zona de amortiguamiento deberá tener opinión favorable de la Jefatura del PNTM.
- Las extracciones de productos hidrobiológicos deben ser monitoreados por los órganos competentes, para ello el SERNANP debe buscar los mecanismos para que esta labor se cumpla.
- Implementar un sistema de educación ambiental orientado al cambio de actitudes de la población interna y colindante del área natural protegida considerando el valor de sus servicios ambientales.
- Desarrollar el programa de actividades económicamente sostenibles en la zona de amortiguamiento, enfocando principalmente actividades tangibles y a corto plazo.
- Motivar al gobierno regional para la realización de la zonificación ecológica económica en el ámbito de la zona de amortiguamiento. Identificar áreas en la ZA para la reubicación de posible ganado que se ubique dentro del área natural protegida, y efectuar los estudios de la capacidad de carga en pastos.

2.3. Suelo

Su significado tradicional se define como el medio natural para el crecimiento de las plantas. También se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y

minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas. (FAO, 2015).

2.3.1. Designación de los horizontes del suelo

FAO (2009), menciona que la designación de los horizontes del suelo, resume muchas observaciones de la descripción del suelo y da una impresión acerca de los procesos genéticos que han formado el suelo bajo observación. Se presentan la morfología del suelo y otras características descritas por horizonte

Los símbolos de los horizontes consisten de una o dos letras mayúsculas para el horizonte mayor y letras minúsculas para las distinciones subordinadas, con o sin figura de sufijo. Para la presentación y comprensión de la descripción del perfil del suelo, es esencial dar el símbolo correcto a cada horizonte.

- Horizontes o capas “H”

Estos son estratos o capas dominadas por material orgánico formado a partir de acumulaciones de material orgánico no descompuesto o parcialmente descompuesto en la superficie del suelo que puede estar bajo agua. Un horizonte “H” se puede encontrar encima de suelos minerales o a alguna profundidad de la superficie del suelo, si este fuese un horizonte enterrado.

- Horizontes o capas “O”

Estos son estratos o capas dominadas por material orgánico que consiste de desechos intacto y parcialmente descompuesto, como hojas, ramas, musgos y líquenes, que se han acumulado sobre la superficie; se pueden encontrar sobre suelos minerales u orgánicos. Los horizontes "O" no se encuentran saturados con agua por periodos prolongados. La fracción mineral de este tipo de material es sólo un porcentaje del volumen de material y es generalmente la mitad del peso total.

- **Horizontes "A"**

Estos son horizontes minerales que se formaron en la superficie del suelo o por debajo de un horizonte "O", en el que toda o parte de la estructura de la roca original ha sido desintegrada y están caracterizados por uno o más de los siguientes puntos:

Una acumulación de materia orgánica humificada íntimamente mezclada con la fracción mineral y que no despliega propiedades características de los horizontes "E" o "B".

- **Horizontes "E"**

Estos son horizontes minerales donde el rasgo principal es la pérdida de arcilla silicatada, hierro, aluminio, o la combinación de estos, dejando una concentración de arena y partículas de limo, y en el que la mayor parte de la estructura rocosa original ha sido completamente desintegrada.

Un horizonte "E" es usualmente, pero no necesariamente, más claro en color que el horizonte subyacente "B". En algunos suelos, el color es aquel de las partículas de arena y limo, pero en muchos suelos, los revestimientos de óxido de hierro u otros compuestos enmascaran el color de

las partículas primarias. Un horizonte "E" se encuentra comúnmente cerca de la superficie, por debajo de un horizonte "O" o "A" y por encima del horizonte "B"

- **Horizontes "B"**

Estos son horizontes que han sido formados por debajo de los horizontes A, E, H u O, y en el que los rasgos o elementos dominantes son la obliteración o desintegración de toda o la mayoría de la estructura rocosa original, junto con una o la combinación de:

Todos los tipos de horizontes B son o fueron originalmente horizontes sub- superficiales. Incluidos como horizontes B se encuentran las capas de concentración iluvial de carbonatos, yeso o sílice que son resultado de procesos pedogenéticos (estas capas o estratos pueden o no estar cementados) y capas frágiles que tienen otra evidencia de alteración, como la estructura prismática o la acumulación iluvial de arcilla.

- **Horizontes o capas "C"**

Estos son horizontes o capas, excluyendo la roca madre dura, que han sido afectados por los procesos pedogenéticos de manera mínima y no poseen las propiedades de los horizontes H, O, A, E o B. La mayoría son estratos o capas minerales; sin embargo, se incluyen algunos estratos silicios y calcáreos como conchas marinas, residuos corales y diatomáceos.

Las plantas de las raíces pueden penetrar el horizonte "C", proveyendo un medio de crecimiento importante. Se incluyen como horizonte "C", los sedimentos, saprofita y la roca madre en estado no consolidado, así como otros materiales geológicos que se saturan comúnmente dentro de 24 horas cuando el aire se seca o cuando se sitúan trozos de secado dentro el

agua y cuando el material rocoso en condición húmeda puede ser atravesado por una pala.

- **Capas “R”**

Estos consisten de lechos de roca dura que subyacen al suelo. Ejemplos son: granito, basalto, cuarcita y caliza endurecida. Cualquier trozo de un estrato “R” que sea introducido en agua, nunca se saturara dentro de 24 horas. La capa “R” es lo suficientemente coherente para ser excavada, aunque se puede mellar o astillars.

Algunas capas “R” se pueden desmenuzar con equipo pesado. El lecho de roca puede contener grietas, pero estas son muy pocas y pequeñas para que las raíces puedan penetrar. Las grietas pueden estar revestidas o rellenadas con arcilla u otro material.

- **Capas “I”**

Estos son cristales y cuñas de hielo que contienen al menos 75% de hielo (por volumen) y que separan distintivamente las capas orgánicas o minerales en el suelo. El hielo va y viene en suelos afectados por permafrost. Los cuerpos de hielo en el suelo pueden crecer a tal punto que forman cristales de cuñas que separan capas de suelos completas. En el caso en que las concentraciones de hielo ocurran dentro la profundidad de descripción del suelo, se pueden designar como una capa “I”.

- **Capas “L”**

Estos son sedimentos depositados en cuerpos de agua compuesto de materiales orgánicos e inorgánicos, también conocidos como material

límnico. El material límnico es aquel: (i) depositado por precipitación o a través de la acción de los organismos acuáticos, como algas o diatomeas; o (ii) derivado bajo el agua y de las plantas acuáticas flotantes y modificadas subsecuentemente por los animales acuáticos. (USDA, 2014).

- **Capas “W”**

Estas son capas de agua en los suelos o el agua sumergiendo suelos, ya sea permanente o cíclicamente dentro el periodo de tiempo de 24 horas. Algunos suelos orgánicos flotan sobre el agua. En tales casos, el símbolo “W” se puede utilizar al final de la descripción de suelos para indicar el carácter flotante.

2.3.2. Horizontes de transición

Existen dos tipos de horizontes de transición: aquellos con propiedades de dos horizontes sobrepuestos y aquellos con las dos propiedades separadas. Para los horizontes dominados por propiedades de un horizonte mayor pero con propiedades de otro subordinado, se usa dos letras mayúsculas como AB, EB, BE y BC.

En algunos casos, un horizonte puede ser designado como transicional aun si uno de los horizontes mayores, al que se supuestamente es transicional, no se encuentra presente. Un horizonte “BE” se puede reconocer en un suelo truncado si sus propiedades son similares a aquellas de un horizonte “BE” en un suelo en el que el horizonte suprayacente “E” no ha sido removido por erosión. Un horizonte “AB” o un “BA” se pueden reconocer cuando un lecho de roca subyace al horizonte transicional. Un horizonte “BC”

se puede reconocer aun si no se presenta ningún horizonte “C” subyacente; es transicional asumir que es el material parental. Un horizonte “CR” puede ser usado para la roca intemperizada que ha sido excavada pero en la que las raíces no pueden penetrar, excepto en el caso de las fracturas.

2.4. Clasificación de los suelos según soil taxonomy

USDA (2014), señala que la soil taxonomy como un sistema de clasificación natural, está basada en las propiedades de los suelos que se encuentran en el paisaje. Un objetivo del sistema es agrupar suelos con una génesis similar y utilizar un criterio específico para poner los suelos en estos grupos de acuerdo con sus propiedades.

Esta es la causa por la que la soil taxonomy está jerarquizada, de modo de cada suelo está agrupado en una categoría que a su vez queda englobada en otra más amplia que alberga más categorías. Cuando se añaden más detalles entonces se define una categoría más baja.

Ventajas de la taxonomía de suelos:

- Los taxones son mutuamente excluyentes
- Clasifica suelos y no procesos formadores
- Aplicable a suelos agrícolas
- Considera propiedades que tiene significación frente al uso
- Es auto explicativo.
- Define con igual precisión todos los niveles jerárquicos permite su uso a distintas escalas.
- Es objetiva porque se basa en información cuantificada.

2.4.1. Horizontes superficiales de diagnóstico:

- El epipedón

El epipedón (Gr. epi, sobre y pedón, suelo) es un horizonte que se forma en o cerca de la superficie del suelo, en el cual la mayor parte de la estructura de la roca ha sido destruida. Está oscurecido por la materia orgánica o muestra evidencias de eluviación o ambas. El término estructura de roca, como se usa aquí y en otros lugares de la taxonomía, incluye a la estratificación fina (5 mm o menos de espesor) de sedimentos no consolidados (eólicos, aluviales, lacustres o marinos) y a la saprolita que se deriva de roca.

Estos horizontes pueden estar cubiertos por un manto superficial de material nuevo de suelo. Si el manto superficial presenta estructura de roca, la parte superior del epipedón se considera como la superficie del suelo, a menos que el manto cumpla con la definición de suelos enterrados.

A. Epipedón antrópico

El epipedón antrópico se forma en materiales alterados o transportados por el hombre. Estos epipedones se forman en suelos donde ocurren geoformas o micro rasgos antropogénicos o en donde los suelos son más elevados que los suelos adyacentes, tanto como el espesor del epipedón antrópico. También se pueden presentar en áreas excavadas.

B. Epipedón folístico

Se define como una capa que está saturada por menos de 30 días (acumulativos) en años normales (y no está drenado artificialmente).

C. Epipedón hístico

El epipedón hístico es una capa (uno o más horizontes) que se caracteriza por saturación (por 30 días o más acumulativos) y reducción por algún tiempo durante años normales (o está drenado artificialmente). La mayoría de los epipedones hísticos consisten de material orgánico de suelo. Establece que el epipedón hístico es un horizonte Ap que consiste de material mineral de suelo.

D. Epipedón melánico

Un límite superior en o dentro de los 30 cm, ya sea desde la superficie del suelo mineral o del límite superior de una capa orgánica con propiedades ándicas de suelo, cualquiera que sea más somera; y 2. En capas con un espesor acumulativo de 30 cm o más dentro de un espesor total de 40 cm.

E. Epipedón mólico

El epipedón mólico consiste de materiales minerales de suelo, mezclados en los 18 cm superiores del suelo mineral o de todo su espesor a un contacto dénsico, lítico o paralítico o a un horizonte petrocálcico o un duripán (todos definidos posteriormente), es menor de 18 cm.

F. Epipedón ócrico

El epipedón ócrico no cumple con las definiciones de cualquiera de los otros siete epipedones, debido a que es muy delgado o muy seco, tiene colores de value o de chroma muy altos, contiene muy poco carbono orgánico, tiene valores de n o índice melánico muy altos o es masivo y duro o durísimo

cuando seco. Muchos epipedones ócricos tienen un color del value de 4 o más, en húmedo, y de 6 o más, en seco, o un chroma de 4 o más, o están incluidos en un horizonte A o un Ap con los colores bajos, tanto para el value como para el chroma pero es muy delgado para poder reconocerlo como un epipedón mólico o úmbrico.

G. Epipedón plaggen

El epipedón plaggen es una capa superficial espesa hecha por el hombre que se ha originado por la aplicación prolonga y continua de estiércol. Un epipedón plaggen se puede identificar de varias formas. Es común que contenga artefactos, tales como pedazos de ladrillo o vasijas en todo su espesor. También puede tener fragmentos terrestres (es decir, terrones), de diversos materiales, tales como arena negra o arenas gris clara.

H. Epipedón úmbrico

El epipedón úmbrico consiste de materiales minerales de suelo, y después de mezclados los 18 cm superiores del suelo mineral o de todo su espesor, si su profundidad a un contacto dénsico, lítico o paralítico o a un horizonte petrocálcico o a un duripán (todos definidos posteriormente), es menor de 18 cm.

2.4.2. Horizontes de diagnóstico sub superficiales

Los horizontes descritos en esta sección se forman debajo de la superficie del suelo, aunque en algunas áreas se forman directamente abajo de una capa de hojarasca. También pueden estar expuestos en la superficie por truncación del suelo.

A. Horizonte ágrico

El horizonte ágrico es un horizonte iluvial que se ha formado bajo cultivo y contiene cantidades significativas de limo, arcilla y humus iluvial.

B. Horizonte álbico

El horizonte álbico es un horizonte eluvial de 1.0 cm o más de espesor, que contiene 85 por ciento o más (por volumen) de materiales álbicos (definidos posteriormente). En general, ocurre debajo de un horizonte A, pero puede estar en la superficie de un suelo mineral. Por lo general, abajo del horizonte álbico existe un horizonte argílico, cámbico, kándico, nátrico o espódico o un fragipán (definidos posteriormente).

C. Horizonte anhidrítico

Un horizonte anhidrítico es un horizonte en el cual la anhidrita se ha acumulado a través de una significativa neo formación o transformación típicamente ocurre como un horizonte subsuperficial.

D. Horizonte argílico

Un horizonte argílico normalmente es un horizonte subsuperficial con un porcentaje mayor de arcillas filosilicatadas que el material de suelo suprayacente. Muestra evidencias de iluviación de arcilla. El horizonte argílico se forma debajo de la superficie del suelo, pero puede estar expuesto en la superficie por erosión.

E. Horizonte cálcico

El horizonte cálcico es un horizonte iluvial en el cual el carbonato de calcio secundario u otros carbonatos se han acumulado en cantidades significativas.

F. Horizonte cámbico

Un horizonte cámbico es el resultado de alteraciones físicas, transformaciones químicas o remociones o combinaciones de dos o más.

G. Duripán

Es un horizonte subsuperficial cementado con sílice con o sin agentes cementantes auxiliares. Puede ocurrir en conjunción con un horizonte petrocálcico.

H. Fragipán

Para que una capa pueda ser identificada como fragipán debe tener todas las siguientes características, La capa tiene 15 cm o más de espesor; y La capa muestra evidencias de pedogénesis dentro del horizonte, o al menos, sobre las caras de las unidades estructurales; y la capa tiene una estructura prismática gruesa, columnar o de bloques de cualquier grado.

I. Horizonte glóssico

Horizonte glóssico (Gr. glossa, lengua) se desarrolla como resultado de la degradación de un horizonte argílico, kándico o nátrico, en los cuales la arcilla y los óxidos de hierro libre han sido removidos.

J. Horizonte gypsico

Es un horizonte en el cual el yeso se ha acumulado transformando de manera significativa. Típicamente ocurre como un horizonte subsuperficial, pero en algunos lugares puede estar en la superficie.

K. Horizonte kándico

Es un horizonte subsuperficial verticalmente continuo que subyace a un horizonte superficial de textura gruesa. El espesor mínimo del horizonte superficial es de 18 cm después de mezclado o de 5 cm si la transición textural al horizonte kándico es abrupta y no existe un contacto dénsico, lítico, paralítico o petroférico (definidos posteriormente), dentro de los 50 cm de la superficie del suelo mineral

L. Horizonte nátrico

Un horizonte nátrico es un horizonte iluvial que normalmente está a nivel sub superficial y tiene un porcentaje significativamente más alto de arcilla silicatada que los horizontes suprayacentes. Muestra evidencias de iluviación de arcilla que se ha acelerado por las propiedades dispersantes del sodio.

- Orstein

Está formado por materiales espódicos; y Es una capa cementada en 50 por ciento o más; y tiene un espesor de 25 mm o más. Un ortstein continuo está en un 90 por ciento o más cementado y tiene continuidad lateral debido a esta continuidad, las raíces pueden penetrar sólo a lolargo.

M. Horizonte óxico

Es un horizonte subsuperficial que no tiene propiedades ándicas de suelo (definidas posteriormente) y tiene todas las siguientes características:

1. Un espesor de 30 cm o más; y
2. Una clase textural franco arenosa o más fina en la fracción de tierra-fina
3. Menos de 10 por ciento de minerales intemperizables en la fracción de 50 a 200 micrones; y

4. Estructura de roca en menos de 5 por ciento de su volumen, a menos que los litorelictos con minerales intemperizables estén revestidos con sesquióxidos

N. Horizonte petrocálcico

El horizonte petrocálcico es un horizonte iluvial en el cual el carbonato de calcio secundario u otros carbonatos se han acumulado a tal grado que el horizonte está cementado o endurecido.

O. Horizonte petrogípsico

El horizonte petrogípsico es un horizonte en el cual el yeso secundario visible se ha acumulado o transformado. El horizonte está cementado (es decir, muy débilmente cementado a través de la clase de cementación endurecida) y la cementación es tanto lateralmente continúa como limitante para las raíces, aun cuando el suelo este húmedo.

P. Horizonte plácico

El horizonte plácico (significa una capa delgada cementada) es un pan (o capa) delgado, está cementado por hierro.

Q. Horizonte sálico

El horizonte sálico es un horizonte de acumulación de sales más solubles que el yeso en agua fría.

R. Horizonte sómbrico

El horizonte sómbrico (sombre, oscuro) es un horizonte subsuperficial en suelos minerales que se ha formado bajo condiciones de

drenaje libre. Contiene humus iluvial que ni está asociado con el aluminio como sucede en el horizonte espódico, ni está disperso por el sodio como en el horizonte nátrico. En consecuencia, el horizonte sómbrico no tiene una capacidad de intercambio catiónico alta en su arcilla como ocurre en el horizonte espódico y tampoco tiene una saturación de bases alta como sucede en el horizonte nátrico. No subyace, además, a un horizonte álbico.

S. Horizonte Espódico

Un horizonte espódico es una capa iluvial con 85 por ciento o más de materiales espódicos (definidos posteriormente).

2.4.3. Categorías taxonómicas

Una categoría de este sistema es un conjunto de clases que son definidas aproximadamente al mismo nivel de generalización. El sistema contiene seis categorías. Del más alto al más bajo nivel de generalización ellas son: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie (GUILLERMO, 2010).

En la más alta categoría, el Orden, los suelos se clasifican en un pequeño número de clases para permitirnos abarcarlos, recordarlos y comprender las diferencias entre ellos. Existen doce órdenes de suelos que se diferencian por la presencia o ausencia de determinados horizontes de diagnóstico o rasgos que son evidencias de diferencias en el grado y clase de los procesos edafogenéticos.

A los fines de reducir la heterogeneidad dentro de cada orden, se realiza una nueva clasificación en una categoría más baja, el Suborden. Se han

diferenciado 63 Subórdenes de suelos, con un número variable dentro de cada orden, diferenciados en base a su homogeneidad genética reflejada por distintas propiedades o características diagnósticas como:

- Presencia o ausencia de características hidromórficas, régimen de humedad, régimen térmico o material original.
- Presencia o ausencia de determinados horizontes o propiedades diagnósticas cuando no fueron utilizados en la categoría superior, etc.



Figura 1. Categoría de la taxonomía del suelo

2.4.4. Ordenes: principales características

A. Entisols

El concepto central del orden de los entisols es la de suelos que tienen pequeña o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes pedogenéticos. Muchos entisols solo poseen un epipedón ócrico, algunos pocos tienen un epipedón antrópico, otros muy escasos que son arenosos pueden tener un

horizonte álbico y algunos en costas cenagosas tienen un epipedón hístico. Los Entisols pueden tener cualquier régimen hídrico y térmico, material original, vegetación o edad.

En el orden de los entisoles se reconocen cinco subórdenes, entre los cuales los más importantes son los wassents, aquents, fluvents, psamments y orthents (GUILLERMO, 2010).

B. Vertisols

El concepto central de los vertisols es el de suelos arcillosos con anchas y profundas grietas en alguna época del año. Áreas extensas de estos suelos se localizan en Australia, India, Sudan, Chad, Ghana, Cuba, Puerto Rico, Texas, Uruguay y Argentina. Los vertisols constituyen un orden relativamente homogéneo en el sentido morfológico.

Hay también diferencias en la saturación en bases, contenido en carbonatos, etc. Los principales Subórdenes de los vertisols son los aquerts, cryerts, xererts, torrerts, usterts y uderts, separados por su régimen hídrico.

C. Andisols

Los andisols son suelos dominados por sus propiedades ándicas en más de un 60% de su espesor. Pueden poseer un epipedón hístico o un melánico. Los andisols están formados sobre materiales volcánicos y son comunes en las áreas volcánicas como lo es todo el cinturón del Pacífico. Entre los subórdenes más importantes citamos los aquands, torrands, xerands, ustands, udands, gellands, cryands y vitrands.

D. Inceptisols

PORTA (1999), Los inceptisoles en zonas húmedas presentan perfiles menos evolucionados, Clase muy heterogénea, de difícil definición. Su perfil típico es A, Bw, C.

Los inceptisols son los suelos que no han desarrollado los horizontes que son diagnóstico de los otros órdenes pero que tienen ciertos rasgos adicionales al epipedón ócrico que se permite en los entisols.

Los inceptisols no pueden poseer horizontes óxico, espódico, argílico, nátrico y kándico pero pueden presentar un horizonte cámbico, condiciones ácuicas, horizonte cálcico, petrocálcico, gípsico, petrogípsico o duripán acompañados por un epipedón ócrico, úmbrico, plaggen y solo bajo ciertas condiciones mólico. La secuencia más común de horizontes es un epipedón ócrico o úmbrico sobre un cámbico.

Los inceptisols pueden encontrarse en climas subhúmedos a húmedos desde las regiones ecuatoriales. En las regiones donde la evapotranspiración excede la precipitación en alguna estación del año los inceptisols se localizan sobre superficies jóvenes post pleistocénicas. Si la precipitación excede la evapotranspiración todos los meses del año los inceptisols pueden encontrarse tanto sobre las superficies viejas.

Los inceptisols no pueden tener un régimen arídico de humedad, ni texturas arenosas a menos que tengan un epipedón úmbrico o paggen. Los subórdenes más importantes de los inceptisols son los aquepts, gelepts, cryepts, ustepts, xerepts y udepts.

E. Aridisols

Los aridisols tienen uno o más horizontes pedogenéticos que se han formado en el ambiente actual o que son relictos de un clima anterior más húmedo. Además del régimen de humedad arídico deben poseer un epipedón ócrico o antrópico acompañados de un horizonte argílico, cálcico, cámbico, gipsico, nátrico, petrocálcico, petrogípsico, sálico o un duripán. Napa de agua a escasa profundidad,

Los aridisols son suelos con contenidos bajos en nitrógeno como consecuencia de su pobreza en materia orgánica, pero pueden ser ricos en otros elementos nutritivos como consecuencia de su escaso lavado. Entre los subórdenes más importantes de los aridisols mencionaremos los salids, durids, gipsids, calcids, cambids y argids.

F. Mollisols

El concepto central de los molisoles corresponde al de los suelos oscuros, ricos en materia orgánica y bases de las estepas. Casi todos tienen un epipedón mólico. Muchos tienen también un horizonte argílico o nátrico o cámbico o cálcico. Pocos tienen un horizonte álbico o un duripán o un horizonte petrocálcico. La escasez de humedad puede ser el mayor factor limitante en las áreas más secas de los molisoles. Los subórdenes más importantes son los albolls, aquolls, rendolls, xerolls, gelolls, cryolls, ustolls y udolls.

G. Alfisols

El concepto central de los alfisols es el de los suelos que tienen un epipedón ócrico y un horizonte argílico con moderada a alta saturación con

bases. Los alfisol también tener un fragipán, duripán, horizonte nátrico, petrocálcico, plintita u otros rasgos. Unos pocos alfisols que están mojados durante parte del año tienen un epipedón úmbrico. Los alfisols son suelos que presentan un buen desarrollo del perfil y un moderado grado de alteración. Los subórdenes más importantes son los aqualfs, cryalfs, ustalfs, xeralfs y udalfs.

H. Ultisols

Los ultisols en su concepto central son los suelos rojizos de media a bajas latitudes que tienen un horizonte argílico insaturado en bases. Frecuentemente el horizonte superficial constituye un epipedón ócrico y a veces úmbrico. La mayoría de los ultisols eran conocidos con el nombre de suelos rojo amarillos podzólicos. La liberación de bases por la alteración usualmente es igual o menor a la removida por el lavado, y normalmente la mayoría de las bases son retenidas por la vegetación y en los primeros centímetros en la superficie del suelo. La saturación en bases en la mayoría de los ultisols decrece con la profundidad debido al ciclo biogeoquímico que establece la vegetación y sus residuos en superficie. Los subórdenes más importantes son los aquults, humults, udults, ustults y xurults.

I. Oxisols

Los oxisols corresponden a los suelos amarillos y rojizos de las regiones tropicales y subtropicales localizados sobre pendientes suaves de superficies muy antiguas. Corresponden a los suelos con un horizonte óxico. Incluyen parte de los suelos antes conocidos como latosoles o suelos lateríticos.

Los oxisols están constituidos por una mezcla de cuarzo, caolinita, óxidos libres de hierro y aluminio y materia orgánica. Poseen muy pocos minerales alterables, una baja capacidad de intercambio de bases, bajo pH y sus arcillas son escasamente dispersables en el agua, con cargas altamente dependientes del pH. En su mayor parte son suelos sin rasgos sobresalientes y horizontes poco definidos.

Los subórdenes más comunes dentro del orden de los oxisoles son los aquox, torrox, ustox, perox y udox.

J. Espodisols

El rasgo común a la mayoría de los espodisols es la presencia del horizonte espódico, en el cual se ha acumulado por iluviación. La mayoría de los espodisols son pobres en arcillas silicatadas.

Los espodisols están más extendidos en los climas fríos, húmedos o perhúmedos. Los subórdenes más importantes de los espodisols son los aquods, cryods, gelods, humods y orthods.

K. Histosols

Los histosols son suelos que son predominantemente orgánicos. Comprende la mayoría de los suelos como pantanos, ciénaga, turbas, fangales, etc. Los histosols que están saturados con agua contienen por lo menos 12 o 18% de carbono orgánico en peso, dependiendo del contenido en arcilla de la fracción mineral y de la clase de material. Los que nunca están

saturados por agua, excepto unos pocos días, contienen 20 % o más de carbono orgánico en peso.

Los subórdenes del orden de los histosoles son los folists, wasists, fibrists, hemists y saprists, diferenciados el primero por su corto período de saturación y los tres últimos por el grado de descomposición creciente del material vegetal.

L. Gelisols

Son suelos jóvenes con un pequeño desarrollo de perfil. Las bajas temperaturas y las condiciones de congelamiento en la mayoría de los años retardan el proceso de formación del suelo. La principal característica de estos suelos es la presencia de la capa denominada permafrost. Los subórdenes de los gelisols son los histels, turbels, orthels.

2.5. Calidad de suelo

La expresión calidad del suelo se originó en USA en la década de 1990, apareció por primera vez en el informe “calidad del suelo y agua: una agenda para la agricultura” del National Research Council Committee (NRCC) (ACEVEDO *et al.*, 2005). Así mismo, la calidad del suelo es definida como “la capacidad funcional de un tipo específico de suelo, para sustentar la productividad animal o vegetal” (KARLEN *et al.*, 1997). La calidad del suelo 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 según Brejeda y Moorman (2001), citados por ACEVEDO *et al.* (2005) son:

- a. Captar, mantener y liberar agua a las plantas y recargar las napas subterráneas.
- b. Mantener un hábitat edáfico adecuado para la actividad biológica del suelo.
- c. Para hacer un mejor uso de los campos y de las zonas de protección del paisaje.

El suelo, como recurso natural renovable, constituye un patrimonio debido a que el hombre requiere del mismo para el desarrollo de sus actividades productivas. Sin embargo, no se puede desconocer el hecho de que el suelo es un agregado equilibrado de componentes y a la luz de este enfoque sistémico evaluar su calidad resulta relevante en el ámbito de las actividades que se desarrollen en él. Es así como la calidad del suelo, según lo definen LARSON y PIERCI (1991), puede estar directamente relacionada a la capacidad del mismo para funcionar dentro de los límites de su ecosistema, sean estos naturales o manejados, en función de sostener la productividad vegetal y animal; mantenimiento de la calidad del recurso hídrico y aire y sostenedor de la habitación y salud humana.

2.5.1. Indicadores de calidad

Interpretar y predecir los efectos del manejo sobre la calidad del suelo a través de indicadores confiables y sensibles constituye una de las principales finalidades de la moderna ciencia del suelo. Hay necesidad de contar con indicadores para interpretar los diferentes datos de calidad de suelo

como paso fundamental para definir sistemas de producción sostenibles, (DALURZO *et al.*, 2002).

Los indicadores son datos estadísticos o medidas de una cierta condición, cambio de calidad o cambio en estado de algo que está siendo evaluado. Proporcionan información y describen el estado del fenómeno objeto de estudio, pero con un significado que va más allá de aquel que está directamente asociado con un parámetro individual. A causa de los requerimientos y prioridades regionales, será difícil o innecesario llegar a un único conjunto de indicadores para muchos de los puntos en consideración. Sin embargo, un agregado común de indicadores clave podrá ser usado como base para comparaciones internacionales, (BAKKES *et al.*, 1994).

Al respecto KARLEN *et al.*, (2001), indica que no hay índices absolutos, siempre son relativos puesto que se involucra en su construcción propiedades inherentes y dinámicas como procesos del suelo y de los ambientes difíciles de valorar. Estos autores agregaron que el desarrollo de índices se debe intentar con el propósito de contar con una herramienta más para valorar la sostenibilidad, que sirva de ayuda a productores e investigadores para tomar decisiones en el manejo del suelo y aceptar que tal tarea no es un fin en sí mismo.

Para que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sean consideradas indicadores deben cumplir las siguientes condiciones.

- Integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo
- Reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir
- Ser sensitivas a variaciones de clima y manejo

- Ser accesibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo
- No ser redundantes
- Ser fáciles de entender
- Ser sensitivas a los cambios en el suelo que ocurren como resultado de la degradación antropogénica.

2.6. Indicadores físicos

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente. Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo, son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La estructura, densidad aparente, profundidad del suelo superficial y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad, (CALDERÓN *et al.*, 2002).

2.6.1. La textura del suelo

FAO (2015), define que la textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades.

El triángulo de textura de suelos según la FAO (2015), se usa como una herramienta para clasificar la textura. Partículas del suelo que superan tamaño de 2.0mm se definen como piedra y grava y también se incluyen en la clase de textura. Por ejemplo, un suelo arenoso con 20% de grava se clasifica como franco arenoso con presencia de gravas.

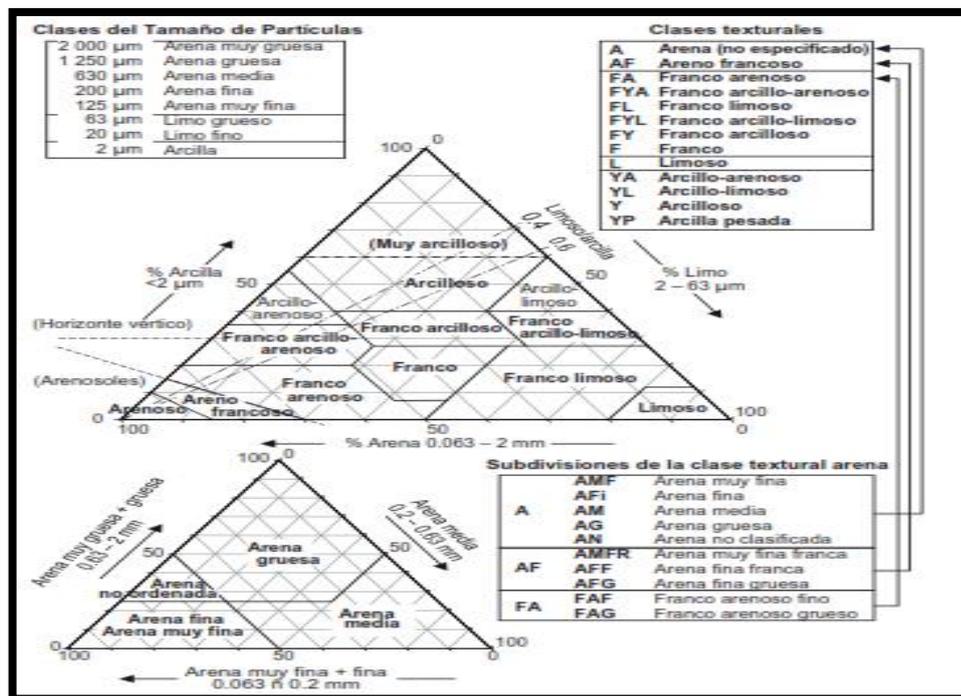


Figura 2. Relación de los constituyentes de tierra por tamaño, definiendo las clases texturales y sub clases de arena

2.6.2. Densidad del suelo

La densidad aparente se define como la masa de suelo por unidad de volumen (g. cm^3 o t. m^3). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso. Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. También se usa para convertir datos expresados en concentraciones a masa o volumen, cálculos

muy utilizados en fertilidad y fertilización de cultivos extensivos. La densidad aparente varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas, (TABOADA y ALVAREZ, 2008).

Cuadro 1. Rangos interpretativos para densidad aparente y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.

Textura	Ideal (g cm⁻³)	Aceptable (g cm⁻³)	Puede afectar el crecimiento radicular (g cm⁻³)	Restringe crecimiento radicular (g cm⁻³)
Arena, areno-franco	Dap < 1.6	1.6 ≤ Dap <1.69	1.69 ≤ Dap <1.80	Dap >1.80
Franco-arenosa, franco	Dap < 1.4	1.4 ≤ Dap <1.63	1.63 ≤ Dap <1.80	Dap >1.80
Franco-arcilla-arenosa, franco-arcillosa	Dap < 1.4	1.4 ≤ Dap <1.60	1.60 ≤ Dap <1.75	Dap >1.70
Limosa	Dap < 1.3	1.3 ≤ Dap <1.60	1.60 ≤ Dap <1.75	Dap >1.75
Franco-limosa, franco- arcillo-limosa	Dap < 1.4	1.4 ≤ Dap <1.55	1.55 ≤ Dap <1.65	Dap >1.65
Arcillo-arenosa, arcillo- limosa	Dap < 1.1	1.1 ≤ Dap <1.39	1.39 ≤ Dap <1.58	Dap >1.58
Arcillosa (>45% arcilla)	Dap < 1.1	1.1 ≤ Dap <1.39	1.39 ≤ Dap <1.47	Dap >1.47

Fuente: SQI (1996)

2.6.3. Temperatura del suelo

La temperatura es un factor determinante en los procesos de formación de suelo, la distribución natural de las plantas y el control de los procesos biológicos que tienen lugar en él. Por debajo del punto de congelación no existe actividad biológica ni el agua se mueve en forma de líquido. Entre 0 y 5°C, el crecimiento radicular y la germinación de la mayoría

de las semillas son prácticamente inexistentes. Cada pedón tiene un régimen de temperatura característico que puede medirse y describirse FAO (2015).

2.6.4. Color del suelo

POSADA (2010), menciona que el color del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato.

Los colores oscuros en los horizontes superiores del suelo indican buenos contenidos de materia orgánica, debido a la formación de complejos de humus y arcilla en la estructura. Un suelo con un color oscuro puede retener mayor cantidad de la energía radiante del sol mejorando los procesos térmicos e incrementando su actividad biológica. Suelos con bajos contenidos de materia orgánica y colores oscuros, pueden indicar complejos entre el humus y óxidos de hierro, carbón u óxido de manganeso.

Los colores rojos en los suelos, indican buenas condiciones de drenaje y ventilación así como alto grado de meteorización y la presencia de minerales de óxido de hierro y aluminio.

Los colores grises a blancos, reflejan la presencia de contenidos importantes de cuarzo, caolinita u otras arcillas silicatadas, carbonatos de calcio o magnesio, yeso y sales; indicando en la mayoría de los casos mal drenaje y bajos contenidos de coloides como la arcilla y el humus. Los suelos

grisáceos, indican condiciones anaeróbicas debidas a épocas de anegamiento o niveles freáticos muy elevados. Los moteos en el suelo (diversos colores) indican condiciones de mal drenaje.

2.6.5. Consistencia del suelo

La consistencia es la propiedad que define la resistencia del suelo a la deformación o ruptura que pueden aplicar sobre él. Según su contenido de humedad la consistencia del suelo puede ser dura, muy dura y suave. Se mide mediante tres niveles de humedad; aire-seco, húmedo y mojado. Para la construcción sobre él se requiere medidas más precisas de resistencia del suelo antes de la obra, FAO (2015).

Cuadro 2. Niveles de resistencia a la penetración del suelo

K/cm²	Nivel de resistencia
< 1	Suelos muy suaves
1 – 2	Suelos suaves
2 – 3	Suelos duros
3 – 4	Suelos muy duros
> 4	Suelos extremadamente duros

Fuente: FAO, (2015)

2.6.6. Estructura del suelo

Las partículas texturales del suelo como arena, limo y arcilla se asocian para formar agregados y a unidades de mayor tamaño. La estructura del suelo afecta directamente la aireación, el movimiento del agua en el suelo, la conducción térmica, el crecimiento radicular y la resistencia a la erosión. El agua es el componente elemental que afecta la estructura del suelo con mayor

importancia debido a su solución y precipitación de minerales y sus efectos en el crecimiento de las plantas, (POSADA 2010).

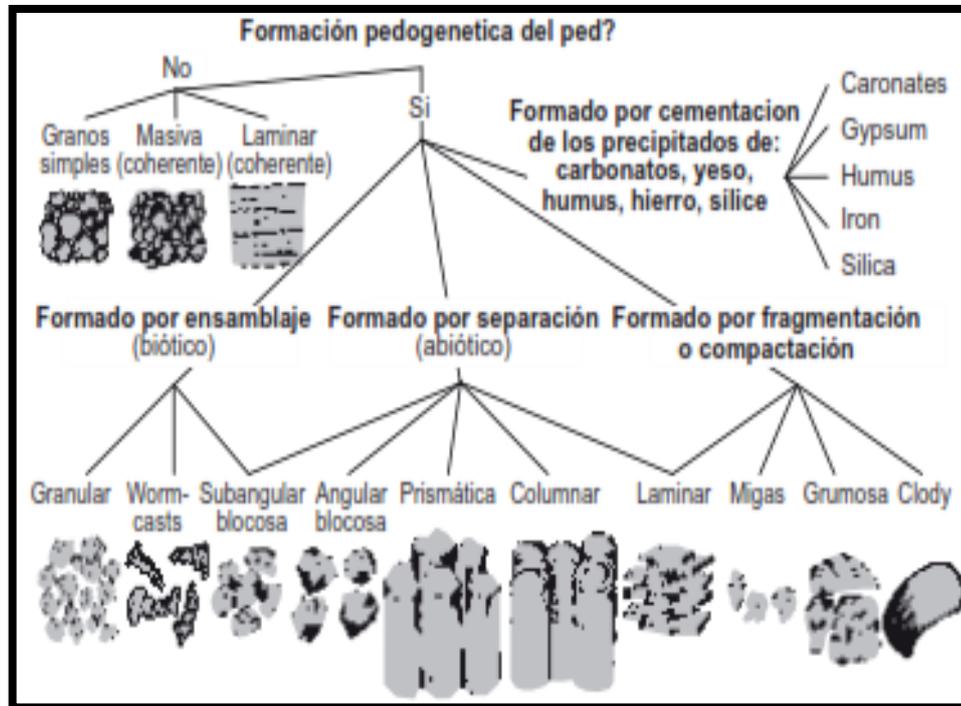


Figura 3. Tipos de estructura del suelo y su formación

2.7. 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, (SQI, 1996).

2.7.1. Materia orgánica

La materia orgánica (residuos de plantas y materiales animales) está hecha de compuestos tales como los carbohidratos, ligninas y proteínas. Los microorganismos descomponen la materia orgánica en dióxido de carbono y los residuos más resistentes en humus. Durante el proceso de

descomposición los microbios pueden atrapar nitrógeno del suelo. La materia orgánica y el humus almacenan muchos nutrientes del suelo. También mejoran su estructura, sueltan suelos de arcilla, ayudan a prevenir la erosión y mejoran la capacidad de retención de nutrientes y agua de suelos arenosos o toscos. La cantidad de materia orgánica del suelo depende de la vegetación, el clima, la textura del suelo, el drenaje del mismo y de su laboreo. Los suelos minerales con mayor contenido de materia orgánica son normalmente los suelos de praderas vírgenes. Los suelos de bosques y aquellos de climas cálidos tienen una menor cantidad de materia orgánica, (PORTA *et al.*, 2003).

Cuadro 3. Intervalos de materia orgánica en el suelo.

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

Fuente: PORTA (1999)

2.7.2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, merced a su contenido en arcillas y materia orgánica. Las arcillas están cargadas negativamente, por lo que suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores. A mayor contenido de materia orgánica en un suelo aumenta su CIC. Los cationes que tienen mayor importancia en lo que se refiera a las plantas son el calcio (Ca^{++}), magnesio (M^{++}), potasio (K^+), amonio (NH_4^+), sodio (Na^+) e hidrógeno (H^+), (JARAMILLO y DANIEL, 2002).

Cuadro 4. Niveles de CIC para suelos con pH menor de 5.5

Nivel	CIC (meq/100gr de suelo)
Bajo	menor de 4
Medio	4 – 30
Alto	mayor de 30

Fuente: PORTA (1999)

Cuadro 5. Niveles de CIC para suelos con pH mayor de 5.5

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

Fuente: PORTA (1999)

2.7.3. Fósforo disponible (método de olsen modificado).

El fósforo es un elemento fundamental para la nutrición de las plantas. Es absorbido por éstas en forma de fosfatos mono y diácidos. A diferencia del nitrógeno y del azufre, que son otros elementos que se absorben en forma aniónica, el fósforo es un elemento poco móvil. Por su tendencia a reaccionar dando formas fosforadas no disponibles para las plantas es que debe ser considerado uno de los elementos más críticos.

Aunque las plantas lo contienen en menor cantidad que el nitrógeno, potasio, y calcio, tiene como factor limitativo más importancia que el calcio y quizás más que el potasio. Es un elemento que da calidad y precocidad a las plantas, ya que adelanta la maduración, a diferencia del nitrógeno, que

tiende a prolongar el crecimiento vegetativo. Cumple un rol plástico, porque se encuentra en toda la planta, y especialmente en los tejidos jóvenes y órganos de reserva. En los primeros interviene en la síntesis proteica y contribuye al desarrollo radicular. En los órganos de reserva (semillas y tubérculos) forma parte de fosfolípidos y ácidos nucleicos. También cumple un rol metabólico, ya que desempeña un papel indispensable como acumulador de energía y combustible para todas las actividades bioquímicas de las células vivientes al formar parte del adenosina trifosfato (ATP), (CESPEDES, 1991).

Cuadro 6. Niveles de fósforo

Nivel	Fósforo (ppm)
Muy Bajo	menos de 5
Bajo	5.1 - 15
Normal	15.1 - 30
Alto	30.1 - 40

Fuente: PORTA (1999)

2.7.4. El pH del suelo

El pH del suelo es generalmente considerado adecuado en agricultura si se encuentra entre 6 y 7. En algunos suelos, incluso con un pH natural de 8, pueden obtenerse buenos rendimientos agropecuarios. Sin embargo, a partir de tal umbral las producciones de los cultivos pueden mermarse ostensiblemente. En la mayoría de los casos, los pH altos son indicadores de la presencia de sales solubles, por lo que se requeriría acudir al uso de cultivos adaptados a los ambientes salinos. Del mismo modo, un pH muy ácido, resulta ser otro factor limitante para el desarrollo de los cultivares, el cual puede corregirse mediante el uso de enmiendas como la cal. Del mismo

modo, a veces se aplican de compuestos de azufre con vistas a elevar el pH de los suelos fuertemente ácidos, (CESPEDES, 1991).

Cuadro 7. Rangos interpretativos para el pH

Descripción	Rango
Extremadamente ácido	Menor de 4.5
Fuertemente ácido	4.6-5.4
Moderadamente ácido	5.5-6.5
Neutro	6.6-7.3
Moderadamente alcalino	7.4-8.5
Fuertemente alcalino	Mayor de 8.5

Fuente: PORTA (1999)

2.7.5. Nitrógeno

El nitrógeno puede llegar al suelo gracias a los aportes de materia orgánica (abonos orgánicos (estiércol) y los residuos de cosecha) y a los procesos de fijación bacteriana a partir de la atmosfera, (CESPEDES, 1991).

Cuadro 8. Niveles de contenido de nitrógeno.

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

Fuente: PORTA (1999)

2.7.6. Potasio

Este elemento procede de la desintegración y descomposición de las rocas que contienen minerales potásicos, junto a estos hay que añadir aquellos provenientes de la descomposición de restos vegetales y animales.

El potasio en el suelo se halla en cantidades relativamente grandes. Su contenido como K_2O , depende de su textura. La fracción arcillosa es la que presenta un contenido mayor, por lo que los suelos arcillosos y limo-arcillosos son más ricos que los limo-arenosos y arenosos, (BAZELET y FEIGENBAUM, 1988).

Cuadro 9. Niveles de contenido de potasio disponible (K_2O).

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

Fuente: Laboratorio de suelos de la UNAS

2.7.7. Porcentaje de saturación de bases

En el suelo se encuentran los cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo de refiere al porcentaje de saturación de bases. Cuando el pH del suelo indica 7 (estado neutral) su saturación de bases llega a un 100 por ciento y significa que no se encuentran iones de hidrógeno en los coloides. La saturación de bases se relaciona con el pH del suelo. (POSADA, 2010).

2.8. Subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS)

El índice de sustentabilidad del sector rural y pesquero pondera los niveles de sustentabilidad de cinco componentes (suelos, agua, atmósfera, pesquerías y biodiversidad), dándole un enfoque global a los resultados. De esta manera, el cálculo del índice implica la construcción de cinco subíndices que reflejan los avances de cada uno de los componentes, estableciendo niveles de sustentabilidad (SAGARPA, 2012).

1. Variables del subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS)
2. Variables del subíndice uso sustentable del agua (SUSA)
3. Variables del índice de sustentabilidad biológica de las principales pesquerías de México (ISB)
4. Variables del subíndice diversidad:
 - Variables del subíndice de biodiversidad vegetal (SBV)
 - Variables del subíndice de diversidad pecuaria (SDP)
5. Variables del subíndice de emisiones de gases efecto invernadero (SEGEI)

Para evaluar el estado actual de los suelos, tomando en consideración aquellos parámetros edáficos que inciden sobre la calidad del mismo, se tomó en consideración un número mínimo de propiedades analizadas consideradas las más relevantes para el uso agropecuario global, tanto en condiciones de riego como en condiciones de temporal (KARLEN *et al.*, 1997).

A partir de los datos normalizados se calculó un promedio simple (subíndice de uso sustentable del suelo) y éste se clasificó según los rangos de calidad definidos (SAGARPA, 2012).

2.8.1. Valores deseables y valores de corte utilizados en la normalización de los indicadores implicados en el SUSS

Los rangos de valores deseables para cada parámetro considerado en la estimación del SUSS se presentan en el Cuadro 10. Éstos están en concordancia con la NOM 021, sobre especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación del suelo.

Cuadro 10. Parámetros edáficos, valores deseables y de corte para evaluar el estado actual de los suelos.

Indicadores	Valor deseable	Valor de corte
Materia orgánica	5.10	0.50
Densidad aparente	1.00	1.47
PH	6.20	5.20
Fósforo	5.60	0.00
Magnesio	0.32	0.00
Calcio	5.00	0.00
CIC	15.10	5.00
Nitrógeno	0.30	0.05

Fuente: FAO (2015)

2.9. Antecedentes de calidad de suelos

2.9.1. Calidad del suelo en tres sistemas de uso en la localidad de Rio Espino – Monzón

El manejo inadecuado del suelo con cultivo de coca y el mal uso de su producción ha afectado las zonas de vida más frágiles de nuestra Amazonía, lo cual se reflejan en la baja productividad de los cultivos lícitos; degradación y pérdida de fertilidad del suelo. En base a esto, en el presente estudio se plantearon los siguientes objetivos: determinar los indicadores físicos del suelo, indicadores químicos, la calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS) y los indicadores más influyentes sobre la calidad del suelo en tres sistemas de uso ubicados en la localidad de Rio Espino - Monzón. Para ello, se realizó el muestreo del suelo y así determinar los indicadores fisicoquímicos, en base a esto se determinó la calidad del suelo utilizando la metodología del SUSS, cuyos indicadores fueron: textura, densidad aparente, resistencia a la penetración, infiltración, temperatura, pH, fósforo disponible, nitrógeno total y materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, potasio, calcio y magnesio intercambiable y conductividad eléctrica. Determinándose que el SAF y el cocal presentaron una textura franco arcilloso arenoso y el bosque secundario franco arenoso. El sistema que presentó mayor densidad aparente fue el cocal (1.49 g/cc). El sistema con menor valor de resistencia a la penetración lo presentó el bosque secundario (1.60 kg/cm²). El SAF obtuvo una velocidad de infiltración de 33.94 cm/h y una temperatura de 25.50 °C. En cuanto al pH, el SAF presentó mayor valor (4.77). El bosque secundario presentó menor nivel de fósforo disponible

(2.89 mg·kg⁻¹). La materia orgánica fue menor en el cocal (2.29 %). En cuanto a nitrógeno total fue mayor en el bosque secundario (0.22%). El SAF presentó mayor valor de potasio, calcio y magnesio (0.09, 3.76 y 0.45 cmol⁽⁺⁾·kg⁻¹). El bosque secundario presentó menor valor CIC (5.38 cmol⁽⁺⁾·kg⁻¹). El mayor valor de conductividad eléctrica lo presentó el SAF (1.84 dS·m⁻¹). Teniendo en cuenta los valores obtenidos de cada indicador se determinó el SUSS de cada sistema, clasificando al SAF, bosque secundario y ex cocal con calidad aceptable, sensible y marginal respectivamente, siendo el SAF quien obtuvo una mejor calidad y el nitrógeno total el indicador fuertemente correlacionado con la calidad del suelo, (AQUINO, 2016).

2.9.2. Clasificación taxonómica soil taxonomy en el Parque Nacional Tingo María, extraída de la ZEE de Leoncio Prado.

En los estudios realizados para la zonificación ecológica económica (ZEE) de la provincia de Leoncio Prado, se encuentran diversos mapas como el mapa de clasificación de suelo (anexo C). De donde se ha extraído solamente la clasificación que presenta el Parque Nacional de Tingo María por ser la zona en estudio, en donde según la clasificación soil taxonomy el Parque Nacional de Tingo María presenta suelos lithic eutrudepts, typic eutrudepts y typic udifluvents (ZEE, 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el Parque Nacional de Tingo María (PNTM), en una de las zonas denominada zona de uso especial, por la permanencia de población y se dedican básicamente actividades agropecuarias. Se encuentra ocupando los sectores: Melitón Carbajal, Afilador, Cumbre Alania y Tambillo, Juan Santos Atahualpa.

Políticamente el PNTM se ubica en los distritos de Mariano Dámaso Beraún y Rupa Rupa, pertenecientes a la provincia de Leoncio Prado en el departamento de Huánuco, limitado espacialmente por las coordenadas UTM, E 385481 m, N 8969742 m; E 393602 m, N 8969742 m; E 393602 m, N 8957841m y E 385481 m, N 8957841 m.

3.2. Características de las zonas de estudio

3.2.1. Clima

El Parque Nacional Tingo María de acuerdo a las estaciones meteorológicas del SENAMHI registra una temperatura máxima media anual de 29.7 °C y una temperatura mínima media anual de 20.4 °C, siendo la temperatura media anual de 25 °C. La humedad relativa media anual cercana al 86%. La precipitación media anual es de 3,847.3 milímetros, con una tendencia al incremento de la temperatura y por factores de sequía del

presente año existe una tendencia a la disminución de la humedad relativa, y a la precipitación media anual, siendo el comienzo de la época de lluvias en octubre y se prolonga hasta abril SERNANP (2012).

3.2.2. Flora

La flora del Parque Nacional Tingo María ha sido poco estudiada, se reportan algunas colecciones realizadas desde hace 30 años atrás, donde se lograron identificar 96 especies de árboles, 17 de palmeras y 31 de arbustos, (SERNANP, 2012).

Buendía (1996), citado por SERNANP (2012) reporta en una zona sin impacto del Parque Nacional Tingo María su composición florística conformada por 47 familias; 72 géneros; 81 especies, evaluadas en un área total de 29.6 ha.

3.2.3. Fauna

Según SERNANP (2012), la fauna del Parque Nacional Tingo María han sido poco estudiada, pero es evidente que se caracteriza por la presencia de una gran diversidad en donde destacan los grupos de insectos, aves (pucacunga, manacaraco, pájaro carpintero, carpintero de penacho, paujil, garza atigrada, águila, garrapatero, tortolita rojiza, monja de frente negra, urraca violácea, golondrina de faja blanca, cacique, tangara de pico plateado, tangara de palmeras, trogon, ermitaño rojizo, shansho), reptiles (lagartija, lagarto, loro machaco, shushupe, mantona, coralillo, jergón), anfibios (sapo (*Ameerega trivittatus*), sapo (*Rhinella typhonius*), sapo (*Scinax sp.*), sapo

(*Osteocephalus sp.*), peces (Bagre (*Astroblepus sp.*), Carachama (*Chaetostoma sp.*)), mamíferos que constantemente son observados.

3.2.4. Ecología (zonas de vida)

Debido a su altitud y ubicación, el Parque Nacional Tingo María está cubierto por los bosques montanos lluviosos y nublados característicos de la ecorregión de las Yungas eruanas o selva alta (BRACK, 1986). La clasificación por zonas de vida lo caracteriza como bosque muy húmedo tropical. En las partes altas del parque la vegetación es densa, con matorrales diversos cargados de musgos, líquenes, bromelias y otras epífitas que cubren los afloramientos rocosos.

3.2.5. Accesibilidad

Desde Tingo María, la vía de acceso principal a la zona de trabajo es a través de la carretera central “Fernando Belaunde Terry”, en dirección a la ciudad de Huánuco, a 14 km aproximadamente hasta el caserío Tres de Mayo, donde se ubica, los límites del Parque Nacional de Tingo María.

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Materiales

- Bolsas
- Recipientes
- Pala
- Machete
- Impermeable

3.3.2. Equipos de campo

- Cámara digital
- GPS
- Brújula
- Eclímetro
- Termómetro
- Laptop
- Libreta

3.3.3. Equipos de laboratorio

- Balanza de precisión
- pH metro
- Espectrofotómetro de absorción atómica

3.4. Metodología

3.4.1. Descripción de la zona de estudio

El Parque Nacional Tingo María presenta cuatro zonas que están denominadas de acuerdo a sus características. Dentro de ella se encuentra la zona de uso especial considerada como zona agrícola; que está distribuida en seis áreas, comprendidas en cuatro sectores de ocupación; sector Melitón Carbajal en Río Oro (margen derecha) cuenta con 36 familia; 16 familias en el sector Afilador; 1 familia en el sector Cumbre Alania, en el río Huallaga; y 5 familias en el sector Tambillo, en el río Huallaga (margen izquierda).

3.4.2. Clasificación taxonómica del suelo según soil taxonomy

Para determinar la clasificación taxonómica del suelo en la zona de uso especial se realizó la lectura de 4 calicatas en diferentes puntos de la zona y fue clasificada según soil taxonomy realizando las siguientes actividades:

- Reconocimiento preliminar de la zona con la finalidad de determinar los patrones geológicos y edáficos dominantes.
- Lectura de algunos cortes naturales con la finalidad realizar la lectura de las características físico-morfológicas de los suelos.
- Elaboración de una leyenda cartográfica de los suelos a estudiar.
- Muestreo aleatorio de suelos y realización de calicatas de hasta 1.50 m. de profundidad donde en cada uno de ellos se evaluaron los siguientes parámetros edáficos:

- Tipo de material parental (M)
- Textura en superficie (30cm) (t)
- Altitud (msnm)
- Coordenadas (UTM)
- Reacción o pH (r)
- Pendiente (p)
- Profundidad (pr)
- Dist. Raíces
- Nivel freático (cm)
- Vegetación (V)

3.4.3. Indicadores físicos, químicos del suelo.

3.4.3.1. Muestreo de suelo

La metodología de muestreo consistió en la toma de 5 submuestras en cada punto de muestreo distribuidas en la mayor parte de la superficie de cada parcela visitada siguiendo una trayectoria en zigzag con profundidad de 0 a 30 cm. Posteriormente todas las submuestras se mezclaron para formar una muestra compuesta de un kilogramo aproximadamente. Cada punto de muestro fue georreferenciado en coordenadas UTM en Datum WGS84.

3.4.3.2. Determinación de los indicadores físico - químico

Cuadro 11. Indicadores fisicoquímicos

Indicadores físicos	Método de su determinación
Estructura del suelo	Método directo
Textura del suelo	Método del hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Método de la probeta
Temperatura del suelo	Método directo (termómetro)
Resistencia a la penetración	Método directo (penetrómetro)
Indicadores químicos	
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo	Método del potenciómetro
Nitrógeno total	Método de Kjeldahl
Fósforo disponible	Método de Olsen
Potasio disponible	Método del ácido sulfúrico
Capacidad de intercambio Catiónico	Método del acetato

3.4.4. Calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS)

Para determinar la calidad de suelo se utilizó la metodología del subíndice de uso sustentable del suelo SUSS, que agrupa las propiedades fisicoquímicas relacionadas a la calidad del suelo, a través del promedio de los valores normalizados de cada indicador edáfico.

$$\text{SUSS} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots \dots \dots (1)$$

Dónde:

P: es el promedio del valor de los parámetros normalizados

i: es cada indicador o parámetro analizado

n: es el número total de parámetros analizados.

$$P = \frac{\sum_{j=1}^m Rn_j}{m} \dots \dots \dots (2)$$

Dónde:

Rn: es el valor resultante del parámetro normalizado

m: es el número de muestras de suelo analizadas

j: es cada muestra de suelo.

La ecuación de cálculo de la normalización de los indicadores es:

$$Rn_j = 1 - \left(\frac{Vr_j - d_j}{c_j - d_j} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Dónde:

Rn: es el resultado normalizado

Vr: es el valor del parámetro fisicoquímico (indicador)

d: es el valor deseable en el indicador

c: es el valor de corte en el indicador

j: es cada muestra de suelo

Cuadro 12. Rangos interpretativos del SUSS

Calidad del suelo	Descripción
Bueno ($0.95 < \text{SUSS} \leq 1.0$)	Las condiciones de calidad del suelo son las deseables para llevar a cabo la actividad agrícola.
Aceptable ($0.80 < \text{SUSS} \leq 0.95$)	La calidad del suelo está cercana a las condiciones deseables. Las variables analizadas poco se alejan de los valores adecuados.
Sensible ($0.65 < \text{SUSS} \leq 0.78$)	Los parámetros medidos ocasionalmente se alejan de los valores óptimos.
Marginal ($0.45 < \text{SUSS} \leq 0.65$)	Los indicadores de calidad son distantes de los valores deseables.
Pobre ($0 < \text{SUSS} \leq 0.45$)	La calidad del suelo para fines agrícolas se encuentra amenazada o afectada. Los indicadores se alejan completamente de los niveles deseables.

Fuente: FAO (2015)

IV. RESULTADOS

4.1. Clasificación de la taxonomía del suelo

En el Cuadro 13, se aprecia el resultado de la clasificación soil taxonomy en orden, sub orden, gran grupo y sub grupo de la zona de uso especial del PNTM.

Cuadro 13. Clasificación taxonómica soil taxonomy.

Orden	Sub Orden	Gran Grupo	Sub Grupo	Sectores
		Eutrudepts	Typic Eutrudepts	C1 Rio Oro (RO)
Inceptisols	Udepts	Distrudepts	Typic Distrudepts	C2 Rio Oro (RO)
		Eutrudepts	Typic Eutrudepts	C3 Puente Pérez (PP)
		Distrudepts	Typic Distrudepts	C4 Tres de Mayo (TM)

4.1.1. Descripción de los diferentes tipos de suelos de la zona de uso especial del PNTM.

En el Cuadro 14, se observan las características descriptivas como altitud, coordenadas, pendiente, vegetación de la calicata 1, ubicada en el sector Rio Oro de la zona de uso especial del PNTM.

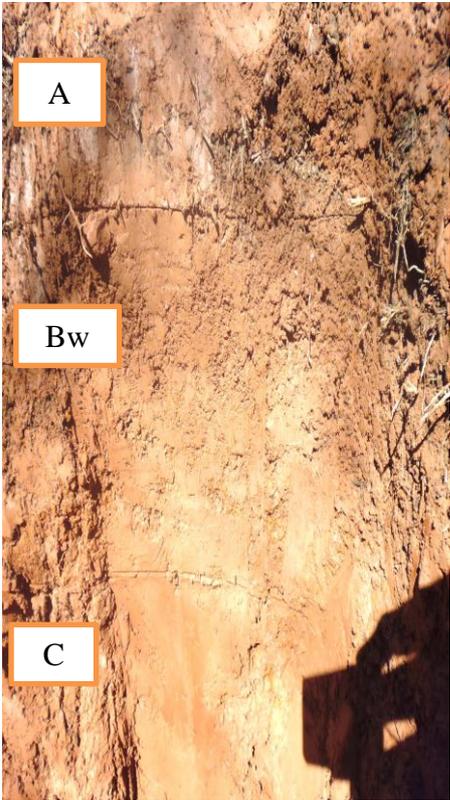
Cuadro 14. Características de la calicata 1 del sector Rio Oro

Características de las calicata	
Lugar	Parque Nacional de Tingo María
Sector	Rio Oro
Calicata	1 RO
Fisiografía	Montañoso
Coordenadas UTM	E: 386554 m N: 8966194 m
Altitud	1033 msnm
Pendiente	40%
Dist. Raíces	Superficial y abundante
Drenaje	No se observa
Nivel freático	No se observa
Material parental	Residual
Vegetación	Plátano, maíz y café

En el Cuadro 15, se describe las propiedades del suelo como: textura, color, materia orgánica, pH, estructura, CIC y saturación de bases de la calicata 1 en el sector Rio Oro.

Cuadro 15. Descripción del perfil de la calicata 1 del sector Rio Oro

Hz	Pf(cm)	Descripción
A	0- 10.5	Epipedon Ocrico, Textura Franco, color dark reddish Brown (pardo oscuro) (2.5YR3/3) en húmedo, estructura granular media, pH 4.80 fuertemente ácido, contenido medio de materia orgánica (4.03%), CICE bajo (4.14 cmol (+)/kg suelo), saturación medio de bases (68.60%)
Bw	10.5 – 40	Horizonte cambico, Textura Franco arcilloso, color reddish Brown (pardo rojizo) (2.5YR4/4) en húmedo, estructura granular grueso, pH 5.96 moderadamente ácido, contenido bajo de materia orgánica (2.15%), CICE bajo (6.85 cmol (+)/kg suelo), alta saturación de bases (100%)
C	40 < 83	Textura Franco arcilloso, color reddish Brown (pardo rojizo) (2.5YR5/4) en húmedo, estructura subangular media, pH 6.36 moderadamente ácido, contenido bajo de materia orgánica (1.88%), CICE bajo (5.12 cmol (+)/kg suelo), I, alta saturación de bases (100%)



En el Cuadro 16, se observan las características descriptivas como fisiografía, coordenadas, altitud, vegetación de la calicata 2 ubicada en el sector Rio Oro de la zona de uso especial del PNTM.

Cuadro 16. Características de la calicata 2 del sector Rio Oro

Características	
Lugar	Parque Nacional de Tingo María
Sector	Rio Oro
Calicata	2 RO
Fisiografía	Colina alta
Coordenadas UTM	E:386427 m N:8967520 m
Altitud	850 msnm
Pendiente	7%

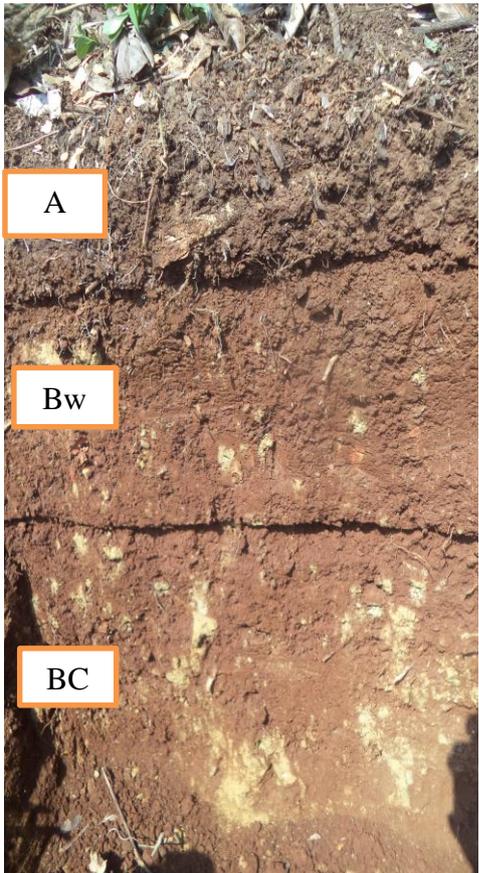
Cuadro 16. Continuación

Características	
Dist. Raíces	Superficial y abundante
Drenaje	
Nivel freático	No visible
Material parental	Residual
Vegetación	Pasto

En el Cuadro 17, se describe las propiedades del suelo como: textura, color, estructura, pH, materia orgánica, CIC y saturación de bases de la calicata 2 en el sector Rio Oro.

Cuadro 17. Descripción del perfil de la calicata 2 del sector Rio Oro

H _z	Pf(cm)	Descripción
p	0 – 9	Epipedon Ocrico, textura franco arenoso, color dusky red (Rojo oscuro) (7.5YR3/3) en húmedo, estructura granular fino, pH 6.42 moderadamente ácido, contenido alto de materia orgánica (4.16%), CICE medio (7.77 cmol (+)/kg suelo), (100%) con presencia de carbonatos en proceso de descomposición.
Bw	9-40	Horizonte cambico, textura arcilloso limoso, color dark reddish brown (Marrón rojizo oscuro) (2.5YR2.5/3) en húmedo, estructura subangular blocosa, pH 4.38 extremadamente ácido, contenido medio de materia orgánica (2.15%), CICE medio (4.64 cmol (+)/kg suelo), baja saturación de bases (40.52%)
BC	40 < 82	Textura arcilloso, color dark reddish Brown (Marrón rojizo oscuro) (5YR3/4) en húmedo, estructura blocosa media, pH 4.29 extremadamente ácido, contenido bajo de materia orgánica (1.61%), CICE medio (4.69 cmol (+)/kg suelo), baja saturación de bases (41.17%)



En el Cuadro 18, se observan las características descriptivas como: fisiografía, coordenadas, altitud y pendiente de la calicata 3 ubicada en el sector Puente Pérez de la zona de uso especial del PNTM.

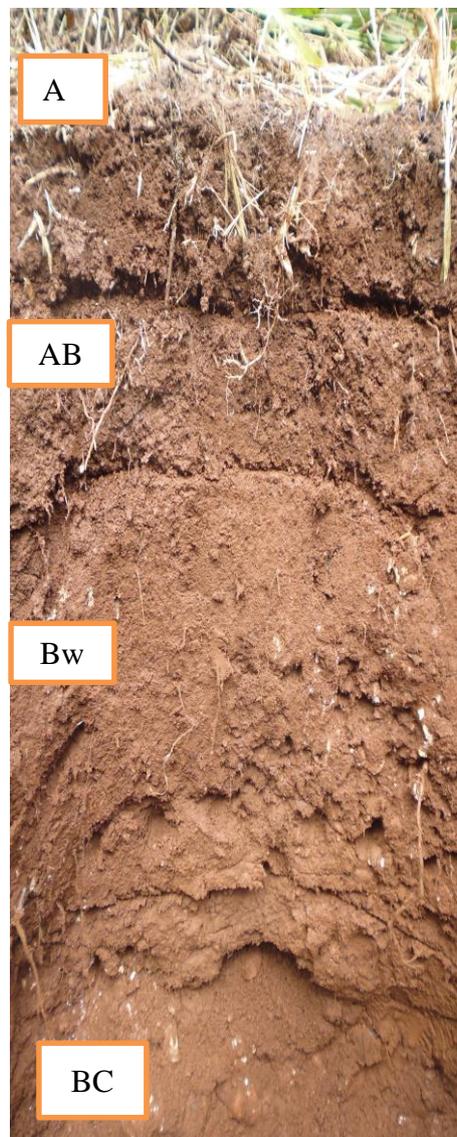
Cuadro 18. Características de la calicata 3 del sector Puente Pérez

Características	
Lugar	Parque Nacional de Tingo María
Sector	Puente Pérez
Calicata	3 PP
Fisiografía	Colina alta
Coordenadas UTM	E: 391740 m N: 8966600 m
Altitud	704 msnm
Pendiente	20%
Dist. Raíces	abundante
Drenaje	
Nivel freático	No visible
Material parental	Residual
Vegetación	Maíz recién plantado

En el Cuadro 19, se observan las características descriptivas como: textura, color, estructura, pH, M.O, CIC y saturación de bases de la calicata 4 ubicada en el sector Puente Pérez de la zona de uso especial del PNTM.

Cuadro 19. Descripción del perfil de la calicata 3 del sector Puente Pérez

Hz	Pf(cm)	Descripción
A	0 – 15	Epipedon ocrico, textura arena franca, color very dark brown (Marrón muy oscuro) (7.5YR2.5/2) en húmedo, estructura granular fino, pH (7.14) neutro, alto contenido de materia orgánica (4.43%), CICE bajo (8.76 cmol (+)/kg suelo), alta saturación de bases (100%)
AB	15 – 32	Horizonte cambico, textura franco arcilloso, color very dusky red (Marrón muy oscuro) (2.5YR2.5/2) en húmedo, estructura granular moderado, pH 7.18 neutro, contenido medio de materia orgánica (2.96%), CICE bajo (8.90 cmol (+)/kg suelo), alta saturación de bases (100%)
Bw	32 – 82	Textura franco arcilloso, color dark reddish brown (Marrón rojizo oscuro) (2.5YR2.5/3) en húmedo, estructura subangular moderada, pH 7.49 moderadamente alcalino, contenido medio de materia orgánica (2.42%), CICE bajo (6.3190 cmol (+)/kg suelo), alta saturación de bases (100%)
BC	82 - 108>	Textura franco arcilloso, color dark reddish brown (Marrón rojizo oscuro) (2.5YR3/3) en húmedo, estructura subangular blocoso, pH 7.70 moderadamente alcalino, contenido bajo de materia orgánica (1.07%), CICE bajo (3.89 cmol (+)/kg suelo), la cantidad es muy baja por lo que no se puede representar, alta saturación de bases (100%), presencia de rocas en proceso de meteorización.



En el Cuadro 20, se observan las características descriptivas como: fisiografía, coordenadas, altitud y pendiente de la calicata 4 ubicada en el sector Tres de Mayo de la zona de uso especial del PNTM.

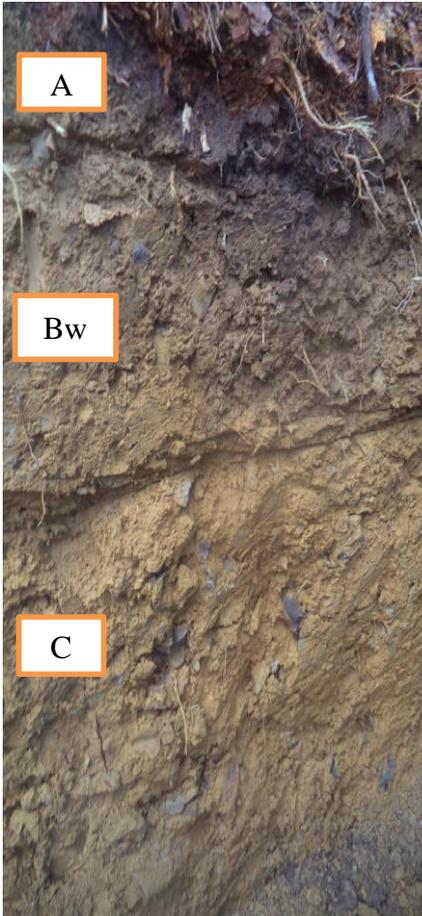
Cuadro 20. Características de la calicata 4 del sector Tres de Mayo

Características	
Lugar	Parque Nacional de Tingo María
Sector	Tres de Mayo
Calicata	4 TM
Fisiografía	Montañoso
Coordenadas UTM	E: 391452 m N: 8958355 m
Altitud	936 msnm
Pendiente	55%
Dist. Raíces	Superficial y abundante
Drenaje	N
Nivel freático	No se observa
Material parental	Residual
Vegetación	Café

En el Cuadro 21, se observan las propiedades descriptivas del suelo como: textura, estructura, pH, M.O, CIC y saturación de bases de la calicata 4 ubicada en el sector Tres de Mayo en la zona de uso especial del PNTM.

Cuadro 21. Descripción del perfil de la calicata 4 del sector Tres de Mayo

Hz	Pf(cm)	Descripción
A	0 - 10.5	Epipedon ocrico, textura franco, color reddish brown (Pardo rojizo) (5YR4/4) en húmedo, estructura granular pH 3.79 extremadamente ácido, contenido medio de materia orgánica (3.76%), CICE medio (6 cmol (+)/kg suelo), baja saturación de bases (46.81%)
Bw	10.5 - 33.5	Horizonte cambico, textura franco arcilloso, color yellow (amarillo) (10YR7/8) en húmedo, estructura subangular, pH 4.43 extremadamente ácido, contenido medio de materia orgánica (2.69%), CICE bajo (3.73 cmol (+)/kg suelo), baja saturación de bases (49.9%), presencia de rocas en proceso de meteorización.
C	33.5 - 83	Textura Franco arcilloso, color yellow with brown (Amarillo con marrón) (10YR5/6) en húmedo, estructura angular blocosa, pH 3.97 extremadamente ácido, contenido medio de materia orgánica (2.69%), CICE bajo (3.73 cmol (+)/kg suelo), baja saturación de bases (49.9%), presencia de rocas en proceso de meteorización.



4.2. Determinación de indicadores del suelo de la zona de uso especial del Parque Nacional de Tingo María

4.2.1. Indicadores físicos del suelo.

4.2.1.1. Textura

La zona de uso especial presenta diferentes texturas de suelos; las muestras 1 y 8 presentan textura franco y las muestras 2 y 3 textura franco arcillo limoso; la muestra 4 presenta una textura franco arenoso; muestra 5

presenta textura franco arcilloso, las muestras 6, 7, 8 y 9 franco limoso y la muestra 10 presentan una textura franco arcillo arenoso, tal como se aprecia en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Textura de suelos de la zona de uso especial

N° de Muestra	Sector	Partículas de Suelo			Textura
		Arena	Arcilla	Limo	
1	Rio Oro	39.68	19.04	41.28	Franco
2	Rio Oro	19.68	37.04	43.28	Franco arcillo limoso
3	Rio Oro	21.68	35.04	43.28	Franco arcillo limoso
4	Sector Bella	53.68	11.04	35.28	Franco arenoso
5	Puente Pérez	25.68	35.04	39.28	Franco arcilloso
6	Alania	15.68	25.04	59.28	Franco limoso
7	Tambillo	17.68	25.04	57.28	Franco limoso
8	Tres de Mayo	29.68	19.04	51.28	Franco limoso
9	Tres de Mayo	24.68	19.04	56.28	Franco limoso
10	Juan Santos Atahualpa	55.68	23.04	21.28	Franco arcillo arenoso

En la Figura 4, se aprecia los porcentajes de partículas de arena, limo y arcilla en el suelo de las 10 muestras, donde en la muestra 1 se observa un suelo franco, donde predomina el limo con 41.28%, arena con el 39.68% y la arcilla con un 19.04%, en la muestra 2 se observa una textura franco arcillo limoso donde predomina el limo con un 43.28%, arena con 19.68% y arcilla con 37.04 y la muestra 4, textura franco arenoso donde predomina con el 53.68%, la arena, 11.04 % de arcilla y 35.18% de limo.

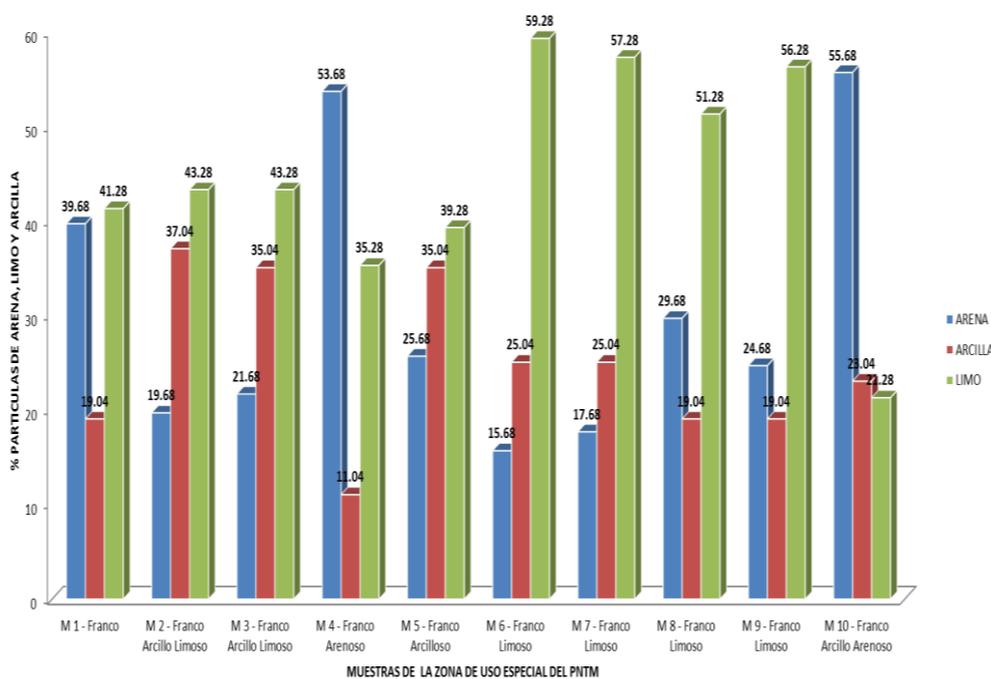


Figura 4. Distribución porcentual de partículas de suelo.

4.2.1.2. Densidad aparente, temperatura y resistencia a la penetración

De las 10 muestras analizadas de la zona de uso especial se obtuvo las siguientes densidades (g/cc) (1.14, 1.14, 1.12, 1.11, 1.11, 1.00, 0.98, 1.02, 1.00, 1.04), notándose poca variación entre ellas.

La zona de uso especial presenta diferentes grados de temperatura (°C) en el suelo. Por lo que dentro de las 10 muestras analizadas tenemos las siguientes temperaturas (26.30, 26.70, 27.90, 24.30, 25.40, 22.80, 23.50, 23.40, 23.20, 22.80).

La resistencia a la penetración (kg/cm²) del suelo de las 10 muestras analizadas de la zona de uso especial son (2.75, 2.50, 2.75, 2.50, 3.25, 3.25, 2.25, 2.75, 2.50, 3.50), donde se observa que existe repeticiones

entre muestras sobre la resistencia a la penetración del suelo, tal como se aprecia en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Registro de densidad aparente, temperatura y resistencia a la penetración.

N° de muestra	Sector	DA (gr/cc)	Temperatura °C	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)
M - 1	Rio Oro	1.14	26.30	2.75
M - 2	Rio Oro	1.14	26.70	2.50
M - 3	Rio Oro	1.12	27.90	2.75
M - 4	Sector Bella	1.11	24.30	2.50
M - 5	Puente Pérez	1.11	25.40	3.25
M - 6	Alania	1.00	22.80	3.25
M - 7	Tambillo	0.98	23.50	2.25
M - 8	Tres de Mayo	1.02	23.40	2.75
M - 9	Tres de Mayo	1.00	23.20	2.50
M - 10	Juan Santos Atahualpa	1.04	22.80	3.50

En la Figura 5, se puede apreciar que las muestras 1 y 2 son las que presenta mayor densidad aparente con 1.14 g/cc y las otras muestras presentan densidades menores con poca variación entre muestras.

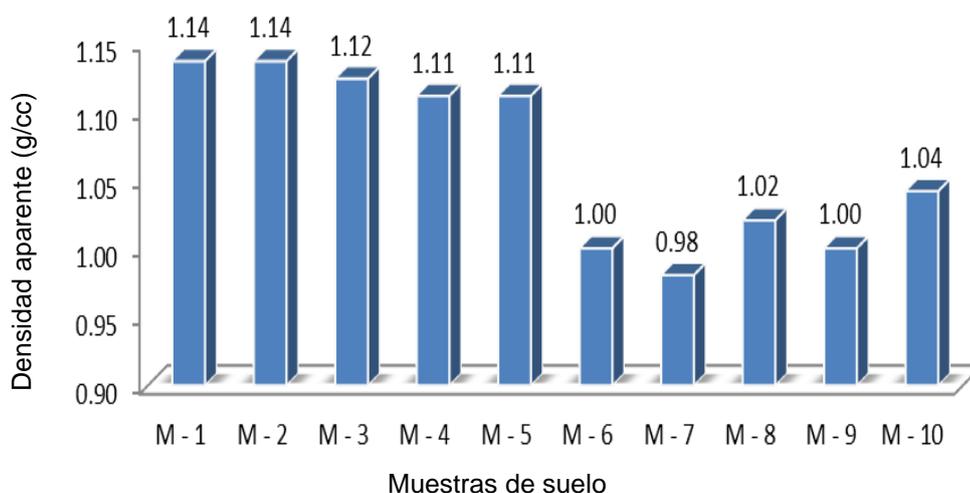


Figura 5. Densidad aparente de las 10 muestras analizadas

La muestra 3 presenta temperatura de 27.90 °C siendo la más alta y las muestras 6 y 10 presentan temperaturas más bajas (22.80 °C) y las demás muestras varían dentro de ese rango, como se aprecia en la Figura 6.

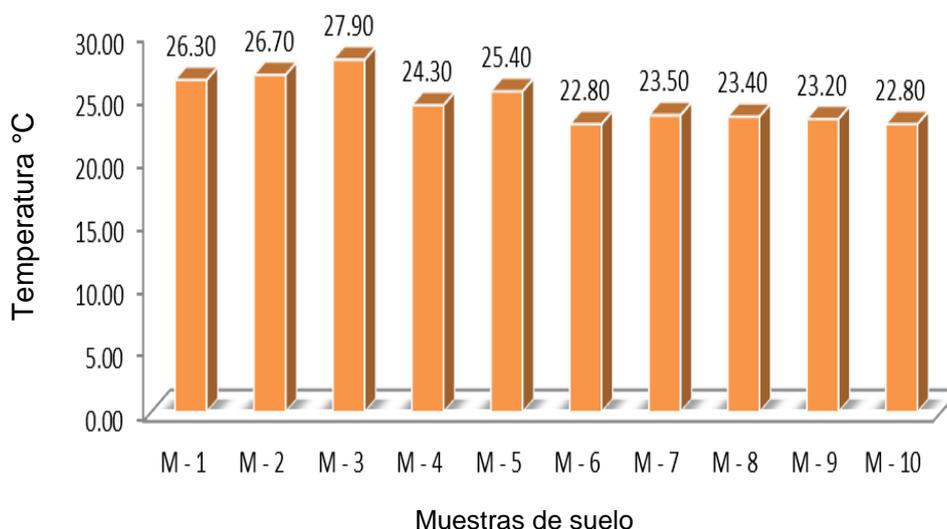


Figura 6. Temperatura de las muestras de la zona de uso especial

La muestra 10 es la que presenta mayor resistencia a la penetración con un 3.50 kg/cm² y la muestra 7 presenta menor resistencia de 2.25 kg/cm². Las otras muestras se encuentran dentro del rango indicado, tal como se aprecia en el Figura 7.

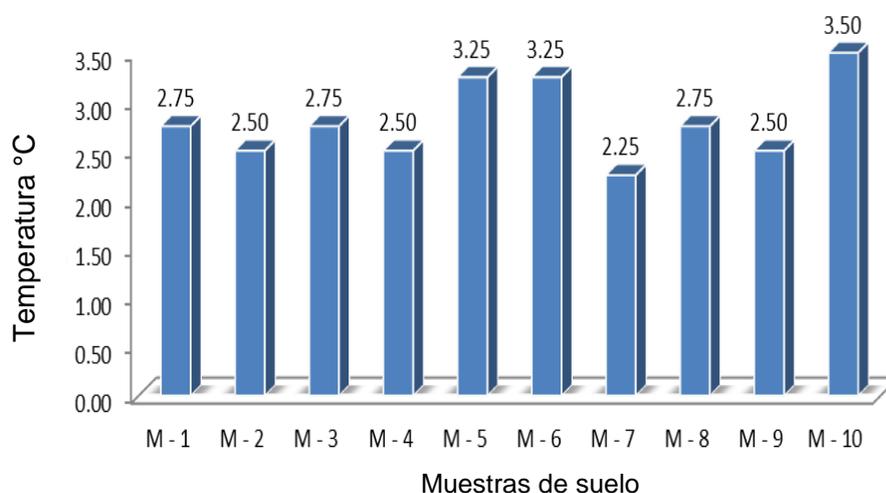


Figura 7. Resistencia a la penetración de las muestras de suelo

4.2.2. Indicadores químicos del suelo

4.2.2.1. pH del suelo

La zona de uso especial del PNTM presenta diferentes rangos de pH que varían desde extremadamente ácido a neutro; dichos valores se muestran en el Cuadro 24.

Cuadro 24. PH de las muestras de suelo de la zona de uso especial del PNTM.

N° de muestra	Sector	pH	Descripción
		1:1	
M - 1	Rio Oro	4.69	Fuertemente ácido
M - 2	Rio Oro	3.81	Extremadamente ácido
M - 3	Rio Oro	3.89	Extremadamente ácido
M - 4	Sector Bella	5.02	Fuertemente ácido
M - 5	Puente Pérez	6.75	Neutro
M - 6	Alania	4.84	Fuertemente ácido
M - 7	Tambillo	4.24	Extremadamente ácido
M - 8	Tres de Mayo	4.51	Fuertemente ácido
M - 9	Tres de Mayo	4.23	Extremadamente ácido
M - 10	Juan Santos Atahualpa	3.98	Extremadamente ácido

Las muestras 2, 3, 7, 9 y 10 presentan pH de 3.81, 3.89, 4.24, 4.23 y 3.98 respectivamente, catalogados como extremadamente ácidos, mientras que las muestras 1, 4, 6 y 8 presentan pH de 4.69, 5.02, 4.84, y 4.51 siendo denominadas fuertemente ácidas, finalmente la muestra 5 presenta pH de 6.75 denominada neutra, como se observa en la Figura 8.

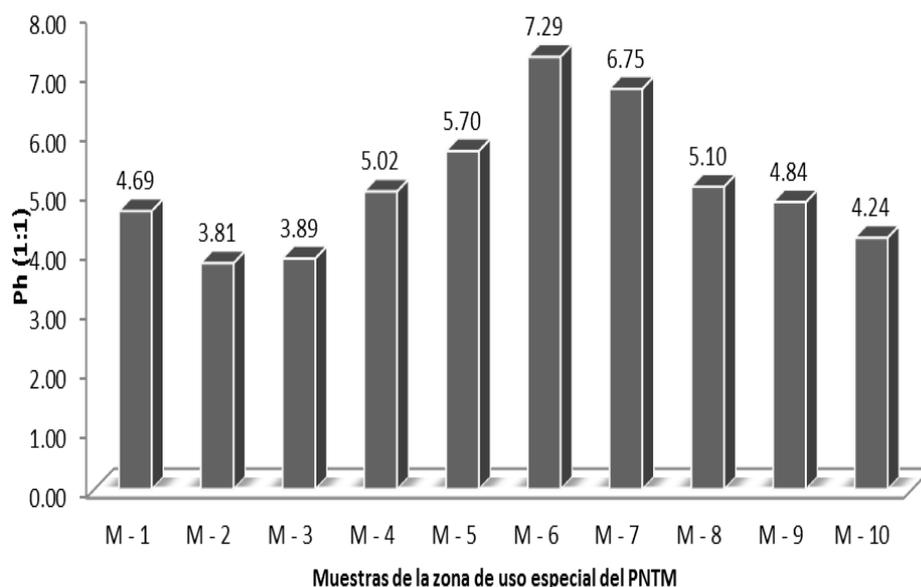


Figura 8. PH del suelo de la zona de uso especial del PNTM

4.2.2.2. Materia orgánica de suelo

En el Cuadro 25, se observa los niveles de contenido de materia orgánica en el suelo, donde las muestras 1, 6, 7 y 10 presentan nivel alto, las muestras 2, 3, 4, 8 y 9 niveles medios y la muestra 5 presenta contenido bajo.

Cuadro 25. Materia orgánica en el suelo de la zona de uso especial del PNTM

N° de muestra	Sector	M.O. (%)	Nivel
M - 1	Rio Oro	4.03	Alto
M - 2	Rio Oro	4.00	Medio
M - 3	Rio Oro	3.76	Medio
M - 4	Sector Bella	3.92	Medio
M - 5	Puente Pérez	0.54	Bajo
M - 6	Alania	4.57	Alto
M - 7	Tambillo	4.03	Alto
M - 8	Tres de Mayo	3.49	Medio
M - 9	Tres de Mayo	3.76	Medio
M - 10	Juan Santos Atahualpa	4.57	Alto

En la Figura 9, se aprecia que la muestra 5 contiene un 0.54% de materia orgánica catalogado como nivel bajo; las muestras 2, 3, 4, 8 y 9 con 4%, 3.76%, %, 3.49%, 3.76% presentan nivel medio y las muestras 1, 6, 7 y 10 con 4.03%, 4.57%, 4.03% y 4.57% presentan nivel alto de materia orgánica.

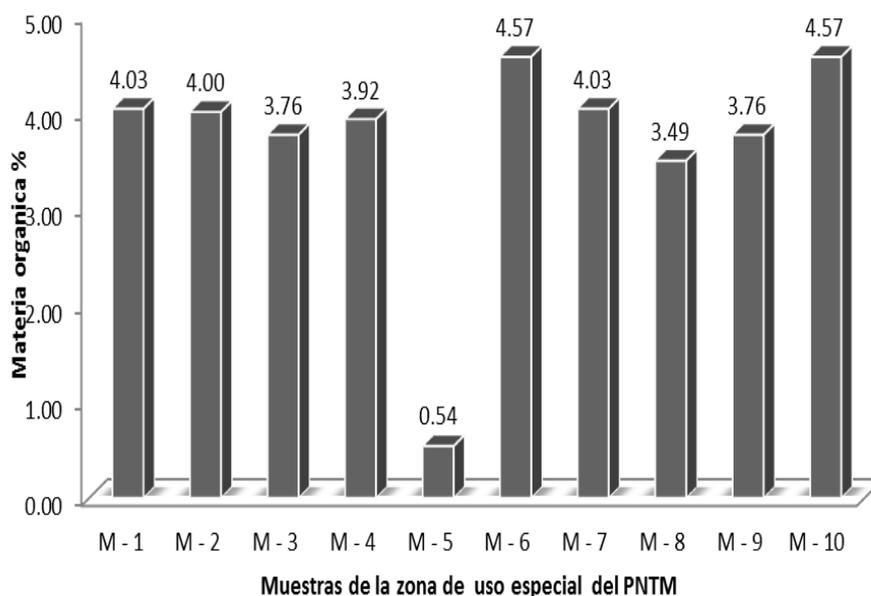


Figura 9. Materia orgánica en el suelo de la zona de uso especial del PNTM.

4.2.2.3. Nitrógeno del suelo

La zona de uso especial presenta diferentes niveles de nitrógeno en porcentajes, teniendo una variación desde 0.02 % (bajo) en la muestra 5 hasta 0.21 % (Alto) en la muestra 10 y 6 y las otras muestras varían en dicho rango, tal como se aprecia en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Nitrógeno en el suelo de la zona de uso especial del PNTM.

N° de muestra	Sector	Nitrógeno (%)	Nivel
M - 1	Rio Oro	0.18	Medio
M - 2	Rio Oro	0.18	Medio
M - 3	Rio Oro	0.17	Medio
M - 4	Sector Bella	0.18	Medio

Cuadro 26. Continuación

N° de muestra	Sector	Nitrógeno (%)	Nivel
M - 5	Puente Pérez	0.02	Bajo
M - 6	Alania	0.21	Alto
M - 7	Tambillo	0.18	Medio
M - 8	Tres de Mayo	0.16	Medio
M - 9	Tres e Mayo	0.17	Medio
M - 10	Juan Santos Atahualpa	0.21	Alto

La muestra 5 contiene un 0.02% de nitrógeno que esta dentro del nivel bajo, las muestras 1, 2, 3, 4, 7, 8 y 9 con 0.18%, 0.18%, 0.17%, 0.18%, 0.178%, 0.16%, y 0.17% presentan nivel medio y las muestras 6 y 10 con 0.21% y 0.21% presentan un nivel alto, tal como se aprecia en la Figura 10.

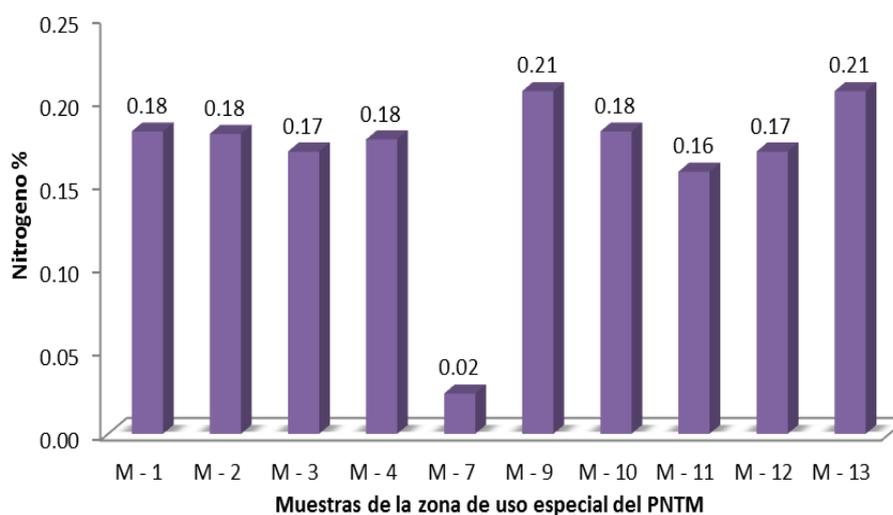


Figura 10. Nitrógeno en el suelo de la zona de uso especial del PNTM

4.2.2.4. Fósforo disponible en el suelo

En el Cuadro 27, se aprecia el contenido de fósforo (ppm) en el suelo, de las 10 muestras analizadas, en las cuales los niveles oscilan entre

bajo y muy bajo, desde 12.33 ppm (muestra 9) hasta 3.09 ppm (muestra 3) respectivamente.

Cuadro 27. Fósforo disponible en el suelo de la zona de uso especial del PNTM

N° de muestra	Sector	P (ppm)	Nivel
M - 1	Rio Oro	3.71	Muy bajo
M - 2	Rio Oro	5.79	Bajo
M - 3	Rio Oro	3.09	Muy bajo
M - 4	Sector Bella	3.20	Muy bajo
M - 5	Puente Pérez	12.24	Bajo
M - 6	Alania	10.26	Bajo
M - 7	Tambillo	10.63	Bajo
M - 8	Tres de Mayo	6.41	Bajo
M - 9	Tres de Mayo	12.33	Bajo
M - 10	Juan Santos Atahualpa	4.44	Muy bajo

En la Figura 11, se observa que las muestras 1, 3, 4 y 10 se encuentran con contenido de fosforo muy bajo y mientras que las muestras 2, 5, 6, 7, 8 y 9 tienen un contenido de fosforo bajo.

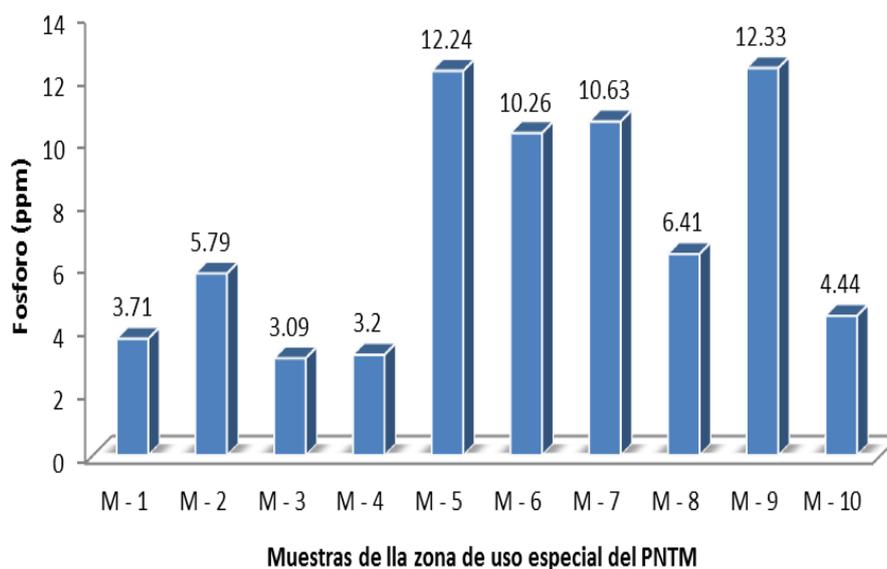


Figura 11. Fósforo disponible en el suelo de la zona de uso especial del PNTM.

4.2.2.5. Potasio disponible en el suelo

La zona de uso especial presenta diferentes niveles de potasio disponible en K₂O kg/ha, los cuales varían desde nivel medio hasta bajo en las muestras 1, 3, 4, 6, 7, 8 y 10 y las muestras 2, 5 y 9, respectivamente; tal como se aprecia en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Potasio disponible en el suelo de la zona de uso especial del PNTM.

N° de muestra	Sector	K ₂ O (kg/ha)	Nivel
M - 1	Rio Oro	377.83	Medio
M - 2	Rio Oro	244.33	Bajo
M - 3	Rio Oro	387.91	Medio
M - 4	Sector Bella	345.09	Medio
M - 5	Puente Pérez	168.77	Bajo
M - 6	Alania	506.30	Medio
M - 7	Tambillo	488.67	Medio
M - 8	Tres de Mayo	337.53	Medio
M - 9	Tres de Mayo	254.41	Bajo
M - 10	Juan Santos Atahualpa	528.97	Medio

En la Figura 12, se aprecia que las muestras 2, 5 y 9 contienen 244.33 kg/ha, 168.77 kg/ha y 254.41 kg/ha respectivamente que presentan niveles bajos de potasio y las muestras 1, 3, 4, 6, 7, 8 y 10, contienen 377.83 kg/ha, 387.91 kg/ha, 345.09 kg/ha, 506.30 kg/ha, 488.67 kg/ha, 337.53 kg/ha y 528.97 kg/ha respectivamente y se catalogan como niveles medios.

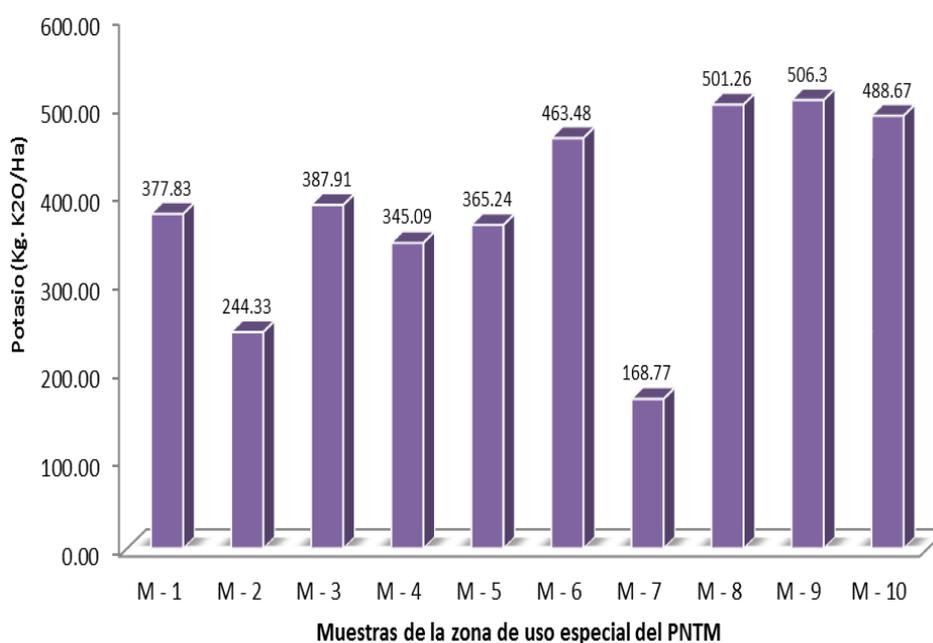


Figura 12. Potasio disponible en el suelo de la zona de uso especial del PNTM

4.2.2.6. Bases cambiables

En el Cuadro 29, se observan los valores de Ca, Mg, K, Na, Al y H cambiables, donde en la muestra 8 encontramos mayor contenido de Ca con 3.65 cmol(+)/kg, la muestra 1 encontramos mayor contenido de Mg con un 0.88 cmol(+)/kg, en K solo presenta resultados la muestra 5 con 0.047 cmol(+)/kg, el Na solo presenta resultados en la muestra 5 con 0.135 cmol(+)/kg, el Al en la muestra 2 presenta el valor máximo de 4.35 cmol(+)/kg y el H en la muestra 3 presenta un valor de 0.99 cmol(+)/kg.

Cuadro 29. Bases cambiables del suelo

N° de muestra	Sector	Cambiabes cmol(+)/kg					
		Ca	Mg	K	Na	Al	H
M - 1	Rio Oro	3.43	0.88	---	---	1.42	0.35
M - 2	Rio Oro	0.97	0.34	---	---	4.35	0.97
M - 3	Rio Oro	1.18	0.51	---	---	3.93	0.99
M - 4	Sector Bella	3.46	0.6	---	---	0.34	0.1

Cuadro 29. Continuación

N° de muestra	Sector	Cambiables cmol(+)/kg					
		Ca	Mg	K	Na	Al	H
M - 5	Puente Pérez	2.53	0.45	0.047	0.135	--	--
M - 6	Alania	3.49	0.54	---	---	1.01	0.27
M - 7	Tambillo	2.24	0.43	---	---	2.09	0.57
M - 8	Tres de Mayo	3.65	0.68	---	---	1.76	0.41
M - 9	Tres de Mayo	2.17	0.53	---	---	2.01	0.45
M - 10	Juan Santos Atahualpa	2.78	0.62	---	---	2.34	0.81

4.2.2.7. Capacidad de intercambio catiónico en el suelo

La zona de uso especial presenta diferentes niveles de CIC disponible en cmol (+)/kg, los cuales se aprecian en el Cuadro 30.

Cuadro 30. CIC en las muestras de suelo.

N° de muestra	Sector	CIC (cmol(+)/kg)	Nivel
M - 1	Rio Oro	6.08	Medio
M - 2	Rio Oro	6.63	Medio
M - 3	Rio Oro	6.61	Medio
M - 4	Sector Bella	4.51	Medio
M - 5	Puente Pérez	3.16	Bajo
M - 6	Alania	5.31	Medio
M - 7	Tambillo	5.32	Medio
M - 8	Tres de Mayo	6.49	Medio
M - 9	Tres de Mayo	5.16	Medio
M - 10	Juan Santos Atahualpa	6.55	Medio

La muestra 5, con 3.16 cmol(+)/kg presenta nivel bajo de CIC y las muestras 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 y 10 con 6.08 cmol(+)/kg , 6.63 cmol(+)/kg, 6.61 cmol(+)/kg, 4.51 cmol(+)/kg, 5.31 cmol(+)/kg, 5.32 cmol(+)/kg, 6.49 cmol(+)/kg,

5.16 cmol(+)/kg y 6.55 cmol(+)/kg presentan niveles medios de CIC, los cuales se aprecian en la Figura 13.

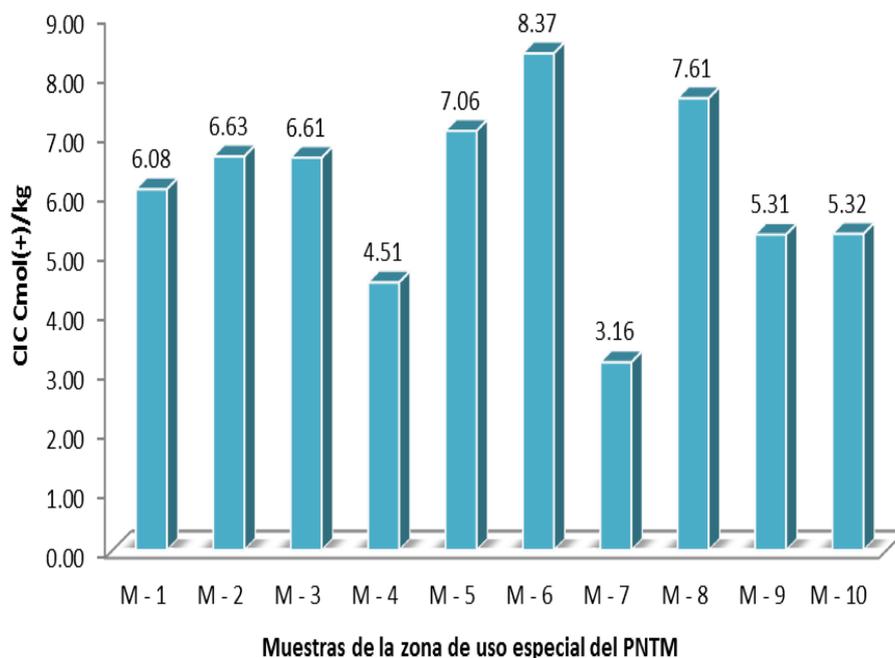


Figura 13. CIC disponible en las muestras de suelo

4.3. Determinación de la calidad del suelo por el método de sub índice de uso sustentable del suelo SUSS.

En el Cuadro 31, se observa los sectores muestreados en la zona de uso especial del Parque Nacional de Tingo María (PNTM); SUSS correspondiente y la calidad que presenta cada uno de ellos, donde las muestras 2 y 3 son de calidad pobre, las muestras 4, 7 y 10 presentan calidad marginal, las muestras 1, 5, 8 y 9 presentan calidad sensible y la muestra 6 presenta calidad aceptable.

Cuadro 31. Sub índice de calidad de uso sustentable del suelo

Muestras	Sector	SUSS	Calidad
M-1	Rio Oro	0.71	Sensible
M-2	Rio Oro	0.38	Pobre
M-3	Rio Oro	0.39	Pobre
M-4	Sector Bella	0.62	Marginal
M-5	Puente Pérez	0.77	Sensible
M-6	Alania	0.80	Aceptable
M-7	Tambillo	0.64	Marginal
M-8	Tres de Mayo	0.68	Sensible
M-9	Tres de Mayo	0.69	Sensible
M-10	Juan Santos Atahualpa	0.58	Marginal

En la Figura 14, se observa que el sector Rio Oro presenta suelos de calidad sensible y pobre; el sector Bella calidad marginal; el sector Puente Pérez calidad sensible; el sector Alania calidad aceptable; sector Tambillo calidad marginal; el sector Tres de Mayo calidad sensible y el sector Juan Santos Atahualpa presenta suelos de calidad marginal.

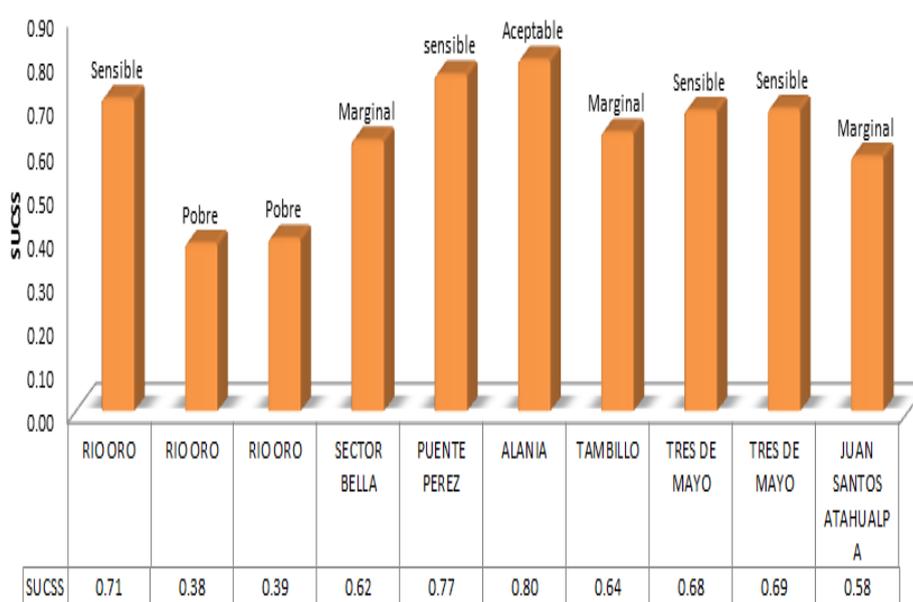


Figura 14. Calidad de suelos de la zona de uso especial del PNTM

V. DISCUSIÓN

5.1. Clasificación soil taxonomy

ZEE (2014), en los estudios realizados para la zonificación ecológica económica (ZEE) de la provincia de Leoncio Prado, se encuentran diversos mapas como el mapa de clasificación taxonómica de suelo, de donde se ha extraído solamente la clasificación que presenta el Parque Nacional de Tingo María por ser la zona en estudio, según la clasificación soil taxonomy presenta suelos Lithic Eutrudepts, Typic Eutrudepts y Typic udifluvents.

En la investigación realizada, los suelos de la zona de uso especial del parque se clasifican en suelos orden inceptisols, sub orden Udepts, gran grupo (eutrudepts y distrudepts) y sub grupo (Typic eutrudepts y Typic distrudepts), manteniendo relación con el trabajo de la ZEE que clasifica suelos de sub grupo Typic eutrudepts teniendo en cuenta que las calicatas realizadas para el estudio de suelos de la ZEE de Leoncio Prado ha sido realizado en diferentes puntos de la provincia luego los datos obtenidos se ha generalizado por características fisiográficas.

PORTA (1999), los inceptisoles en zonas húmedas presentan perfiles menos evolucionados, clase muy heterogénea, de difícil definición. Su perfil típico es A, Bw, C.

GUILLERMO (2010), los inceptisols son los suelos que no han desarrollado los horizontes que son diagnóstico de los otros órdenes pero que

tienen ciertos rasgos adicionales al epipedón ócrico que se permite en los entisols; no pueden poseer horizontes óxico, espódico, argílico, nátrico y kándico pero pueden presentar un horizonte cámbico, condiciones ácuicas, horizonte cálcico, petrocálcico, gípsico, petrogípsico o duripán acompañados por un epipedón ócrico, úmbrico, plaggen y solo bajo ciertas condiciones mólico. La secuencia más común de horizontes es un epipedón ócrico o úmbrico sobre un cámbico.

Mediante el sistema de clasificación soil taxonomy, la zona de uso especial del Parque Nacional Tingo María presenta suelos de orden inceptisol que fue identificado por las siguientes características:

- Presenta un perfil típico de los inceptisoles de A, Bw, C.
- Presentan un epipedon ocrico el cual es muy delgado casi no se diferencia.
- Presentan un horizonte cambico el cual es resultado de alteraciones físicas y trasformaciones químicas.
- Presentan texturas franco en el primer horizonte, en el segundo horizonte textura franco arcillosa y en el tercero en algunos casos arcillosos o franco arcilloso; en el cual se diferencia como el porcentaje de arcilla va aumentando en los otros horizontes.
- Presentan color pardo, pardo oscuro, pardo muy oscuro el cual indica alto grado de meteorización y presencia de minerales.

Con las descripciones que presentan los autores (PORTA 1999 y GUILLERMO 2010) y las características descritas se logró clasificar los suelos de la zona de uso especial como orden inceptisols.

5.2. Indicadores fisicoquímicos

SQI (1996), señala que los indicadores son datos estadísticos o medidas de una cierta condición, cambio de calidad o cambio en estado de algo que está siendo evaluado. Proporcionan información y describen el estado del fenómeno objeto de estudio, pero con un significado que va más allá de aquel que está directamente asociado con un parámetro individual.

En la investigación los indicadores físico químicos del suelo indican en qué nivel se encuentra (altos, medios, bajos) y si está cerca de los valores deseables o si existe deficiencia, proporcionando información para describir el estado actual del suelo y conocer la deficiencia de nutrientes presente en los diferentes puntos de muestreo de zona de uso especial del Parque Nacional de Tingo María.

CESPEDES (1991), menciona que en la mayoría de los casos, los pH altos son indicadores de la presencia de sales solubles, por lo que se requeriría acudir al uso de cultivos adaptados a los ambientes salinos. Del mismo modo, un pH muy ácido, resulta ser otro factor limitante para el desarrollo de los cultivos.

En las muestras analizadas se observa esta diferencia de pH ácidos y alcalinos. De acuerdo con las muestras 2, 3, 7 y 10 presentan suelos extremadamente ácidos. En el caso de la muestra 5 tenemos un pH neutro esto se debe por la presencia de rocas calizas que al desintegrarse funcionan como enmienda.

5.3. Calidad de suelo

AQUINO (2016), en la investigación calidad del suelo en tres sistemas de uso en la localidad de Rio Espino – Monzón, para determinar la calidad se tiene en cuenta los valores obtenidos de cada indicador, se determinó el SUSS de cada sistema, clasificando al SAF, bosque secundario y ex cocal con calidad aceptable, sensible y marginal respectivamente, siendo el SAF quien obtuvo una mejor calidad.

En la investigación realizada en la zona de uso especial del parque también se utilizó la metodología del SUSS donde al igual que en la investigación del autor, para determinar calidad del suelo se tuvo en cuenta los valores obtenidos de cada indicador como materia orgánica, densidad aparente pH, fósforo, magnesio, calcio, CIC y nitrógeno, donde el sector de Alania presenta suelos aceptables, donde las condiciones de calidad son deseables para la agricultura; los sectores de Rio Oro, Puente Pérez, y Tres de Mayo presentan suelos sensibles, donde los indicadores de calidad se alejan de los valores óptimos; los sectores de Bella, Tambillo y Juan Santos Atahualpa presentan suelos marginales, donde los indicadores de calidad son distantes de los valores deseables y el sector 2 de Rio Oro presenta suelos pobres donde la calidad de suelos para fines agrícolas se encuentra amenazada debido a que los indicadores se alejan completamente de los valores deseables.

VI. CONCLUSIONES

1. En la clasificación taxonómica soil taxonomy de la zona de uso especial del PNTM se determinó que son suelos de orden inceptisol, sub orden udepts; gran grupo eutrudepts y distrudepts; sub grupo typic eutrudepts y typic distrudepts.
2. En la determinación de los indicadores físicos se concluye que las muestras presentan clases texturales que varían de franco arenoso a franco arcilloso, una densidad aparente de 0.98 a 1.14 g/cc, su temperatura varía de 22.8 a 27.9 °C. Asimismo en la determinación de indicadores químicos se concluye que las muestras 2, 3, 9 y 10 son las que presentan pH extremadamente ácido, en porcentaje de materia orgánica la muestra 5 presenta un nivel bajo a excepción de las otras muestras, en porcentaje de nitrógeno la muestra 5 presenta nivel bajo a excepción de las otras muestras, en contenido de fosforo las muestras 1, 3, 4 y 10 presentan niveles muy bajos, en contenido de potasio las muestras 2, 5 y 9 presentan niveles bajos y en contenido de CIC la muestra 5 presenta el nivel más bajo de las diferentes muestras de la zona de uso especial del PNTM.
3. En la zona de uso especial se identificaron suelos de calidad aceptable, sensible, pobre y marginal.

VII. RECOMENDACIONES

1. Aplicar enmiendas como cal agrícola para mejorar el pH, en los sectores de la zona de uso especial del PNTM que presentan calidad de suelo pobre y marginal. ARÉVALO (2009), recomendada que la dosis de cal agrícola para variar un pH de 4.0 a un pH deseable de 6.5, se debería aplicar de 40 a 150 sacos (50kg) por hectárea; para que la cal produzca el efecto deseado debe ser aplicado 2 a 4 meses antes del establecimiento del cultivo.
2. Realizar un plan de abonamiento de acuerdo a cada cultivo que se desee instalar y la dosis de fertilizante que el cultivo necesita, se divide la cantidad de nutriente requerido por el cultivo, entre la concentración de nutrientes que el fertilizante tiene. Por ejemplo: para un cultivo de maíz se determinó que la necesidad de nitrógeno es de 80 kg/ha, para cubrir este requerimiento se utilizaría urea, la cual tiene una concentración de 46% de nitrógeno, es decir, que en un saco de 50 kilogramos, de las cuales 23 son de nitrógeno, el resto es material inerte
3. Continuar realizando estudios de calidad de suelos dentro de las otras zonas (uso silvestre, uso recreativo, de recuperación y protección estricta) del Parque Nacional de Tingo María, utilizando otras metodologías.

VIII. ABSTRAC

TAXONOMIC CLASSIFICATION AND SOIL QUALITY IN THE SPECIAL USE AREA OF THE TINGO MARÍA NATIONAL PARK (PNTM)

In the Tingo Maria Nacional Park (PNTM – acronym in Spanish) there is a special use zone, which is an area where man's long term intervention has produced an alteration in the ecosystem; resulting in the formation of an anthropogenic ecosystem. This is the reason that the systems of soil use cause different degrees of disturbance, which affect the physical, chemical and biologic characteristics and affect the degradation and erosion of the soil. Based on this, the classification of the taxonomy, physiochemical indicators and quality of the soil, using the Sustainability of Soil Use Sub Index (SUSS – acronym in Spanish), was suggested. In the PNTM's special use zone, the readings from four test pits, classified using soil taxonomy, were taken. Soil samples were collected from ten points within the study area and analyzed in the UNAS's (acronym in Spanish) soil laboratory. Based on the laboratory analysis, the soil quality was determined using the SUSS methodology. It was found that the samples are of the Inceptisol order, Udepts sub order, Eutrudepts great group (test pit C1 Rio Oro (RO) and C3 Puente Pérez (PP)) and Distrudepts (the C2 RO and C4 Tres de Mayo (TM)), Typic Eutrepts sub group (C1 RO and C3 PP) and Typic Distrudepts (C2 RO and C4 TM); where the characteristics and profile description of the test pit were taken into account.

In the physiochemical indicators, it was determined that the soils present different textural classes, which vary from sandy loam to clay loam; the minimum temperature is 22.8° C; they have an extremely acidic pH (2, 3, 7, 9 and 10); a low MO. (acronym in Spanish) level in sample 5 (PP); a low N level in sample 5 (PP); a low P level in the samples 1 (RO), 3 (RO), 4 (B - Bella) and 10 (JSA – Juan Santos Atahualpa); a medium K level in the samples 2 (RO) and 9 (TM) and a low CIC level in the 5 sample (PP). It was determined that the 2 and 3 (RO) samples were low quality. Finally, it can be concluded of the PNTM's special use zone, according to the soil taxonomy classification, that the soils are Inceptisols and according to the SUSS methodology, present low quality soil (2 and 3), marginal soil (4, 7 and 10), sensible soil (1, 5, 8 and 9) and acceptable soil (6). It is recommended principally to apply amendments to improve the pH, to incorporate organic fertilizer and to realize a plan of fertilization according to the soil analyzes

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACEVEDO, E., CARRASCO, A., LEON, O., SILVA, P., CASTILLO, G., BORIE, G., MARTINEZ, E., GONZÁLEZ, S., AHUMADA, I. 2005. Criterios de calidad de suelo agrícola. [En línea]: (http://soils.usda.gov/sqi/soil_quality/what_is/, Informe, 22 Feb. 2006).
- AQUINO, L. 2016. Calidad del suelo en tres sistemas de uso en el sector de Rio Espino – Monzón. Tesis para optar el grado de Ingeniero. Ambiental. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 99 p.
- ARÉVALO, G. 2009. Manual de fertilizantes y enmiendas. Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central. Carrera de ciencia y producción agropecuaria. Escuela agrícola panamericana, el Zamorano, Honduras. 57p
- BAKKES, A., PARKER, E. 1994. Una visión general de los indicadores ambientales obsoletos del arte y las perspectivas. Subprograma de evaluación ambiental, UNEP. 72 p.
- BAZELET, M., FEIGENBAUM, S. 1988. Métodos para el análisis de potasio disponible en el suelo y su interpretación. Boletín especial. Instituto Internacional de la Potasa. CH-3048 Worblaufen – Berna. Suiza.
- BRACK, A., CECILIA, M. 1986 Enciclopedia “Ecología del Perú” ed. Lima, Perú 224 p.

- CALDERÓN, A., MORENO, M., ETCHEVERS, J. 2002. Derivación de indicadores de calidad del suelo en el contexto de la agricultura sustentable. Agrociencia. 605-620 p. Publicación Especial, vol. 49 p.
- CESPEDES, D. 1991. Química de suelos, 2da edición colombiana latina 134 p.
- DALURZO, C., VAZQUEZ, S., RATTO, S. 2002. Indicadores físicos de calidad de suelos en oxisoles de misiones (Argentina). Jornadas científicas y tecnológicas de la universidad nacional del noroeste disponible [En línea]: <http://www.unne.edu.ar/cyt/2002/cyt.htm>.
- FAO, 2009. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Guía para la descripción del suelo. [En línea]: (<http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>).
- FAO, 2015. Organización De Las Naciones Unidades para La Alimentación y La Agricultura. Propiedades físicas químicas y biológicas del suelo. [En línea]: (<http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento/de-suelos/propiedades-del-suelo/es/>).
- GUILLERMO, S. 2010. Clasificación de suelos/ catedra de edafología, facultad de agronomía y zootecnia; universidad de Tucuman/Argentina [En línea]: (<http://www.edafologia.com.ar/Descargas/Cartillas/Clasificacion%20de%20Suelos%20Xi.pdf>).
- JARAMILLO, J., DANIEL, F. 2002. Introducción a la Ciencia del Suelo. Autor. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Medellín 2002 Dedico este trabajo a Clara Patricia y a María Camila.

- KARLEN, L., ANDREWS, S., DORAN, W. 2001. Calidad del suelo. Concepto actual y aplicaciones. Avances en agronomía 74 p.
- KARLEN, L., MAUSBACH, J., DORAN, W., CLINE, G., HARRIS, F., SCHUMAN, E. 1997. Calidad del suelo: definición y marco para la evaluación. Soil Science Society of America Journal 4– 10 p.
- LARSON, E., PIERCE, J., 1991. Conservación y mejora de la calidad del suelo. Ed. Evaluación para el manejo sostenible de la tierra en el mundo en desarrollo. Actas del Taller Internacional.
- PORTA, J 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Catedrático de edafología 2da edición impreso en España. 460-849 p.
- PORTA, J., LÓPEZ, M., ROQUERO, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ª edición, Mundi-Prensa, Madrid.
- POSADA, S. 2010. Módulo 1: Caracterización de las propiedades del suelo primera parte. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. 64 p.
- SAGARPA, J. 2012 Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Subíndice de uso sustentable del suelo – Metodología de Cálculo. [En línea]: ([http://smye.info/rn/ind_fin/suelos/Documento metodologico_suelos.pdf](http://smye.info/rn/ind_fin/suelos/Documento_metodologico_suelos.pdf), 02 noviembre 2015).
- SERNANP, 2012. Actualización del plan maestro del Parque Nacional Tingo María. Primera edición: Marzo del 2012 /Lima, Perú. 80 p.
- SQI-Instituto de Calidad del Suelo. 1996. Indicadores para la evaluación de la calidad del suelo. Servicio de conservación de recursos naturales del USDA. Servicio de Investigación Agrícola. Estados Unidos.

TABOADA, A., ALVAREZ, R. 2008. Fertilidad física de los suelos. 2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

USDA. 2014. Departamento de agricultura de los EE.UU. Segunda edición Claves para la taxonomía del suelo. [En línea]: (http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf).

ZEE, 2014. Zonificación ecológica económica provincia Leoncio Prado estudio de suelos.

ANEXO

Anexo A. Cuadro de datos de la zona de investigación

Cuadro 32. Coordenadas UTM de las calicatas

Cod. Calicata	Sector	Coordenadas UTM		Altitud msnm
		Este	Norte	
C1	Rio Oro	386554	8966194.0	1033
C2	Rio Oro	386427	8967520.0	850
C3	Puente Pérez	391740	8966600.0	704
C4	Tres de Mayo	391452	8958355.0	936

Cuadro 33. Coordenadas UTM de los puntos de muestreos.

Cod. Muestra	Sector	Coordenadas UTM		Altitud msnm
		Este	Norte	
M – 1	Rio Oro	386307.7	8965778.0	1087.2
M – 2	Rio Oro	386447.9	8966969.9	885.6
M – 3	Rio Oro	386307.7	8968021.7	790.8
M – 4	Sector Bella	388449.3	8968600.4	705.0
M – 5	Puente Pérez	391920.2	8966402.5	693.3
M – 6	Alania	391328.9	8963910.1	1202.3
M – 7	Tambillo	392904.5	8959024.6	965.1
M – 8	Tres de Mayo	391487.6	8958334.0	938.8
M – 9	Tres de Mayo	389753.3	8959671.5	1009.9
M – 10	Juan Santos Atahualpa	389062.1	8963174.05	1046.7

Cuadro 34. Resultados del parámetro normalizado

SECTOR	INDICADOR	Rn							
		Materia Orgánica	Densidad Aparente	pH	Fosforo	Magnesio	Calcio	CIC	Nitrógeno
Rio Oro		0.77	0.71	-0.51	0.66	2.75	0.69	0.11	0.53
Rio Oro		0.76	0.71	-1.39	1.03	1.07	0.19	0.16	0.52
Rio Oro		0.71	0.74	-1.31	0.55	1.59	0.24	0.16	0.48
Sector Bella		0.74	0.76	-0.18	0.57	1.89	0.69	-0.05	0.51
Puente Pérez		0.01	0.76	1.55	2.18	1.41	0.51	-0.18	-0.10
Alania		0.88	1.00	-0.36	1.83	1.69	0.70	0.03	0.62
Tambillo		0.77	1.04	-0.96	1.90	1.33	0.45	0.03	0.53
Tres de Mayo		0.65	0.96	-0.69	1.15	2.11	0.73	0.15	0.43
Tres de Mayo		0.71	1.00	-0.97	2.20	1.64	0.43	0.02	0.48
Juan Santos Atahualpa		0.88	0.91	-1.22	0.79	1.94	0.56	0.15	0.62

Anexo B. Panel fotográfico



Figura 15. Sector Rio Oro



Figura 16. Observación de la pendiente del terreno



Figura 17. Calicata en el sector Rio Oro



Figura 18. Calicata en el sector Tres de Mayo



Figura 19. Calicata en el sector Puente Pérez



Figura 20. Parcelas de café en el sector Tres de Mayo



Figura 21. Visitando el sector Juan Santos Atahualpa



Figura 22. Homogenizando la muestra de suelo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

AV. UNIVERSITARIA S/N - TINGO MARIA - CELULAR 982047050 - 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:				OBREGÓN ESCALANTE SHEYLA																			
PROCEDENCIA:				SECTOR: PARQUE NACIONAL TINGO MARÍA																DISTRITO: MARIANO DÁMOSO BERAÚN			
				PROVINCIA: LEONCIO PRADO																DEPARTAMENTO: HUANUCO			
N°	COD. LAB.	SECTOR	COD. MUESTRA	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	% Bas. Camb.	% Ac. Camb.	% Sat. Al
				Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al	H				
1	M01544	RIO ORO	M1	39.7	19.04	41.3	Franco	4.69	4.03	0.18	3.71	74.97	---	3.43	0.88	---	---	1.42	0.35	6.08	70.83	29.17	23.42
2	M01545	RIO ORO	M2	19.7	37.04	43.3	Franco Arcillo Limoso	3.81	4.00	0.18	5.79	48.48	---	0.97	0.34	---	---	4.35	0.97	6.63	19.79	80.21	65.66
3	M01546	RIO ORO	M3	21.7	35.04	43.3	Franco Arcillo Limoso	3.89	3.76	0.17	3.09	76.97	---	1.18	0.51	---	---	3.93	0.99	6.61	25.48	74.52	59.54
4	M01547	BELLA	M4	53.7	11.04	35.3	Franco Arenoso	5.02	3.92	0.18	3.20	68.47	---	3.46	0.60	---	---	0.34	0.10	4.51	90.17	9.83	7.61
5	M01550	PUENTE PEREZ	M5	25.7	35.04	39.3	Franco Arcilloso	6.75	0.54	0.02	12.24	33.49	3.16	2.53	0.45	0.047	0.135	--	--	--	100.00	0.00	0.00
6	M01552	ALANIA	M6	15.7	25.04	59.3	Franco Limoso	4.84	4.57	0.21	10.26	100.46	---	3.49	0.54	---	---	1.01	0.27	5.31	75.90	24.10	19.07
7	M01553	TRES DE MAYO	M7	17.7	25.04	57.3	Franco Limoso	4.24	4.03	0.18	10.63	96.96	---	2.24	0.43	---	---	2.09	0.57	5.32	50.06	49.94	39.31
8	M01554	TRES DE MAYO	M8	29.7	19.04	51.3	Franco Limoso	4.51	3.49	0.16	6.41	66.97	---	3.65	0.68	---	---	1.76	0.41	6.49	66.60	33.40	27.11
9	M01555	TRES DE MAYO	M9	24.7	19.04	56.3	Franco Limoso	4.23	3.76	0.17	12.33	50.48	---	2.17	0.53	---	---	2.01	0.45	5.16	52.26	47.74	38.96
10	M01556	JUAN SANTOS ATAHUALPA	M10	55.7	23.04	21.3	Franco Arcillo Arenoso	3.98	4.57	0.21	4.44	104.95	---	2.78	0.62	---	---	2.34	0.81	6.55	51.90	48.10	35.77
11	M01560	RIO ORO	C1-HA	27.7	25.04	47.3	Franco	4.80	4.03	0.18	4.03	173.42	---	2.28	0.56	---	---	1.06	0.24	4.14	68.60	31.40	25.68
12	M01561	RIO ORO	C1-HB	43.7	29.04	27.3	Franco Arcilloso	5.96	2.15	0.10	0.59	71.97	6.85	5.53	1.10	0.126	0.097	--	--	--	100.00	0.00	0.00
13	M01562	RIO ORO	C1-HC	43.7	32.04	24.3	Franco Arcilloso	6.36	1.88	0.08	0.28	90.96	5.12	4.01	0.93	0.097	0.086	--	--	--	100.00	0.00	0.00

Figura 23. Resultados del análisis de suelos

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

AV. UNIVERSITARIA S/N - TINGO MARIA - CELULAR 982047050 - 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		OBREGÓN ESCALANTE SHEYLA		PROCEDENCIA:		SECTOR: PARQUE NACIONAL TINGO MARIA DISTRITO: MARIANO DÁMOSO BERAÚN PROVINCIA: LEONCIO PRADO DEPARTAMENTO: HUANUCO																	
N°	COD. LAB.	SECTOR	COD. MUESTRA	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	% Bas. Camb.	% Ac. Camb.	% Sat. Al
				Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al	H				
14	M01563	RIO ORO	C2-HA	69.7	13.04	17.3	Franco Arenoso	6.42	4.16	0.19	3.40	148.93	7.77	6.19	1.28	0.198	0.097	--	--	--	100.00	0.00	0.00
15	M01564	RIO ORO	C2-HB	15.7	44.04	40.3	Arcillo Limoso	4.38	2.15	0.10	1.12	80.96	---	1.57	0.31	--	--	2.01	0.75	4.64	40.52	59.48	43.34
16	M01565	RIO ORO	C2-HC	16.7	47.04	36.3	Arcilloso	4.29	1.61	0.07	1.33	86.96	---	1.63	0.30	--	--	2.01	0.75	4.69	41.17	58.83	42.86
17	M01569	PUENTE PEREZ	C3-HA	73.7	11.24	15.1	Arena Franca	7.14	4.43	0.20	7.76	106.95	8.76	7.23	1.38	0.097	0.057	--	--	--	100.00	0.00	0.00
18	M01570	PUENTE PEREZ	C3-HB	71.7	11.44	16.9	Arena Franca	7.18	2.96	0.13	3.20	85.96	8.90	7.06	1.65	0.085	0.097	--	--	--	100.00	0.00	0.00
19	M01571	PUENTE PEREZ	C3-HC1	67.7	11.04	21.3	Franco Arenoso	7.49	2.42	0.11	5.27	40.48	6.31	4.95	1.23	0.065	0.065	--	--	--	100.00	0.00	0.00
20	M01572	PUENTE PEREZ	C3-HC2	65.7	13.04	21.3	Franco Arenoso	7.70	1.07	0.05	12.47	52.98	3.89	3.13	0.65	0.051	0.056	--	--	--	100.00	0.00	0.00
21	M01557	TRES DE MAYO	C4-HA	33.7	19.04	47.3	Franco	3.79	3.76	0.17	13.60	61.97	---	2.15	0.66	--	--	2.26	0.93	6.00	46.81	53.19	37.67
22	M01558	TRES DE MAYO	C4-HB	21.7	39.04	39.3	Franco Arcilloso	4.43	2.69	0.12	10.97	50.98	---	1.66	0.21	--	--	1.42	0.45	3.73	49.90	50.10	38.11
23	M01559	TRES DE MAYO	C4-HC	25.7	35.04	39.3	Franco Arcilloso	3.97	1.88	0.08	10.78	61.47	---	1.33	0.52	--	--	2.76	0.68	5.29	34.89	65.11	52.18

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANALISIS DE SUELOS
Miguel Huaya Rojas
M.Sc. Bigo. Miguel Huaya Rojas
JEFE

Anexo C. Mapas

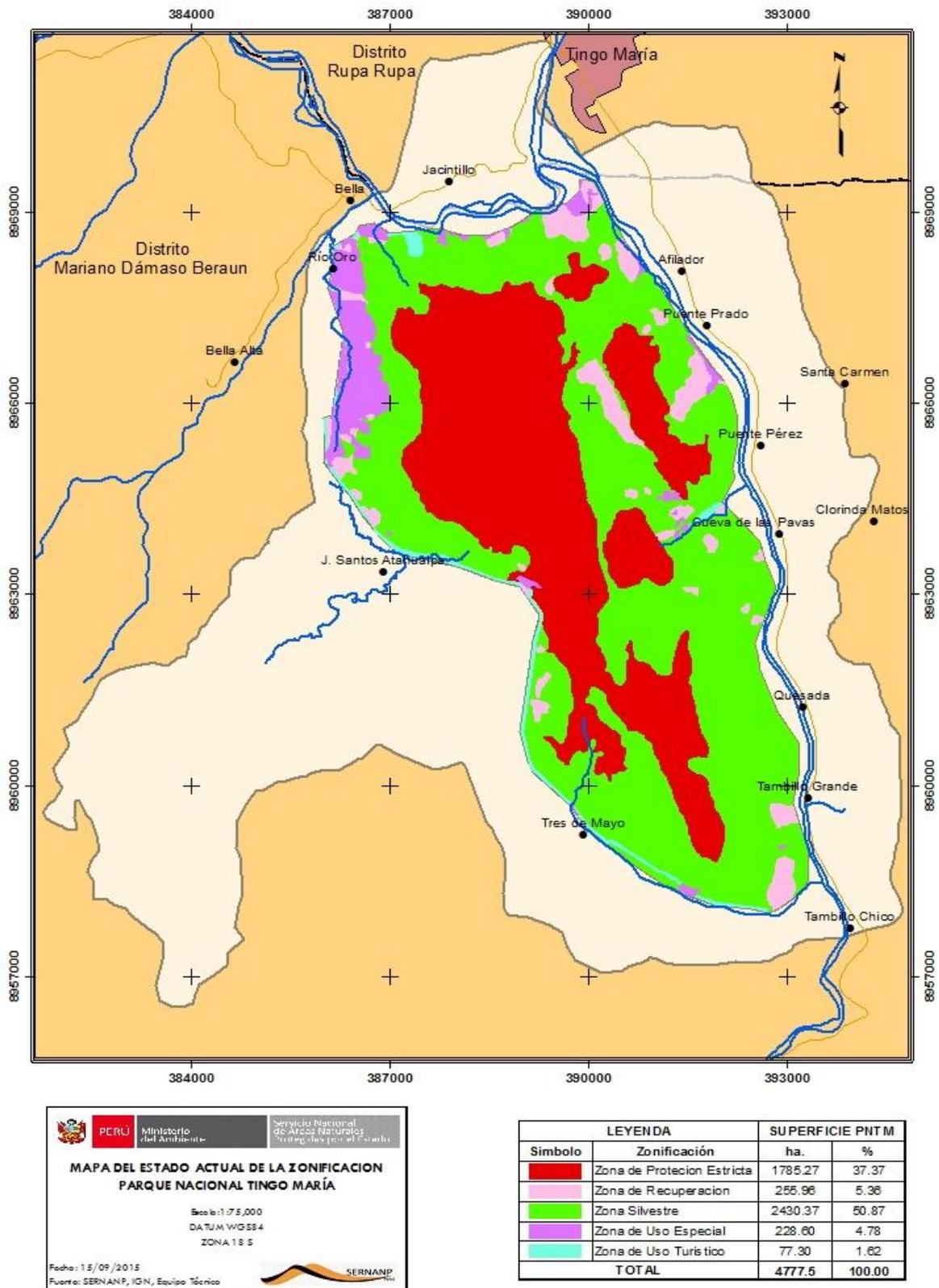


Figura. 24. Mapa del Parque Nacional de Tingo María