

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA
SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**CALIDAD DE SUELOS EN TRES SISTEMAS DE USO
EN EL DISTRITO DE JEPELACIO, PROVINCIA DE
MOYOBAMBA, 2021**

Tesis

Para optar el título de: INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

WILLIANS ENRIQUE REYNOSO RAMÍREZ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°057-2022-FRNR-UNAS

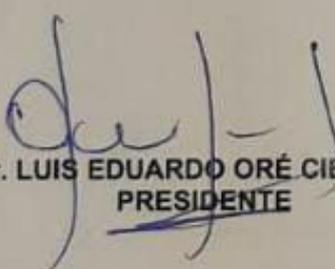
Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 10 de junio de 2022 a horas 08:00 a. m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental:

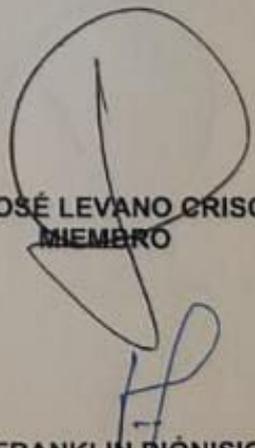
“CALIDAD DE SUELOS EN TRES SISTEMAS DE USO EN EL DISTRITO DE JEPELACIO, PROVINCIA DE MOYOBAMBA, 2021”

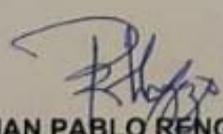
Presentado por el Bachiller: **REYNOSO RAMÍREZ, Willians Enrique**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENO”**

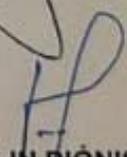
En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 15 de noviembre de 2022


Dr. LUIS EDUARDO ORÉ CIERTO
PRESIDENTE


Ing. M.Sc. JOSÉ LEVANO CRISOSTOMO
MIEMBRO


Ing. M.Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
MIEMBRO


Ing. M.Sc. FRANKLIN DIONISIO MONTALVO
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CALIDAD DE SUELOS EN TRES SISTEMAS DE USO EN EL DISTRITO DE JEPELACIO, PROVINCIA DE MOYOBAMBA, 2021

Autor	: Willians Enrique Reynoso Ramirez
Asesor de Tesis	: Ing. Franklin Dionisio Montalvo
Programa de investigación	: Gestión ambiental
Línea (s) de investigación	: Índices, indicadores de calidad ambiental
Eje temático de investigación	: Diseñar índices, indicadores y estándares
Lugar de Ejecución	: Distrito de Jepelacio
Duración	: 6 meses
Fecha de inicio	: 04 – 07- 2021
Fecha de termino	: 07- 01- 2022
Financiamiento	: s/. 6,144

DEDICATORIA

A mis padres Enrique Reynoso Panduro y Ana Ramírez Soria, por su amor y enseñanza que fueron de vital importancia para mi formación como persona adulta y responsable.

A mi tía Lily Grandez Reategui, por su apoyo moral y consejos de vital importancia en mi formación personal y profesional.

Willians Enrique Reynoso Ramírez.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios, no de palabras, sino de sentimientos reales, por darme la vida, su bondad y trazarme mi sendero, por concederme la sabiduría y la responsabilidad que le pido para cumplir con cada propósito y meta de mi vida y por nunca abandonarme.

A mi alma mater la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por acogerme y brindarme las facilidades en la formación y enseñanza para mi vida profesional, así también a mis docentes por compartir parte de su experiencia.

A mis hermanos Natalia Maheva Reynoso Grandez y Jean Carlo Cardenas Ramirez, por su apoyo incondicional y siempre estar a mi lado.

A mi pareja Erica Chilcon Aguilar, que siempre estuvo apoyándome en todo momento para cumplir todas mis metas.

A los miembros del jurado Dr. Luis Eduardo Oré Cierro, Ing. Msc. José D. Lévano Crisóstomo y Ing. MSc. Juan Pablo Rengifo Trigozo, por las atenciones prestadas a lo largo de este proceso.

A mi asesor de tesis al Ing. M.Sc. Franklin Dionisio Montalvo por su constante apoyo con conocimiento y tiempo para la elaboración del presente trabajo de investigación.

A mi amigo Luis Liñan, por su amistad y apoyo en la elaboración del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

	Página.
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Antecedentes.....	3
2.1.1. Internacional.....	3
2.1.2. Nacional	4
2.1.3. Local	5
2.2 Bases teóricas.....	6
2.2.1. El suelo	6
2.2.2. Nutrientes requeridos del suelo	7
2.2.3. Indicadores.....	8
2.2.4. Textura del suelo.....	8
2.2.5. Fracciones del suelo	9
2.2.6. Calidad del suelo.....	11
2.2.7. Indicadores de calidad del suelo.....	11
2.2.8. Indicadores físicos.....	13
2.2.9. Indicadores químicos	14
2.2.10. La materia orgánica como indicador de calidad	14
2.2.11. Capacidad de intercambio catiónico.....	15
2.2.12. Densidad aparente	16
2.2.13. Fertilidad del suelo.....	16
2.2.14. El nitrógeno.....	17
2.2.15. Materia orgánica	17
2.2.16. Fosforo total.....	18
2.2.17. Reacción del suelo (pH).....	18
2.2.18. La toxicidad del aluminio en suelos ácidos	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1 Lugar de la ejecución	22
3.1.1. Ubicación política	22
3.1.2. Ubicación geográfica	22
3.1.3. Sistemas de uso del suelo	23
3.2 Material y métodos	25
3.2.1. Materiales	25
3.2.2. Equipos	26
3.2.3. Metodología en la investigación.....	26
3.2.3.1. Determinación de parámetros físicos y químicos de muestras.....	27
3.2.3.2. Comparación de análisis de suelos con tres sistemas de uso	28
3.2.3.3. Definición de la calidad de suelo en los tres sistemas de uso	28

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Parámetros físicos y químicos en los sistemas de uso	31
4.2. Comparación del análisis de suelo en los tres sistemas de uso	36
4.3. Calidad de suelo en los tres sistemas de uso estudiados	43
V. CONCLUSIONES	47
VI. PROPUESTAS A FUTURO	48
VII. REFERENCIAS	49
ANEXO:	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pagina
1. Relación del contenido de arcilla con la CIC	9
2. Valores deseables en para la calidad en suelo	12
3. Indicadores de calidad en suelos	13
4. Rangos interpretativos para la CIC	15
5. Parámetros que definen la fertilidad del suelo.....	17
6. Estados de oxidación de compuestos nitrogenados	17
7. Rangos interpretativos para el pH	19
8. Coordenadas de puntos de muestreo distrito de Japelacio	23
9. Valores de escala según índice de calidad de suelo	29
10. Parámetros químicos de análisis.....	30
11. Nivel de materia orgánica en muestras.....	31
12. Clasificación de suelos analizados según su pH.....	32
13. Parámetros físicos en bosque	36
14. Parámetros físicos en café.....	36
15. Parámetros físicos en pasto	36
16. Contenidos de arena, limo y arcilla y su posición por muestra.....	37
17. Parámetros químicos en bosque	37
18. Parámetros químicos en café.....	37
19. Parámetros químicos en pasto	38
20. Nivel de materia orgánica según tipo de cobertura.....	39
21. Contenido promedio de elementos según cobertura	40
22. Contenido de materia orgánica en los tres sistemas de estudio	43
23. análisis de varianza en materia orgánica (ANOVA).....	43
24. Índice de calidad en suelo para sistemas bosque	43
25. Índice de calidad en suelo para sistemas café.....	44
26. Índice de calidad en suelo para sistemas pasto	44

ÍNDICE DE FIGURA

Figura	Pagina
1. Triangulo textural para muestras de suelo.	10
2. Acción de la aplicación de cal sobre la acides de un suelo.	20
3. Ubicación del distrito de Jepelacio.....	21
4. Mapa del distrito de Jepelacio con puntos de muestreo.....	24
5. Ubicación geográfica del distrito de Jepelacio	25
6. Contenido de materia orgánica en cada una de las muestras	31
7. Datos del pH obtenido en las muestras de suelo.....	32
9. Contenido de fosforo en partes por millón.	33
10. Contenido de potasio en partes por millón.	34
12. Contenido de saturación de aluminio por muestras de suelo.	35
15. Contenido promedio de potasio (ppm) según tipo de coberturas.	41
16. Contenido promedio de nitrógeno según tipo de coberturas.	41
17. Contenido promedio de fosforo (ppm) según tipo de coberturas.	42
18. Promedio de materia orgánica según coberturas.	42
19. Toma de sub muestras y obtención de 1 kg para laboratorio y su análisis.....	51
20. Toma de muestra en centro poblado de San Miguel.	51
21. Muestreo de suelo con cobertura de pasto y café en Pacaypite	51
22. Toma de puntos con GPS.....	52
23. Suelos con cobertura de pasto en carrizal.....	52
24. Muestra de 1 kg de suelo roturado para llevar al laboratorio.....	53
25. Toma de puntos de parcelas donde se recolecto muestra.....	53
26. Resultado de análisis de muestras de suelo... ..	54
27. Resultado de análisis de muestras de suelo... ..	55
28. Resultado de análisis de muestras de suelo	56
29. Resultado de análisis de muestras de suelo	57

RESUMEN

La presente investigación se planteó el objetivo de determinar la influencia de calidad de suelos en cultivos de café, pastos y bosque secundario, en el distrito de Jepelacio, para lo cual se procedió a recolectar muestras en diversos sectores del distrito de Jepelacio, teniendo en cuenta el cultivo instalado en dicho suelo, fueron en total 21 muestras recolectadas (7 de café, 7 de pasto y 7 de bosque secundario), los cuales fueron recolectadas siguiendo el protocolo establecido por (MINAM, 2014) para posterior a ello ser enviados al laboratorio de suelos del Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM).

Cada muestreo por sector fue enviado teniendo en cuenta los sistemas de café, pasto y bosque secundario, esto se hizo con la finalidad de evitar ciertas confusiones a futuro sobre el origen de cada muestra, ya con los análisis de cada muestra en mano se procedió a digitar los valores obtenidos en el Microsoft Excel, de lo cual obtuvimos los diversos cuadros y gráficos para poder hacer un análisis comparativo de las muestras obtenidas con los parámetros de calidad de suelos según el DECRETO SUPREMO N° 017-2009-AG , además se consideró criterios por otros autores.

Finalmente se llegó a concluir que las coberturas con bosque se encuentran con los niveles más altos conteniendo materia orgánica, fosforo y nitrógeno, seguido de suelos con cobertura café y en último lugar se encuentran las muestras con cobertura de pasto, sin embargo, todas las muestras de suelo están catalogadas con niveles bajos a medios en contenido y calidad de suelo, pudiendo afirmar que los sistemas de siembra instalado en un suelo, si influyen en su calidad.

Palabras clave: Cultivo, bosque, café, pasto, cobertura.

ABSTRAC

The objective of this work was to determine the influence of soil quality in coffee crops, pastures and secondary forest, in the district of Jepelacio, for which samples were collected in various sectors of the district of Jepelacio, taking into account the cultivation installed on said soil, there were a total of 21 samples collected (7 of coffee, 7 of grass and 7 of secondary forest), which were collected following the protocol established by (MINAM, 2014) After that, they will be sent to the soil laboratory of the Alto Mayo Special Project (PEAM).

Each sample by sector was sent taking into account the systems of coffee, pasture and secondary forest, this was done in order to avoid certain confusion in the future about the origin of each sample, since with the analysis of each sample in hand we proceeded to enter the data obtained in the Excel program, from which we obtained the various tables and graphs to be able to make a comparative analysis of the samples obtained with the soil quality parameters according to the SUPREME DECREE N° 017-2009-AG , in addition to considering criteria of other authors.

Finally, it was concluded that the covers with forest have the highest levels obtained in organic matter, nitrogen and phosphorus, followed by soils with brown cover and in last place are the samples with grass cover, however, all the Soil samples are cataloged with low to medium levels in soil content and quality, being able to affirm that the different planting systems do influence the quality of a soil.

Keywords: Crop, forest, coffee, pasture, cover.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la calidad de diversos suelos ha disminuido, debido al incremento de la agricultura migratoria y procesos poco amigables con el medio ambiente, seguido de prácticas inadecuadas y escaso manejo de un sistema de producción, todos estos procesos conllevan a la pérdida de calidad del suelo y con ello una disminución de los niveles de nitrógeno, fosforo, materia orgánica y la fertilidad química y física del suelo disminuye significativamente.

Los suelos destinados para la agricultura requieren la protección y mejora de las propiedades del suelo a mediano o largo plazo, esto es de vital importancia, viéndolo desde la perspectiva de fertilidad y labranza. Los métodos de manejo de suelos agrícolas a menudo se basan en prácticas de gestión de la conservación, como la reducción de la labranza, el control de la erosión, el agregar materia orgánica y promover una rotación de cultivos. El promover sistemas de siembra para la conservación de suelos puede mejorar y/o ayudar a mantener las propiedades biológicas, químicas y físicas, ya que a menudo ayudan en los niveles de carbono orgánico del suelo debido a mejoras en las condiciones de vida de la biodiversidad en un suelo, pues influyen directa e indirectamente en las condiciones climáticas y nutricionales.

El proceso de erosión del suelo ha venido en aumento y con ello la desertificación y deterioro de ellos, lo cual se agrava cada vez más debido a los malos manejos y desconociendo a la vez su estado y calidad con la que cuenta, el conocer la calidad de un suelo podría ayudar a tomar decisiones beneficiosas que ayudarían en su recuperación, sin embargo, determinar los valores óptimos en indicadores como el contenido nitrógeno, materia orgánica, porosidad y capacidad que tiene un suelo para retener agua, también puede ayudar a determinar la calidad física del suelo, los cuales se piensa que podrían estar establecidos según el tipo de cobertura que lo ocupa y esto sería de gran ayuda en caso sea cierto pues se cree que con un sistema de cultivo instalado en un determinado suelo puede favorecer a la conservación en calidad y en caso contrario se diría que hay otros cultivos que favorecerían a su deterioro y pérdida de la calidad de un suelo.

Ante este panorama surge la presente investigación, la misma que se formula en los siguientes términos: ¿Existe diferencia entre calidad de suelos en los sistemas de uso con

cultivos de café, pasto y bosque secundario, distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba?

Como hipótesis general se planteó que “Si existe diferencia de calidad de suelo en los sistemas de uso con cultivos de café, pasto y bosque secundario en el distrito de Jepelacio, provincia de moyobamba-2021, y como hipótesis específica se menciona que los indicadores físico-químicos de un suelo si varían según el sistema de uso por cultivo instalado”.

1.1 Objetivo general

- Determinar la calidad de suelos en tres sistemas de uso en el distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar los parámetros físicos y químicos en los sistemas de uso bosque secundario y cultivos de pastos y café.

- Realizar la comparación del análisis de suelo con los sistemas de uso: Bosque secundario y cultivos de pasto y café

- Definir la calidad de suelo en los sistemas de uso: bosque secundario y cultivos de pastos y café.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

2.1.1. Internacional.

Toledo et al. (2018) en su artículo científico titulado “Indicadores e índices Biológicos de calidad de suelo en sistemas forestales” donde realizo un estudio sobre el reemplazo en suelos ubicados en zona de selva con plantaciones de *Pinus sp.* Llego a observar un desequilibrio ecosistémico, identificándose cambios en calidad y cantidad sobre los procesos biológicos y contenido de materia orgánica de los suelos en estudio. Concluyendo finalmente que de los índices que se desarrollaron para sistemas agrícolas, sólo el índice MOP/RES resultó válido para ser empleado en Oxisoles bajo el sistema estudiado con sembríos de *Pinus sp.* Los indicadores de materia orgánica particulada (MOP), materia orgánica, nitrógeno total, nitrógeno total potencialmente mineralizado (NPM) y respiración de suelo (RES), fueron clasificados como buenos indicadores de calidad, ya que brindaban la información necesaria para poder detectar cambios producidos por el cambio de actividades, así como cambio de uso de suelo. Los índices funcionales NPM/RES y MOP/RES fueron susceptibles a los cambios presentados debidos al uso y con ello se confirmó la estrecha relación entre el potencial del suelo en la mineralización de nitrógeno, la respiración del suelo y la calidad de los residuos orgánicos.

Quinto et al. (2016) En su artículo científico titulado “Biomasa de raíces finas y fertilidad del suelo en bosques pluviales tropicales del pacífico colombiano” menciona que las raíces finas en un bosque pluvial tropical, cumplen una función de gran importancia en la ecología de los bosques tropicales y su dinámica, debido a que la biomasa de raíces finas (BRF) tienen dependencia directa sobre las características del suelo presente (disponibilidad de agua y nutrientes), la cual tiene mayor relevancia en suelos menos fértiles. Para determinar su hipótesis de estudio se procedió a trabajar con cinco parcelas permanentes de una Ha cada una, posterior a ello se midió la biomasa de raíces finas a profundidades de 10 cm y de 10-20 cm de profundidad, y la fertilidad del suelo (pH, nutrientes y textura), los cuales se relacionaron con la biomasa de raíces finas. Ambas localidades presentaron suelos pobres en nutrientes, con mayor contenido de

arena, N total y materia orgánica (MO). La BRF evidenció una baja relación con el contenido de nutrientes y textura del suelo, sin embargo las correlaciones de BRF con el pH y el contenido de arcilla fueron considerablemente altas.

2.1.2. Nacional

Moya (2020) En su tesis de pre grado titulada “Recuperación de la calidad del suelo en una pastura degradada mediante sistemas agroforestales en Yurimaguas” se demostró que los sistemas agroforestales (SAF) puede lograrse la reducción del índice de degradación del suelo, todo esto en un largo plazo. Planteándose como objetivo el evaluar el efecto de cuatro SAF sobre la calidad de un suelo degradado por sobrepastoreo y finalmente con sus resultados se pudo demostrar que los SAF si favorecen a la recuperación de la calidad de los suelos.

Puertas (2009) En su tesis Doctoral titulada “índices de calidad del suelo y parámetros de crecimiento de cultivos de cobertura en una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*)” en la cual se planteó como objetivo la evaluación de los cambios que pueden originar los cultivos de cobertura sobre los indicadores físicos, químicos y biológicos con el transcurrir de los años y para el logro del objetivo de estudio, se instaló un módulo en la estación experimental denominada “El Choclino”, perteneciente al Instituto de Cultivos Tropicales en el departamento de San Martín. Los tipos de cobertura seleccionado fueron los siguientes: *Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg, *Calopogonium mucunoides* (L.), *Callisia repens* (Jacq.) L., *Canavalia ensiformis* (L.) y *Centrosema macrocarpum* Benth, y dicha información obtenida fueron comparadas con una parcela utilizada como tratamiento control y sin cobertura. Al año de sembradas las coberturas se estableció la plantación de cacao. Finalmente, en el presente estudio se concluyó que se obtuvieron incrementos significativos del elemento fosforo y también de materia orgánica en el suelo durante los años de evaluación y que resulta ventajoso los cultivos de cobertura para asegurar la productividad sostenible de las plantas, precisamente porque el incremento de la materia orgánica en el suelo es resultado de las propias coberturas en el terreno. Finalmente concluye que el potencial de producción continua en un suelo, está relacionado directamente con el contenido de materia orgánica disponible, lo que determina que en un suelo con sistemas de coberturas existe un mayor reciclaje de biomasa.

2.1.3. Local

Huaman (2021) En su tesis de pre grado titulado “Influencia de los sistemas de uso en la calidad de suelo sector cora cora distrito Luyando, provincia de Leoncio Prado” en la cual se buscó determinar la influencia de los sistemas de uso de diferentes edades en la calidad del suelo, para lo cual se planteó como objetivos específicos, determinar indicadores químicos y físicos, así como la calidad del suelo utilizando subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS) y representar una distribución cartográfica y espacial en tres sistemas de uso del suelo (coca, bosque y sistema agroforestal). Como resultados obtenidos se determinó que los indicadores físicos están representados por las clases texturales de franco arcillo limoso en el sistema coca y franco arcilloso en el sistema agroforestal y bosque, sobre la densidad aparente se define que todas se encuentran en un rango ideal y temperatura favorables para el normal crecimiento de los sistemas establecidos; en los indicadores químicos se obtuvo que los niveles de pH están en el rango de fuertemente ácido a neutro, con respecto a la materia orgánica, nitrógeno, fósforo; potasio y capacidad de intercambio catiónico en el suelo están catalogadas como de niveles bajos en todos los sistemas estudiados. La calidad de los suelos estudiados en los sistemas agroforestales presenta una calidad sensible, mientras que el sistema coca y bosque presentan una calidad pobre. Cartográfica la distribución espacial de la calidad del suelo en los tres sistemas de uso en un área de 3.61 ha presenta una calidad pobre.

(Rufino, 2019) En su trabajo de tesis de pre grado titulado “Calidad de suelo como indicador de contaminación en el botadero la Muyuna, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado” en donde se planteó como objetivo la evaluación de la calidad del suelo en el botadero de la Muyuna en áreas contaminadas y alrededores (muestra no contaminada) para lo cual se empleó el análisis estadístico para determinar la calidad de dichos suelos en estudio Después de procesar los datos obtenidos sobre los índices de calidad del suelo, arrojando como resultado en la muestra del suelo contaminado se obtuvo un índice de 0.3, el cual se encuentra clasificado como de baja calidad, con respecto a la muestra de suelo sin contaminar alcanzó un valor de 0.49 el cual nos arroja un valor de moderada calidad. Utilizándose pruebas estadísticas como ANOVA y la T en dos poblaciones como son suelos contaminados y suelos fuera del área contaminada, considerándose muestras independientes en los parámetros de textura como

son arena, limo y arcilla.

Olortegui (2017) En su trabajo de tesis de pre grado titulado “Fertilidad de suelos en parcelas cafetaleras de catorce centros poblados del distrito de Pólvora-Tocache, 2017” en el cual se planteó como objetivo el determinar la característica física y química en suelos cafetaleros. El presente trabajo se realizó en catorce centros poblados, dicha recolección de las muestras de suelo se realizó en 70 parcelas y en lo cual se determinó sobre la textura de los suelos, como aptos para la productividad agrícola, y del análisis químico se menciona que el suelo de las parcelas cafetaleras presenta variación en el pH, llegando a extremadamente alto, muy fuertemente ácido y fuertemente ácido, y de la CIC se menciona que, los suelos se encuentran caracterizados como muy pobres, pobres y medios; y por último se determinó que los suelos tienen bajos, medios y altos contenidos de fosforo, potasio y materia orgánica, teniendo al sector cafetalero de Buenos Aires con mayor disponibilidad de fosforo.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. El suelo

Los suelos albergan muchas de las etapas finales de los procesos de vida que tienen lugar en la superficie terrestre, en los cuales se dan varios ciclos fundamentales para lograr la continuidad de la vida y la existencia de los suelos, deben contribuir los siguientes factores: organismos, topografía, clima, rocas y tiempo. La formación del suelo lleva mucho tiempo, miles de años. La acción del clima y la biología desencadena este proceso. La lentitud de su formación hace del suelo un recurso casi no renovable. Las capas del suelo son capas de tejido del suelo con características comunes. Una serie de campos de visión forman un contorno. Crecen de arriba hacia abajo por el aporte de materia orgánica; y de abajo hacia arriba por cambios en la roca (Ruz, 2018).

El suelo está conformado por un grupo de unidades que ocupan la parte de la superficie de la Tierra, la cual sustenta a plantas y cuyas propiedades se determinan a lo largo del tiempo y topográficamente debido a los factores múltiples del clima y la microfauna presente en la roca madre. Analizando esta definición, se puede

ver cómo la ciencia del suelo se relaciona a la geomorfología, el clima, la geología y los seres vivos, ya sean animales, plantas u hongos. Existe una diversidad de grupos de microorganismos que se desarrollan en el suelo, los cuales logran hacer que éste se encuentre en continuo cambio, lo cual favorece en la formación de los horizontes del suelo y generando la aireación necesaria. Todo esto sería la definición más concreta sobre el componente suelo como soporte de vida y recurso limitado, debido a la fragilidad y susceptibilidad en contaminarse con mucha facilidad. A pesar de ello, desde el punto de vista constructivo o geotécnico (geólogos, Ing. civiles, ingenieros de caminos, etc.), el suelo no es considerado un componente tan dinámico y complejo, sino más bien es como un soporte de diversas actividades del ser humano, formado por materiales sin vida, como rocas disgregadas, cenizas volcánicas, aluviones, coluviones, depósitos eólicos, o depósitos glaciares. (Garmendia et al., 2005)

2.2.2. Nutrientes requeridos del suelo

Para lograr determinar cuántas cantidades de nutrientes se requiere en un determinado cultivo, se deberá tener en cuenta a los niveles nutricionales que posee un suelo, para después considerar el dato del rendimiento que se desea obtener en dicho cultivo, para lo cual estará considerado con la variedad elegida, densidad de siembra y plan agronómico que se proporcionará. La aplicación o restitución de nutrientes a un suelo, que vendría a ser lo que le falta para obtener el rendimiento deseado, se conoce como abonamiento o fertilización (Guerrero, 2012).

Por ejemplo, para hacernos una idea del total de nutrientes que son requeridos para obtención en rendimiento de 4 mil Kg de café pergamino seco u ochenta quintales/ha, a continuación, se muestra la cantidad de nutrientes, mencionando desde aquellos que se han extraído en mayor cantidad hasta los de menor cantidad, lo cual no se debe confundir necesariamente con esencialidad. Así tenemos los nutrientes tanto primarios como secundarios y las cantidades expresadas en Kilogramo por hectárea de cultivo.

Potasio	216 Kg
Nitrógeno	174 Kg
Calcio	86 Kg

Magnesio 18Kg

Fosforo 15 Kg

Azufre 11

(Guerrero, 2012)

2.2.3. Indicadores

Los indicadores de calidad vienen a ser parámetros o valores proveniente de un determinado rango que brindan información esencial, describiendo el estado de un fenómeno, con un significado más allá que el directamente asociado con el valor del parámetro, un indicador es algo que se puede medir y ésta es una representación operacional de una determinada cualidad (propiedad, calidad y característica) en un determinado sistema. Un indicador está considerado como un atributo que muestra cualidades en términos de una medición específica o procedimiento de medición donde la variable está asociada a una particular serie de entidades a través de las cuales se manifiesta. (Wilson, 2017).

Los indicadores son unidades a través de los cuales vamos a medir cierta variable. Si bien la variable es la propiedad a ser medida, los indicadores son las propiedades en concreto, estas pueden ser identificadas detalladamente por el investigador (Sanchez, 2019).

2.2.4. Textura del suelo

En lo que concierne a la textura en suelos, pueden clasificarse a grosso modo, en tres grupos, condicionados a su proporción de arcilla y a su vez por la capacidad de intercambio catiónico.

Tabla 1. Relación del contenido de arcilla con la CIC

Tipo de suelo	% arcilla	CIC promedio (meq/11g)
Arenoso	<10	10
Franco	10-30	15
Arcilloso	>30	20

Capacidad de intercambio catiónico (CIC) citado por (Andrades & Martínez, 2014).

La textura en suelos está relacionada directamente al tamaño de partículas presentes a partir de la tierra fina (tamiz 2 mm) de manera que el porcentaje de arena, arcilla y limo de un suelo, determina el tipo de textura a la que pertenece (arenoso, limoso o arcilloso), clase que se determina con la ayuda del triángulo de textura. En la Figura 1 se muestra el triángulo textural que se utiliza cuando se siguen los criterios de la Sociedad Internacional de ciencias del suelo “ISSS por sus siglas en inglés” (Andrades & Martínez, 2014)

2.2.5. Fracciones del suelo

La conformación según el tamaño y el contenido de partículas (granulométrica) de un suelo, esta determinada por el porcentaje de materia mineral en peso de arena, limo y arcilla, obtenida por separación de estas partículas.

Las propiedades de estas partículas, ya sean finas o gruesas, van a diferir considerablemente, sin embargo y a pesar de ello no hay una división natural marcada según el tamaño de partícula; es por eso y para fines prácticos, se han establecido algunos límites. Comúnmente en el suelo se separan habitualmente tres clases por tamaño y conocidos como arena, limo y arcilla. El método empleado para medir la composición granulométrica, es el análisis granulométrico o mecánico (Navarro & Navarro, 2013).

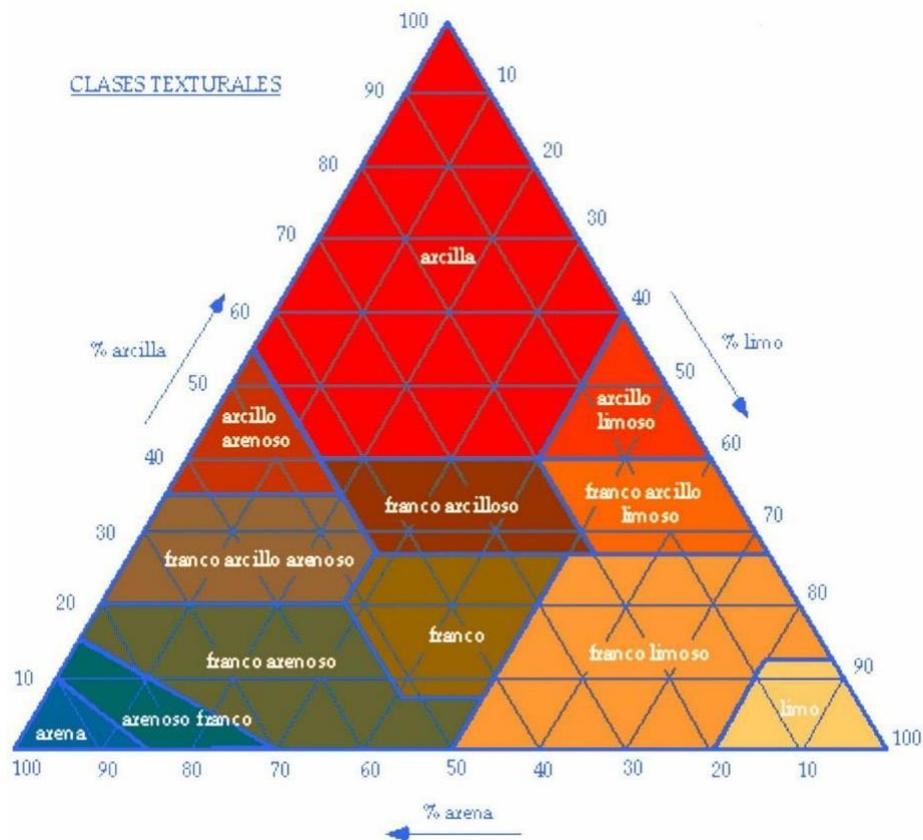


Figura 1. Triángulo textural para muestras de suelo.

Nota: En arcilla van partículas menores a 2 μm , limo van partículas entre 2-20 μm y en arena van partículas con tamaños mayores de 20 μm y menores de 2000 μm , Tomado de (Navarro & Navarro, 2013, p54).

De las fracciones de mayor tamaño como son arena y grava, se puede decir de ellas que hay ausencia de las propiedades de plasticidad y tenacidad, por lo consiguiente la capacidad para retener agua es muy limitada, esto debido a los espacios grandes presente entre las partículas, el agua circula muy rápidamente; cosa contraria con las de arcilla, las cuales comúnmente son laminares como la mica y si se humedecen son muy plásticas, cosa que cuando se moja con una cantidad adecuada de agua, se expande volviéndose pegajosa.

El limo suelen ser muy variables, muy distintas en su forma y escasa veces son lisas o pulidas, siendo mayormente partículas microscópicas y el cuarzo es el mineral que predomina (Navarro & Navarro, 2013).

2.2.6. Calidad del suelo

Viene a ser la capacidad para promover el desarrollo animal y/o vegetal, de un determinado suelo, mejorar o mantener la calidad del agua y aire, así como mantener el buen estado de salud en las personas, con límites ecosistémicos naturales o determinados por el manejo, e incluye los conceptos de productividad y fertilidad de un determinado suelo, que suponen que estos deben retener, atraer y liberar nutrientes y otros elementos químicos necesarios, así como agua. Dicha calidad de un suelo no permanece estable y puede variar con el pasar del tiempo, lo cual depende del uso y mantenimiento mediante las diversas prácticas culturales.

La variación en la calidad del suelo se puede percibir por un aumento o disminución de alguna de sus características. A modo de ejemplo se puede aumentar la tasa de infiltración mediante aumento de macroporos, trayendo mejoras de la estructura y proporcionando una dosis adicional de materia orgánica, pero con ello pueden ocurrir pérdida de nutrientes, pérdidas en densidad aparente, resistencia a la labranza y crecimiento radicular.

Una mejor evaluación de la calidad del suelo se consigue si, junto a los cambios señalados, se incluyen otros indicadores biológicos como la diversidad genética, el rendimiento de los cultivos, la apariencia de las plantas y su crecimiento radicular, así como la calidad del agua que escurre en la superficie del suelo (Navarro & Navarro, 2013).

2.2.7. Indicadores de calidad del suelo

La calidad en suelos puede ser medido por indicadores que muestren los cambios en la capacidad de un suelo y su función, de estos los que son empleados con mayor frecuencia, vienen a ser las propiedades biológicas, físicas y químicas, las cuales tienen que cumplir los siguientes requisitos:

- Describir los procesos de un medio ecosistémico.
- Agrupar varias propiedades físicas, químicas y biológicas.
- Mostrar atributos de sostenibilidad que se quieren medir.

- Ser sensitivas a variaciones climáticas y de manejo.
- Ser viable a condiciones de campo.
- Ser reproducibles y factible.
- Ser de fácil entendimiento.
- Ser sensitivas a los cambios que ocurren en el suelo.

En virtud que existen múltiples alternativas para evaluar la calidad del suelo, Navarro & Navarro (2013) propone un grupo mínimo de propiedades para ser usadas como indicadores de suelo, para con ello poder evaluar los cambios que ocurren en el suelo con respecto al factor tiempo (ver figura 1)

Los indicadores que pueden usarse en estudios de evaluación de la calidad de suelo, tienden a cambiar dependiendo del uso, factores de formación y tipo. La preselección apropiada de que indicador utilizar, depende del objetivo que se tenga, para lo cual se deberá tener en consideración los múltiples componentes de la función del suelo, generalmente son el ambiental y el productivo (Navarro & Navarro, 2013).

Tabla 2. Valores deseables en la calidad de suelo

Nº	INDICADOR	UNIDAD	VALOR DESEABLE	VALOR DE CORTE
1	materia orgánica	%	>5	0.5
2	densidad aparente	g/cm ³	<1.1	1.47
3	Conductividad E.	ds/m	<1	4.1
4	pH	pH	6 > y < 7	5 < pH > 8.5
5	Fosforo	mg/kg o ppm	>5.5	0
6	CIC	Cmol/kg	>15	5
7	Nitrógeno	%	>0.2	0.05

Nota: CIC es la capacidad de intercambio catiónico de un suelo, citado por (SAGARPA, 2012)

Tabla 3. Indicadores de calidad en suelos.

Propiedad	Relación con las funciones y condiciones del suelo
Indicadores físicos	
Textura	Retención y transporte de agua y nutrientes Erosión
Profundidad del suelo superficial	Estimación del potencial productivo y la erosión
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lixiviación, productividad y erosión
Capacidad de retención de agua	Relacionado con el contenido de humedad, transporte y erosión, humedad, textura y materia orgánica
Indicadores químicos	
Materia orgánica (N y C total)	Fertilidad del suelo, estabilidad, potencial productivo y erosión
pH	Limitaciones en actividad química y biológica Limita el desarrollo de las plantas y actividad microbiana
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana
N, P y K extraíbles	Disponibilidad de nutrientes para las plantas
Indicadores biológicos	
C y N de biomasa microbiana	Reposición de C y N
Respiración, humedad y temperatura	Estimación de la biomasa presente en el suelo
N mineralizable	Productividad del suelo

(Navarro & Navarro, 2013, p 47)

La identificación de indicadores es a veces complicada por la multiplicidad de factores que intervienen en los procesos biogeoquímicos (factores externos) y la variación de estos en intensidad con el pasar del tiempo.

2.2.8. Indicadores físicos

Se consideran necesarios e importantes para la determinación de calidad en un suelo, dichas propiedades medibles son las que reflejan la forma en que el suelo retiene, acepta y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones en el crecimiento de las raíces y la infiltración.

La densidad aparente, estructura, estabilidad de agregados, profundidad del suelo superficial, infiltración y conductividad hidráulica saturada y capacidad de almacenamiento de agua son las características físicas que se tienen propuestas comunes como indicadores de calidad cuando se desee evaluar un determinado suelo.

2.2.9. Indicadores químicos

Hacen referencia a las condiciones medibles que influyen en la relación planta-suelo, capacidad amortiguadora del suelo, calidad del agua y disponibilidad de elementos nutritivos para plantas y microorganismos.

Algunos de los indicadores están marcados por la disponibilidad de nutrientes, pH, carbono orgánico total y lábil, conductividad eléctrica, capacidad de adsorción de fosfato, capacidad de intercambio catiónico, músculo de cambio orgánico, nitrógeno total y nitrógeno mineralizable. (Navarro & Navarro, 2013).

2.2.10. La materia orgánica como indicador de calidad

La materia orgánica en el suelo (MOS) es considerada un indicador clave a la hora de medir la calidad del suelo, ya sea para condiciones agrícolas como en las de carácter ambiental, entre las cuales podemos mencionar a la captura de Carbono y calidad del aire, por ser la principal determinante de su actividad biológica, tanto la diversidad biológica y los microorganismos están directamente relacionadas con ella.

La MOS y junto a ella la actividad biológica generada tiene una gran determinación sobre las propiedades químicas y físicas de un suelo, la agregación y la estabilidad de la estructura aumentan con el contenido de materia orgánica, las cuales a su vez incrementan la tasa de infiltración y la capacidad de retención de líquidos como el agua, así como mayor soporte a la erosión hídrica y eólica. También se generan mejores condiciones de biodisponibilidad de nutrientes esenciales para los cultivos establecidos.

La MOS tiene una composición variable y diversa en la que se pueden identificar múltiples fracciones, estas partes tienen diversas funciones en el suelo y es necesario reconocer estas diferencias. Una consecuencia de la diversidad de materiales y funciones es que al agregar la materia orgánica para mejorar o tratar de mantener su contenido en el suelo, el adicionar en su contenido total puede no traer los beneficios esperados. Esto sugiere que también es necesario tener en cuenta la naturaleza, así como la cantidad de material orgánico añadido, su volumen y ubicación. Son importantes para su manejo la naturaleza y la cantidad del tipo de residuos frescos y los flujos que se generan con la incorporación de fracciones lábiles. Si bien estamos muy lejos de comprender

todas las funciones de la MOS e incluso en los casos donde se han identificado relaciones con las propiedades del suelo y las funciones, a menudo, no se entiende completamente la naturaleza de dichas relaciones. Sin embargo, está claro que la materia orgánica es de mucha importancia sobre una serie de funciones clave que influyen en muchas de las actividades llevadas a cabo en la superficie de la tierra (Wilson, 2017)

2.2.11. Capacidad de intercambio catiónico

Las propiedades de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se define como la cantidad máxima múltiples iones positivos (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Al^{3+}), que una determinada cantidad de suelo puede capturar o retener. La fuerza de la carga positiva varía dependiendo del catión, permitiendo que un catión reemplace a otro en una partícula de suelo con carga negativa de naturaleza coloidal, orgánica e inorgánica. La retención de estos iones en la superficie de las partículas de arcillas o coloides del suelo, es un efecto electrostático generado en equilibrio con los iones positivos presente en las soluciones del suelo (SAGARPA, 2012). También podemos mencionar con respecto a la materia orgánica, que esta contribuye con la CIC de suelos, especialmente cuando está en alto estado de descomposición, es decir en estado húmico, que tiene una CIC de 200 a 400 meq/100g de suelo.

La CIC se relaciona a una mejora de la estructura de los suelos, la cual a su vez beneficia a la retención de agua, la aireación, el metabolismo microbiano y la fertilidad. En el Cuadro 4, se presentan los rangos interpretativos para la CIC.

Tabla 4. Rangos interpretativos para la CIC

Clase	CIC ($\text{Cmol}(+) \text{kg}^{-1}$)
Muy Alta	$\text{CIC} \geq 40$
Alta	$25 \leq \text{CIC} < 40$
Medio	$15 \leq \text{CIC} < 25$ Baja
Baja	$5 \leq \text{CIC} < 15$
Muy baja	$\text{CIC} < 5$

Nota: Tomado de SAGARPA (2012).

2.2.12. Densidad aparente

Viene a ser la relación entre la masa del suelo y el volumen que ocupa, incluido el espacio poroso, la cual es importante porque refleja cambios debido al agua almacenada, la infiltración de agua y el aumento de las condiciones biológicas. A medida que aumenta el contenido de materia orgánica, el valor de la densidad aparente tiende a disminuir, aumentando así el espacio poroso total y, por lo tanto, la capacidad de almacenamiento de agua. Por otro lado, a medida que aumenta el valor de la densidad aparente, el espacio poroso total disminuye, lo que refleja el estado de compactación del suelo, esto genera un ineficiente desarrollo en biomasa de raíces y el desarrollo de cualquier cultivo (SAGARPA, 2012).

2.2.13. Fertilidad del Suelo

La definición de un suelo fértil está relacionada al contenido de macro nutrientes como la materia orgánica, nitrógeno en sus diversas formas, potasio y fósforo disponibles en la capa arable del suelo, lo cual se considera 30 cm de profundidad. Su valor en contenido alto, medio o bajo se define utilizando la ley del mínimo, ello quiere decir que es definida por el parámetro que presenta el menor valor.

Fertilidad Alta

Todos los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y/o potasio son altos.

Fertilidad Media

Cuando alguno de los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y/o potasio es medio, los demás son altos.

Fertilidad Baja

Cuando por lo menos uno de los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y/o potasio es bajo (DECRETO SUPREMO N° 017-2009-AG, 2009).

Tabla 5. Parámetros que definen la fertilidad del suelo

Nivel	Materia orgánica	Fosforo disponible (ppm)	Potasio disponible (ppm)	Nitrógeno disponible (ppm)
Alto	> 4	>14	>240	> 0.2
Medio	2-4	7-14	100-240	0.1-0.2
Bajo	<2	< 7	< 100	0.1 <

Nota: (DECRETO SUPREMO N° 017-2009-AG, 2009)

2.2.14. El nitrógeno

Es un elemento diatómico de la tabla periódica y representa al 78% de los gases que conforma la atmósfera terrestre, llegando a ser el gas más abundante en el planeta, en su forma elemental es relativamente inerte, se encuentra en estado gaseoso a temperatura y presión en condiciones normales.

La química del nitrógeno es un poco complicada por razones de que dispone de varios estados de oxidación que puede asumir y al hecho de que esos diversos estados de oxidación pueden ser utilizados por múltiples organismos vivos. Esta variación en el estado de oxidación producido por bacterias presentes en el suelo, puede ser negativo o positivo, dependiendo a qué condiciones sea expuesta (aeróbicas o anaeróbicas) (Pacheco et al., 2002). Desde el punto de vista de la química inorgánica se considera a siete estados de oxidación para el nitrógeno.

Tabla 06. Estados de oxidación de compuestos nitrogenados

Compuesto	Estado de Oxidación
NH ₃	-III
N ₂	0
N ₂ O	I
NO	II
N ₂ O ₃	III
NO ₂	IV
N ₂ O ₅	V

Nota: Pacheco, Pat & Cabrera, 2002.

2.2.15. Materia orgánica

Los autores se refieren vagamente a la materia orgánica o humus como la parte orgánica que juega un papel importante en el suelo. No existe una definición de humus en

la que todos los expertos estén de acuerdo. En general, sin embargo, el término humus se refiere a "toda clase de materia orgánica, de color pardo y negro, producida por la descomposición de materia orgánica de origen vegetal puro". Contiene aproximadamente un 5 % de nitrógeno, por lo que su valor en el suelo se puede calcular multiplicando su contenido total de nitrógeno por 20. (NAVARRO, 2003).

2.2.16. Fósforo total

SAGARPA (2012) menciona que es un nutriente primario para las plantas y se encuentra formando fosfatos, siendo de vital importancia para las plantas, la cual resulta necesario para el crecimiento y desarrollo de la raíz, así como el potencial genético. Este elemento es poco disponible en el suelo y además gran parte no está en formas no solubles y/o aprovechables por las plantas. La disponibilidad depende del tipo de suelo y del grado de solubilidad.

2.2.17. Reacción del suelo (pH)

Es una propiedad química del suelo que tiene una función indirecta en los procesos químicos, la disponibilidad o forma asimilable de nutrientes, procesos biológicos y actividad microbiana, el pH es conocido como potencial de hidrógeno o menos logaritmo de la actividad de H^+ , la cual afecta directamente la solubilidad, disponibilidad y absorción de los nutrientes elementales para el desarrollo y supervivencia vegetal. Entre los elementos nutritivos para los cultivos que más se ven afectados por el pH son el P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu, así como el porcentaje de saturación de bases y la capacidad de intercambio catiónico. En zonas donde abundan las precipitaciones se genera el lavado de las bases y como consecuencia el suelo se acidifica (pH entre 4.0 y 6.5), provocando altas concentraciones de aluminio y manganeso solubles que al ser absorbidos por las raíces provocan intoxicación y fijación de fosfatos. Mientras que en zonas áridas el lavado es mínimo y los suelos se alcalinizan (pH entre 7.0 y 8.5), generando baja disponibilidad del fósforo debido a la presencia de carbonato de calcio ($CaCO_3$) (SAGARPA, 2012).

En el siguiente Cuadro se presentan los rangos interpretativos para el pH en suelo.

Tabla 7. Rangos interpretativos para el pH.

N°	RANGO	CLASE
1	Menos de 3,5	Ultra ácido
2	3,6 - 4,4	Extremadamente ácido
3	4,5 - 5,0	Muy fuertemente ácido
4	5,1 - 5,5	Fuertemente ácido
5	5,6 - 6,0	Moderadamente ácido
6	6,1 - 6,5	Ligeramente ácido
7	6,6 - 7,3	Neutro
8	7,4 - 7,8	Ligeramente alcalino
9	7,9 - 8,4	Moderadamente alcalino
10	8,5 - 9,0	Fuertemente alcalino
11	Más de 9,0	Muy fuertemente alcalino

Nota: Tomado de (DECRETO SUPREMO N° 017-2009-AG, 2009).

Cruz-Macías et al. (2020) Menciona que, existe un 30-40% del total de suelos cultivables y hasta el 70% de los considerados potencialmente cultivables, son considerados ácidos. En este tipo de suelos con pH ácido, el ion Al^{3+} se considera el elemento de vital importancia y que genera limitaciones sobre el crecimiento de los cultivos, sin embargo, existen otros factores limitantes, como la deficiencia de fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y manganeso tóxico.

La acidificación del suelo retarda un adecuado desarrollo de los microorganismos benéficos y conduce a la pérdida de aumento poblacional y diversidad de tales en el suelo, lo que afecta a la estabilidad de los ecosistemas de un suelo agrícola, sobre todo en suelos con niveles bajos en materia orgánica (Cruz-Macías et al., 2020).

2.2.18. La toxicidad del aluminio en suelos ácidos

Los suelos que cuentan con presencia alta de aluminio y poseen un pH por debajo de 5.5, pueden generar daños a los cultivos por toxicidad de cualquiera de estos elementos y cuando el pH llega a niveles por debajo de 4.0, se pueden generar daños a los cultivos por exceso del ion hidrógeno.

Las plantas que se intoxican a causa de pH bajo, presentan un desarrollo deficiente y defectuoso de sus raíces, especialmente cuando la toxicidad es por aluminio, y son afectados procesos metabólicos importantes para el adecuado desarrollo

y producción de las plantas, como la deficiente replicación del ADN, la reducción de la respiración por medio de raíces, la interferencia en la absorción, el transporte y uso de varios nutrientes esenciales, como el calcio, magnesio, fósforo y nitrato. A consecuencia de esto, las plantas pierden vigor y se vuelven muy susceptibles a un posible ataque de fitopatógenos (DICTA, 2016).

Existen dos formas viables y económicas para que los que se dedican a la agricultura pueda reducir el alto índice de aluminio en suelos, como son el encalado que consiste en aplicar cal, también se puede agregar enmiendas como el estiércol de animales (DICTA, 2016).

El mayor efecto beneficioso sobre el encalado para suelos asidos es la reducción de la solubilidad del aluminio y manganeso, elementos de toxicidad para la mayoría de cultivos, aun cuando sea en bajas concentraciones. El exceso de aluminio afecta en la división celular de las raíces de las plantas, lo cual genera atrofia en muchas raíces de plantas que se desarrollan en suelos ácidos y la sola presencia de altas concentraciones de aluminio en la disolución del suelo inhibe también en la absorción de calcio y magnesio por parte de las plantas (Navarro & Navarro, 2013).

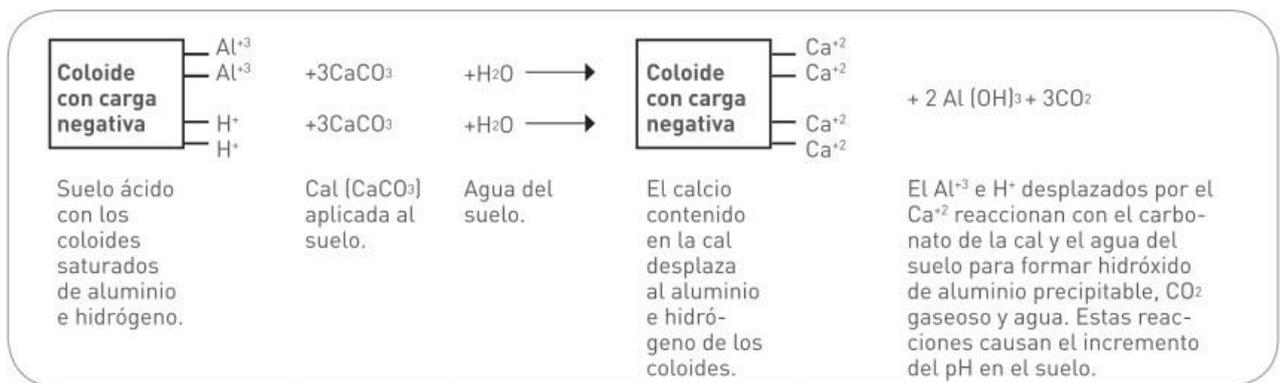


Figura 2. Acción de la aplicación de cal sobre la acides de un suelo.

Nota: Tomado de (DICTA, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de la ejecución

3.1.1. Ubicación política

Jepelacio es uno de los 6 distritos que conforman la provincia de Moyobamba, perteneciente al departamento de San Martín el cual se encuentra al nor-oriente del Perú.

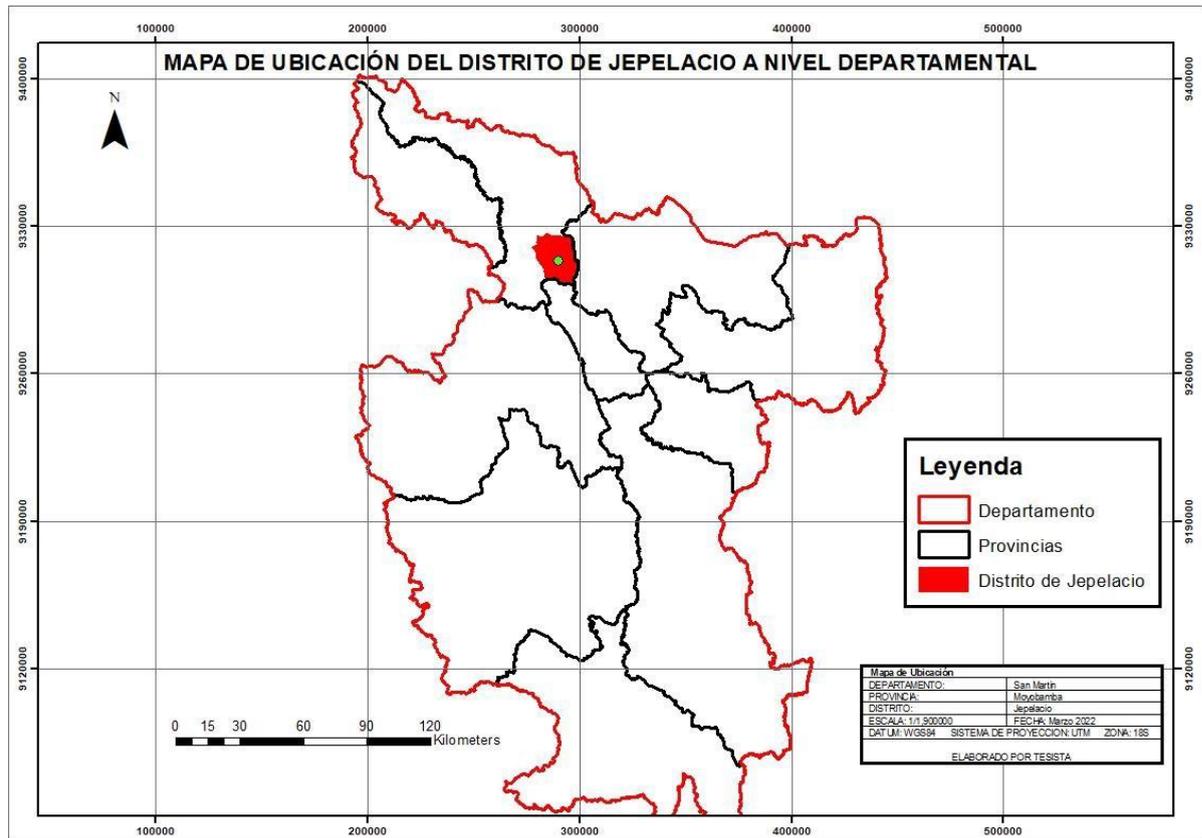


Figura 3. Ubicación del distrito de Jepelacio.

Departamento	San Martín
Provincia	Moyobamba
Distrito	Jepelacio
Área	36895.71 ha
Perímetro	92.48 km

3.1.2. Ubicación geográfica

Jepelacio está ubicado al Sur de la Provincia de Moyobamba, a 14 Km. de la capital del departamento de San Martín, a una altura de 1113 m.s.n.m, y tiene una extensión de 362, 98 Km², siendo sus límites los siguientes:

- Por el Norte con el distrito de Moyobamba
- Por el Sur con la provincia de El Dorado

- Por el Oeste con los distritos de Pinto Recodo y Alonso de Alvarado (Lamas)
- Por el Este con el distrito de Soritor

Tabla 8. Coordenadas de puntos de muestreo distrito de Japelacio.

N°	X	Y	Z	Lugar	Tipo de cobertura
1	283310	9325020	1301	San Agustin	Café
2	284198	9326024	1318	San Agustin	Bosque
3	284198	9326024	1318	San Agustin	Pasto
4	290377	9312948	1125	Pacaypite	Café
5	290676	9318558	1021	Shucshuyacu	Pasto
6	290812	9321018	1020	Shucshuyacu	Café
7	291054	9315684	1140	Barranquita	bosque
8	290208	9316479	1109	Barranquita	pasto
9	288394	9317922	1262	Shucshuyacu	Bosque
10	290592	9313688	1100	Pacaypite	Pasto
11	289828	9312981	1150	Pacaypite	bosque
12	288753	9312550	1253	San Miguel	bosque
13	288577	9312966	1138	San Miguel	Café
14	287816	9312960	1158	San Miguel	Pasto
15	289618	9310208	1544	Carrizal	bosque
16	289029	9310003	1445	Carrizal	Café
17	288002	9309586	1279	Carrizal	Pasto
18	290355	9316919	1048	Barranquita	Café
19	284243	9322730	1112	Ochame	Pasto
20	284165	9321209	1351	Ochame	bosque
21	281829	9321676	1282	Ochame	Café

3.13. Sistemas de uso del suelo

El presente trabajo se desarrolló en áreas del distrito de Japelacio, en donde al azar se tomaron 21 puntos de muestreo, considerando los sistemas instalados de café, pasto y bosque secundario.

Según información brindada en la Agencia de Desarrollo Económico Local ADEL-DRASAM Moyobamba, existen 2,858 ha de café, 14,440 ha de pasto y 3,500 ha de bosque secundario.

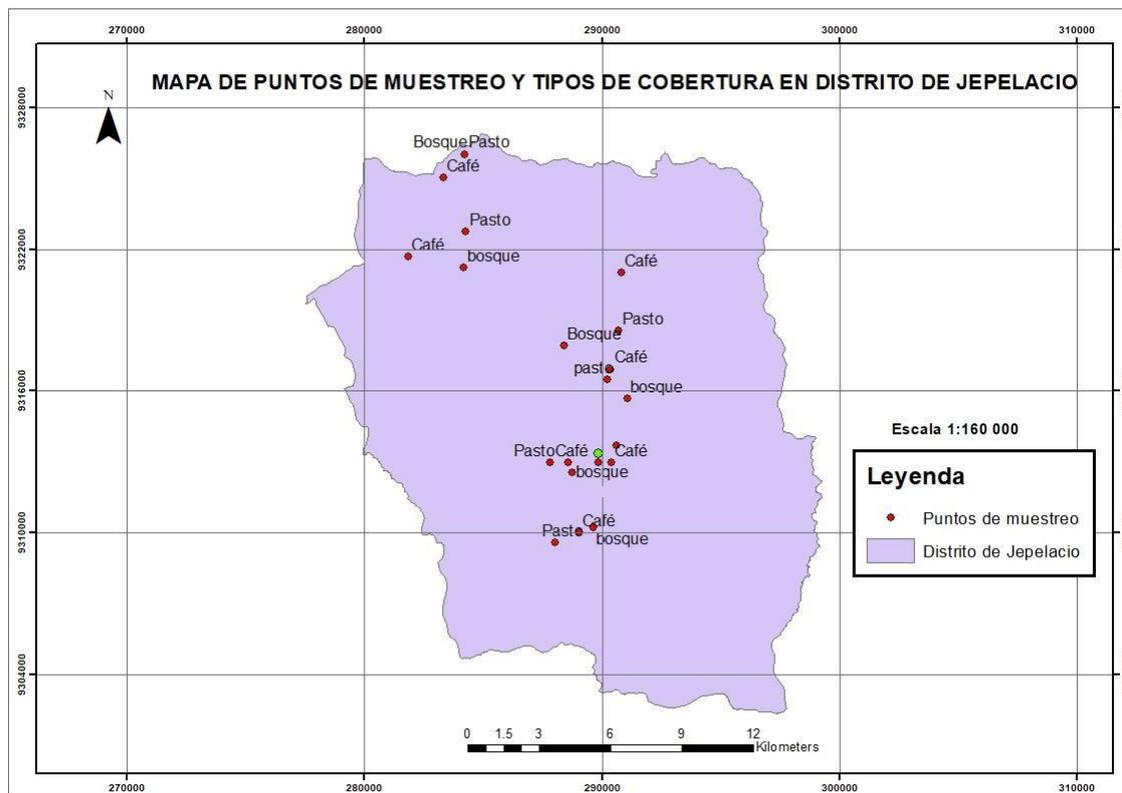


Figura 4. Mapa del distrito de Jepelacio con puntos de muestreo

Clima

Dicha área geográfica presenta clima cálido-húmedo, con abundantes precipitaciones en los meses de diciembre a abril, contando con un periodo seco con ligeras lluvias de mayo a noviembre. (Nuñez & Villacorta, 2013)

Fisiografía

Geomorfológicamente hablando, el área presenta un accidentada entre colinas y montañas que siguen el alineamiento general de la Cordillera de los Andes (noroeste-sureste). Estas geoformas accidentadas se encuentran divididas por el río Gera, el cual forma un valle. En la tabla 9 se puede apreciar las coordenadas de cada punto de parcela muestreada y su tipo de cobertura, indicando a que sector del distrito de Jepelacio pertenece (Ver figura 4 y 25).

3.14. Vegetación

En el distrito de Jepelacio se puede percibir una vegetación abundante, típico de ceja de selva peruana, la cual y por su diversidad de pisos altitudinales, presentan una amplia biodiversidad de especies de orquídeas, así como arboles maderables de importante valor ambiental y comercial (Cedro, tornillo, etc).

Aspectos socioeconómicos

En distrito de Jepelacio la mayor parte de la población se dedica a la actividad agrícola, específicamente al cultivo de café, seguida de cacao y en menores cantidades a la ganadería y el comercio.

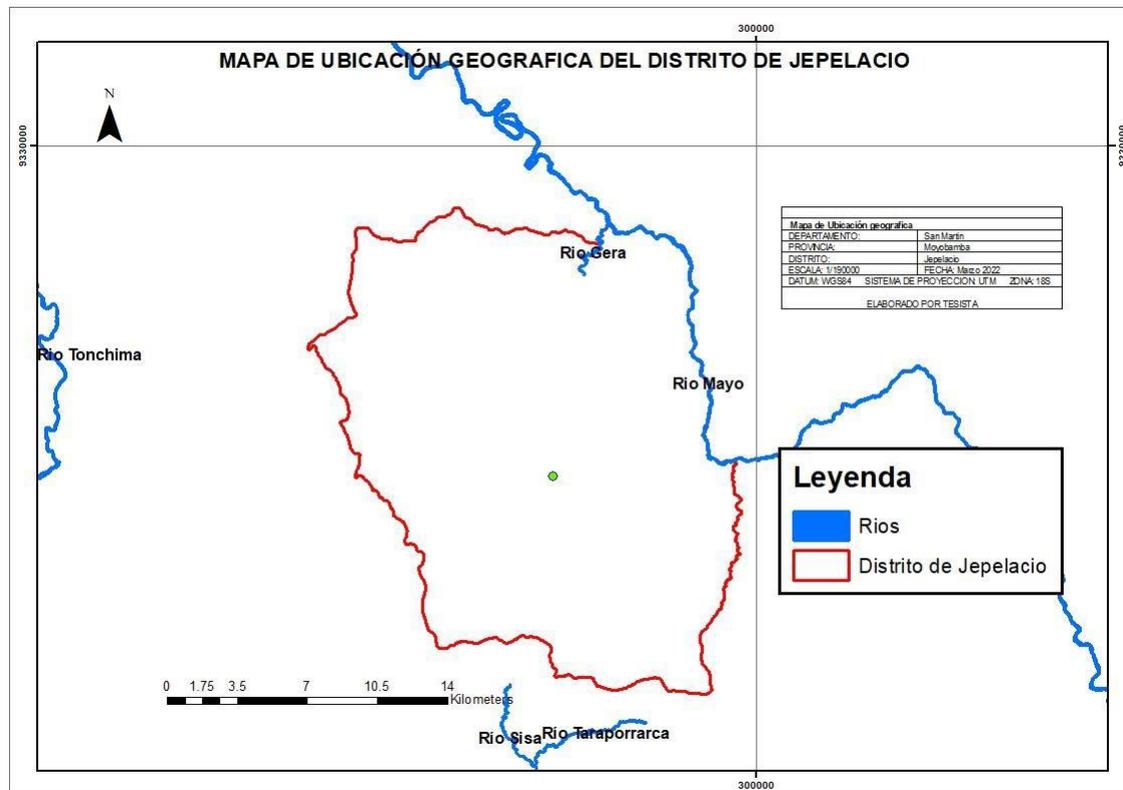


Figura 5. Ubicación geográfica del distrito de Jepelacio.

3.2. Material y métodos

3.2.1. Materiales

- 01 balanza gramera
- 01 palana
- 01 paquete de bolsa chequera blanca
- 01 cinta masking
- 02 saco negro
- 01 balde plástico de 20 Lt.
- 10 papel bond A4
- 01 GPS Garmin Montana 680
- 01 celular Android Redmi Note 9

3.2.2. Equipos

Potenciómetro de la marca Apera, modelo PC400S, con un rango para medir pH de -2 a 19.99

Balanza analítica en la marca Precisa, modelo LX 220A, con una capacidad de medir desde 0.1 mg hasta 220 gr.

Equipo de destilación de Micro Kjeldahl Se utilizó para determinar micro cantidades de nitrógeno en las muestras de suelo, modelo GL-FC100 y de marca Nacional.

3.2.3. Metodología en la investigación

Se menciona lo que ocurre con la calidad de un suelo según sea el sistema de cultivo instalado, llámese café, pastizal o bosque secundario, donde se dio inicio con una fase de recopilación de datos in situ e información bibliográfica existente, con el fin de comprender cuales son las propiedades físico-químicas y materia orgánica del suelo, y si existe relación dependiente con el tipo de cultivo instalado. También podemos afirmar que estamos ante un estudio de enfoque cuantitativo ya que se empleó un conjunto de procesos organizados de manera secuencial y ordenada con la finalidad de comprobar ciertas suposiciones, en este caso aceptar o rechazar hipótesis (Hernández & Mendoza, 2018).

El trabajo realizado es una investigación del nivel descriptivo (Sanchez, 2019) y se inició con la fase de recopilación de las muestras de suelo in situ, así lograr comprender cuales son las propiedades físico-químicas y el contenido de materia orgánica en el suelo, y la posible relación existente con el tipo de cultivo instalado.

Toma de muestras

Para realizar el análisis de suelo y comparación de cada parcela identificada de los cultivos de café, pastos y bosque secundario se utilizó los pasos y recomendaciones según (MINAM, 2014) en donde para la toma de muestras recomiendan recolectar porciones de suelo de diversas partes por parcela de estudio (10 – 25 unidades) en un área y una capa determinada y unir las sub muestras individuales en una muestra

compuesta. Teniendo en cuenta este criterio se consideró para la toma de una buena muestra representativa de cada unidad de estudio, se pequeñas porciones de suelo de diferentes partes de la parcela en estudio, para después realizar la mezcla y sacar un kilogramo de suelo como muestra representativa para enviar al laboratorio para su posterior análisis.

Cabe recalcar que se consideró una profundidad de 20-30 cm para la toma de muestras de suelo agrícola y se realizó el método de zigzag en la unidad de muestra de 100 mt x 100 mt para suelo. Para la elección de las áreas para el estudio se consideró elegir al azar un sistema de estudio por sector, cosa que la calidad de las muestras no pueda verse alteradas por factores intervinientes como pendientes o la mucha heterogeneidad de los propios suelos (Ver figura 25 en anexo).

3.2.3.1. Determinación de parámetros físicos y químicos de muestras.

Para determinar los indicadores físicos y químicos en los suelos de los cultivos de café, pastos y bosque secundario, se realizó el envío de las muestras al laboratorio de suelos del Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM), en donde se trabajó la obtención de los parámetros físico químicos basándose en lo mencionado por Bazán (2017) quien menciona lo siguiente:

Determinación del pH

Se realizó mediante el método potenciómetro en suspensión suelo: agua.

Determinación de la conductividad eléctrica

Para lo cual se realizó el método extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1.

Determinación de materia orgánica

El carbono orgánico puede determinarse a través de la oxidación del Carbono orgánico a CO₂, en este caso fue a través de una solución oxidante, conocido como el método de Walkley y Black.

Determinación de nitrógeno

Se utilizo el proceso de Micro Kjeldahl para hallar los compuestos

nitrogenados, el cual ya es considerado un clásico y estándar para este parámetro.

Determinación de fósforo

Olsen Modificado

Determinación de potasio

Fotometría de Llama

Capacidad de Intercambio Catiónico

Suma de Bases cambiables, para lo cual se utiliza el extracto preparado para saturación con acetato de amonio, con el fin de analizar la CIC que contiene los cationes cambiables del suelo, consistiendo principalmente de: Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , Na^{+} (Bazán, 2017).

Textura

Hidrómetro de Bouyoucos Después de obtención de dichos resultados, se procedió a registrar los datos obtenidos en una hoja de cálculo de Excel.

3.2.3.2. Comparación del análisis de suelo con los tres sistemas de uso.

Para realizar la comparación de los indicadores de calidad de suelos de los tres sistemas estudiados, se tomaron los datos del contenido de materia orgánica y se procesaron utilizando el ANOVA con una significancia del 95% (5% de error); además de ordenamiento de todos los datos a través de la estadística descriptiva y comparando promedios, todo ello empleando el software Excel.

3.2.3.3. Definición de calidad de suelo en los sistemas de uso

Para los Índices de Calidad en Suelos se utilizó la metodología propuesta por Cantú et al. (2007), donde es necesario definir los límites máximos (I_{max}) y mínimo (I_{min}) de los atributos seleccionados.

Tabla 9. Valores de escala según Índice de calidad de suelo.

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

Nota: Tomado de (Cantú et al., 2007).

Según (Cantú et al., 2007), existen dos posibles situaciones: la primera cuando el valor máximo del indicador (I_{\max}) corresponde a la mejor situación de calidad de suelo (Valor normalizado del indicador: $V_n = 1$) y el cálculo es:

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

valor máximo del indicador, I_{\min} = valor mínimo del indicador.

Debemos tener en cuenta que, este método es estricto solo para índices de calidad en suelos.

Para los valores máximos y mínimos de los indicadores se tomará como rango valores de acuerdo a la tabla 9.

Criterios de la investigación

Nivel de investigación

Nivel descriptivo, en la cual y a través de información de fuentes primarias y secundarias, se buscó definir conceptos para describir en base a los sistemas instalados en un determinado suelo y si estos influyen de alguna manera sobre la calidad de los mismos.

Tipo de investigación

El presente trabajo es una investigación del tipo aplicada ya que se busca dar solución a un problema vivido en la realidad actual, ya que sería de gran ayuda el poder predecir calidades de un suelo con tan solo observar lo que se encuentra en él.

Variables de investigación

Independiente Calidad de suelo.

Dependiente Sistemas de uso: bosque y cultivo de pastos y café

Diseño de investigación La presente tesis es un trabajo con diseño no experimental de tipo transversal ya que se trata de una investigación descriptiva que está orientado a la observación y descripción del comportamiento de las principales propiedades físico-químicas y materia orgánica del suelo que participan en los sistemas de uso de tierras, en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. La evaluación sobre las relaciones entre variables se realiza sin intervención o influencia directa y dichas relaciones son tomadas tal y como se ha dado en su contexto natural.

Población y muestra

Población 2,858 ha de café +14,440 ha de pasto+3,500 ha de bosque secundario, áreas pertenecientes al distrito de Japelacio (Datos tomados de DRASAM).

Muestra 7 parcelas de café, 7 de pasto y 7 de bosque secundario, considerándose 1 ha por parcela, estando ante un muestreo por conveniencia en el cual no requiere de formula estadística (Sanchez, 2019).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros físicos y químicos en los sistemas de uso bosque secundario y cultivos de pastos y café.

Como resultado de los análisis químicos se puede apreciar en la tabla 10, donde se puede apreciar los principales macro nutrientes del suelo requerido por los cultivos instalados, así también se consideró la CIC, contenido de materia orgánica, pH y el porcentaje de saturación de bases de aluminio, parámetros que consideramos elementales para el desarrollo vegetal de cualquier planta.

Tabla 10. Parámetros químicos de análisis.

N°	Cobertura	Lugar	pH	M.O%	N%	P (ppm)	K (ppm)	CIC	Saturación Al %
1	Café	San Agustín	4.60	3.00	0.15	12.00	25.00	10.42	59.65
2	Bosque	San Agustín	5.10	2.40	0.22	13.60	118.00	15.88	53.50
3	Pasto	San Agustín	4.78	1.68	0.088	10.20	50.20	13.81	43.10
4	Café	Pacaypite	4.74	2.00	0.090	5.70	74.70	12.15	38.70
5	Pasto	Shucshuyacu	5.08	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	36.10
6	Café	Shucshuyacu	5.30	4.20	0.210	22.40	46.00	20.81	62.15
7	bosque	Barranquita	4.87	3.36	0.150	20.05	49.28	13.28	36.10
8	pasto	Barranquita	5.58	2.30	0.230	18.41	71.31	21.30	36.10
9	Bosque	Shucshuyacu	5.20	4.06	0.250	19.04	56.34	14.42	32.51
10	Pasto	Pacaypite	5.08	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	36.10
11	bosque	Pacaypite	5.56	2.10	0.094	6.90	84.60	10.36	29.90
12	bosque	San Miguel	6.16	1.20	0.160	18.50	57.00	13.80	36.50
13	Café	San Miguel	4.40	2.50	0.130	7.20	51.00	23.70	64.32
14	Pasto	San Miguel	5.08	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	36.10
15	bosque	Carrizal	4.89	6.71	0.380	24.34	53.23	17.62	43.83
16	Café	Carrizal	4.80	2.80	0.140	8.80	133.00	21.72	51.00
17	Pasto	Carrizal	5.08	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	36.10
18	Café	Barranquita	4.50	3.40	0.170	5.60	163.00	34.65	42.27
19	Pasto	Ochame	5.08	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	36.10
20	bosque	Ochame	5.13	2.60	0.130	6.60	80.00	18.09	29.34
21	Café	Ochame	4.50	2.10	0.110	5.60	34.00	21.77	57.82

Nota: M.O es materia orgánica en porcentaje, N es nitrógeno total en porcentaje, K es potasio en partes por millón, P es fósforo en partes por millón, Al es elemento aluminio, CIC es la capacidad de intercambio catiónico.

Para el análisis comparativo del contenido de materia orgánica en cada una de las muestras de suelo se consideró los parámetros en el DECRETO SUPREMO N° 017-2009- AG, donde menciona que valores por debajo del 2% en materia orgánica, se considera bajo, entre 2-4% viene a ser valores medios y superiores a 4%, se considera valores altos

en materia orgánica, viendo la figura 3 se puede apreciar a simple vista que la mayoría de muestras de suelo tomadas, se encuentran en valores medios.

De la totalidad de los análisis, 11 dieron como resultado valores medios en materia orgánica, seguido de 7 análisis con niveles bajos y finalmente 3 análisis con niveles altos de materia orgánica. En la tabla 11 se puede observar que una mayoría de las muestras (11 unidades) se encuentran en el nivel medio de contenido de materia orgánica, lo cual representa al 52.38% del total de muestras, seguido de 7 muestras con un contenido bajo en materia orgánica, que representa al 33.33% del total y finalmente un mínimo de 3 muestras arrojaron un alto contenido de materia orgánica, los cuales representan a un 14.29% del total.

Tabla 11. Nivel de materia orgánica en muestras.

Contenido de MO (%)	N° muestras	Porcentaje
Bajo	7	33.33
Medio	11	52.38
Alto	3	14.29
	21	100

Nota: MO es la materia orgánica medida en porcentaje de cada muestra.

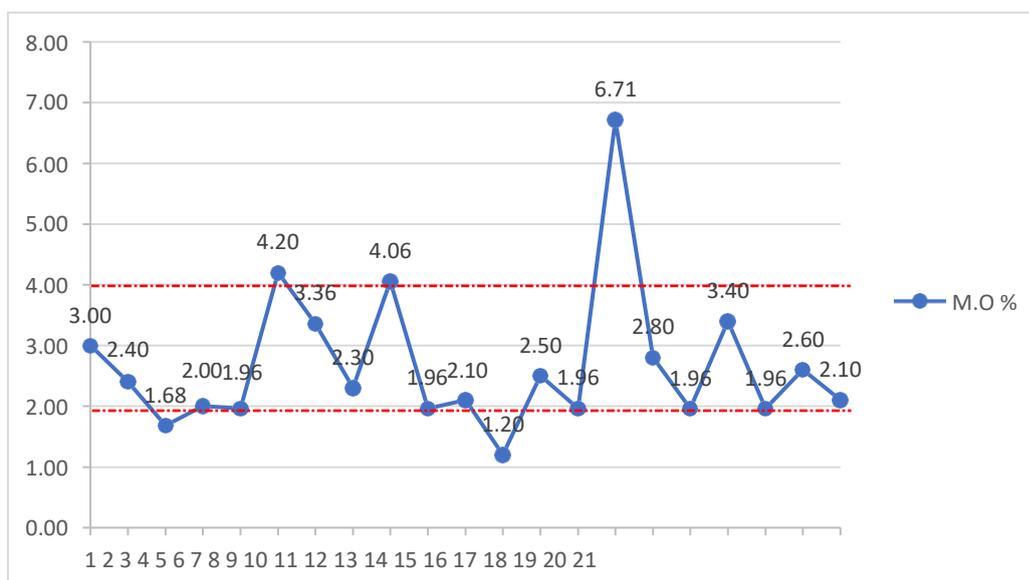


Figura 6. Contenido de materia orgánica en cada una de las muestras.

Nota: La línea roja es la señal que clasifica según su contenido de materia orgánica, en un nivel bajo, medio o alto

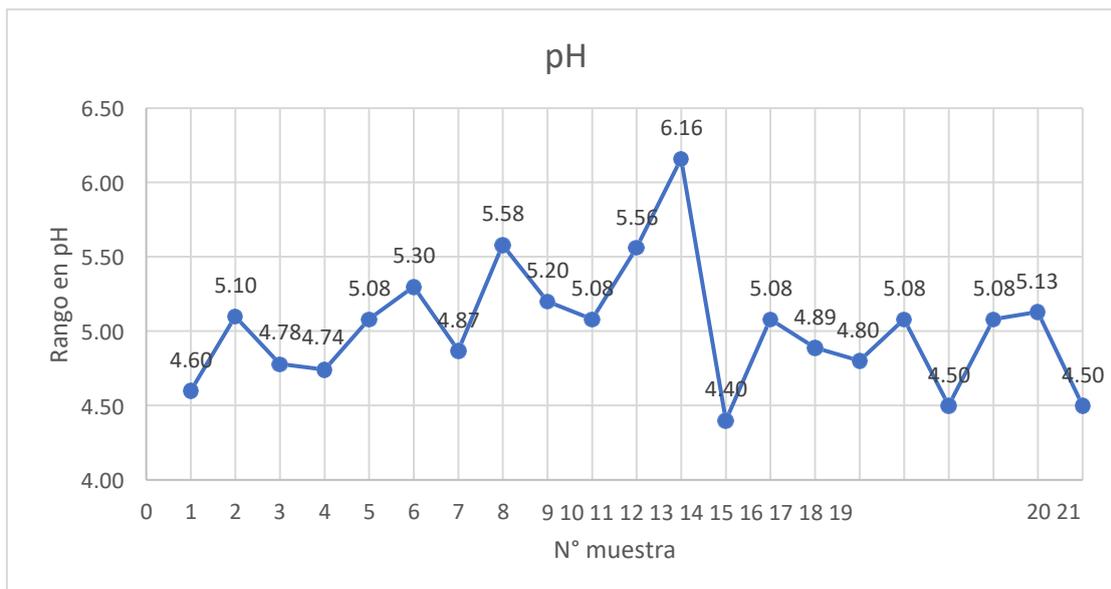


Figura 7. Datos del pH obtenido en las muestras de suelo.

Nota: El pH es el potencial hidrogeno

En la figura 7 se muestran los datos obtenidos de las 21 muestras de suelo, las cuales arrojaron un pH promedio de 5.02, lo cual nos da a entender que la mayoría de los suelos del distrito de Jepelacio estando clasificados entre muy fuertemente ácido (42.86%) y fuertemente ácido (42.86%) con 9 muestras de suelo para cada clase según su pH, mientras que una minoría se encuentran entre moderadamente ácido y ligeramente ácido, ambos con el 4.76% del total (según tabla 12).

Tabla 12. Clasificación de suelos analizados según su pH.

N°	Rango	Clase	Conteo	Total	Porcentaje
1	Menos de 3,5	Ultra ácido	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0	0.00
2	3,6 - 4,4	Extremadamente ácido	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	4.76
3	4,5 - 5,0	Muy fuertemente ácido	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	9	42.86
4	5,1 - 5,5	Fuertemente ácido	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	9	42.86
5	5,6 - 6,0	Moderadamente ácido	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	4.76
6	6,1 - 6,5	Ligeramente ácido	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	4.76
7	6,6 - 7,3	Neutro	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0	0
8	7,4 - 7,8	Ligeramente alcalino	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0	0
9	7,9 - 8,4	Moderadamente alcalino	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0	0
10	8,5 - 9,0	Fuertemente alcalino	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0	0
11	Más de 9,0	Muy fuertemente alcalino	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0	0
Total				21	100.00

Nota: Rango y clase tomado de (DECRETO SUPREMO N° 017-2009-AG, 2009)

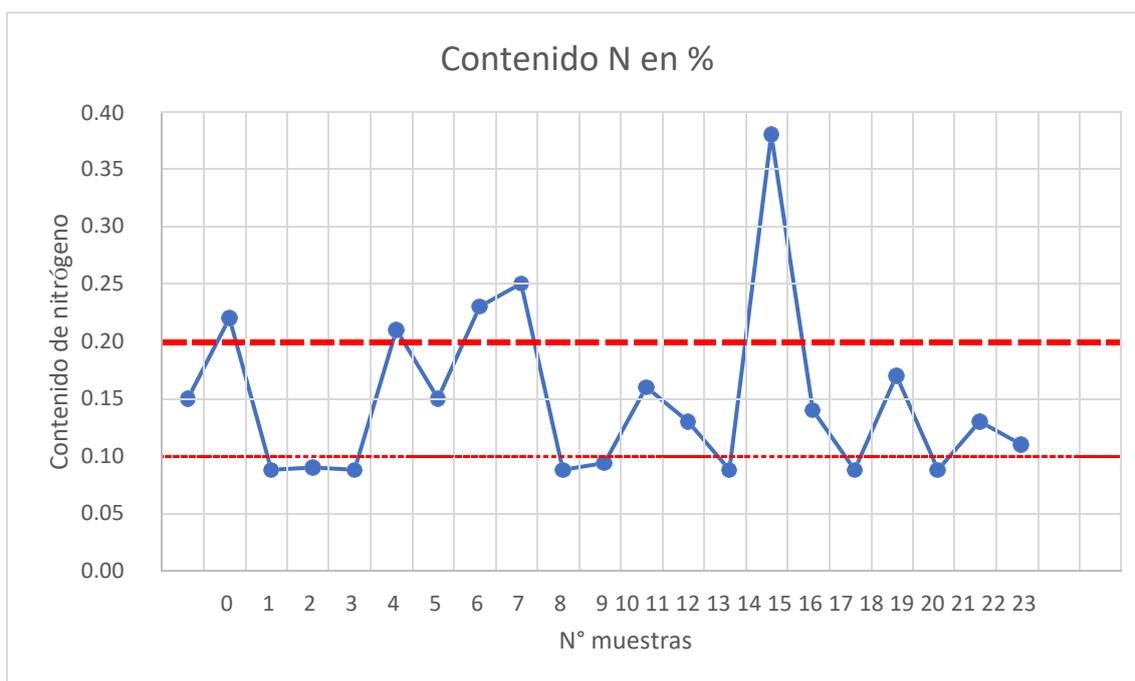


Figura 8. Cantidades de nitrógeno en porcentaje, por muestra analizada.

Nota: Rangos de nivel tomado según (DECRETO SUPREMO N° 017-2009-AG, 2009)

En la Figura 8 se puede observar que la mayoría de las muestras de suelo están en los rangos con niveles bajos y medios en nitrógeno (ambos con 8 muestras) seguido de las muestras con nivel alto (5 muestras), también podemos apreciar los niveles máximos y mínimos hallados, 0.38 y 0.088 respectivamente.

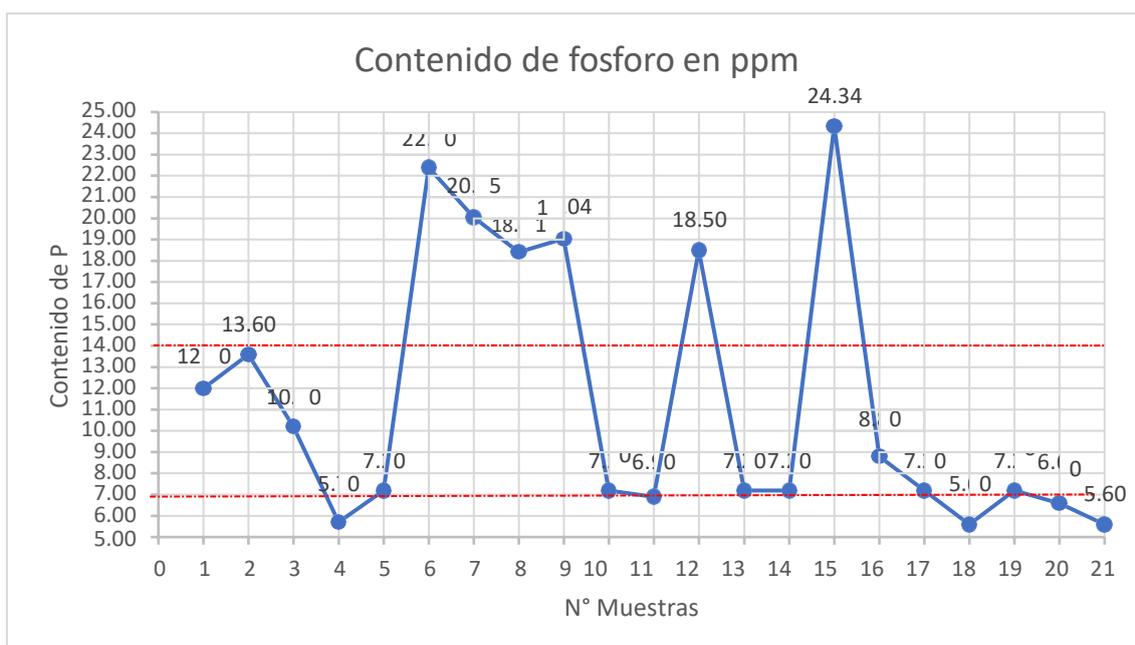


Figura 9. Contenido de fosforo en partes por millón.

Nota: Rangos de nivel tomado según (DECRETO SUPREMO N° 017-2009-AG, 2009)

En la Figura 9 se puede observar que la mayor parte de las muestras se encuentra en niveles medios de contenido de fósforo (9 unidades), seguido de las muestras en niveles altos (6 unidades) y finalmente las muestras con niveles bajos con 4 unidades. También se puede apreciar los niveles máximos y mínimos, siendo estos 24.34 y 5.6 respectivamente (datos en ppm).

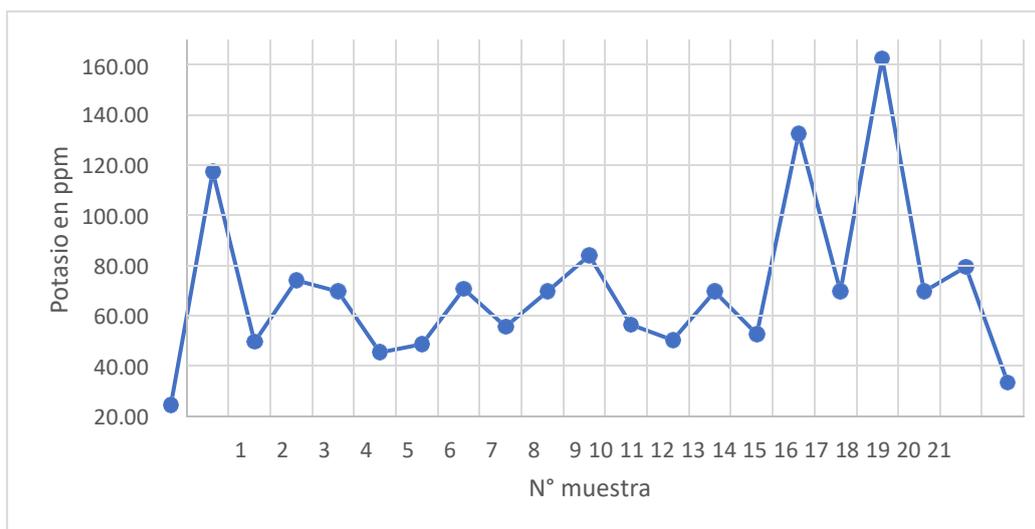


Figura 10. Contenido de potasio en partes por millón.

En la Figura 10 podemos apreciar que todas las muestras se encuentran categorizadas en contenido bajo de potasio debido a que ninguna muestra superó los 272 ppm, esto según (DECRETO SUPREMO N° 017-2009-AG, 2009), que nos indica sobre las cantidades de potasio inferiores a 272 ppm, están catalogadas con un nivel bajo en contenido de potasio. También se puede apreciar los niveles máximos y mínimos, siendo estos 163 y 25 respectivamente cuyos datos podemos observar en la imagen 9, ambas perteneciendo a la cobertura de café. Siendo las muestras provenientes de suelos con cobertura de café, las que obtuvieron un mayor contenido de potasio (75.24 ppm promedio), seguido de bosque secundario (71.21 ppm promedio) y como valor promedio obtenido más bajo fueron las muestras provenientes de coberturas con pasto (67.5 ppm promedio).

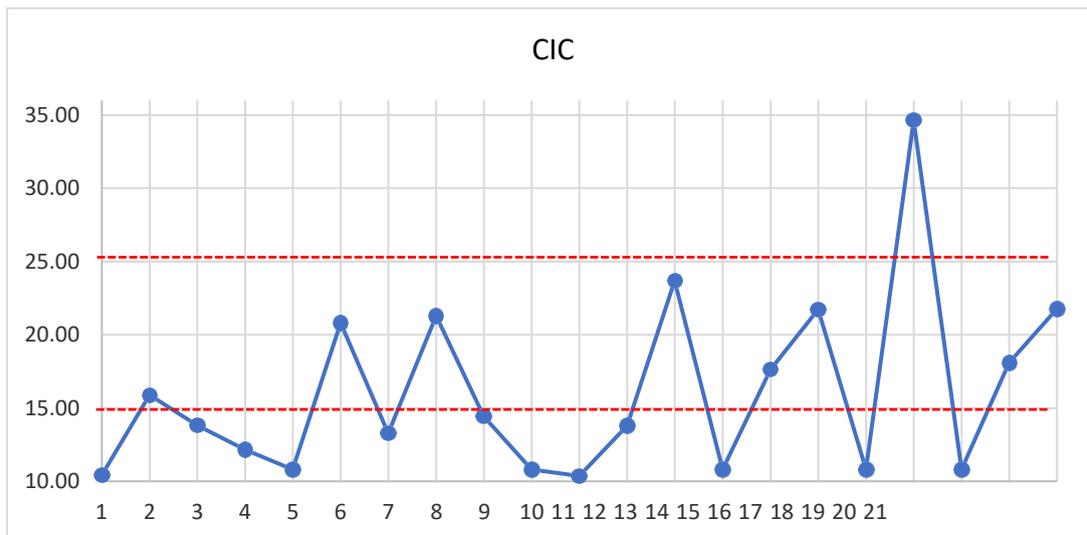


Figura 11. Capacidad de intercambio catiónico del total de muestras de suelo.

Nota: Rangos de niveles bajos medios y altos tomados de (SAGARPA, 2012).

Para los rangos interpretativos sobre la capacidad de intercambio catiónico se consideró lo mencionado por (SAGARPA, 2012), el cual menciona que un nivel medio se encuentra entre 15-25 y podemos apreciar en la Figura 11, que en ese nivel se encuentran 8 de ellas, pero en primer lugar por mayoría están los niveles bajos con 12 muestras, y una minoría en valores altos (1 muestra).

Los valores de la capacidad de intercambio catiónico en un suelo, según (Andrades & Martínez, 2014), varían conforme a su contenido de arena y arcilla (Ver cuadro 9).

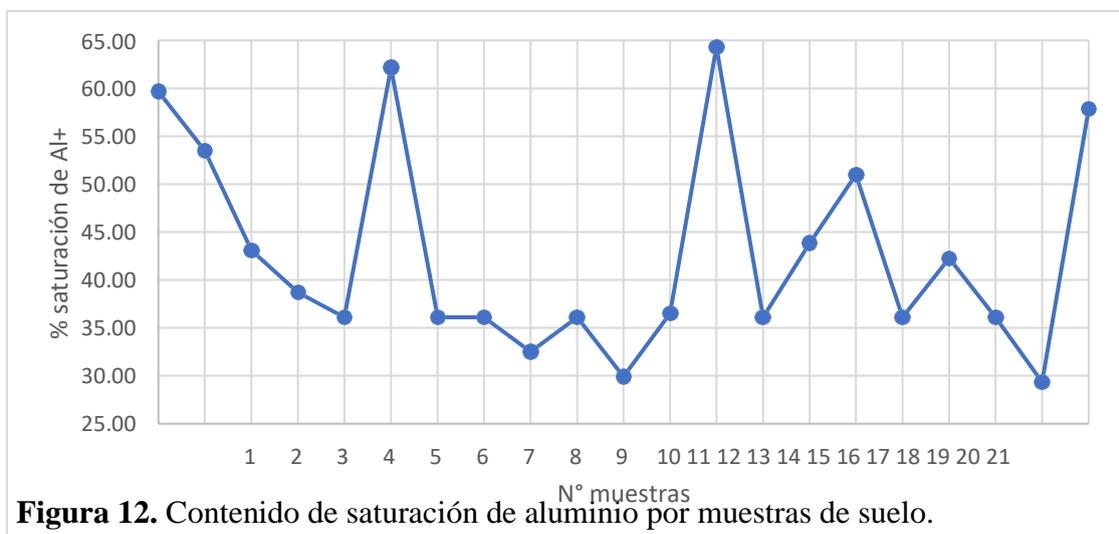


Figura 12. Contenido de saturación de aluminio por muestras de suelo.

4.2. Comparación del análisis de suelo en los tres sistemas de uso (Bosque secundario, cultivos de pasto y café).

Los parámetros físicos de textura dieron como resultado que las muestras tomadas del distrito de Jepelacio, indican que los valores hallados en el análisis del suelo evidencian un mayor contenido de arena y arcilla en la clase textural de cada una de las muestras, clasificándose como suelos franco arenoso arcilloso (Ver tabla 13, 14 y 15).

Tabla 13. Parámetros físicos en bosque.

N°	Cobertura	Textura	Arena %	Limo %	Arcilla %	Densidad ap.
1	Bosque	Franco-arcilloso-arenoso	62.68	32.16	35.16	1.39
2	bosque	Arcilloso	33.04	43.48	23.28	1.38
3	Bosque	Arcilloso	19.28	19.04	61.08	1.35
4	bosque	Franco-arcilloso-arenoso	45.89	20.51	33.6	1.34
5	bosque	Franco-arcilloso-arenoso	59.68	23.16	17.16	1.36
6	bosque	Arcilloso	27.33	55.35	17.33	1.32
7	bosque	Franco-arcilloso-arenoso	45.89	20.51	33.6	1.34
Promedio			38.33	31.26	42.18	1.35

Tabla 14. Parámetros físicos en café.

N°	Cobertura	Textura	Arena %	Limo %	Arcilla %	Densidad ap.
1	Café	Franco-arcilloso-arenoso	71	8.28	20.04	1.38
2	Café	Arenoso-arcilloso	41.89	24.44	33.67	1.33
3	Café	Franco-arcilloso-arenoso	56.68	14.28	29.04	1.30
4	Café	Arenoso-arcilloso	53.68	11.28	35.04	1.35
5	Café	Arcilloso-arenoso	50.38	14.28	35.04	1.35
6	Café	Arcilloso-arenoso	53.68	11.28	35.04	1.25
7	Café	Arcilloso-arenoso	53.6	11.3	35.1	1.33
Promedio			56.68	14.28	29.04	1.33

Tabla 15. Parámetros físicos en pasto.

N°	Cobertura	Textura	Arena %	Limo %	Arcilla %	Densidad ap.
1	Pasto	Arenoso-arcilloso	41.89	24.44	33.67	1.45
2	Pasto	Franco-arcilloso-arenoso	53.82	20.58	25.6	1.40
3	pasto	Franco-arcilloso-arenoso	53.82	20.58	25.6	1.42
4	Pasto	Franco-arcilloso-arenoso	53.82	20.58	25.6	1.40
5	Pasto	Arcilloso-arenoso	53.82	20.58	25.6	1.42
6	Pasto	Arcilloso-arenoso	53.82	20.58	25.6	1.43
7	Pasto	Arcilloso-arenoso	53.82	20.58	25.6	1.43
Promedio			53.82	20.58	26.75	1.42

En las tablas 13, 14 y 15 se aprecia las texturas de muestras de suelo por sistemas de siembra y el contenido de arena, limo y arcilla en los sistemas en estudio, donde se observó al elemento arcilla en primer lugar en 18 muestras, mientras que el limo se encuentra en primer lugar en 2 muestras y arcilla se encuentra en primer lugar en 1 muestra, mientras que en el segundo lugar se encuentra liderada por la arcilla en 17 muestras, seguido de limo y arcilla, ambas con 2 muestras, finalmente podemos mencionar en promedio que el material arena está en primer lugar con 42, seguido de arcilla con 37 y seguido de limo con 25 de valor (ver tabla 16).

Tabla 16. Contenidos de arena, limo y arcilla y su posición por muestra.

Textura%	Posición por unidad de muestra tomada			
	Primero	Segundo	Tercero	Promedio
Arena	18	2	1	42.9
Limo	2	2	17	25.6
Arcilla	1	17	3	37.8

Tabla 17. Parámetros químicos en bosque.

N°	pH	Conductividad	M.O %	N%	P (ppm)	K (ppm)	CIC	Saturación Al %
1	5.10	0.00103	2.40	0.22	13.60	118.00	15.88	53.50
2	4.87	0.00108	3.36	0.150	20.05	49.28	13.28	36.10
3	5.20	0.00110	4.06	0.250	19.04	56.34	14.42	32.51
4	5.56	0.00104	2.10	0.094	6.90	84.60	10.36	29.90
5	6.16	0.00106	1.20	0.160	18.50	57.00	13.80	36.50
6	4.89	0.00107	6.71	0.380	24.34	53.23	17.62	43.80
7	5.13	0.00107	2.60	0.130	6.60	80.00	18.09	29.34
Promedio	5.27	0.00106	3.20	0.20	15.58	71.21	14.78	37.38

Nota: M.O =Materia orgánica, pH = potencial hidrogeno, N= Nitrógeno, P= Fosforo, K= Potasio, CIC =Capacidad de intercambio catiónico, Al = Aluminio.

Tabla 18. Parámetros químicos en café.

N°	PH	Conductividad	M.O %	N%	P (ppm)	K (ppm)	CIC	Saturación Al %
1	4.60	0.00108	3.00	0.15	12.00	25.00	10.42	59.65
2	4.74	0.00103	2.00	0.090	5.70	74.70	12.15	38.70
3	5.08	0.00104	4.20	0.210	22.40	46.00	20.81	62.15
4	4.40	0.00105	2.50	0.130	7.20	51.00	23.70	64.32
5	4.80	0.00106	2.80	0.140	8.80	133.00	21.72	51.00
6	4.50	0.00105	3.40	0.170	5.60	163.00	34.65	42.27
7	4.50	0.00103	2.10	0.110	5.60	34.00	21.77	57.82
Promedio	4.66	0.00105	2.86	0.14	9.61	75.24	20.75	53.70

Nota: M.O =Materia orgánica, pH = potencial hidrogeno, N= Nitrógeno, P= Fosforo, K= Potasio, CIC =Capacidad de intercambio catiónico, Al = Aluminio.

Tabla 19. Parámetros químicos en pasto.

N°	pH	Conductividad	M.O %	N%	P (ppm)	K (ppm)	CIC	Saturación Al %
1	4.78	0.00067	1.68	0.088	10.20	50.20	13.81	43.10
2	5.30	0.00060	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	36.10
3	5.58	0.00055	2.30	0.230	18.41	71.31	21.30	36.10
4	5.08	0.00049	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	36.10
5	5.08	0.00051	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	36.10
6	5.08	0.00051	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	36.10
7	5.08	0.00051	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	36.10
Promedio	5.14	0.00055	1.97	0.11	9.23	67.50	12.74	37.10

Nota: M.O =Materia orgánica, pH = potencial hidrogeno, N= Nitrógeno, P= Fosforo, K= Potasio, CIC =Capacidad de intercambio catiónico, Al = Aluminio.

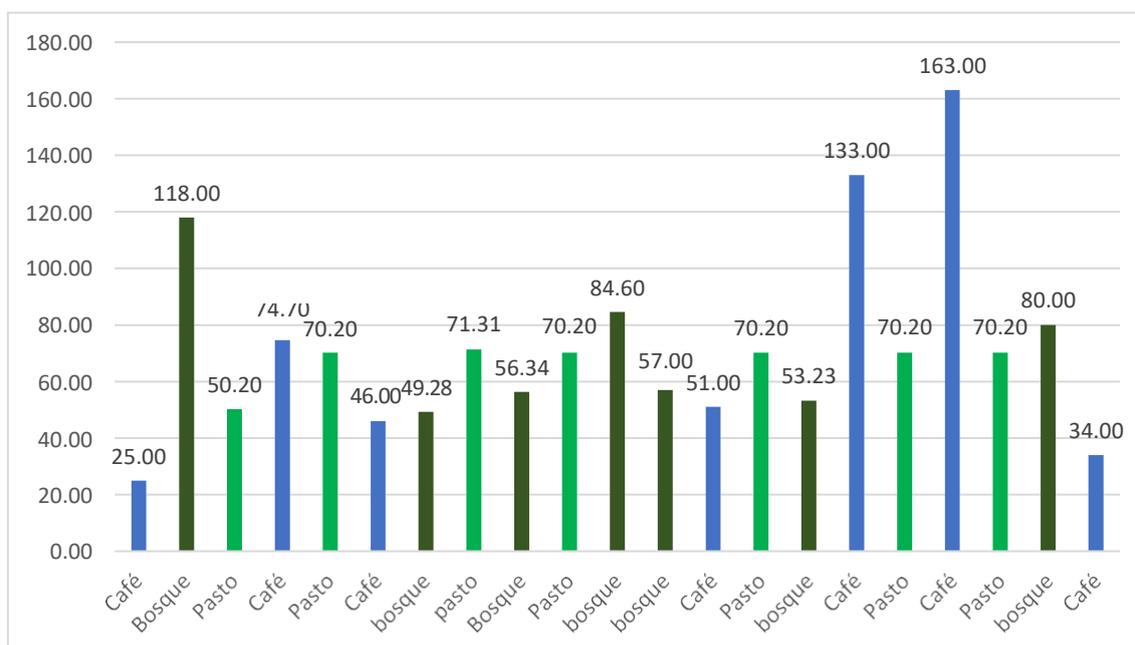


Figura 13. Contenido de potasio según tipo de cobertura de suelo muestral.

En la figura 13 se puede evidenciar el contenido de potasio por cada muestra analizada, obteniéndose un valor máximo de 163 y un minio de 25, ambos para cobertura café, pero en promedio la cobertura pasto obtuvo el menor valor con 67.50, siguiendo la cobertura bosque con 71.21 y el máximo valor promedio lo obtuvo la cobertura café con 75.24, sin embargo, todos estos valores están clasificados como muy pobres en potasio, esto según el

DECRETO SUPREMO N° 017-2009-AG (2009), que indica cantidades de potasio inferiores a 272 ppm son suelos de nivel bajo en contenido de potasio.

En la tabla 20 se puede apreciar la mayor cantidad de suelos con un contenido bajo en materia orgánica se encuentran en pastos con 6 unidades, seguido de bosque secundario con 1 unidad, en contenido medio de materia orgánica se encuentra en primer lugar las muestras provenientes de coberturas de café con 6 unidades, seguido de bosque secundario con 4 unidades y finalmente pasto con 1 unidad.

Para el contenido alto en materia orgánica tenemos en primer lugar al bosque secundario con 2 unidades, seguido de café con 1 unidad de muestra.

Tabla 20. Nivel de materia orgánica según tipo de cobertura.

Cobertura	Bajo	Medio	Alto	Total
Café	0	6	1	7
Pasto	6	1	0	7
Bosque secundario	1	4	2	7
Total				21

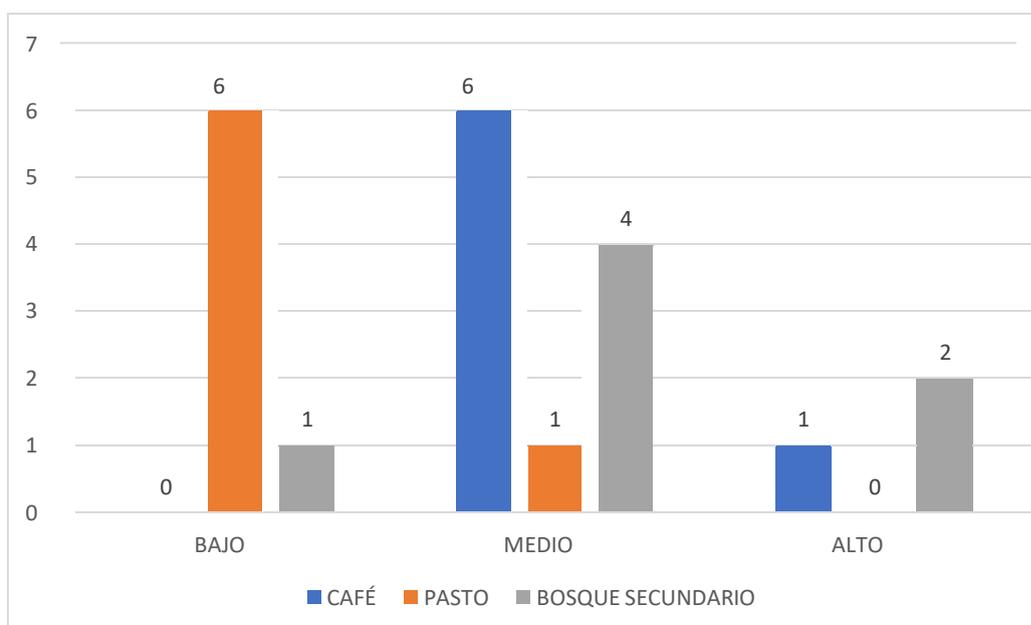


Figura 14. Nivel de contenido de materia orgánica según tipo de cobertura.

Nota: Cada muestra de suelo estaba conformada por 1 kg de suelo proveniente de cada una de los tipos de coberturas como café, pasto y bosque secundario.

En la Figura 14 se puede apreciar que, en los suelos con cobertura de pasto, obtuvieron el mayor número de muestras con contenido bajo de materia orgánica (6 unidades), seguido de bosque secundario con 1 unidad, en niveles medios se encuentra los suelos cobertura de café con 6 unidades muestrales y seguido de bosque secundario con 4 unidades, en muestras con niveles altos de materia orgánica se encuentran en primer lugar las muestras provenientes de cobertura con bosques secundarios con 2 unidades, seguida de cobertura café con 1 unidad muestral.

En la tabla 21 se puede apreciar el contenido de potasio, nitrógeno, fósforo y materia orgánica promedio de las muestras según el tipo de cobertura, siendo los suelos con bosque secundario los de mayor valor, seguido de café y finalmente los suelos con cobertura pasto obtuvieron los de menor valor.

Se puede apreciar en los indicadores químicos de las muestras de suelo obtenidas, que en promedio están clasificados como indicadores de calidad bajo a medio, siendo la cobertura de pasto la que arroja valores de indicadores bajos en calidad de suelo, en el elemento fósforo arrojaron valores bajos, a excepción de las muestras de suelo con cobertura bosque que arrojaron valores de índice medio en calidad del suelo.

En el elemento nitrógeno, las muestras de suelo provenientes de coberturas bosque y café, arrojaron valores de índices de calidad media en suelo, seguido de muestras con cobertura de pasto con valores bajos en nitrógeno.

En materia orgánica se continúa con la tendencia de las muestras de suelo con coberturas de pasto con niveles bajos en contenido de materia orgánica, mientras que las coberturas de bosque y café obtuvieron valores medios en índices de calidad de suelos, según el contenido de materia orgánica.

Tabla 21. Contenido promedio de elementos según cobertura.

Cobertura	K en ppm promedio	N promedio	P ppm promedio	M.O % promedio
Bosque	71.21	0.20	15.58	3.20
Café	75.24	0.14	9.61	2.86
Pasto	67.50	0.112	9.23	1.97

Nota: K=Potasio, N=Nitrógeno, P=Fósforo, M. O= Materia orgánica, ppm= Partes por millón.

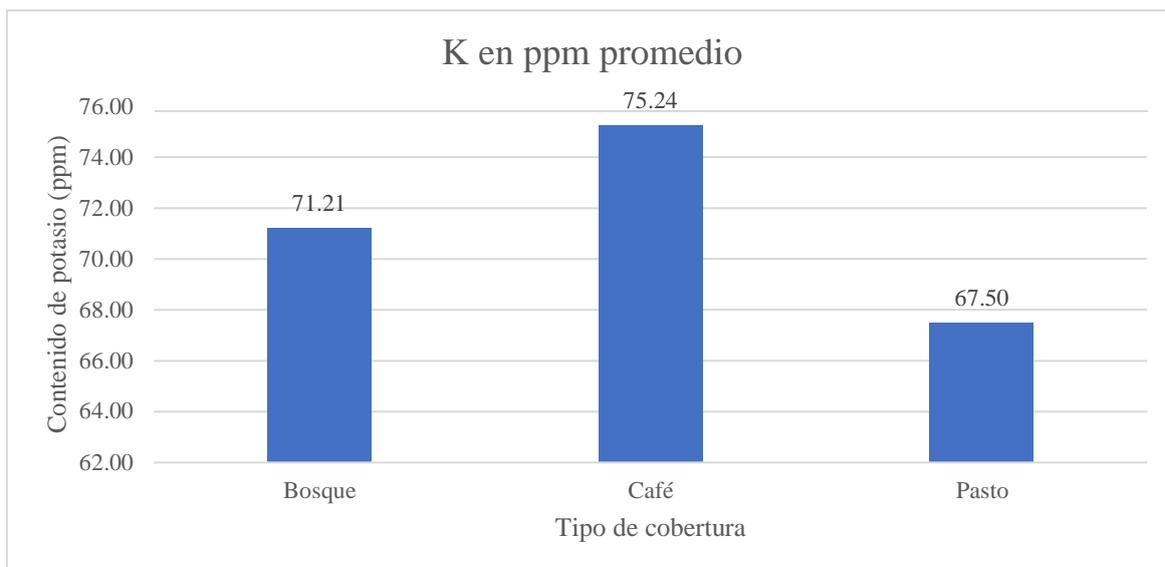


Figura 15. Contenido promedio de potasio (ppm) según tipo de coberturas.

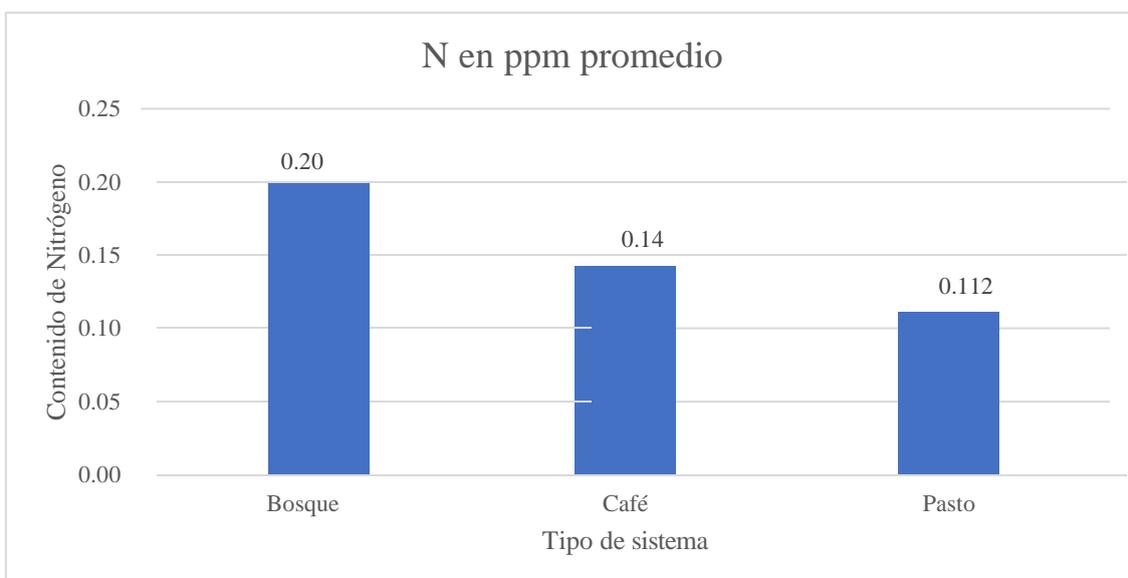


Figura 16. Contenido promedio de nitrógeno según tipo de sistema.

En la figura 16 se aprecia el contenido promedio de nitrógeno según el tipo de cobertura, donde se ve claramente la superioridad de las muestras obtenidas de suelos con bosque (0.20), seguido de cobertura café con 0.14 y en último lugar los suelos con sistema de pasto con 0.112.

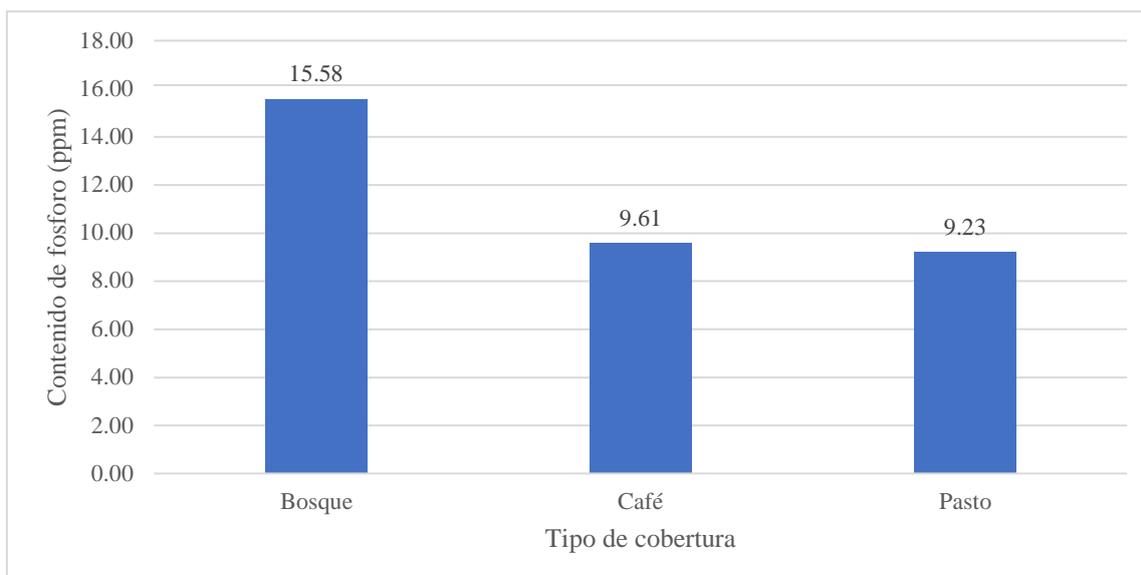


Figura 17. Contenido promedio de fósforo (ppm) según tipo de coberturas.

En la figura 17 se aprecia la tendencia sobre el contenido promedio de fósforo, el cual es similar al del nitrógeno, donde se ve según el tipo de cobertura, la superioridad de las muestras obtenidas de suelos con bosque con 15.58 ppm, seguido de cobertura café con 9.61 ppm y en último lugar los suelos con cobertura de pasto con 9.23 ppm.

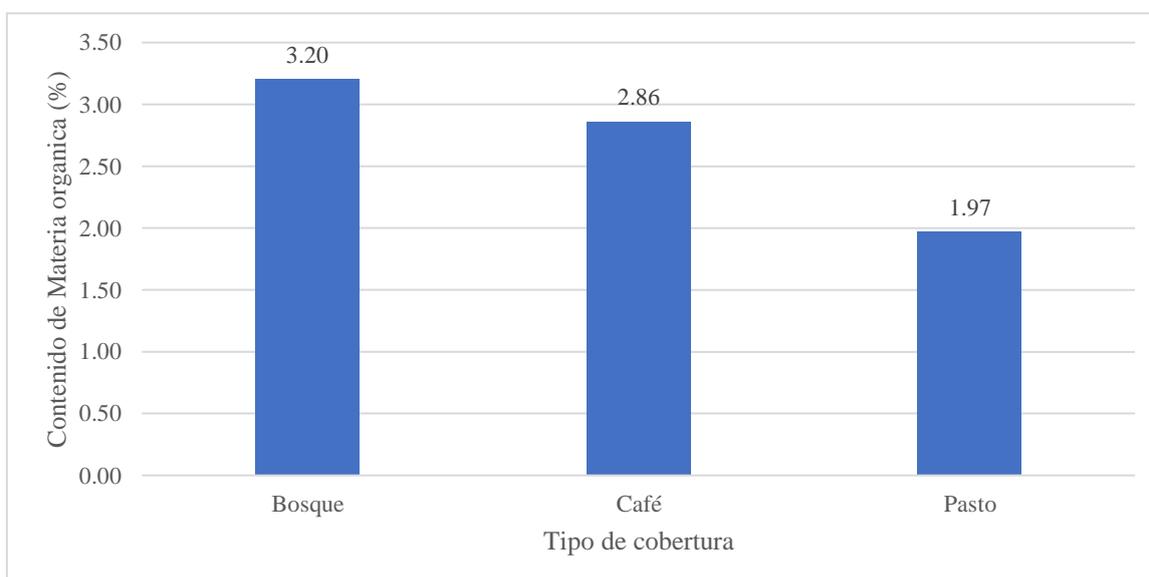


Figura 18. Promedio de materia orgánica según coberturas.

En la figura 18 se puede observar la tendencia en calidad según el contenido de materia orgánica, viendo las muestras de cobertura pasto con los niveles más bajos (1.97%), mientras que el máximo valor promedio obtenido fue de las muestras con cobertura bosque con 3.20%.

Tabla 22. Contenido de materia orgánica en los tres sistemas de estudio

Café	Bosque secundario	Pasto
3.00	2.40	1.68
2.00	3.36	1.96
4.20	4.06	2.30
2.50	2.10	1.96
2.80	1.20	1.96
3.40	6.71	1.96
2.10	2.60	1.96

Tabla 23. análisis de varianza en materia orgánica (ANOVA).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	G L	Prom. de los cuadrados	F	Prob.	F crítico
Entre grupos	5.69	2	2.84	2.2 2	0.14	3.55
Dentro de los grupos	23.05	18	1.28			
Total	28.73	20				

Al darnos como resultado un F calculado menor al F crítico ($2.22 < 3.55$) podemos afirmar que no existe diferencia significativa, mediante lo cual podemos decir que los sistemas de siembra instalados en un determinado suelo, no influyen en la calidad con respecto al contenido de materia orgánica.

4.3. Calidad de suelo en los tres sistemas de uso estudiados.

Tabla 24. Índice de calidad en suelo para sistemas bosque.

Indicador	Unidad	I máximo	I mínimo	Promedio	Índice	Clase
Nitrógeno	%	0.38	0.094	0.198	0.363	4
Materia orgánica	%	6.71	1.20	3.204	0.364	4
Potasio	ppm	118.00	49.28	71.207	0.319	4
Fosforo	ppm	24.34	6.60	15.576	0.506	3
pH	1:1	6.16	4.87	5.273	0.312	4
Conductividad eléctrica	ds/m	0.0011	0.00103	0.00106	0.490	3
Densidad aparente		1.39	1.32	1.354	0.490	3
CIC		18.09	10.36	14.779	0.572	3
Saturación Al	%	53.50	29.34	37.379	0.333	4
Baja calidad						3.56

Tabla 25. Índice de calidad en suelo para sistemas café.

Indicador	Unidad	I máximo	I mínimo	Promedio	Índice	Clase
Nitrógeno	%	0.21	0.09	0.143	0.440	4
Materia orgánica	%	4.20	2.00	2.86	0.390	4
Potasio	ppm	163.00	25.00	75.24	0.364	4
Fosforo	ppm	22.40	5.60	9.61	0.239	4
pH	1:1	5.08	4.40	4.66	0.382	4
Conductividad eléctrica	ds/m	0.00108	0.00103	0.00104857	0.371	4
Densidad aparente		1.38	1.25	1.33	0.593	3
CIC		34.65	10.42	20.75	0.426	3
Saturación Al	%	64.32	38.70	53.70	0.586	3
Baja calidad						3.67

Tabla 26. Índice de calidad en suelo para sistemas pasto.

Indicador	Unidad	I máximo	I mínimo	Promedio	Índice	Clase
Nitrógeno	%	0.23	0.088	0.108	0.143	5
Materia orgánica	%	2.30	1.68	1.969	0.465	3
Potasio	ppm	71.31	50.20	67.501	0.820	1
Fosforo	ppm	18.41	7.20	9.230	0.181	5
pH	1:1	5.58	4.78	5.140	0.450	3
Conductividad eléctrica	ds/m	0.00067	0.00049	0.000549	0.325	4
Densidad aparente		1.45	1.40	1.421	0.429	3
CIC		21.30	10.81	12.737	0.184	5
Saturación Al	%	43.10	36.10	37.100	0.143	5
Baja calidad						3.78

En las tablas 24, 25 y 26 se aprecia en los tres sistemas estudiados, un índice de baja calidad de suelos y siguiendo un orden del que tiene menor calidad hasta el de mayor, encontrándose el de sistema pasto como el de menor calidad, seguido del sistema café y el sistema bosque secundario se consideraría como el suelo de mejor calidad entre los tres sistemas estudiados.

Rufino (2019) En su trabajo de tesis de pre grado realizo la aplicación de la prueba estadística T, la cual se emplea para un numero de datos inferiores a 30 ($n < 30$) entre dos poblaciones, siendo este su caso y teniendo como poblaciones a suelos contaminados y suelos fuera del área contaminada, considerándose muestras independientes en los parámetros de textura como son arena, limo y arcilla, trabajando estos parámetros físicos sin mayor inconvenientes y logrando obtener la significancia; sin embargo para el presente trabajo se tenía que trabajar no con dos, sino con tres poblaciones que serían los diferentes sistemas en estudio (bosque, café y pasto) generando inconvenientes a la hora de querer aplicar dicho proceso estadístico, así que utilizó parámetros que nos indiquen la calidad de un suelo, según sea el contenido de un determinado elemento (alto, medio o bajo).

Moya (2020) En su tesis de pre grado demostró que los sistemas agroforestales (SAF) efectivamente pueden reducir la degradación del suelo en un largo periodo de tiempo y con sus resultados pudo demostrar que los SAF favorecen a la recuperación de la calidad de los suelos, esto va acorde a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, en donde los suelos con sistemas de pasto, obtuvieron los niveles más bajos en índice de calidad de suelo, esto quizá se deba a que los suelos al tener especies arbustivas como café o arboles forestales, favorecen a proteger los suelos contra la erosión, tanto hídrica como eólica, además de favorecer a la actividad biológica del suelo.

Olortegui (2017) En su trabajo de tesis de pre grado concluyó que la textura de los suelos estudiados resultaron aptos para la productividad agrícola, así como del análisis químico presentaron variaciones en el pH, llegando a extremadamente alto, muy fuertemente ácido y fuertemente acido, y de la CIC se menciona que, los suelos se encuentran caracterizados como muy pobres, pobres y medios; y por último se determinó que los suelos tienen bajos, medios y altos contenidos de fosforo, potasio y materia orgánica. Podemos corroborar los resultados obtenidos de suelos con niveles bajos a medios en el contenido de nitrógeno, fosforo, potasio y materia orgánica, así como un pH acido, lo cual hace pensar que el factor clima influye mucho en los índices de calidad de un suelo, ya que Moya realizo su trabajo de investigación en la provincia de Tocache, zona de selva con altos índices de precipitaciones y calor, factores muy similares a la zona del presente estudio.

Puertas (2009) En su tesis Doctoral buscó evaluar los cambios que pueden originar los cultivos de cobertura sobre los indicadores físicos, químicos y biológicos con el transcurrir de los años, trabajando áreas con tipos de cobertura *Arachis pintoi*, *Calopogonium mucunoides* (L.), *Callisia repens* (Jacq.) L., *Canavalia ensiformis* (L.) y *Centrosema macrocarpum*, al año de sembradas las coberturas se estableció la plantación de cacao. Finalmente, en el presente estudio se obtuvieron incrementos significativos del elemento fósforo y también de materia orgánica en el suelo durante los años de evaluación y que resulta ventajoso los cultivos de cobertura para asegurar la productividad sostenible de las plantas, precisamente porque el incremento de la materia orgánica en el suelo es resultado de las propias coberturas en el terreno. Haciendo la comparación con el presente trabajo, se puede afirmar que los suelos con sistema pasto (sin cobertura) obtuvieron menores valores en contenido de materia orgánica y fósforo, seguido del sistema café y bosque respectivamente, esto podría deberse a que las personas en el distrito de Jepelacio no suelen abonar sus áreas con pastos para ganado, cosa diferente al sistema café, mientras que en el sistema bosque existe un constante flujo de materia orgánica, así como la actividad degradadora por diversos macroinvertebrados, sin embargo y a pesar de los factores que podrían diferir en cada sistema en estudio, todos arrojaron un índice de calidad de suelos con baja calidad.

V. CONCLUSIONES

Se concluye en los indicadores físicos de textura que no existe una tendencia sobre las características granulométricas y el sistema de siembra instalada en un determinado suelo, sin embargo en los índices químicos se observó que todas las muestras poseían un pH con tendencia a la acides y de características agronómicas con niveles bajos a medios en nutrientes como nitrógeno, fosforo y potasio, así como materia orgánica los cuales son necesarios para el desarrollo botánico de cualquier planta; además los suelos del distrito de Japelacio son en su mayoría arenoso-arcilloso, los cuales influyen en la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

En las concentraciones de nitrógeno, fosforo, potasio y materia orgánica, fueron las muestras provenientes con cobertura de pasto, las que menores valores en promedio obtuvieron y siendo considerados con niveles bajos, mientras que las muestras provenientes de coberturas bosques secundarios obtuvieron los máximos valores en promedio de concentraciones de nitrógeno, fosforo y materia orgánica, sin embargo, las muestras recolectadas de los tres sistemas obtuvieron índices de baja calidad.

De las muestras de suelo según tipo de cobertura se concluye que los tipos de cobertura con bosque se encuentran en primer lugar con los niveles más altos obtenidos en materia orgánica, nitrógeno y fosforo, seguido de suelos con cobertura café y en último lugar se encuentran las muestras con cobertura de pasto, sin embargo, el análisis de ANOVA al 95% determino que no existe diferencia significativa entre ninguno de los sistemas y el contenido de materia orgánica.

VI. PROPUESTA AL FUTURO

Realizar estudios en suelos del distrito de Jepelacio sobre la calidad biológica y el contenido de microorganismos benéficos en dichos suelos, así como la toma de datos como temperatura.

Realizar estudios en diferentes tipos de coberturas que generen algún tipo de protección al suelo, como fue el caso del bosque secundario y el café, sin embargo, los suelos con cobertura tipo pasto no brindaban esa protección contra la erosión, lo cual quizá pudo generar como resultado suelos más pobres al pasar del tiempo.

Se recomienda estudios sobre el rendimiento de cultivos en el distrito de Jepelacio, ya que, con los resultados obtenidos en el presente estudio, aparte de ser suelos pobres, tienen problemas de acides y altos niveles de aluminio lo cual resulta tóxico para muchos cultivos e impiden el desarrollo normal de las raíces, esto se podría neutralizar mediante un encalado de suelo, pero los pobladores no lo practican y ni siquiera tienen una campaña de fertilización.

Realizar estudios sobre índices de calidad de suelos con dos poblaciones para un adecuado análisis estadístico, en este caso podría aplicarse la T de student.

VII. REFERENCIAS

- Andrades, M., & Martínez, E. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. In *Revista de Ciencias Agrícolas* (Vol. 3, pp. 1–26). Universidad de la Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=267902>
- Bazán, R. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. *Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)*, 89. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf
- Cantú, M. P., Becker, A., Bedano, J. C., & Schiavo, H. F. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia Del Suelo*, 25(2), 173–178. <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v25n2/v25n2a08.pdf>
- Cruz-Macías, W., Rodríguez-Larramendi, L., Salas-Marina, M., Hernández-García, V., Campos-Saldaña, R., Chávez-Hernández, M., & Gordillo-Curiel, A. (2020). Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 475–480. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.506>
- DECRETO SUPREMO N° 017-2009-AG. (2009). Aprueban Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. In *Diario oficial el peruano* (p. 30). <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-de-urgencia-que-establece-medidas-excepcionales-y-te-decreto-de-urgencia-n-090-2020-1874820-3>
- Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). (2016). *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de honduras* (Primera ed). <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=C25292A05B0013281E3291AFE3C6BF93?sequence=1>
- Garmendia, A., Salvador, A., & Garmendia, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental* (PRINTED IN SPAIN (ed.); Primera ed).
- Guerrero, J. (2012). *Asistencia técnica dirigida en: Toma de muestras y recomendaciones de fertilización en cultivos tropicales*. AGROBANCO.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (2da edición). MCGRAW-HILL.
- Huaman, J. (2021). Influencia de los sistemas de uso en la calidad de suelo sector cora cora distrito Luyando, provincia de Leoncio Prado [Universidad Nacional Agraria de la Selva]. In *Facultad De Recursos naturales renovables*. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/2034/TS_HMJH_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MINAM. (2014). Guía para el muestreo de suelos. In *Minam* (p. 64). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12104/07_guia-para-el-muestreo-de-suelos-final.pdf
- Moya, M. (2020). *Recuperación de la calidad del suelo en una pastura degradada mediante sistemas agroforestales en Yurimaguas* [Universidad Nacional Agraria la

- Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4571>
- Navarro, G., & Navarro, S. (2013). *Química agrícola: Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas* (3ra Edició).
- Nuñez, S., & Villacorta, S. (2013). *Peligros geológicos en los centros poblados Carrizal, San Miguel-el Mirador, Pacaypite y Jepelacio* (pp. 1–42). INGEMMET. https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/1492/1/A6626-Peligros_geologicos_Carrizales_San_Miguel...San Martin.pdf
- Olortegui, J. C. (2017). *Fertilidad de suelos en parcelas cafetaleras de 14 centros poblados del distrito de Pólvora-Tocache, 2017*. Universidad Nacional Agraria de la selva.
- Pacheco, J., Pat, R., & Cabrera, A. (2002). Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. *Ingeniería, Revista Académica*, 6(3), 73–81. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46760308.pdf>
- Puertas, F. (2009). *Índices de calidad del suelo y parámetros de crecimiento de cultivos de cobertura en una plantación de cacao (Theobroma cacao L.)* [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4629/puertas-ramos-fernando-volker.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quinto, H., Moreno, F., Caicedo, H. Y., & Perez, M. T. (2016). Biomasa de raíces finas y fertilidad del suelo en bosques pluviales tropicales del pacífico colombiano. *Colombia Forestal*, 19(1), 53–66. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.1.a04>
- Rufino, V. (2019). *Calidad de suelo como un indicador de contaminación en el botadero la Muyuna, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado* [Universidad Nacional Agraria de la selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1799>
- Ruz, N. (2018). *Manual de Práctica de la asignatura de edafología* (pp. 1–81). Instituto Tecnológico de Tizimín-Tecnología nacional de México. <http://www.ittizimin.edu.mx/archivos/man-prac-agro/Manual-edafologia.pdf>
- SAGARPA. (2012). *Subíndice de Uso Sustentable del Suelo – Metodología de Cálculo* (pp. 1–53). FAO.
- Sanchez, F. (2019). *Guía de tesis y proyectos de investigación* (Primera ed). CENTRUM LEGALIS.
- Toledo, D., Arzuaga, S., Galantini, & Vazquez, S. (2018). Indicadores e índices Biológicos de calidad de suelo en sistemas forestales. *Asociación Argentina Ciencia Del Suelo*, 36(2), 1–12. <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v36n2/v36n2a01.pdf>
- Wilson, M. (2017). Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Primera ed, Vol. 53, Issue 9). INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/manual_ics_final.pdf

ANEXO



Figura 19. Toma de sub muestras y obtención de 1 kg para laboratorio y su análisis.



Figura 20. Toma de muestra en centro poblado de San Miguel.



Figura 21. Muestreo de suelo con cobertura de pasto y café en Pacaypite.



Figura 22. Toma de puntos con GPS.



Figura 23. Suelos con cobertura de pasto en carrizal.



Figura 24. Muestra de 1 kg de suelo roturado para llevar al laboratorio.



Figura 25. Toma de puntos de parcelas donde se recolecto muestra.



San Martín

GOBIERNO REGIONAL
¡EL ESPÍRITU ESTÁ PRIMERO!

NOMBRE : WILLIAMS ENRIQUE REYNOSO RAMIREZ
 PROCEDENCIA : Jepelacio - Moyobamba
 FECHA DE INGRESO : 06- Set-21

LABORATORIO DE ANÁLISIS AGRÍCOLAS DE SUELOS - ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA

Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca
 Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443

RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION



PROFUNDIDAD : 0 - 30 cm
 FECHA DE REPORTE : 13-set-21
 CULTIVO : Tesis

Nro	CLAVE LABORATORIO	CLAVE CAMPO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Análisis Físico					Análisis Químico													
				Textura			Clase Textural	Densidad Aparente	pH	Conduc. Eléctrica dS / m	Carbonatos	Materia Orgánica	Elementos Disponibles			Capac. de Intercambio Catiónico	Elementos Cambiables					
				Arena	Arcilla	Limo							N	P	K		Ca++	Mg++	Na+	K+	Al+++	Saturación de Al
%	%	%	%	%	%	1:1	%	%	%	ppm	ppm	meq / 100 gr de suelo	meq / 100 gr de suelo	%								
1	ASC37 - 1020	Café	Sector San Miguel - Moyobamba	53.68	35.04	11.28	Arcilloso Arenoso	1.35	4.40	0.00105	-	2.50	0.130	7.20	51.00	23.70	6.12	0.94	0.26	0.21	4.75	64.32
2	ASC37 - 1021	Pasto	Sector San Miguel - Moyobamba	53.82	25.60	20.58	Arcilloso Arenoso	1.42	5.08	0.00051	-	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	5.72	0.87	0.20	0.23	3.95	36.10
3	ASC37 - 1022	Bosque	Sector San Miguel - Moyobamba	59.68	23.16	17.16	Franco Arcillo Arenoso	1.36	6.16	0.00106	-	1.20	0.160	18.50	57.00	13.80	5.80	0.90	0.28	0.24	3.10	36.50
4	ASC37 - 1023	Café	Sector San Agustín - Moyobamba	71.00	20.04	8.28	Franco Arcillo Arenoso	1.38	4.60	0.00108	-	3.00	0.150	12.00	25.00	10.42	6.20	0.97	0.30	0.23	4.80	59.65
5	ASC37 - 1024	Pasto	Sector San Agustín - Moyobamba	41.89	33.67	24.44	Arcilloso Arenoso	1.45	4.78	0.00067	-	1.68	0.088	10.20	50.20	13.81	5.80	0.80	0.23	0.27	4.05	43.10
6	ASC37 - 1025	Bosque	Sector San Agustín - Moyobamba	62.68	35.16	32.16	Franco Arcillo Arenoso	1.39	5.10	0.00103	-	2.40	0.220	13.60	118.00	15.88	5.70	0.85	0.25	0.22	3.20	53.50

METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS (Anexo de la Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 013-2010-AG del 20 de noviembre del 2010):

Textura	: Hidrómetro de Bouyoucos	Materia Orgánica	: Walkley y Black	Sodio y Potasio	: Fotometría de Llama
pH	: Potenciómetro en suspensión suelo: agua	Nitrógeno	: Micro Kjeldahl	Calcio y Magnesio	: Versenato E.D.T.A
Conductividad Eléctrica	: Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1	Fósforo	: Olsen Modificado	Aluminio cambiante	: Yuan, extracción con KCl 1N
Carbonatos	: Gasovolumétrico con calcímetro de Bernard	Capacidad de Intercambio Catiónico	: Suma de Bases cambiante	Acidez Activa	: Yuan, extracción con KCl 1N

V°B° Ing. Carlos Egoavil De la Cruz
 C.I.P. N° 32743



Gleider Ruiz Flores
 Laboratorista de Suelos

Figura 26. Resultado de análisis de muestras de suelo.



San Martín

GOBIERNO REGIONAL
¡el pueblo visto primero!

LABORATORIO DE ANÁLISIS AGRÍCOLAS DE SUELOS - ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA

Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca
Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443

RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION



NOMBRE : WILLIANS ENRIQUE REYNOSO RAMIREZ
PROCEDENCIA : Jepelacio - Moyobamba
FECHA DE INGRESO : 11-Oct-21

PROFUNDIDAD : 0 - 30 cm
FECHA DE REPORTE : 18-Oct-21
CULTIVO : Tesis

Nro	CLAVE LABORATORIO	CLAVE CAMPO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Análisis Físico						Análisis Químico												
				Textura			Clase Textural	Densidad Aparente	pH	Conductividad Eléctrica dS/m	Carbonatos	Materia Orgánica	Elementos Disponibles			Capac. de Intercambio Catiónico	Elementos Cambiables					
				Arena %	Arcilla %	Limo %							N %	P ppm	K ppm		Ca++	Mg++	Na+	K+	Al+++	Saturación de Al %
1	ASC43 - 1054	Café	Sector Shucchuyacu - Moyobamba	56.68	29.04	14.28	Franco Arcillo Arenoso	1.30	5.08	0.00104	-	4.20	0.210	22.40	46.00	20.81	5.70	0.90	0.25	0.30	3.95	62.15
2	ASC43 - 1055	Pasto	Sector Shucchuyacu - Moyobamba	53.82	25.60	20.58	Franco Arcillo Arenoso	1.40	5.30	0.00080	-	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	6.15	0.95	0.30	0.25	4.80	36.10
3	ASC43 - 1056	Bosque	Sector Shucchuyacu - Moyobamba	19.28	61.08	19.04	Arcilloso Arenoso	1.35	5.20	0.00110	-	4.06	0.250	19.04	56.34	14.42	5.85	0.85	0.30	0.24	3.20	32.51
4	ASC43 - 1057	Café	Sector Barranquita - Moyobamba	53.68	35.04	11.28	Arcilloso Arenoso	1.25	4.50	0.00105	-	3.40	0.170	5.80	163.00	34.85	6.10	0.90	0.25	0.25	4.50	42.27
5	ASC43 - 1058	Pasto	Sector Barranquita - Moyobamba	53.82	25.60	20.58	Franco Arcillo Arenoso	1.42	5.58	0.00055	-	2.30	0.230	18.41	71.31	21.30	5.65	0.80	0.20	0.20	3.90	36.10
6	ASC43 - 1059	Bosque	Sector Barranquita - Moyobamba	33.04	23.28	43.48	Arcilloso	1.38	4.87	0.00108	-	3.36	0.150	20.05	49.28	13.28	5.80	0.80	0.25	0.30	3.15	36.10

METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS (Anexo de la Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 013-2010-AG del 20 de noviembre del 2010):

Textura	: Hidrómetro de Bouyoucos	Materia Orgánica	: Walkley y Black	Sodio y Potasio	: Fotometría de Llama
pH	: Potenciómetro en suspensión suelo: agua	Nitrógeno	: Micro Kjeldahl	Calcio y Magnesio	: Versenato E.D.T.A
Conductividad Eléctric	: Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1	Fósforo	: Olsen Modificado	Aluminio cambiabile	: Yuan, extracción con KCl 1N
Carbonatos	: Gasovolumétrico con calcímetro de Bernard	Capacidad de Intercambio Catiónico	: Suma de Bases cambiabiles	Acidez Activa	: Yuan, extracción con KCl 1N

VºBº Ing. Carlos Egoavil De la Cruz
C.I.P. N° 32743



Gleoder Ruiz Flores
Laboronsta de Suelos

Figura 27. Resultado de análisis de muestras de suelo.



San Martín

GOBIERNO REGIONAL
del PERÚ 1995 011001

LABORATORIO DE ANÁLISIS AGRÍCOLAS DE SUELOS - ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA

Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca
Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443

RESULTADO DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACION



NOMBRE : WILLIAMS ENRIQUE REYNOSO RAMIREZ
PROCEDENCIA : Jepelacio - Moyobamba
FECHA DE INGRESO : 11-Oct-21

PROFUNDIDAD : 0 - 30 cm
FECHA DE REPORTE : 18-Oct-21
CULTIVO : Tesis

Nro	CLAVE LABORATORIO	CLAVE CAMPO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Análisis Físico					Análisis Químico													
				Textura			Clase Textural	Densidad Aparente	pH	Conductividad Eléctrica	Carbonatos	Materia Orgánica	Elementos Disponibles			Capac. de Intercambio Catiónico	Elementos Cambiables					
				Arena	Arcilla	Limo							N	P	K		Ca++	Mg++	Na+	K+	Al+++	Saturación de Al
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	meq / 100 gr de suelo	meq / 100 gr de suelo	%								
7	ASC43 - 1060	Café	Sector Ochame - Moyobamba	53.6	35.1	11.30	Arcilloso Arenoso	1.33	4.50	0.00103	-	2.10	0.110	5.60	34.00	21.77	6.10	0.92	0.24	0.19	4.70	57.82
8	ASC43 - 1061	Pasto	Sector Ochame - Moyobamba	53.82	25.60	20.58	Arcilloso Arenoso	1.43	5.08	0.00051	-	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	5.72	0.83	0.17	0.18	3.88	36.10
9	ASC43 - 1062	Bosque	Sector Ochame - Moyobamba	45.89	33.60	20.51	Franco Arcillo Arenoso	1.34	5.13	0.00107	-	2.60	0.130	6.60	80.00	18.09	5.85	0.86	0.28	0.25	3.16	29.34

METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS (Anexo de la Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 013-2010-AG del 20 de noviembre del 2010):

Textura	: Hidrómetro de Bouyoucos	Materia Orgánica	: Walkley y Black	Sodio y Potasio	: Fotometría de Llama
pH	: Potenciómetro en suspensión suelo: agua	Nitrógeno	: Micro Kjeldahl	Calcio y Magnesio	: Versenato E.D.T.A
Conductividad Eléctrica	: Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1	Fósforo	: Olsen Modificado	Aluminio cambiante	: Yuan, extracción con KCl 1N
Carbonatos	: Gasovolumétrico con calcímetro de Bernard	Capacidad de Intercambio Catiónico	: Suma de Bases cambiables	Acidez Activa	: Yuan, extracción con KCl 1N

VºBº Ing. Carlos Egoavil De la Cruz
C.I.P. N° 32743



Gleoder Ruiz Flores
Laboratorista de Suelos

Figura 28. Resultado de análisis de muestras de suelo.



San Martín

GOBIERNO REGIONAL
¡EST ENFRENTANDO EL DESARROLLO!

LABORATORIO DE ANÁLISIS AGRÍCOLAS DE SUELOS - ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA

Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca
Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443

RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION



NOMBRE : WILLIAMS ENRIQUE REYNOSO RAMIREZ
PROCEDENCIA : Jepelacio - Moyobamba
FECHA DE INGRESO : 09-Ago-21

PROFUNDIDAD : 0 - 30 cm
FECHA DE REPORTE : 18-Ago-21
CULTIVO : Tesis

Nro	CLAVE LABORATORIO	CLAVE CAMPO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Análisis Físico					Análisis Químico													
				Textura			Clase Textural	Densidad Aparente	pH	Conductividad Eléctrica	Carbonatos	Materia Orgánica	Elementos Disponibles			Capac. de Intercambio Catiónico	Elementos Cambiables					
				Arena %	Arcilla %	Limo %							N %	P ppm	K ppm		Ca++	Mg++	Na+	K+	Al+++	Saturación de Al %
1	ASC21 - 0948	Café	Sector Pacaypite (cruzando el río), Jepelacio - Moyobamba	41.89	33.67	24.44	Arcilloso Arenoso	1.33	4.74	0.00103	-	2.00	0.090	5.70	74.70	12.15	6.10	0.92	0.24	0.19	4.70	38.70
2	ASC21 - 0949	Pasto	Sector Pacaypite, Jepelacio - Moyobamba	53.82	25.80	20.58	Franco Arcillo Arenoso	1.40	5.08	0.00049	-	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	5.70	0.85	0.18	0.18	3.90	36.10
3	ASC21 - 0950	Bosque	Sector Pacaypite, Jepelacio - Moyobamba	45.89	33.60	20.51	Franco Arcillo Arenoso	1.34	5.56	0.00104	-	2.10	0.094	6.90	84.60	10.36	5.90	0.88	0.26	0.22	3.10	29.90
4	ASC21 - 0951	Café	Sector Carrizal, Jepelacio - Moyobamba	50.38	35.04	14.28	Arcilloso Arenoso	1.35	4.80	0.00106	-	2.80	0.140	8.80	133.00	21.72	6.05	0.90	0.22	0.20	4.68	51.00
5	ASC21 - 0952	Pasto	Sector Carrizal, Jepelacio - Moyobamba	53.82	25.80	20.58	Arcilloso Arenoso	1.43	5.08	0.00051	-	1.96	0.088	7.20	70.20	10.81	5.72	0.83	0.17	0.18	3.88	36.10
6	ASC21 - 0953	Bosque	Sector Carrizal, Jepelacio - Moyobamba	27.33	17.33	55.35	Arcilloso	1.32	4.89	0.00107	-	6.71	0.380	24.34	53.23	17.62	5.85	0.86	0.28	0.25	3.16	43.80

METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS (Anexo de la Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 013-2010-AG del 20 de noviembre del 2010):

Textura	: Hidrómetro de Bouyoucos	Materia Orgánica	: Walkley y Black	Sodio y Potasio	: Fotometría de Llama
pH	: Potenciómetro en suspensión suelo: agua	Nitrógeno	: Micro Kjeldahl	Calcio y Magnesio	: Versenato E.D.T.A
Conductividad Eléctric	: Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1	Fósforo	: Olsen Modificado	Aluminio cambiante	: Yuan, extracción con KCl 1N
Carbonatos	: Gasovolumétrico con calcímetro de Bernard	Capacidad de Intercambio Catiónico	: Suma de Bases cambiabiles	Acidez Activa	: Yuan, extracción con KCl 1N

VºBº Ing. Carlos Egoavil De la Cruz
C.I.P. N° 32743



Gleodes Ruiz Flores
Laboratorista de Suelos

Figura 29. Resultado de análisis de muestras de suelo.