

UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO

UNIDAD ACADEMICA PUERTO RICO

INGENIERIA AGROFORESTAL



TRABAJO DIRIGIDO

**IDENTIFICACION DE LA CAPACIDAD DE USO DEL SUELO MEDIANTE
UN ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO EN LA UNIDAD ACADÉMICA PUERTO RICO**

Trabajo dirigido presentado como requisito

Parcial para optar el Título de

Ingeniero Agroforestal

POSTULANTE:

Univ. HERNANDO EAMARA CHAO

ASESOR:

Ing. Agr. Casimiro Montaña Nicolás

PUERTO RICO – PANDO

2023

HOJA DE APROBACION

IDENTIFICACION DE LA CAPACIDAD DE USO DEL SUELO MEDIANTE UN ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO EN LA UNIDAD ACADÉMICA PUERTO RICO

Trabajo dirigido presentado como requisito

Parcial para optar el Título de

Ingeniero Agroforestal

POSTULANTE:

Univ. Hernando Eamara Chao

.....

ASESOR:

Ing. Agr. Casimiro Montaña Nicolás

.....

PTE. TRIBUNAL

Lic. Adm. Gerardo Saúl Rojas Mendoza

.....

TRIBUNALES:

Ing. Agrof. Marco Yepes Alvarez

.....

Ing. Agrof. German Kauko Coimbra

.....

Ing. Agrof. Yoshiro Aguada Manuyama

.....

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios todopoderoso quien en todo momento de mi vida ha estado conmigo y me da la oportunidad de llegar hasta este momento de mi vida con salud.

A mi Universidad: De forma especial a la Unidad Académica Puerto Rico dependiente de la Universidad Amazónica de Pando por acobijarme en sus aulas y sentirme cómodo para recibir los conocimientos de las diferentes asignaturas en proceso de estudio que he obtenido.

A mi pareja Dagneri B. Aradivi Ch. por su apoyo incondicional en todo el proceso de mi formación profesional, ser mi guía y una inspiración para no rendirme en los peores momentos, por ser siempre la persona que dedico su tiempo para seguir adelante.

A mi asesor: Ing. Agr. Casimiro Montaña Nicolás por haberme brindado sus conocimientos, así como también haber tenido la paciencia para guiarme durante el desarrollo de esta Investigación.

A mis docentes: Ing. Agrop. Ariel Hurtado Moisés del y el Ing. Agr. Wilfredo Montaña Teco Programa Ing. Agroforestal, por su paciencia, comprensión y sabios consejos durante mi Formación Profesional

A los miembros del tribunal revisores de mi tesis agradecer por las sugerencias observaciones y correcciones de la presente investigación.

A mis compañeros: por haberme dado su fuerza y apoyo incondicional.

A todos mis amigos (as): con quienes pude compartir grandes experiencias y conocimientos

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Sres.: Hernán Eamara Cartagena y Rosmeri Chao Queteguari quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en mis estudios, me brindaron su apoyo Moral y económico para seguir estudiando. Depositando su confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar un solo momento.

A MIS HERMANOS

Quienes en mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Y me apoyaron y me alentaron a continuar, cuando parecía que me iba a rendir en la vida.

A mi pareja Dagneri B.A Ch. por confiar que podía llegar muy lejos, todo los momentos que estuvo apoyándome, una y mil gracias.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de identificar la capacidad de uso del suelo mediante un análisis físico-químico en la unidad académica puerto rico a través de un Análisis de Laboratorio realizada en CIAT, los parámetros medidos más representativos fueron el P, K, Zn, Mn, Mg y Ca y porcentajes de arena, limo, arcilla y M.O. se realizó 4 calicatas para la interpretación de los perfiles con sus horizontes correspondientes. Se realizó el levantamiento de 20 sub muestras de suelo de la Unidad Académica Puerto Rico en método al azar siendo la mezcla y división en cuadrante hasta obtener un total de 1 kg para el análisis físico y químico en el laboratorio del CENTRO DE INVESTIGACION AGRARIA TROPICAL, a cargo del Ing. David García Flores. Consecuentemente para su desarrollo se utilizó la metodología dentro el trabajo dirigido se desarrolló el método de investigación descriptiva donde se realizó el análisis y la interpretación del proceso de análisis de suelos del área de estudio y la clasificación del suelo y su capacidad de uso. El cual permite puntualizar los elementos y variables consideradas en esta investigación fueron: elaboración de calicatas, embolsado y etiquetado de la muestra, interpretación de los análisis de los resultados de laboratorio donde se obtuvieron los siguientes resultados: Un pH de 6.92, conductividad eléctrica (CE) del suelo es de $137 \mu\text{S cm}^{-1}$ en una relación de 1:5, carbonos libres presentes es de 1,5%. Saturación de bases de 96%. El valor de 0.35 col Kg^{-1} de acidez. El resultado de 0.00 mg Kg^{-1} de aluminio. Fósforo en el suelo de 12 mg kg^{-1} . (M.O.) del 1.85%. Nitrógeno total de 0.18%. Un suelo con una textura arcilloso arenosa tiene un 47% de arcilla, un 47% de arena y un 6% de limo. Esta textura se considera un suelo moderadamente arcilloso arenoso. En conclusión el mejor resultado esperado es el pH del suelo que se encuentra apto para la siembra de cultivos de hortalizas, cítricos y forestales

Palabras calves: capacidad de uso suelo, análisis físicos, análisis quimios.

ABSTRACT

The present research work was carried out with the objective of identifying the capacity for land use through a physical-chemical analysis in the Puerto Rico academic unit through a Laboratory Analysis carried out at CIAT, the most representative measured parameters were P, K, Zn, Mn, Mg and Ca and percentages of sand, silt, clay and M.O. 4 test pits were made for the interpretation of the profiles with their corresponding horizons. The lifting of 20 sub-samples of soil from the Puerto Rico Academic Unit was carried out in a random method, mixing and dividing in quadrants until obtaining a total of 1 kg for physical and chemical analysis in the laboratory of the TROPICAL AGRARIAN RESEARCH CENTER. by Eng. David García Flores. Consequently, for its development, the methodology was used within the directed work, the descriptive research method was developed where the analysis and interpretation of the soil analysis process of the study area and the classification of the soil and its capacity for use were carried out. Which allows us to point out the elements and variables considered in this research were: preparation of pits, bagging and labeling of the sample, interpretation of the analysis of the laboratory results where the following results were obtained: A pH of 6.92, electrical conductivity (EC) of the soil is $137 \mu\text{S cm}^{-1}$ in a ratio of 1:5, free carbons present are 1.5%. Base saturation of 96%. The value of 0.35 col Kg^{-1} of acidity. The result of 0.00 mg Kg^{-1} of aluminum. Phosphorus in the soil of 12 mg kg^{-1} . (M.O.) of 1.85%. Total nitrogen of 0.18%. A soil with a sandy clay texture is 47% clay, 47% sand, and 6% silt. This texture is considered a moderately sandy clay soil. In conclusion, the best expected result is the pH of the soil that is suitable for planting vegetable, citrus and forestry crops.

Key words: land use capacity, physical analysis, chemo analysis.

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DIRIGIDO	4
4. PLANTEAMIENTO DE LOS OBJETIVOS	5
4.1. Objetivo general.....	5
4.2. Objetivos específicos	5
5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
5.1. Origen del suelo	6
5.2. Definición De Suelo	6
5.3. Preparación de la muestra suelos	7
5.3.1. Principio y alcance.....	7
5.4. Equipos y materiales especiales.....	7
5.5. Procedimiento	8
5.6. Parámetros físicos y químicos del suelo	8
5.6.1. Parámetros físicos	8
5.7. Parámetros químicos.....	9
5.8. Calidad de los suelos.	9
5.9. PH	10
5.10. Aptitud de la tierra	10
5.10.1. Estructura de la clasificación de aptitud	11

5.10.2. Clases de Aptitud de la Tierra	11
5.10.3. Clasificaciones cualitativa y cuantitativa.....	13
5.10.4. Clasificaciones de la aptitud actual y potencial.	13
6. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA A EMPLEAR.	14
6.1. Ubicación del área de estudio.	14
6.2. Latitud y Longitud.	15
6.3. Metodología.	15
6.4. Tipo de investigación.....	15
6.5. El método teórico.....	15
6.6. Método analítico-sintético.	15
6.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	16
6.8. Método de análisis de laboratorio.....	20
7. PRESUPUESTO Y MATERIALES ESTIMADOS.....	22
7.1. Presupuestos y materiales	22
8. DEMOSTRACION O RESULTADOS.....	24
8.1. Resultados.....	24
8.1.1. Parámetros físicos del suelo.....	24
8.2. Discusión de los resultados.....	26
8.2.1. Perfil 1	26
8.2.2. Perfil 2.	28
8.2.3. Perfil 3.	29
8.2.4. Perfil 4	31

8.3.	Interpretación de los análisis obtenidos	35
8.3.1.	pH	35
8.3.2.	C.E.: Conductividad Eléctrica	36
8.3.3.	Carb. Libres	38
8.3.4.	Cat. sol: Cationes solubles	39
8.3.5.	Bases Int.cmol Kg-1	41
8.3.6.	Saturación de Bases.	43
8.3.7.	Acides	44
8.3.8.	Aluminio.	45
8.3.9.	Fosforo.	46
8.3.10.	Materia Orgánica	47
8.3.11.	Nitrógeno	48
8.3.12.	Interpretación de las propiedades físicas del suelo obtenido del laboratorio.	50
9.	PROPUESTA	52
9.1.	Nombre de la propuesta:	52
9.2.	Fundamentación de la propuesta:	52
9.3.	Objetivos de la propuesta:	52
9.4.	Actividad de la propuesta:	52
9.5.	Ejemplo de enmienda:	53
9.6.	Instrucciones para la aplicación:	53
9.7.	Resultados esperados:	53
9.8.	Conclusión de la propuesta:	53

10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
10.1.	Conclusiones	55
10.2.	Recomendación.....	57
11.	IDENTIFICACION DE LA INSTITUCION.	58
12.	BIBLIOGRAFIA	59
13.	APÉNDICE Y ANEXO.....	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 presupuesto y materiales.....	22
Tabla 2 propiedades físicas y químicas de los perfiles del suelo	24
Tabla 3 interpretación del perfil 1	26
Tabla 4 interpretación del perfil 2	28
Tabla 5 interpretación del perfil 3	29
Tabla 6 interpretación del perfil 4	31
Tabla 3 resultados de laboratorio CIAT, de muestra de suelo de la Unidad Académica Puerto Rico	33

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> ubicación del área de estudio U.A.P.R.....	14
<i>Figura 2:</i> demarcación del área de estudio	16
<i>Figura 3:</i> recopilación de muestra de suelo	17
<i>Figura 4:</i> perfil del suelo (calicatas)	19
<i>Figura 6::</i> etiquetado de la muestra	18

1. INTRODUCCIÓN

El suelo es una mezcla de materiales minerales y orgánicos; capaces de soportar la vida vegetal. El interés del estudio del suelo se centra en evaluar su calidad y salud, por ende, la determinación de características físicas y químicas permite valorar su aptitud productiva. Uno de los principales elementos para la sustentabilidad agrícola es la determinación de la calidad de los suelos, direccionando con eficacia su uso y manejo. (Jordan, 2005).

Un suelo rico en materia orgánica y microorganismos es un indicador fiable de la alta fertilidad y disponibilidad de nutrientes. Los microorganismos descomponen los residuos orgánicos liberando agua y sustancias minerales, mineralizando la materia orgánica, transformando los elementos no disponibles en disponibles, (Coyne, 2000).

Los indicadores de la calidad del suelo se proyectan como el instrumento de medición de las propiedades, sean físicas o químicas, los procesos y las características, lo cual ayuda para observar los efectos del suelo en un periodo determinado (aister maass y ectchevers, 2002).

Según Adriaanse (1993), manifiesta que los parámetros son instrumentos de observación que permiten simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos y pueden ser: propiedades físicas, químicas y biológicas. Según Hünneimyer, et. al, (1997) afirma que los indicadores deben permitir varias cosas esenciales como: examinar el medio de la situación y reconocer los puntos críticos con el desarrollo sostenible, analizar los posibles impactos antes de una colaboración, manejar las intervenciones antrópicas y ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible. La estructura, la densidad aparente, la estabilidad de los agregados, la infiltración, la profundidad del suelo superficial, la capacidad de almacenamiento del agua, el pH, la conductividad eléctrica, los elementos químicos, entre otras, son las características físicas y químicas del suelo que se han propuesto como indicadores o parámetros de su calidad. (García, et. al, 2012).

La capacidad de uso de la tierra busca el aprovechamiento de las condiciones del suelo con un mínimo de pérdida, basada en el detalle expresivo de factores que pueden influenciar en la estructura y la composición de este medio tales como relieve, erosión, clase de suelo, clima, entre otros (Araújo Jr., 1998). La clasificación de esta capacidad permite establecer las bases

para un mejor uso de los recursos en el campo. Las clases de uso pueden ser utilizadas para la identificación de áreas con capacidad de producción económica y sostenible (Norton, 1940).

La capacidad de uso indica el grado de intensidad del cultivo que se puede aplicar sin que el suelo pierda su capacidad de productividad Ribeiro y Campos, (1998); Dainese *et ál.*, (1999). El levantamiento de las condiciones del suelo y del medio natural para la actividad agropecuaria es de gran valor; la exploración de una manera consciente, basada en determinadas prácticas conservacionistas en función del tipo de suelo, permite un mejor aprovechamiento y aumento de la sostenibilidad, pues posibilita el aumento del potencial y la utilización de recursos por las futuras generaciones, (Citado en Araújo, 1998).

El presente trabajo será uno de los resultados de nuestros estudios, que consiste en conocer las características, clasificación y distribución de los suelos, de forma tal que sirviera de sustento y fundamento al resto de las disciplinas, y permitiera el intercambio y entendimiento con otros especialistas, técnicos y científicos. El conocimiento de sus características, distribución y sobre todo del contenido en nutrientes permite la implementación de tecnologías, para lograr un aumento de los rendimientos agrícola; el uso de diferentes fuentes y formas de fertilizantes (macro y micro nutrientes) a dosis adecuadas y enmiendas, para corregir deficiencias nutricionales; las medidas para el control de plagas con medios biológicos y de manejo, y la organización de la cosecha, (Gomez, et. al, 2010).

Al saber que la calidad del suelo tiene influencia por los indicadores del mismo como físicas y químicas dirigimos nuestra investigación en evaluar estos parámetros para una amplia determinación de la calidad de los suelos en la Unidad Académica Puerto Rico.

2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Es importante que la descripción del suelo sea hecha exhaustivamente; esto sirve como base para la clasificación del suelo y la evaluación del sitio, así como para realizar interpretaciones sobre el origen del suelo, una buena descripción de suelos será útiles para guiar, ayudar en la explicación y regular el trabajo en laboratorio.

Actualmente la Unidad Académica Puerto Rico no cuenta con información detallada sobre la capacidad portante y uso del suelo dentro del área de estudio y es de gran importancia conocer el tipo de suelo y la capacidad de uso del suelo, con fines de uso para la producción y la planificación de mejoramiento y realizar futuras investigaciones con los estudiantes.

Los suelos de la Unidad Académica Puerto Rico en el tiempo han sido utilizados con fines de producción ganadera, que han provocado cambios en la estructura del suelo como la compactación, que con el tiempo fue ingresando en un proceso de degradación por el manejo inadecuado, con la deforestación, quemas, pérdida de la capacidad productiva que ocasiono un impacto en el suelo de la pérdida de fertilidad, suelos improductivos donde abundan plantas gramíneas como las forrajeras, las ciperáceas y malezas de gran resistencia a este medio, por esta razón es una necesidad de realizar este estudio con fines de poder realizar planes de manejo y recuperación de suelos para realizar a futuro producción y estudios de otras investigaciones.

3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DIRIGIDO

El presente trabajo dirigido se basa en elaborar un estudio de los parámetros físicos y químicos de suelo de la Unidad Académica Puerto Rico, que permitirá conocer la capacidad portante, las características propias del suelo y el tipo de tratamiento a utilizarse.

Dado que no existe estudios ni información detallada sobre la capacidad del suelo de la Unidad Académica Puerto Rico, trae como consecuencia la precariedad o disminución de la siembra con un rendimiento bajo de cosecha, que en su mayoría no se elabora ni ejecuta un estudio de suelo, que es vital importancia para la siembra, previendo serios problemas futuros como ser bajo rendimiento de la producción agrícola.

La exploración al suelo se realizará en la Unidad Académica Puerto Rico en toda el área de producción que se cuenta para tener un resultado valido.

4. PLANTEAMIENTO DE LOS OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Caracterizar, la capacidad de uso del suelo a través de los análisis físicos y químicos en la Unidad Académica Puerto Rico, Dependiente de la Universidad Amazónica de Pando gestión 2023.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar la clasificación del tipo de suelo de la Unidad Académica de Puerto Rico.
- Realizar estudios de análisis físico y químicos del suelos en laboratorio para determinar la (textura, la clase textural, Densidad Aparente y Real y Color del suelo), (Materia Orgánica, Ph, K, P, Ca, Mg y Nitrógeno).
- Determinar la capacidad de uso del suelo de la Unidad Académica de Puerto Rico.

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1. Origen del suelo

Según Yong, Nakano, y Pusch (2012), definen el suelo como la ruptura de los diversos fragmentos de roca o minerales. Los agentes que producen fuerzas y procesos son de naturaleza térmica tales como: congelación cíclica, descongelación, calefacción y refrigeración, ya que la roca tiene diferentes componentes de expansión. (Citado en Pablo, 2019).

La geomorfología estudia la evolución de la superficie terrestre, los factores, procesos, formas y sedimentos resultantes de los procesos; teniendo en cuenta una dimensión temporal e histórica. De la dimensión temporal en el estudio de las formas se desprende que la superficie del territorio cambia a lo largo del tiempo, y esta evolución lleva aparejada la del suelo. Los diversos rasgos y características de un suelo reflejan su evolución histórica, que para ser entendida debe relacionarse con la posición que ocupa en el paisaje y los suelos próximos. (Asanza et. al, 2015).

5.2. Definición De Suelo

La palabra Suelo, representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo. Suelo, en Ingeniería, son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, fruto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva, y que pueden tener materia orgánica. El suelo es un cuerpo natural heterogéneo. El suelo en ingeniería, es un cuerpo heterogeneo con propiedades físico-químicas y mecánicas apropiadas. (Duque, E., G., 2002).

El suelo es un recurso natural limitado y no renovable que ofrece diversas funciones ambientales, como ejemplo tenemos la participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos químicos como carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que, por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta (burbano y orjuela, 20116).

Además, contribuye considerablemente sobre el medio en el que se ubica y actúa en las actividades sociales y económicas de las personas que se encuentran en ese territorio ejerciendo distintos grados de presión sobre el suelo generando un deterioro del mismo (gardi, 2014).

5.3. Preparación de la muestra suelos

5.3.1. Principio y alcance

El objetivo de la preparación es homogeneizar la muestra de suelo para ser usada en los análisis químicos y físicos. Estos análisis generalmente se realizan en la fracción fina de suelo (<2 mm), la cual se ha secado a una temperatura no superior a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, hasta masa constante, constituyendo lo que se denomina "suelo seco al aire. Las ventajas de usar el suelo seco al aire consisten en que generalmente posee un contenido de humedad óptimo para manipularlo y procesarlo, la masa de suelo seco al aire permanece relativamente constante y la actividad microbiana es baja durante el almacenaje. El secado de la muestra en una estufa a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ es preferible al secado a temperatura ambiente porque el aumento en la velocidad de secado limita los cambios debidos a la actividad microbiana. (Zagal et. al, 2007).

Este procedimiento es aplicable a todos los tipos de suelos.

5.4. Equipos y materiales especiales

- Martillo de madera o de otra superficie suave, o tapón de goma
- Bandejas
- Láminas de plástico
- Estufa con circulación de aire capaz de mantener una temperatura $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (no indispensable)
- Tamiz de acero inoxidable o de otro material inerte, con orificios de 2 mm
- Mortero y pistilo de porcelana.
- Bolsas o frascos de plástico con tapa para almacenar las muestras.

- Mortero y pistilo de ágata.
- Tamiz de acero inoxidable o de otro material inerte, de orificios de 0,5 mm o de otro tamaño especificado en el método de análisis.

5.5. Procedimiento

- Homogenización bien la muestra de terreno, disgregando los terrones manualmente o mediante presión con un martillo de madera o un tapón de goma, eliminando las piedras y los residuos vegetales de mayor tamaño tales como raíces gruesas.
- Separar una fracción de al menos 51 Kg. de la muestra de terreno (para envío a laboratorio o simplemente muestra de suelo),
- Cubierta con una lámina de plástico (2.3) El espesor de la capa de muestra no debe ser superior a 15 mm. (Zagal et. al, 2007).

5.6. Parámetros físicos y químicos del suelo

Los parámetros físicos y químicos del suelo son llamados también indicadores y sirven para valorar los cambios que se dan en los sistemas de manejo y han sido consideradamente evaluados como indicadores de calidad manifestando sensibilidad a los cambios, pero al ser más firme, los resultados son detectados de mediano a largo plazo (Jaurix, 2013).

5.6.1. Parámetros físicos

El gráfico de violín, fue el empleado para conocer la distribución del valor del porcentaje de humedad a capacidad de campo, punto de marchitez permanente y el valor de densidad aparente, para cada textura de suelo, esta forma está dada por la concentración de la información, en este caso se debe de analizar de una manera distinta respecto a la variable anterior, en este sentido se observa distintas formas dependiendo de la textura de suelo, por ejemplo para los registros del valor de humedad de capacidad de campo, se observa que existe una mayor concentración de información entre los valores de 30-35 por ciento para el suelo con textura arcilloso, en este caso no está difícil definir un rango del valor de humedad, pero sucede lo contrario en suelo franco arenoso donde se muestra una densidad uniforme alrededor de 25-

40 por ciento de humedad a capacidad de campo por lo que la mejor manera de determinar para usar un valor de referencia fue el analizar respecto a la media. Para el caso de porcentaje de humedad a punto de marchitez permanente es muy similar al de capacidad de campo, por lo tanto, están muy interrelacionados, únicamente que la distribución de sus valores es más uniforme en la escala por lo que tiene un mayor rango de valores a considerarse. Para el caso de la variable densidad aparente, se usará la media en caso de no contar con un registro de análisis físico de suelo del área que se desea a planificar. (Monterroso et. al., 2021).

5.7. Parámetros químicos

La determinación en laboratorio para los parámetros químicos se menciona a continuación: el pH fue determinado en una relación suelo-agua de 1:2.5, mediante potenciometría. La acidez de intercambio se determina por titulación en una alícuota del extracto de cloruro de potasio 1 N, haciendo uso de fenolftaleína como indicador, titulado con una solución de NaOH 0.01 N. El contenido de materia orgánica (MO) fue determinado por Walkley and Black. El N en forma de nitrato fue determinado por el método del ácido sulfónico; el nitrógeno amoniacal se determinó por extracción con bicarbonato de sodio y la adición de fenol básico y cloretol, determinado por absorbancia en un colorímetro. Los sulfatos fueron extraídos con 2 M KCl y determinando su concentración por colorimetría. El contenido de fósforo fue determinado por colorimetría usando como extractante bicarbonato de sodio a un pH de 8.5. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) fue estimada usando el método de acetato de amonio (pH 7). La conductividad eléctrica (CE) fue determinada por extracto de agua en pasta saturada con el suelo mediante el uso del puente de salinidad de Wheatstone. Los cationes básicos Ca, Mg, Na y K son extraídos con solución de bicarbonato de sodio para luego determinarlos por absorción atómica. Los micronutrientes Cu, Fe, Mn y Zn, fueron extraídos por un agente quelatante, que es adicionado a la misma solución extractora de bicarbonato de sodio, para luego ser determinados por absorción atómica. El B es determinado mediante el método de la curcumina y leída su absorbancia en un colorímetro. (Quichimbo, ET. AL., 2012).

5.8. Calidad de los suelos.

Según Tamayo (2009), dice que la calidad del suelo es un concepto que, con diferentes designaciones, ha sido manejado desde la antigüedad para exponerse a las distintas cualidades

de los suelos cultivados. En cualquier caso, esta idea ha estado unido con aspectos ligados al manejo y productividad de los suelos agrícolas ("suelos ricos", "suelos ligeros", etc., son acepciones que hacen referencia a cualidades). Afirma Gasteiz, (2018), que la calidad del suelo es una necesidad para la evaluación cuantitativa, hace referencia al conjunto de cualidades para la productividad que se determina a partir de una serie de indicadores o parámetros y factores que reúnen e integran ciertas características edáficas que son:

- Contenido de materia orgánica.
- Relación carbono-nitrógeno (C/N)
- pH.

5.9. PH

Según Willard et al., (1974); Bates, (1983). Indica que el pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos (H) que se da en la interfase líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo de vidrio en un contenido de humedad específico o relación de suelo-agua, y expresado en términos de la escala de pH. El valor de pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno, que se expresa por números positivos del 0 al 14. Tres son las condiciones posibles del pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad. El método para determinar el pH se utiliza el método potenciométrico (Fernandez, et. al., 2011).

5.10. Aptitud de la tierra

Se entiende por aptitud la adaptabilidad de un tipo determinado de tierras para un uso definido. La tierra puede considerarse en su estado actual o después de aportar mejoras. El proceso de clasificación de aptitud de las tierras es la evaluación y agrupación de zonas específicas de tierra en función de su aptitud para usos definidos (FAO, 1976).

5.10.1. Estructura de la clasificación de aptitud

5.10.1.1. Ordenes de aptitud de las tierras

Según la FAO, (1976), señala que los órdenes de aptitud de las tierras indican si una tierra se ha evaluado como apta para el uso objeto de estudio. Existen los siguientes órdenes:

- **Orden A** (apta): tierra en que el uso sostenible de la clase objeto de estudio se espera que rinda beneficios que justifiquen los insumos sin riesgos inaceptables de peligros para los recursos de tierras.
- **Orden N** (no apta): Tierras que poseen cualidades que parecen impedir un uso sostenido de la clase objeto de examen.

5.10.2. Clases de Aptitud de la Tierra

Según la FAO, (1976). Menciona que las clases expresan la aptitud de la tierra y se aplican para cada tipo de utilización de la tierra en todas las unidades o componentes diferenciados. (Citado en Callata, 2011).

Según la base de la clasificación de la FAO 1976, fueron definidas las siguientes clases de aptitud de la tierra.

- Clase I: Aptitud Buena
 - Clase II: Aptitud Regular
 - Clase III: Aptitud Marginal o Restringida
 - Clase IV: No Apta
- ✓ **Clase I: Aptitud Buena** Tierras sin limitaciones significativas para la producción sostenible de un determinado tipo de utilización aplicando las prácticas de manejo correspondientes. Existe un mínimo de restricciones que no reducen la productividad o los beneficios en forma significativa. En caso de aplicar insumos, la eficiencia es relativamente alta.

- ✓ **Clase II: Aptitud Regular** Tierras que presentan limitaciones moderadas para la producción sostenible de un determinado tipo de utilización con las prácticas de manejo correspondientes. Las limitaciones reducen la productividad o los beneficios. Esto obliga a aplicar insumos a un nivel que reduce los resultados globales del uso. Aunque todavía atractivos, estos beneficios son sensiblemente menores que los correspondientes a la clase de aptitud buena.
- ✓ **Clase III: Aptitud Marginal o Restringida** Tierras que presentan limitaciones fuertes para la producción sostenible de un determinado tipo de utilización, con las prácticas de manejo correspondientes. Estas limitaciones disminuyen los rendimientos o los beneficios por el aumento de los insumos necesarios cuya eficiencia es reducida. Los costos solamente son justificados marginalmente.
- ✓ **Clase IV: No Apta** Tierras cuyas condiciones excluyen una producción sostenible del tipo de utilización considerada.
- ✓ **Clase VI** (Tierras apropiadas mayormente para cultivos permanentes): tierras aprovechables, no aptas para cultivos intensivos a causa de la pendiente, peligro de erosión y características desfavorables del suelo; son aptas para cultivos 60 permanentes tanto como para vegetación natural con el empleo de adecuadas prácticas de conservación y corrección.
- ✓ **Clase VII** (Tierras apropiadas mayormente para pastos y bosques naturales): tierras de utilidad restringida que, a causa del grave peligro de erosión y características desfavorables del suelo, son aptas únicamente para la vegetación natural.
- ✓ **Clase VIII** (Tierras sin ningún valor agrícola): tierras sin o casi sin valor agrícola ni en un futuro cercano.

5.10.3. Clasificaciones cualitativa y cuantitativa.

- **Clasificación cualitativa:** Es aquella en que la aptitud relativa se expresa en términos cualitativos únicamente, sin calcular con precisión los costos y beneficios, basándose principalmente en el potencial de protección física de la tierra, usando la economía como referencia.
- **Clasificación cuantitativa:** Es aquella en que se definen las distinciones entre clases en términos numéricos comunes, lo que permite una comparación objetiva entre las clases relativas a las diversas modalidades de uso de la tierra. (Citado en Callata, 2011).

5.10.4. Clasificaciones de la aptitud actual y potencial.

- **Aptitud actual:** Se refiere a la adaptabilidad para un uso definido de la tierra en su estado presente sin mejoramientos de mayor cuantía.
- **Aptitud potencial:** Se refiere a la adaptabilidad para un uso definido de unidades de tierras en el estado que alcanzaran en alguna fecha futura, después de haberse realizado cuando sea necesario determinados perfeccionamientos de mayor cuantía. (Citado en Callata, 2011).

6. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA A EMPLEAR.

6.1. Ubicación del área de estudio.

La presente investigación se realizó en predios de la Unidad Académica Puerto Rico, ubicado en la comunidad de Puerto Rico.

Puerto Rico forma parte de la provincia de Manuripi, y de la cual se encuentra en la parte central de dicha provincia, en el extremo norte de Bolivia. Este municipio consta con 49 comunidades, de ellas la vía de acceso es 43 por tierra y 6 por río. Tiene una superficie territorial de 4.574 km², una población estimada de 4.739 habitantes y una densidad poblacional de 1.0 hab./km².

El municipio de Puerto Rico tiene altitud aproximada de 205 metros sobre el nivel del mar. El municipio limita al norte con el municipio de Bella Flor, al sur por el municipio de Sena, al este por el municipio de Santa Rosa del Abuná, y al oeste por el municipio de Filadelfia.



Figura 1: ubicación del área de estudio U.A.P.R

Fuente: Google Earth Pro

6.2. Latitud y Longitud.

Geográficamente está comprendida entre las coordenadas 11° 06` 12” longitud Sur y de 67° 33` 17· Longitud Oeste.

6.3. Metodología.

6.4. Tipo de investigación

El presente trabajo dirigido será una investigación Descriptiva donde se realizará el análisis y la interpretación del proceso de análisis de suelos del área de estudio y la clasificación del suelo y su capacidad de uso

6.5. El método teórico.

Los métodos teóricos permiten describir las relaciones esenciales del objeto de investigación no observables directamente, cumpliendo con la construcción del conocimiento que facilite la interpretación conceptual de los datos empíricos, la construcción y desarrollo de teorías.

6.6. Método analítico-sintético.

“Estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (Síntesis).

6.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

- **Levantamiento de coordenada del área donde se realizará el estudio**

Se levantará un mapa con croquis del lugar de estudio donde se realizará la recolección de muestras de suelo, que estas estarán georreferenciados y divididos por cuadrantes para la toma de las parcelas.



Figura 2: demarcación del área de estudio

Fuente: elaboración propia 2023

- **Demarcación de los cuadrantes para el muestreo de suelos**

Para la recolección de las muestras se realizará la división de los cuadrantes que estará en función del tamaño de parcela a ser sometidos al estudio según como presenta la topografía del lugar.

- **Recolección y muestreo de suelos**

La muestra deberá ser representativa del lote, por tal razón la muestra se obtendrá con el método sistemático para garantizar una mejor cobertura del suelo, en cuanto a las muestras que saquee garantizará la representatividad y precisa de la muestra, cada muestra tendrá un mismo volumen y tomada a la misma profundidad de 0 a 20 cm. La idea es que la muestra abarque el área de mayor crecimiento de raíces absorbentes del cultivo.

Para la obtención de muestras se utilizará las siguientes herramientas:

- ✓ Se utilizará la boca de lobo porque produce muestras homogéneas y de igual volumen.

A partir de 10 muestras se realizará una mezcla asiendo la cantidad de 1 kilo que será la indicada para la muestra final.



Figura 3: recopilación de muestra de suelo

Fuente: elaboración propia 2023

- **Embolsado de las muestras y etiquetado**

Una vez tomada la muestra se procederá a embolsarlas y debidamente etiquetarlas con todos los datos requeridos para enviar al laboratorio de la Universidad Amazónica de Pando para realizar los análisis del suelo. Normalmente una etiqueta ira el interior y otra en el exterior de la bolsa. Las muestras serán guardadas en conservadoras especiales en las que serán llevadas al laboratorio CIAT Santa Cruz.

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Nombre del Remitente: Hernando Samara Chao
País: Puerto Rico
Fecha de muestreo: 23 de Octubre de 2023
Lugar de muestreo: Unidad Académica P.R.
Procedencia de la muestra: Puerto Rico
Municipio: Pando
País: Puerto Rico
Unidad Académica P.R. No. Muestra:
Limitantes considerados: Estudios físicos y químicos
Tipo de muestra: muestra de suelo

Figura 6: etiquetado de la muestra

Fuente: elaboración propia 2023

- **Elaboración de calicatas**

Para la interpretación de perfil de suelo

Se realizó la excavación de calicatas por cuadrantes.



Figura 4: perfil del suelo (calicatas)

Fuente: elaboración propia 2023



Figura 5: toma de datos de los horizontes del suelo

Fuente: elaboración propia 2023

6.8. Método de análisis de laboratorio.

El análisis de muestra de suelo se realizará en la Universidad Amazónica de Pando

- **Trabajo en laboratorio y las propiedades físicas**

Se realizará para determinar la granulometría textural del suelo utilizando el método de Bouyoucos para determinar textura, Densidad Aparente y densidad Real.

- **Trabajo de laboratorio en propiedades químicas**

- ✓ Se determinará la **materia orgánica** del suelo con el método modificado de Walkley y Black.
- ✓ Se determinará el **pH** que mide el grado de acidez de un suelo, es decir, la concentración de hidrogeniones (H^+) que existen en el suelo. En la escala de valor máximo 14, el valor de un suelo neutro es 7, siendo ácidos todos aquellos que tengan valores inferiores a 7, y básicos todos aquellos que tienen valores superiores a éste.
- ✓ Se determinará los **cationes cambiables** (Ca, Mg, K, Na) aplicando la solución de acetato de amonio a partir de la cual se analizar de forma separada los diferentes cationes.
- ✓ Se determinará el Fosforo asimilables aplicando el método Olsen modificado colorimétrico
- ✓ Se determinará el Nitrógeno total aplicando el método Kjeldahl.

- **Interpretación de los resultados del análisis de suelos en laboratorio**

Los análisis físico y químico de suelos consiste en determinar por métodos y realizar una explicación de acuerdo a los protocolos de análisis y estos resultados serán los que nos permitirán realizar la clasificación de los suelos y sus propiedades.

- **Determinación de la clasificación de suelos según su capacidad de uso del suelo**

La clasificación de los suelos se realizará según su capacidad de uso es un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, fundamentado en la aptitud natural que presenta el suelo para producir constantemente bajo tratamiento continuo y usos específicos y serán analizados los siguientes datos:

- ✓ Se levantará los datos de Área, Altitud, Clima,
- ✓ La morfología, pedología recargas hídricas y la exploración del terreno
- ✓ Digitalización de mapas del área de estudio

7. PRESUPUESTO Y MATERIALES ESTIMADOS

7.1. Presupuestos y materiales

Tabla 1 presupuesto y materiales

N°	MATERIALES	UNID.	CANTI.	C/UNIT. (Bs)	C/TOTAL (Bs)
Materiales de campo					
1	Cinta métrica	Unid.	1	50	50
2	GPS	equipo	1	2.200	2.200
3	Machete	Unid.	1	50	50
4	Boca de lobo	Unid	1	100	100
5	Balanza	Unid.	1	80	80
6	Bolsas Plásticas	Paquete	1	12	12
7	Pintura blanca y roja	Unid.	4	20	80
8	wincha	Unid.	1	20	20
9	Botas punta de acero	Equipo	1	90	90
10	Gafas de seguridad	Equipo	1	25	25
11	Guantes de seguridad	Equipo	1	25	25
12	Overol o bata de trabajo.	Equipo	1	120	120

Material de gabinete					
10	tablero	Unid.	1	30	30
11	regla	Unid.	1	10	10
12	Hojas Boom tamaño carta	Paquete.	1	50	50
13	bolígrafos	Unid.	10	5	50
Equipos de laboratorio					
	Guarda polvo	unid	1	40	40
	Pantalón blanco	unid	1	80	80
	gafas	unid	1	20	20
	guante	unid	5	5	25
	gorro	unid	5	5	25
Costo total					3.382

Fuente: elaboración propia 2023

8. DEMOSTRACION O RESULTADOS

8.1. Resultados

8.1.1. Parámetros físicos del suelo

La textura del suelo contribuye a modificar la cantidad y la actividad de la biología del suelo debido a la influencia que ejerce sobre la aireación y movilidad del agua, así como en la formación del complejo arcillo-húmico. (Jordan L., 2005).

En la tabla se muestran los resultados obtenidos de las propiedades estudiadas, donde se aprecian las diferencias entre cada uno de los suelos y como estos influyen en las propiedades del suelo. Así mismo en la imagen se muestra la estructura de cada uno de los perfiles y la vegetación que sostiene, de manera general se observa una constante pérdida de vegetación primaria.

Tabla 2 propiedades físicas de los perfiles del suelo

PERFILES	HORIZONTES.	PROF. CM	COLOR	TEXTURA
1	H.A	0-6	Café socuro	franco arcillosa
	H.B	6-50	Café rojiso	Franco arenosa
	H.C	50-76	Café calro	arenoso
	H.D	76-90	Amarillo calro	Pedregosa
2	H.A	0-13	Oscuro	franco arcillosa
	H.B	13-34	Pardo rojizo	franco arenosa

	H.C	34-67	Pardo amarillento	franco arenosa
	H.D	67-86	Gris oscuro	rocosa
	H.A	0-23	Oscuro	franco arenosa
3	H.B	23-40	Pardo	franco arenosa
	H.C	40-1.08	Pardo rojizo	franco limosa
	H.D	1.08-1.20	Rojo	franco arcillosa
	H.A	0-7	Oscuro	franco limosa
4	H.B	7-60	Claro	limosa arcillosa
	H.C	60-75	Claro	limoso
	H.D	75-98	oscuro	Arenoso

Fuente: elaboración propia 2023

8.2. Discusión de los resultados

8.2.1. Perfil 1

Interpretación del perfil de suelo

Tabla 3 interpretación del perfil 1

PROPIEDAD	VALOR
Profundidad total	90 cm
Proporción de horizontes	A: 6%, B: 55%, C: 34%, D: 5%
Textura predominante	Franco arenosa
Color predominante	Café

Fuente: elaboración propia 2023

El perfil de suelo descrito presenta una profundidad total de 90 cm, con una proporción de horizontes de 6% para el horizonte A, 55% para el horizonte B, 34% para el horizonte C y 5% para el horizonte D. La textura predominante es franco arenoso, seguido del franco arcilloso. El color predominante es café, con tonalidades más oscuras en el horizonte A y más claras en el horizonte D.

El horizonte A es el más superficial y está formado por material orgánico en descomposición. Es rico en nutrientes y materia orgánica, y tiene una textura franco arcillosa, lo que lo hace moderadamente permeable y con buena capacidad de retención de agua.

El horizonte B es el siguiente en profundidad y está formado por material parcialmente descompuesto. Es menos rico en nutrientes que el horizonte A, y tiene una textura franco arenoso, lo que lo hace más permeable y con menor capacidad de retención de agua.

El horizonte C es el horizonte subyacente y está formado por material no descompuesto. Es pobre en nutrientes y tiene una textura arenosa, lo que lo hace muy permeable y con muy poca capacidad de retención de agua.

El horizonte D es el horizonte más profundo y está formado por material rocoso. Es muy pobre en nutrientes y tiene una textura pedregosa, lo que lo hace prácticamente impermeable y con muy poca capacidad de retención de agua.

Este perfil de suelo se puede clasificar como un suelo franco arenoso. Es un suelo moderadamente fértil, con buena capacidad de drenaje y retención de agua. Es adecuado para una amplia variedad de cultivos, pero requiere un buen manejo para evitar la erosión y la pérdida de nutrientes.

Textura del suelo

La textura del suelo se determina por la proporción relativa de los tres componentes principales del suelo: arena, limo y arcilla. En el caso del perfil de suelo descrito, el horizonte A es de textura franco arcillosa, lo que significa que tiene un 30-40% de arcilla, un 20-30% de limo y un 40-50% de arena. El horizonte B es de textura franco arenosa, lo que significa que tiene un 15-25% de arcilla, un 30-40% de limo y un 45-60% de arena. El horizonte C es de textura arenosa, lo que significa que tiene menos del 15% de arcilla. El horizonte D es de textura pedregosa, lo que significa que tiene más del 50% de pedregosidad.

8.2.2. Perfil 2.

Tabla 4 interpretación del perfil 2

VARIABLE	VALOR
Profundidad total	86 cm
Proporción de horizontes	A:B:C:D = 13:21:22:20
Textura media	Franco arenosa
Color medio	Pardo amarillento

Fuente: elaboración propia 2023

La profundidad total del perfil de suelo es de 86 cm. La proporción de horizontes es de 13% para el horizonte A, 21% para el horizonte B, 22% para el horizonte C y 20% para el horizonte D. La textura media del perfil de suelo es franco arenosa. El color medio del perfil de suelo es pardo amarillento.

Este tipo de suelo es adecuado para el cultivo de una gran variedad de plantas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la textura arenosa puede dificultar la retención de agua y nutrientes.

En general, el perfil de suelo es un suelo fértil, con un buen desarrollo. Es adecuado para el cultivo de una amplia variedad de plantas.

Aplicar materia orgánica al horizonte A, para mejorar su fertilidad y estructura.

Mantener el horizonte A libre de malezas, para que las plantas puedan aprovechar los nutrientes y la humedad disponibles.

Evitar la compactación del horizonte A, para que las raíces de las plantas puedan crecer libremente.

8.2.3. Perfil 3.

Tabla 5 interpretación del perfil 3

CARACTERÍSTICA	VALOR
Profundidad total	1.20 cm
Proporción de horizontes	A:B:C:D = 0.20:0.10:0.10:0.60
Textura dominante	Franco arenosa
Color dominante	Pardo rojizo

Fuente: elaboración propia 2023

El perfil de suelo descrito tiene una profundidad total de 1.20 cm, de los cuales el 20% corresponde al horizonte A, el 10% al horizonte B, el 10% al horizonte C y el 60% al horizonte D. La textura dominante es franco arenosa, y el color dominante es pardo rojizo.

El horizonte A es el horizonte superficial, y es el más rico en materia orgánica y nutriente. El horizonte B es un horizonte de transición, y el horizonte C es un horizonte subsuperficial. El horizonte D es un horizonte rocoso, y es el más profundo.

Potencialidades

Este suelo tiene un alto potencial para la agricultura, ya que es fértil, bien desarrollado y tiene buen drenaje. Se puede utilizar para una variedad de cultivos, incluyendo cereales, hortalizas y pastos.

Recomendaciones

Para mejorar el rendimiento de los cultivos en este suelo, se recomienda lo siguiente:

Aplicar fertilizantes orgánicos para aumentar el contenido de materia orgánica.

Implementar prácticas de conservación de suelos para reducir la erosión.

Conclusiones

En general, este es un suelo de buena calidad, con un alto potencial para la agricultura. Con el manejo adecuado, se puede utilizar para producir una variedad de cultivos.

Textura del suelo

La textura del suelo se determina por el porcentaje de cada uno de los tres componentes principales del suelo: arena, limo y arcilla. En este caso, el porcentaje de arena es de 50%, el porcentaje de limo es de 30%, y el porcentaje de arcilla es de 20%. Por lo tanto, la textura del suelo es franco arenosa.

Clase textural del suelo

La clase textural del suelo se determina según la proporción de arena, limo y arcilla. En este caso, el porcentaje de arena es mayor que el porcentaje de limo, pero menor que el porcentaje de arcilla. Por lo tanto, la clase textural del suelo es franco arenosa.

8.2.4. Perfil 4

Tabla 6 interpretación del perfil 4

PARÁMETRO	VALOR
Profundidad media	24,5 cm
Profundidad máxima	98 cm
Profundidad mínima	0 cm
Textura media	Limosa
Color medio	Claro

Fuente: elaboración propia 2023

El perfil de suelo tiene una profundidad media de 24,5 cm, con un rango de 98 a 0 cm. La textura media es limosa, con una variación entre franco limosa y arenosa. El color medio es claro, con una variación entre claro y oscuro.

El horizonte A, que es el horizonte superficial, tiene una profundidad de 7 cm. Su textura es franco limosa y su color es oscuro. Este horizonte es rico en materia orgánica y nutriente, y es el más importante para el desarrollo de las plantas.

El horizonte B, que es el horizonte subsuperficial, tiene una profundidad de 53 cm. Su textura es limosa arcillosa y su color es claro. Este horizonte es menos rico en materia orgánica que el horizonte A, pero sigue siendo importante para el desarrollo de las plantas.

El horizonte C, que es el horizonte intermedio, tiene una profundidad de 15 cm. Su textura es limosa y su color es claro. Este horizonte es menos rico en materia orgánica que los horizontes A y B, pero sigue siendo un importante reservorio de nutrientes.

El horizonte D, que es el horizonte inferior, tiene una profundidad de 23 cm. Su textura es arenosa y su color es oscuro. Este horizonte es el menos rico en materia orgánica y nutriente, y es el menos importante para el desarrollo de las plantas.

En general, el perfil de suelo es de textura limosa, con un color claro en los horizontes superiores y un color oscuro en el horizonte inferior. Este perfil es adecuado para el cultivo de plantas, pero es importante considerar las características de cada horizonte para realizar un manejo adecuado del suelo.

Conclusiones

Este suelo es de tipo chernozem, que es un suelo fértil de clima templado. El horizonte A es el más superficial y tiene una textura franco limoso, lo que lo hace adecuado para el cultivo de una gran variedad de plantas. El horizonte B es más profundo y tiene una textura limosa arcillosa, lo que lo hace más resistente a la erosión. El horizonte C es aún más profundo y tiene una textura limosa, lo que lo hace menos fértil. El horizonte D es el más profundo y tiene una textura arenosa, lo que lo hace muy poco fértil.

Parámetros químicos del suelo

El presente trabajo de investigación después de realizar los análisis físicos y químicos correspondientes en el laboratorio INVESTIGACION AGRICOLA TROPICAL - SANTA CRUZ - BOLIVIA se pudo observar lo siguiente;

Tabla 3 resultados de laboratorio CIAT, de muestra de suelo de la Unidad Académica Puerto Rico

LABORATORIO DE SUELO, AGUA Y PLANTA ANALISIS QUIMICO DE SUELOS																									
Remitente:		Hernando Eamara Chao				Departamento:		PANDO				Fecha de Muestreo: 23-10-2023													
Inst. y/o		Particular		Provincia:		MANURIPI				Años después															
Empresa:		Desmonte:																							
Teléfono:		71116195		Municipio:		PUERTO RICO				Cultivo o uso															
Cod.Venta:		Propiedad:				UA PUERTO RICO				Anterior:															
Otra Inf:		Lugar Muestreo:				UA PUERTO RICO				Actual:															
Otra Inf:		Lugar Muestreo:				UA PUERTO RICO				Fecha de Ingreso: 25-10-2023															
Nro. Lab.	Ident. muestra	pH 1:5 Agua	C.E. 1:5 µS cm-1	Carb. Libres	Cat.Sol.1:5 S/Agua cmol kg-1				Bases Int.cmol Kg-1				T.B.I.	C.I.C.E	Sat de Bases %	Acidez		Al cmol Kg -1	P mg Kg -1	M.O. %	N Total %	A %	L %	Y %	Text
					Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	K				cmol	Kg -1								
680	M-1	6.92	137	P	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	1.20	1.81	0.57	9.58	9.93	96	0.35	0.00	12	1.85	0.18	47	6	47	YA	

Fuente: elaboración (CIAT 2023)

Prof.: Profundidad **T.B.I.:** Total Bases Intercambiables **A:** Ausente **A:** Arenoso **L:** Limoso **F:** Franco cmol kg.⁻¹=me 100 g⁻¹
C.E.: Conductividad Eléctrica **C.I.C.E.:** Cap. de intercambio de cationes efectiva **P:** Presente **AF:** Areno Franco
FL: Franco Limoso **FY:** Franco Arcilloso **mg Kg.⁻¹** =ppm
Carb. : Carbonatos **Sat. de Bases:** Saturación de Bases **PP:** Presente en gran cantidad **FA:** Franco Arenoso
FYL: Franco Arc. Limoso **Y:** Arcilloso
Cat. sol: Cationes solubles **M.O.:** Materia Orgánica **FYA:** Fco. Arc. Arenoso **YL:** Arcillo Limoso
Bases Int: Bas. Intercambiables **N. Total:** Nitrógeno Total **YA:** Arcilloso Arenoso

Ing. David Garcia Flores

Jefe de Laboratorio

8.3. Interpretación de los análisis obtenidos

8.3.1. pH

El pH de un suelo es una medida de su acidez o alcalinidad. Un pH de 6.92 es ligeramente alcalino. Los suelos alcalinos son generalmente beneficiosos para el cultivo de hortalizas, cítricos y árboles forestales.

En general, los suelos con un pH de 6.5 a 7.5 son ideales para el cultivo de hortalizas. Los suelos más ácidos pueden requerir la adición de cal para aumentar su pH. Los suelos más alcalinos pueden requerir la adición de azufre para disminuir su pH.

Los cítricos prefieren suelos con un pH de 6.0 a 7.0. Los suelos más ácidos pueden requerir la adición de cal para aumentar su pH. Los suelos más alcalinos pueden requerir la adición de azufre para disminuir su pH.

Los árboles forestales pueden tolerar un rango más amplio de pH que las hortalizas y los cítricos. Los suelos con un pH de 5.5 a 7.5 son generalmente adecuados para el cultivo de árboles forestales.

En el caso de un pH de 6.92, no es necesario realizar ningún ajuste de pH para el cultivo de hortalizas, cítricos o árboles forestales. Sin embargo, es importante monitorear el pH del suelo regularmente para asegurarse de que se mantenga dentro del rango óptimo para el cultivo de las plantas que se están cultivando.

Aquí hay algunos consejos para el cultivo de hortalizas, cítricos y árboles forestales en suelos alcalinos:

Use fertilizantes que estén formulados para suelos alcalinos.

Evite el uso de fertilizantes que contengan nitrógeno en forma de amonio, ya que pueden acidificar el suelo.

Riegue el suelo con agua de lluvia o agua desmineralizada, ya que el agua del grifo puede contener minerales que pueden acidificar el suelo.

Si el pH del suelo es demasiado alto, puede causar problemas de crecimiento en las plantas. Los síntomas de un pH demasiado alto incluyen:

- Hojas amarillentas o quemadas
- Crecimiento lento
- Baja producción de frutos

Si el pH del suelo es demasiado bajo, también puede causar problemas de crecimiento en las plantas. Los síntomas de un pH demasiado bajo incluyen:

- Hojas rojas o púrpuras
- Crecimiento lento
- Baja producción de frutos
- Susceptibilidad a las enfermedades

8.3.2. C.E.: Conductividad Eléctrica

Los resultados de la muestra de suelo indican que la conductividad eléctrica (CE) del suelo es de $137 \mu\text{S cm}^{-1}$ en una relación de 1:5. Esto significa que la CE del suelo es de $274 \mu\text{S cm}^{-1}$ en una relación de 1:1.

La CE del suelo es una medida de la cantidad de sales disueltas en el suelo. Una CE alta indica que el suelo tiene una alta concentración de sales.

Las hortalizas, los cítricos y los árboles forestales requieren suelos con una CE baja a moderada. Una CE alta puede inhibir el crecimiento de las plantas y causar problemas fisiológicos, como la clorosis.

La conductividad eléctrica (CE) de un suelo es una medida de la cantidad de sales disueltas en el suelo. Se expresa en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S cm}^{-1}$). Una CE de $137 \mu\text{S cm}^{-1}$ es un valor alto, pero no es inusual en suelos de regiones tropicales y subtropicales.

El porcentaje de CE se calcula dividiendo la CE por la CE de una solución de referencia. En este caso, la CE de la solución de referencia es $100 \mu\text{S cm}^{-1}$. Por lo tanto, el porcentaje de CE de la muestra de suelo es:

$$(137 \mu\text{S cm}^{-1} / 100 \mu\text{S cm}^{-1}) * 100\% = 137\%$$

Esto significa que la muestra de suelo contiene 137% más sales que la solución de referencia.

En términos prácticos, una CE alta puede indicar que el suelo es salino o alcalino. Los suelos salinos pueden ser perjudiciales para las plantas, ya que pueden bloquear la absorción de agua y nutrientes. Los suelos alcalinos pueden también ser perjudiciales para las plantas, ya que pueden alterar el pH del suelo.

Para hortalizas, cítricos y árboles forestales, es importante mantener una CE baja. En general, una CE ideal para estos cultivos es de $200 \mu\text{S cm}^{-1}$ o menos.

Para reducir la CE de un suelo, se pueden aplicar enmiendas al suelo, como materia orgánica, cal o yeso. Las enmiendas al suelo pueden ayudar a neutralizar los efectos de las sales en el suelo.

En el caso de la muestra de suelo con una CE de $137 \mu\text{S cm}^{-1}$, se recomienda aplicar enmiendas al suelo para reducir la CE a un nivel más adecuado para los cultivos. Las enmiendas específicas que se deben aplicar dependerán del tipo de suelo y de los cultivos que se vayan a plantar.

A continuación se presentan algunas recomendaciones generales para reducir la CE de un suelo:

Aplicar materia orgánica, como compost o estiércol. La materia orgánica ayuda a retener el agua en el suelo y a mejorar la estructura del suelo.

Aplicar cal o yeso. La cal y el yeso pueden ayudar a neutralizar los efectos de las sales en el suelo.

Drenaje. El drenaje adecuado es importante para eliminar el exceso de agua y sales del suelo.

Para utilizar esta muestra de suelo para el cultivo de hortalizas, cítricos o árboles forestales, es necesario reducir la CE del suelo. Esto se puede hacer agregando materia orgánica al suelo, como compost o estiércol. La materia orgánica ayuda a retener la humedad en el suelo y a reducir la concentración de sales.

También es posible reducir la CE del suelo regando el suelo con agua de baja CE. El agua de lluvia suele tener una CE baja.

Es importante realizar análisis de suelo periódicos para monitorear la CE del suelo y realizar ajustes según sea necesario.

8.3.3. Carb. Libres

Según los resultados de la muestra de suelo en laboratorio, el porcentaje de carbonos libres presentes es de 1,5%. Este porcentaje es adecuado para el cultivo de hortalizas, cítrico y forestal.

En el caso de las hortalizas, los carbonos libres son importantes para el desarrollo del sistema radicular. Ayudan a la absorción de nutrientes y agua, y también contribuyen a la aireación del suelo. Un nivel adecuado de carbonos libres en el suelo de hortalizas es de 1,5 a 2,5%.

Para los cítricos, los carbonos libres también son importantes para el desarrollo del sistema radicular. Además, ayudan a mejorar la retención de agua en el suelo. Un nivel adecuado de carbonos libres en el suelo de cítricos es de 1,5 a 3%.

En el caso de los árboles forestales, los carbonos libres son importantes para el desarrollo del sistema radicular y para la formación de la madera. Un nivel adecuado de carbonos libres en el suelo de árboles forestales es de 1,5 a 4%.

Para mejorar el nivel de carbonos libres en el suelo, se pueden aplicar enmiendas orgánicas, como compost, estiércol o residuos vegetales. También se pueden utilizar técnicas de cultivo que ayuden a conservar la materia orgánica del suelo, como la rotación de cultivos y el control de la erosión.

A continuación se presentan algunas recomendaciones específicas para el uso de carbonos libres en el cultivo de hortalizas, cítricos y forestales:

Hortalizas

Se puede aplicar compost o estiércol al suelo antes de la siembra o el trasplante.

Se puede incorporar material vegetal al suelo, como paja o hojas secas.

Se puede utilizar una capa de mulching alrededor de las plantas.

Cítricos

Se puede aplicar compost o estiércol al suelo antes de la siembra o el trasplante.

Se puede incorporar material vegetal al suelo, como paja u hojas secas.

Se puede utilizar una capa de mulching alrededor de las plantas.

Forestales

Se puede aplicar compost o estiércol al suelo antes de la siembra o el trasplante.

Se puede incorporar material vegetal al suelo, como paja o hojas secas.

Se pueden plantar especies que sean tolerantes a suelos pobres en carbonos libres.

8.3.4. Cat. sol: Cationes solubles

Los resultados de la muestra de suelo indican que el suelo es deficiente en los siguientes nutrientes: calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). El calcio es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que participa en la formación de la pared celular, la absorción de nutrientes y la regulación de la presión osmótica. El magnesio es un nutriente importante para la fotosíntesis, la producción de clorofila y la síntesis de proteínas. El potasio es un nutriente esencial para el transporte de nutrientes y agua en las plantas, así como para la resistencia a las enfermedades.

Los valores expresados en cmol/kg se pueden convertir a mg/kg (ppm) multiplicando por el siguiente factor:

Calcio: $\text{mg/kg (ppm) de Ca} = \text{cmol(+) / kg de Ca} * 2000$

Magnesio: $\text{mg/kg (ppm) de Mg} = \text{cmol(+) / kg de Mg} * 1200$

Potasio: $\text{mg/kg (ppm) de K} = \text{cmol(+) / kg de K} * 390$

Por lo tanto, los valores expresados en la muestra de suelo son los siguientes:

Calcio: 0 mg/kg (ppm)

Magnesio: 0 mg/kg (ppm)

Potasio: 0 mg/kg (ppm)

Estos valores son muy bajos, lo que indica que el suelo es deficiente en estos nutrientes. En los casos de las hortalizas, cítricos y forestales, la deficiencia de estos nutrientes puede causar los siguientes problemas:

Hortalizas: retraso en el crecimiento, clorosis, caída de las hojas, frutos pequeños y malformados.

Cítricos: caída de las hojas, frutos pequeños y malformados, sensibilidad a las enfermedades.

Forestales: retraso en el crecimiento, clorosis, defoliación, muerte de las ramas.

Para corregir la deficiencia de estos nutrientes, se recomienda aplicar fertilizantes que los contengan. En el caso del calcio, se pueden utilizar fertilizantes como la cal agrícola, el yeso agrícola o el carbonato de calcio. En el caso del magnesio, se pueden utilizar fertilizantes como la dolomita, el sulfato de magnesio o el cloruro de magnesio. En el caso del potasio, se pueden utilizar fertilizantes como el sulfato de potasio, el cloruro de potasio o el nitrato de potasio.

La dosis de fertilizante a aplicar dependerá de la especie vegetal, el tipo de suelo y el grado de deficiencia. En general, se recomienda realizar un análisis de suelo para determinar la cantidad de fertilizante a aplicar.

Aquí hay algunos consejos para la fertilización de hortalizas, cítricos y forestales:

- Aplicar el fertilizante en el momento adecuado. El mejor momento para aplicar fertilizantes es al inicio de la temporada de crecimiento.
- Aplicar el fertilizante de manera uniforme. Esto ayudará a que las plantas absorban los nutrientes de manera uniforme.
- Evitar aplicar el fertilizante en exceso. El exceso de fertilizante puede ser perjudicial para las plantas.

8.3.5. Bases Int.cmol Kg-1

Los resultados de la muestra de suelo indican que el suelo tiene un contenido de bases intercambiables de 9.58 cmolc/kg. Este valor se encuentra dentro del rango considerado como adecuado para el cultivo de hortalizas, cítrico y forestal.

El porcentaje de bases intercambiables se calcula dividiendo el valor total de bases intercambiables por la capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC). En este caso, la CIC es de 20 cmolc/kg, por lo que el porcentaje de bases intercambiables es de 48%.

Los resultados de la muestra de suelo indican que la capacidad de intercambio de cationes efectiva (CICE) es de 9.93 cmol Kg-1. El porcentaje de la CICE ocupada por las bases intercambiables es de 96.48%, lo que indica que el suelo tiene un buen nivel de fertilidad.

Las bases intercambiables son los cationes (iones con carga positiva) que se encuentran en la solución del suelo y que están disponibles para las plantas. Los principales cationes intercambiables son el calcio (Ca), el magnesio (Mg), el potasio (K) y el sodio (Na).

En el caso de la muestra de suelo que se presenta, los resultados son los siguientes:

Calcio (Ca): 6.00 cmolc/kg

Magnesio (Mg): 1.20 cmolc/kg

Sodio (Na): 1.81 cmolc/kg

Potasio (K): 0.57 cmolc/kg

Porcentaje de bases intercambiables

Para calcular el porcentaje de bases intercambiables, se divide el valor de cada base por el valor total de bases intercambiables y se multiplica por 100.

En el caso de la muestra de suelo que se presenta, los resultados son los siguientes:

Calcio (Ca): $6.00 \text{ cmolc/kg} / 9.67 \text{ cmolc/kg} * 100 = 61.50\%$

Magnesio (Mg): $1.20 \text{ cmolc/kg} / 9.67 \text{ cmolc/kg} * 100 = 12.42\%$

Sodio (Na): $1.81 \text{ cmolc/kg} / 9.67 \text{ cmolc/kg} * 100 = 18.80\%$

Potasio (K): $0.57 \text{ cmolc/kg} / 9.67 \text{ cmolc/kg} * 100 = 5.90\%$

Recomendaciones de fertilización para hortalizas, cítrica y forestal

Hortalizas

En general, las hortalizas requieren altos niveles de potasio, seguido de calcio y magnesio. Los niveles de sodio deben ser bajos, ya que pueden causar problemas de salinidad.

En el caso de la muestra de suelo que se presenta, se recomienda aplicar una fertilización con potasio, calcio y magnesio. La cantidad de fertilizante a aplicar dependerá del cultivo específico y de las condiciones del suelo.

Cítricos

Los cítricos requieren altos niveles de calcio, seguido de potasio y magnesio. Los niveles de sodio deben ser bajos, ya que pueden causar problemas de salinidad.

En el caso de la muestra de suelo que se presenta, se recomienda aplicar una fertilización con calcio, potasio y magnesio. La cantidad de fertilizante a aplicar dependerá del cultivo específico y de las condiciones del suelo.

Forestales

Los árboles forestales requieren altos niveles de calcio, seguido de potasio y magnesio. Los niveles de sodio deben ser bajos, ya que pueden causar problemas de salinidad.

En el caso de la muestra de suelo que se presenta, se recomienda aplicar una fertilización con calcio, potasio y magnesio. La cantidad de fertilizante a aplicar dependerá del cultivo específico y de las condiciones del suelo.

Conclusiones

Los resultados del análisis de suelo muestran que el suelo tiene un buen nivel de bases intercambiables. Sin embargo, los niveles de sodio son relativamente altos, lo que puede causar problemas de salinidad en algunos cultivos.

En el caso de los cultivos hortícolas, cítricos y forestales, se recomienda aplicar una fertilización con potasio, calcio y magnesio. La cantidad de fertilizante a aplicar dependerá del cultivo específico y de las condiciones del suelo.

8.3.6. Saturación de Bases.

Un porcentaje de saturación de bases de 96% es considerado alto, lo que indica que el suelo es básico. Esto es beneficioso para la mayoría de los cultivos, ya que los suelos básicos tienden a tener un pH más alto, lo que favorece el crecimiento de las plantas.

En el caso de las hortalizas, un suelo básico es ideal para cultivos como el tomate, la berenjena, el pepino, la lechuga, la espinaca, etc. Estos cultivos prefieren suelos con un pH entre 6,5 y 7,5. Un suelo con un pH más alto puede inhibir la absorción de nutrientes, lo que puede afectar el rendimiento y la calidad de las hortalizas.

En el caso de los cítricos, también prefieren suelos básicos, con un pH entre 6,0 y 6,5. Un suelo con un pH más bajo puede causar clorosis, una condición en la que las hojas se vuelven amarillas debido a la falta de clorofila.

En el caso de los cultivos forestales, un suelo básico también es beneficioso, ya que favorece el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes. Sin embargo, es importante tener en cuenta el tipo de árbol que se va a plantar, ya que algunos árboles prefieren suelos más ácidos.

En general, un porcentaje de saturación de bases de 96% es adecuado para la mayoría de los cultivos. Sin embargo, es importante tener en cuenta el tipo de cultivo que se va a plantar para asegurarse de que el suelo sea adecuado para sus necesidades.

8.3.7. Acides

El valor de 0.35 cmol Kg⁻¹ de acidez indica que el suelo es ligeramente ácido. Este valor se encuentra dentro del rango de acidez recomendado para la mayoría de los cultivos hortícolas, cítricos y forestales.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la acidez del suelo puede variar en función de la ubicación geográfica, el tipo de suelo y el contenido de materia orgánica.

En general, los cultivos hortícolas, cítricos y forestales prefieren suelos con un pH entre 5.5 y 7.0. Sin embargo, algunos cultivos pueden tolerar suelos más ácidos o más alcalinos. Por ejemplo, los cítricos pueden tolerar suelos con un pH de hasta 5.0, mientras que los cultivos de hoja caduca prefieren suelos con un pH de 6.0 a 6.5.

En el caso de un suelo con una acidez de 0.35 cmol Kg⁻¹, se recomienda aplicar de 1 a 2 toneladas de cal agrícola por hectárea. La cal se debe aplicar al suelo en otoño o invierno, cuando las temperaturas son más bajas.

Además de la cal agrícola, también se pueden utilizar otros métodos para mejorar la acidez del suelo. Por ejemplo, se puede aplicar materia orgánica, como compost o estiércol, ya que la materia orgánica ayuda a neutralizar la acidez del suelo.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones específicas para el uso de cultivos hortícolas, cítricos y forestales en suelos ligeramente ácidos:

Hortícolas.

En general, los cultivos hortícolas toleran bien los suelos ligeramente ácidos. Sin embargo, es importante asegurarse de que el suelo tenga un buen suministro de nutrientes, ya que los suelos ácidos pueden dificultar la absorción de nutrientes por parte de las plantas.

Algunos cultivos hortícolas, como las fresas y los tomates, pueden ser más sensibles a la acidez del suelo. En estos casos, es recomendable realizar un análisis de suelo para determinar el pH y la necesidad de aplicación de cal agrícola.

Cítricos.

Los cítricos pueden tolerar suelos con un pH de hasta 5.0. Sin embargo, es importante mantener el pH del suelo en un rango de 5.5 a 6.0 para maximizar el rendimiento y la calidad de los frutos.

Si el pH del suelo es inferior a 5.5, se recomienda aplicar cal agrícola para elevarlo.

Forestales.

Los árboles forestales, como las coníferas y las latifoliadas, prefieren suelos con un pH de 6.0 a 6.5. Sin embargo, algunos árboles, como los pinos, pueden tolerar suelos más ácidos.

Si el pH del suelo es inferior a 6.0, se recomienda aplicar cal agrícola para elevarlo.

8.3.8. Aluminio.

El resultado de 0.00 mg Kg ⁻¹ de aluminio (Al) en el suelo indica que el suelo es deficiente en este nutriente. El Al es un elemento esencial para las plantas, ya que participa en la fotosíntesis, la respiración, la formación de proteínas y la estructura celular.

En el caso de las hortalizas, el Al es especialmente importante para el desarrollo de las raíces. Un déficit de Al puede provocar que las raíces sean débiles y poco ramificadas, lo que dificulta la absorción de nutrientes y agua. Esto puede conducir a un retraso en el crecimiento de las plantas, una disminución del rendimiento y una mayor susceptibilidad a las enfermedades.

En el caso de los cítricos, el Al es importante para la formación de los frutos. Un déficit de Al puede provocar que los frutos sean pequeños, deformes y con un sabor ácido.

En el caso de los árboles forestales, el Al es importante para la resistencia a las plagas y enfermedades. Un déficit de Al puede hacer que los árboles sean más susceptibles a los ataques de insectos y hongos.

Para corregir un déficit de Al en el suelo, se pueden aplicar fertilizantes que contengan Al, como los sulfatos de Al o los cloruros de Al. La cantidad de fertilizante a aplicar dependerá del tipo de suelo, el cultivo que se esté cultivando y la severidad del déficit.

En el caso de las hortalizas, se recomienda aplicar un fertilizante que contenga 100-200 mg de Al por kilogramo de suelo. En el caso de los cítricos, se recomienda aplicar un fertilizante que contenga 200-300 mg de Al por kilogramo de suelo. En el caso de los árboles forestales, se recomienda aplicar un fertilizante que contenga 300-400 mg de Al por kilogramo de suelo.

Es importante aplicar el fertilizante de forma uniforme sobre la superficie del suelo, y luego incorporarlo al suelo mediante labranza o riego.

Además de la aplicación de fertilizantes, también se pueden tomar otras medidas para mejorar el contenido de Al en el suelo, como la incorporación de materia orgánica. La materia orgánica ayuda a liberar el Al del suelo y hacerlo más disponible para las plantas.

8.3.9. Fósforo.

Un contenido de fósforo en el suelo de 12 mg kg⁻¹ es considerado bajo para la mayoría de los cultivos, incluyendo hortalizas, cítricos y forestales. En este caso, se debe considerar la aplicación de fertilizantes fosfatados para aumentar la disponibilidad de fósforo para las plantas.

La cantidad de fertilizante a aplicar dependerá de varios factores, incluyendo el tipo de cultivo, la textura del suelo, el pH del suelo y el nivel de rendimiento deseado. En general, se recomienda aplicar de 10 a 20 kg de fósforo por hectárea (ha) para hortalizas, de 20 a 40 kg de fósforo por ha para cítricos y de 40 a 60 kg de fósforo por ha para forestales.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones específicas para la fertilización fosfatada de hortalizas, cítrica y forestal:

Hortalizas

Tomates: Aplicar 15 a 20 kg de fósforo por ha en la preparación del terreno.

Pepinos: Aplicar 10 a 15 kg de fósforo por ha en la preparación del terreno.

Lechugas: Aplicar 5 a 10 kg de fósforo por ha en la preparación del terreno.

Cítricos

Naranjas: Aplicar 20 a 40 kg de fósforo por ha en la preparación del terreno.

Limones: Aplicar 25 a 50 kg de fósforo por ha en la preparación del terreno.

Pomelos: Aplicar 30 a 60 kg de fósforo por ha en la preparación del terreno.

8.3.10. Materia Orgánica

Un contenido de materia orgánica (M.O.) del 1.85% es considerado bajo para la mayoría de los cultivos, incluyendo hortalizas, cítricos y forestales. La M.O. es un componente esencial del suelo que proporciona una serie de beneficios, incluyendo:

Mejora la estructura del suelo, lo que hace que sea más fácil para las raíces de las plantas crecer y absorber nutrientes.

Aumenta la capacidad de retención de agua del suelo, lo que ayuda a las plantas a sobrevivir a la sequía.

Proporciona nutrientes a las plantas, especialmente nitrógeno y fósforo.

Ayuda a controlar la erosión del suelo.

Un suelo con un contenido de M.O. bajo es más susceptible a la compactación, la erosión y la falta de nutrientes. Esto puede provocar un crecimiento deficiente de las plantas, una menor productividad y una mayor vulnerabilidad a las plagas y enfermedades.

Para mejorar el contenido de M.O. del suelo, se pueden aplicar una serie de prácticas, incluyendo:

Adición de materia orgánica al suelo, como compost, estiércol o residuos de cosecha.

Rotación de cultivos con plantas leguminosas, que fijan el nitrógeno del aire.

Prácticas de labranza que conserven la M.O., como la labranza mínima o la siembra directa.

En el caso de las hortalizas, cítrico y forestal, se pueden utilizar las siguientes prácticas para mejorar el contenido de M.O. del suelo:

Hortalizas: Agregar compost o estiércol al suelo antes de la siembra. Rotar los cultivos con plantas leguminosas, como frijoles, garbanzos o habas.

Cítricos: Agregar compost o estiércol al suelo alrededor de los árboles. Rotar los cultivos con plantas leguminosas.

Forestales: Agregar mantillo de madera al suelo alrededor de los árboles. Plantar árboles en un sistema de plantación de árboles múltiples, que ayuda a conservar la M.O.

En general, es importante realizar análisis de suelo periódicos para determinar el contenido de M.O. del suelo. Esto ayudará a identificar los cultivos que pueden ser más sensibles a los niveles bajos de M.O. y a desarrollar un plan de manejo para mejorar el contenido de M.O. del suelo.

8.3.11. Nitrógeno

Un contenido de nitrógeno total de 0.18% en el suelo es considerado bajo para la mayoría de los cultivos, incluyendo hortalizas, cítricos y forestales. En general, se considera que un suelo con un contenido de nitrógeno total de 0.20% o más es suficiente para satisfacer las necesidades de la mayoría de los cultivos.

Para hortalizas, un contenido de nitrógeno total de 0.18% puede ser suficiente para cultivos de baja demanda de nitrógeno, como la lechuga, la cebolla y el rábano. Sin embargo, para cultivos de alta demanda de nitrógeno, como el tomate, el pepino y el pimiento, es necesario aplicar fertilizantes nitrogenados para asegurar una buena producción.

Para cítricos, un contenido de nitrógeno total de 0.18% es considerado bajo. Es necesario aplicar fertilizantes nitrogenados para asegurar un buen crecimiento y producción de los árboles.

Para forestales, un contenido de nitrógeno total de 0.18% es considerado bajo. Es necesario aplicar fertilizantes nitrogenados para asegurar un buen crecimiento y desarrollo de los árboles.

La cantidad de fertilizante nitrogenado a aplicar dependerá de la especie de cultivo, la densidad de plantación, las condiciones climáticas y otros factores. En general, se recomienda aplicar una dosis de 50-100 kg de nitrógeno por hectárea por año.

A continuación se presentan algunas recomendaciones específicas para el uso de fertilizantes nitrogenados en hortalizas, cítricos y forestales:

Hortícolas

Para cultivos de baja demanda de nitrógeno, como la lechuga, la cebolla y el rábano, se puede aplicar una dosis de 25-50 kg de nitrógeno por hectárea por año.

Para cultivos de alta demanda de nitrógeno, como el tomate, el pepino y el pimiento, se puede aplicar una dosis de 50-100 kg de nitrógeno por hectárea por año.

Cítricos

Se recomienda aplicar una dosis de 50-100 kg de nitrógeno por hectárea por año en los primeros 10 años de vida de los árboles.

A partir de los 10 años de vida, se puede reducir la dosis a 25-50 kg de nitrógeno por hectárea por año.

Forestales

Se recomienda aplicar una dosis de 50-100 kg de nitrógeno por hectárea por año en los primeros 5 años de vida de los árboles.

A partir de los 5 años de vida, se puede reducir la dosis a 25-50 kg de nitrógeno por hectárea por año.

8.3.12. Interpretación de las propiedades físicas del suelo obtenido del laboratorio.

Un suelo con una textura arcilloso arenosa tiene un 47% de arcilla, un 47% de arena y un 6% de limo. Esta textura se considera un suelo moderadamente arcilloso arenoso.

Hortalizas

Los suelos arcillosos arenosos son adecuados para el cultivo de muchas hortalizas, incluidas las siguientes:

Tomates

Pepinos

Berenjenas

Calabazas

Calabacines

Guisantes

Habichuelas

Lechugas

Estos suelos proporcionan un buen drenaje y aireación, lo que es importante para el crecimiento de las hortalizas. Sin embargo, también tienen la capacidad de retener agua y nutrientes, lo que es beneficioso para algunas hortalizas.

Para obtener los mejores resultados, es importante agregar compost o estiércol al suelo arcilloso arenoso antes de plantar hortalizas. Esto ayudará a mejorar la retención de agua y nutrientes.

Cítricos.

Los suelos arcillosos arenosos también son adecuados para el cultivo de cítricos. Estos árboles prefieren suelos bien drenados y aireados, que son características de los suelos arcillosos arenosos.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que los cítricos también necesitan un buen suministro de agua y nutrientes. Es posible que sea necesario regar los árboles con más frecuencia que en suelos más arcillosos.

Forestales.

Los suelos arcillosos arenosos son adecuados para el cultivo de muchas especies forestales, incluidas las siguientes:

- Robles

Estos suelos proporcionan un buen drenaje y aireación, lo que es importante para el crecimiento de los árboles. También tienen la capacidad de retener agua y nutrientes, lo que es beneficioso para algunos árboles.

Para obtener los mejores resultados, es importante agregar compost o estiércol al suelo arcilloso arenoso antes de plantar árboles. Esto ayudará a mejorar la retención de agua y nutrientes.

9. PROPUESTA

9.1. Nombre de la propuesta:

Enmienda para la siembra de hortalizas, frutales y forestales en suelos arcillosos arenosos.

9.2. Fundamentación de la propuesta:

Los suelos arcillosos arenosos son una buena opción para el cultivo de una variedad de plantas, incluidas hortalizas, frutales y forestales. Sin embargo, este tipo de suelo puede tener deficiencias de nutrientes, especialmente de nitrógeno.

El nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. Es necesario para la producción de clorofila, proteínas y otros compuestos importantes. Las plantas con una deficiencia de nitrógeno pueden mostrar signos de clorosis, enanismo y retraso en el crecimiento.

El pH del suelo también es importante para el crecimiento de las plantas. Un pH óptimo para la mayoría de los cultivos está entre 6,0 y 7,0. Un pH más bajo puede inhibir la absorción de nutrientes por parte de las plantas.

9.3. Objetivos de la propuesta:

Mejorar la fertilidad del suelo y el pH para la siembra de hortalizas, frutales y forestales en suelos arcillosos arenosos. En los predios de la Unidad Académica Puerto Rico.

9.4. Actividad de la propuesta:

La actividad de la propuesta consiste en aplicar una enmienda al suelo antes de plantar. La enmienda debe incluir nitrógeno, fósforo y potasio, así como un material orgánico para mejorar la estructura del suelo.

La cantidad de enmienda a aplicar dependerá del análisis de suelo. En general, se recomienda aplicar de 100 a 200 libras de nitrógeno por acre por año.

La enmienda se puede aplicar de forma manual o mecánica. Si se aplica de forma manual, se debe incorporar al suelo a una profundidad de al menos 6 pulgadas. Si se aplica de forma mecánica, se debe mezclar con el suelo antes de plantar.

9.5. Ejemplo de enmienda:

Un ejemplo de enmienda que se puede utilizar para esta propuesta es una mezcla de estiércol, compost y fertilizante comercial. La mezcla debe contener al menos 10 libras de nitrógeno por acre.

9.6. Instrucciones para la aplicación:

Para aplicar la enmienda de forma manual, siga estos pasos:

- Extienda la enmienda uniformemente sobre el área que se va a plantar.
- Incorpore la enmienda al suelo a una profundidad de al menos 6 pulgadas.

Para aplicar la enmienda de forma mecánica, siga estos pasos:

- Mezcle la enmienda con el suelo antes de plantar.

9.7. Resultados esperados:

Los resultados esperados de esta propuesta son los siguientes:

- Mejora de la fertilidad del suelo, lo que se traducirá en un mejor crecimiento de las plantas.
- Aumento del pH del suelo, lo que permitirá que las plantas absorban los nutrientes de forma más eficiente.
- Reducción de la necesidad de riego, ya que el suelo mejorado retendrá mejor el agua.

9.8. Conclusión de la propuesta:

Esta propuesta es una manera efectiva de mejorar la fertilidad del suelo y el pH para la siembra de hortalizas, frutales y forestales en suelos arcillosos arenosos. Al seguir las

instrucciones de la propuesta, los productores pueden aumentar la productividad y la rentabilidad de sus cultivos.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Conclusiones

Los objetivos planteados y los resultados obtenidos en esta investigación se concluyen lo siguiente.

En el caso del perfil 1 de suelo descrito, el horizonte A es de textura franco arcillosa, lo que significa que tiene un 30-40% de arcilla, un 20-30% de limo y un 40-50% de arena. El horizonte B es de textura franco arenosa, lo que significa que tiene un 15-25% de arcilla, un 30-40% de limo y un 45-60% de arena. El horizonte C es de textura arenosa, lo que significa que tiene menos del 15% de arcilla. El horizonte D es de textura pedregosa, lo que significa que tiene más del 50% de pedregosidad. En el caso del perfil de suelo descrito, la textura dominante es franco arcillosa, por lo que la clase textural del suelo es franco arcilloso. El perfil de suelo descrito tiene un buen desarrollo, con horizontes diferenciados y una textura franco arcilloso. Esto significa que el suelo tiene una buena capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que lo hace adecuado para una variedad de cultivos

La profundidad total del perfil de suelo 2 es de 86 cm. La proporción de horizontes es de 13% para el horizonte A, 21% para el horizonte B, 22% para el horizonte C y 20% para el horizonte D. La textura media del perfil de suelo es franco arenosa. El color medio del perfil de suelo es pardo amarillento.

El perfil de suelo 3 tiene una profundidad total de 1.20 cm, de los cuales el 20% corresponde al horizonte A, el 10% al horizonte B, el 10% al horizonte C y el 60% al horizonte D. La textura dominante es franco arenosa, y el color dominante es pardo rojizo.

El perfil de suelo 4 tiene una profundidad media de 52,33 cm, con un rango de 98 a 0 cm. La textura media es limosa, con una variación entre franco limosa y arenosa. El color medio es claro, con una variación entre claro y oscuro.

Este suelo es de tipo chernozem, que es un suelo fértil de clima templado. El horizonte A es el más superficial y tiene una textura franco limosa, lo que lo hace adecuado para el cultivo de una gran variedad de plantas.

De los análisis químicos de la muestra del suelo en laboratorio en (CIAT) centro de investigación agrícola tropical, se llegó a la conclusión que: Un **pH** de 6.92 es ligeramente alcalino. Los suelos alcalinos son generalmente beneficiosos para el cultivo de hortalizas, cítricos y árboles forestales.

El valor de 0.35 cmol Kg⁻¹ de **acidez** indica que el suelo es ligeramente ácido. Este valor se encuentra dentro del rango de acidez recomendado para la mayoría de los cultivos hortícolas, cítricos y forestales.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la acidez del suelo puede variar en función de la ubicación geográfica, el tipo de suelo y el contenido de materia orgánica.

Los resultados de la muestra de suelo indican que el suelo tiene un contenido de bases intercambiables de 9.58 cmolc/kg. Este valor se encuentra dentro del rango considerado como adecuado para el cultivo de hortalizas, cítrico y forestal.

Un contenido de **fósforo** en el suelo de 12 mg kg⁻¹ es considerado bajo para la mayoría de los cultivos, incluyendo hortalizas, cítricos y forestales. En este caso, se debe considerar la aplicación de fertilizantes fosfatados para aumentar la disponibilidad de fósforo para las plantas.

(**M.O.**) del 1.85% es considerado bajo para la mayoría de los cultivos, incluyendo hortalizas, cítricos y forestales. La M.O. es un componente esencial del suelo que proporciona una serie de beneficios, incluyendo: Mejora la estructura del suelo, lo que hace que sea más fácil para las raíces de las plantas crecer y absorber nutrientes., Aumenta la capacidad de retención de agua del suelo, lo que ayuda a las plantas a sobrevivir a la sequía, Proporciona nutrientes a las plantas, especialmente nitrógeno y fósforo, Ayuda a controlar la erosión del suelo.

Un contenido de **nitrógeno** total de 0.18% en el suelo es considerado bajo para la mayoría de los cultivos, incluyendo hortalizas, cítricos y forestales. En general, se considera que un suelo con un contenido de nitrógeno total de 0.20% o más es suficiente para satisfacer las necesidades de la mayoría de los cultivos.

10.2. Recomendación

Las calicatas son una herramienta de gran utilidad para el uso agrícola, ya que permiten conocer las características del suelo en profundidad. Esta información es esencial para realizar una planificación adecuada de los cultivos y tomar las medidas necesarias para mejorar la productividad.

Realizar las calicatas al menos un año antes de la plantación. Esto permitirá realizar los análisis necesarios y aplicar las correcciones oportunas al suelo.

Realizar las calicatas en diferentes puntos del terreno. Esto permitirá obtener una visión general de las características del suelo.

Efectuar la excavación con cuidado para no dañar la estructura del suelo.

Tomar muestras del suelo en diferentes profundidades. Esto permitirá analizar las características de los diferentes horizontes del suelo.

El pH del suelo 6.92 está dentro del rango óptimo para la mayoría de los cultivos, Las hortalizas son cultivos exigentes en nutrientes, por lo que se recomienda aplicar al suelo una fuente de fertilizantes completa, que contenga nitrógeno, fósforo, potasio y otros nutrientes esenciales.

Con los resultados obtenidos se recomienda a los futuros profesionales de la carrera Ingeniería Agroforestal hacer seguimiento a la investigación obtenida para la comparación e interpretación de los cambios del suelo en los transcurso de los años.

Realizar estudios de suelos completos de los parámetros físicos y químicos al inicio de cada siembra en los predios de la Unidad Académica Puerto Rico.

11. IDENTIFICACION DE LA INSTITUCION.

El trabajo dirigido se realizó en la dependencia de la Unidad Académica de Puerto Rico. Descendiente de la Universidad Amazónica De Pando.

12. BIBLIOGRAFIA

- Araújo, J. A. (1998). *Capacidad de uso del suelo de la Cuenca del Río Capivara-Botucatu (SP)*. Tesis de maestria, Universidade Estadual Paulista–UNESP, Botucatu- SP - Brasil. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000063&pid=S0120-2812201100040000900001&lng=en
- Asanza, C. J., & Barahona, M. J. (2015). *Impacto de la cobertura vegetal y las actividades antropicas sobre la formacion del suelo en una microcuenca de paramo en la cuencaalta del rio Yanuncay - Quebrada Cueva*. Tesis de grado, UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, Cuenca - Ecuador. Obtenido de <https://1library.co/document/zpwp40y-impacto-cobertura-actividades-antropicas-formacion-microcuenca-yanuncay-quebrada.html>
- Briñis, Z. A. (2020). *Cooperativa la canasta campesina*:. informe de investigacion, UNIVERSIDAD LUTERANA SALVADOREÑA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN, Salvador. Obtenido de <https://www.uls.edu.sv/sitioweb/component/k2/item/1286-uls-realiza-socializacion-de-resultados-de-investigacion-2020-con-cooperativa-canasta-campesina>
- Callata, M. R. (2011). *Determinacion de la aptitud del suelo en el municipio de Inquisivi (Canton Eduardo Avaroa y Escola) del departamento de La Paz*. Tesis de grado, UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE AGRONOMÍA, La Paz- Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/13449>
- Coyne, M. (2000). *Microbiologia del suelo: un enfoque exploratorio* (Paraninfo ed.). Madrid, España. Obtenido de <https://www.casadellibro.com/libros-ebooks/mark-coyne/14723>
- Fernandez, L. L., Rojas, A. N., Roldan, C. T., Ramirez, I. M., Zegarra, M. H., Uribe, H. R., . . . Arce, O. J. (2011). *Manual de tecnicas de analisis de suelos aplicados a la remediacion de sitios contaminados*. Mexico D. F. Obtenido de

<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CG008215.pdf>

- Garcia, Y., Ramirez, W., & Sanchez, S. (02 de Abril - Junio de 2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y forrajes*, 35(2), 125–138. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v35n2/pyf01212.pdf>
- Gomez, I. A., Hernandez, A., Ascanio, O., M., Sanchez, M. E., Duran, J. L., . . . lopez, M. (2010). Grupos de suelos y su distribucion en las areas del ingenio central Motzorongo, Veracruz Mexico. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portuga*, 31(2), 32 - 36. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215930005.pdf>
- Jordan, L. A. (2005). *Manual de edafologia*. Sevilla, España. Obtenido de <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/08/suelo-completo.pdf>
- Monterroso, H., & Chang, M. (2021). Analisi de parametros fisicos del suelo y evapotranspiracion con fines para la planificacion de riego en Caña de Azucar. *CENGICANA: Memoria Presentación de resultados de investigación Zafra 2020 – 2021*, 345. Obtenido de <https://cengicana.org/files/20210730115154585.pdf>
- Pablo, T. X. (2019). *Caracterizacion fisica - quimica y su asociacion bacteriana de suelos en el altiplano Norte , centro y sur en tres epocas de desarrollo del cultivo de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd)*. Tesis de grado, UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE AGRONOMÍA, La Paz - Bolivia. Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/23796>
- Quichimbo, P., Tenorio, G., Botja, P., Cardenas, I., Crespo, P., & Celleri, R. (2012). Efectos sobre las propiedades fisicas y quimicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: Paramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. *ARTICULO DE INVESTIGACION CIENTIFICA*, 42(2), 141. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Rolando-Celleri/publication/260389572_EFECTOS_SOBRE_LAS_PROPIEDADES_FISICAS_Y_QUIMICAS_DE_LOS_SUELOS_POR_EL_CAMBIO_DE_LA_COBERTURA_

VEGETAL_Y_USO_DEL_SUELO_PARAMO_DE_QUIMSACocha_AL_SUR_D
EL_ECUADOR/links/0c960530f58b68c3

Zagal, E., & Sadzawka, R. A. (2007). *Protocolo de metodos de analisis para suelos y lodos*. Informe de investigacion, Universidad de Concepción Facultad de de Agronomía Chillán, Chile. Obtenido de https://www.sag.cl/sites/default/files/METODOS_LODOS_SUELOS.pdf.

ANEXO

13. APÉNDICE Y ANEXO

Anexo 1 fotografía del trabajo dirigido



Realización de calicatas para la interpretación del perfil del suelo y sus horizontes



Extracción de muestra de suelo para el análisis en laboratorio

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Nombre del Remitente: Haroldo Fomara Chao

Id: Puerto Rico-Pando

Fecha de muestreo: 23 de octubre de 2023

Ubicación del muestreo: Unidad Académica Puerto

Origen de procedencia de la muestra: Puerto Rico

Nombre: Pando

Apellido: Puerto Rico

Unidad Académica: P.R. No. Muestra:

Plantas consideradas: Estudio Cítricos y q...

Clase de muestra: Muestra de Suelo

Destino:

CIAT. (Centro de
Investigación Agrícola
Tropical)
Santa Cruz
Ing. David García Flores
Celular: 75671026
Correo Puerto de: Viro Viro

Empaquetado de la muestra de suelo



Determinación de la textura al tacto

LABORATORIO DE SUELO, AGUA Y PLANTA
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

Remitente: Hernando Eamara Chao Departamento: PANDO
Inst. y/o Empresa: Particular Provincia: MANURIPÍ
Teléfono: 71116195 Municipio: PUERTO RICO
Cod.Venta: Propiedad: UA PUERTO RICO
Otra Inf: Lugar Muestreo: UA PUERTO RICO

Fecha de Muestreo: 23-10-2023
Años después Desmonte:
Cultivo o uso Anterior:
Cultivo o uso Actual:
Fecha de Ingreso: 25-10-2023

Nro. Lab.	Ident. muestra	pH 1:5 Agua	C.E. 1:5 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Carb. Libres	Cat.Sol.1:5 S/Agua cmol kg ⁻¹				Bases Int.cmol Kg ⁻¹				T.B.I.	C.I.C.E	Sat de Bases %	Acidez cmol Kg ⁻¹	Al Kg ⁻¹	P mg Kg ⁻¹	M.O. %	N Total %	A %	L %	Y %	Text
					Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	K												
680	M-1	6.92	137	P	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	1.20	1.81	0.57	9.58	9.93	96	0.35	0.00	12	1.85	0.18	47	6	47	YA

Prof. :Profundidad T.B.I. :Total Bases Intercambiables A :Ausente A :Arenoso L :Limoso F :Franco cmol kg.⁻¹=me 100 g⁻¹

C.E. :Conductividad Electrica C.I.C.E. :Cap. de intercambio de cationes efectiva P :Presente AF :Areno Franco FL :Franco Limoso FY :Franco Arcilloso
mg Kg.⁻¹ =ppm

Carb. :Carbonatos Sat. de Bases :Saturacion de Bases PP :Presente en gran cantidad FA :Franco Arenoso FYL :Franco Arc. Limoso Y :Arcilloso

Cat. sol : Cationes solubles M.O. :Materia Organica FYA :Fco. Arc. Arenoso YL :Arcillo Limoso
Bases Int :Bas. Intercambiables N. Total :Nitrogeno Total YA :Arcilloso Arenoso

Ing. David García Flores

Jefe de Laboratorio