

UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**“DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS CON
FINES AGRICOLAS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE
PAMPACANCHA-DISTRITO Y PROVINCIA DE
RECUAY-ANCASH”**

Presentado por:

Bachiller Ronald Christiam ARDILES VILLANUEVA

PATROCINADOR: Dr. Francisco ESPINOZA MONTESINOS

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO

HUARAZ-PERU

2019



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación - RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: ARDILES VILLANUEVA RONALD CHRISTIAN
Código de alumno: 01-4052-3-AW Teléfono: 95 79 46133
Correo electrónico: ronalardiles07@gmail.com DNI o Extranjería: 41893775

2. Modalidad de trabajo de investigación:

- Trabajo de investigación Trabajo académico
 Trabajo de suficiencia profesional Tesis

3. Título profesional o grado académico:

- Bachiller Título Segunda especialidad
 Licenciado Magister Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

DIAGNÓSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS CON FINES
AGRICOLAS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE PAMPACANCHA,
DISTRITO Y PROVINCIA DE REQUAY - ANCASH

5. Facultad de: CIENCIAS AGRARIAS

6. Escuela, Carrera o Programa: AGRONOMIA

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: Esquivel Montesinos Francisco Teléfono: 943 616273
Correo electrónico: fem129@hotmail.com DNI o Extranjería: 3193 9386

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: [Firma manuscrita]

D.N.I.: 41 89 3775

FECHA: 11 / 06 / 2019

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias Agronomía **ARDILES VILLANUEVA RONALD CHRISTIAM**, denominado: **"DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS CON FINES AGRICOLAS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE PAMPACANCHA, DISTRITO Y PROVINCIA DE RECUAY - ANCASH"** Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADA

CON EL CALIFICATIVO (*)

APROBADA (16)

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO** de conformidad con la Ley Universitaria y el estatuto de la Universidad.

Huaraz, 14 de mayo del 2019.


Ing. M. SC. Guillermo CASTILLO ROMERO
PRESIDENTE


Dr. José Del Carmen, RAMÍREZ MALDONADO
SECRETARIO


Dr. Juan F. BARRETO RODRÍGUEZ
VOCAL


Dr. Francisco, ESPINOZA MONTESINOS
PATROCINADOR

(*) de acuerdo con el reglamento de Tesis, estas deben ser calificadas con términos de:
APROBADO CON EXCELENCIA (19-20), APROBADO CON DISTINCION (17-18), APROBADO (14-16), DESAPROBADO (00-13).

ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ

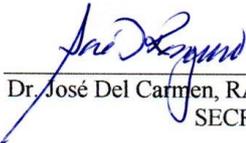


ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis denominada: **"DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS CON FINES AGRICOLAS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE PAMPACANCHA, DISTRITO Y PROVINCIA DE RECUAY - ANCASH"** presentado por el Bachiller en Ciencias Agronomía **ARDILES VILLANUEVA RONALD CHRISTIAM**, y sustentada el 14 de mayo del 2019, por Resolución Decanatural N°178-2019-UNASAM-FCA, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 14 de Mayo del 2019.


Ing. M. SC. Guillermo CASTILLO ROMERO
PRESIDENTE


Dr. José Del Carmen, RAMIREZ MALDONADO
SECRETARIO


Dr. Juan F. BARRETO RODRÍGUEZ
VOCAL


Dr. Francisco, ESPINOZA MONTESINOS
PATROCINADOR

DEDICATORIA

*A MIS HIJAS ALESSANDRA, BRIANA;
MIS PADRES TEODORO Y CARMEN.*

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por ser el combustible que mueve mi entusiasmo. a mis princesas por ser el motor que da la fuerza para llegar al objetivo y a mis hermanos de la vida por ser el sendero que guía al objetivo.

A la Universidad por darnos las herramientas y capacidades para fluir en el camino.

LISTA DE CONTENIDOS

	Pág.
PORTADA.....	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	ii
ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
LISTA DE CONTENIDOS.....	vi
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	x
INDICE DE GRÁFICOS.....	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.2 MARCO TEÓRICO.....	7
2.2.1 EL SUELO.....	7
2.2.2 IMPORTANCIA DEL SUELO.....	8
2.2.3 FERTILIDAD DE LOS SUELOS.....	9
2.2.4 TIPOS DE FERTILIDAD.....	9
2.2.4.1 FERTILIDAD ACTUAL.....	9
2.2.4.2 FERTILIDAD POTENCIAL.....	10
2.2.4.3 FERTILIDAD FÍSICA.....	10
2.2.4.4 FERTILIDAD QUÍMICA.....	10
2.2.4.5 FERTILIDAD BIOLÓGICA.....	11
2.2.5 LEYES DE LA FERTILIDAD.....	11
2.2.5.1 LEY DE LA RESTITUCIÓN.....	11
2.2.5.2 LEY DEL MÍNIMO.....	12
2.2.5.3 LEY DE LOS INCREMENTOS DECRECIENTE.....	12
2.2.5.4 LEY DE INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO.....	12
2.2.6 MATERIA ORGÁNICA EN LOS SUELOS.....	13
2.2.7 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS.....	14
2.2.7.1 TEXTURA.....	14
2.2.7.2 POROSIDAD.....	19
2.2.7.3 DENSIDAD APARENTE.....	19
2.2.7.4 ESTRUCTURA.....	20
2.2.8 PROPIEDADES QUÍMICAS.....	21
2.2.8.1 POTENCIAL DE HIDROGENO pH.....	21
2.2.8.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	23
2.2.8.3 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO.....	23
2.2.9 ELEMENTOS NUTRITIVOS.....	24
2.2.10 ELEMENTOS ESENCIALES.....	24
2.2.11 MACRONUTRIENTES.....	25
2.2.11.1 NITRÓGENO.....	25

2.2.11.2	FÓSFORO.....	25
2.2.11.3	POTASIO.....	26
2.2.11.4	CALCIO.....	27
2.2.11.5	MAGNESIO.....	27
2.2.11.6	AZUFRE.....	27
2.2.12	MICRONUTRIENTES.....	28
2.2.12.1	HIERRO.....	28
2.2.12.2	COBRE.....	28
2.2.12.3	MANGANESO.....	28
2.2.12.4	ZINC.....	29
2.2.12.5	MOLIBDENO.....	29
2.2.12.6	BORO.....	29
2.2.13	MÉTODOS PARA DETERMINAR EL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS SUELOS.....	29
2.2.13.1	ANÁLISIS DE SUELOS.....	29
2.2.13.1.1	MUESTREO DE SUELOS.....	30
2.2.13.2	ANÁLISIS DE PLANTA Y ANÁLISIS FOLIAR.....	32
2.2.14	IMPORTANCIA DE CONOCER LA FERTILIDAD DEL SUELO.....	33
2.2.15	INTERACCIÓN ENTRE NUTRIENTES.....	33
III	MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1	UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN....	35
3.1.1	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	35
3.1.2	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	35
3.1.3	DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	36
3.1.4	CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO.....	36
3.2	MATERIALES.....	36
3.2.1	MATERIALES DE CAMPO.....	36
3.2.2	MATERIALES DE LABORATORIO.....	36
3.2.3	HERRAMIENTAS.....	37
3.2.4	EQUIPOS.....	37
3.2.5	REACTIVOS DE LABORATORIO.....	38
3.2.6	DISOLVENTES.....	39
3.2.7	MATERIALES DE ESCRITORIO.....	39
3.3	METODOLOGÍA.....	39
3.3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.3.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.3.3	UNIVERSO O POBLACIÓN.....	40
3.3.4	MUESTRA.....	40
3.3.5	PARÁMETROS EVALUADOS.....	40
3.4	PROCEDIMIENTO.....	41
3.4.1	FASE PRELIMINAR.....	41
3.4.2	FASE DE CAMPO.....	41
3.4.3	FASE DE LABORATORIO.....	42

3.4.4	FASE GABINETE.....	42
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1	UBICACIÓN DE LOS SECTORES.....	43
4.2	RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS.....	44
4.3	INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS.....	46
4.3.1.	TEXTURA DEL SUELO.....	46
4.3.2	pH DEL SUELO.....	48
4.3.3	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	49
4.3.4	CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES.....	50
4.3.4.1	MATERIA ORGÁNICA Y NITRÓGENO TOTAL.....	50
4.3.4.2	FÓSFORO Y POTASIO.....	51
4.3.5	CATIONES CAMBIABLES.....	53
4.3.6	CONTENIDO DE SULFATOS Y CLORUROS.....	54
4.3.7	PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE BASES Y PORCENTAJE DE SATURACION DE ACIDEZ.....	55
4.3.7	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD CAMPESENA DE PAMPACANCHA.....	55
V	CONCLUSIONES.....	58
VI	RECOMENDACIONES.....	59
VII	BIBLIOGRAFÍA.....	60
VIII	ANEXOS.....	64

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Clasificación de la materia orgánica de los suelos	14
Tabla 02: Clases texturales	17
Tabla 03: Clasificación del pH del suelo (USDA)	21
Tabla 04: Clase de salinidad en función de la C.E. del suelo (USDA)	23
Tabla 05: Tabla de interpretación de análisis de nitrógeno total (%)	25
Tabla 06: Tabla de interpretación de análisis de fósforo y potasio disponibles (ppm).	26
Tabla 07: Clasificación del potasio	27
Tabla 08: Relación de antagonismo y sinergismo entre los elementos	34
Tabla 09: Procedencia de las muestras de suelo	45
Tabla 10: Resultados del análisis granulométrico. Proporción de arena, limo y arcilla en el suelo y clasificación textural	46
Tabla 11: Clasificación del pH de las muestras de suelo	48
Tabla 12: Clasificación de la C.E. de las muestras de suelo	49
Tabla 13: Contenido de materia orgánica de las muestras de suelo	50
Tabla 14: Contenido de fosforo y potasio disponible de las muestras de suelo	51
Tabla 15: Resultados del análisis de cationes cambiables	54
Tabla 16: Resultados del análisis de Sulfatos y cloruros	54
Tabla 17: Porcentaje de saturación de bases y porcentaje de saturación de acidez	55
Tabla 18: Resultados de los análisis de fertilidad de las muestras de suelo de la Comunidad Campesina de Pampacancha	56

LISTA DE GRÁFICOS

		Pág.
Figura 01:	Triángulo de las clases texturales	18
Figura 02:	Absorción de nutrientes según el pH del suelo	22
Figura 03:	Ubicación del experimento	35
Figura 04:	Ubicación de los sectores	43
Figura 05:	Procedencia de las muestras de suelo	45
Figura 06:	Textura del Suelo	47
Figura 07:	Clase textural de los suelos de la Comunidad	47
Figura 08:	pH de las muestras de suelo	48
Figura 09:	Conductividad eléctrica de las muestras de suelo	49
Figura 10:	Contenido de materia orgánica de los suelos de la Comunidad	50
Figura 11:	Contenido de P y K en los suelos de la altitud baja	52
Figura 12:	Contenido de P y K en los suelos de la altitud media	52
Figura 13:	Contenido de P y K en los suelos de la altitud alta	53
Figura 14:	Porcentaje de saturación de bases y porcentaje de saturación de acidez	55

ÍNDICE DE ANEXOS

		PÁG.
ANEXO N° 01	REPORTE DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO	64
ANEXO N° 02	PLANO 01. TEXTURA DEL SUELO	65
ANEXO N° 03	PLANO 01. MATERIA ORGÁNICA	66
ANEXO N° 04	PLANO 01. NIVELES DE FÓSFORO	67
ANEXO N° 05	PLANO 01. NIVELES DE POTASIO	68
ANEXO N° 06	PANEL FOTOGRÁFICO	69

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la fertilidad de los suelos de la Comunidad Campesina de Pampacancha de la Provincia de Recuay-Ancash.

El método empleado es la evaluación de la fertilidad físico-químico de los suelos con aptitud agrícola, para lo cual se extrajeron 13 muestras compuestas representativas de diferentes sectores, que se han clasificado por su altitud (alta, media y baja). Todas las muestras corresponden a la parte superficial del terreno (0-20 cm de profundidad), y el procedimiento experimental empleado fue el análisis de caracterización, que determinan el índice de disponibilidad de los elementos nutritivos en los suelos, con la finalidad de optimizar su abonamiento con fines agrícolas y garantizar la producción sostenible.

La investigación es no experimental, tipo descriptiva y aplicada, se utilizó un diseño no experimental, ya que los resultados buscan especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice en un momento dado.

La investigación efectuada fue sobre un total de 52233354 Has, representando el área con aptitud agrícola 848,104.19 has en el área estudio se encontraron cinco clases texturales, encontrándose en su mayoría las clases: franco arcillo arenoso (46%) y franco arenoso (31%), seguidos por las clases texturales: franco (8%), franco arcilloso (8%) y arcillo arenoso (7%). El pH del suelo, en la mayoría presentan suelos con pH ácido (entre 4.19 y 5.57), respecto al contenido de materia orgánica se encontró que en general son suelos pobres (69%) a moderadamente ricos (31%), siendo en la altitud baja y media suelos pobres en materia orgánica, y en la zona alta suelos moderadamente ricos en materia orgánica, además se encontró que todos los suelos en promedio son pobres en fósforo y potasio, los porcentajes de saturación de bases entre 85.32% a 94.24%, no tienen problemas de salinidad registrando valores de C.E. muy bajos,

Palabras Clave: Fertilidad de suelos, caracterización de suelos.

ABSTRACT

The present investigation have objet evaluate the soil of the Comunidad Campesina de Pampacancha de la Provincia de Recuay-Ancash.

The method used is the evaluation of physical – chemical fertility of tha soil with agricultural aptitude, for which 13 composite samples representative of diferent sectors were extracted. That have been classified by their altitude (high, médium and low). All samples correspond to the superficial part of the land (0-20 centimeters deep), and the procedure used was characterization analysis, that determine the availability index of nutrients in soil, in order to optimize its fertilization for agricultural and ensure sustainable production. The research isn`t esperimental, descriptiveand applied type, is descriptive and applied type, a non-experiemntal desing was used, the results seek to specify properties, characteristics and important features of any phenomenon that is analyzed atna given momento.

The research carried out was on a total of 5,233.34 has. Representing the área agricultural aptitude 848,104.19 has, in the study área five textural clases were found: franc sandy clay (46 %), sandy loam (31 %), followed by the textural clases: franc (8 %), clay loam (8 %), and sandy clay (7 %); the pH of the soil, they mostly have soils with acid pH (4.19 - 5.57), regarding the content of organic matter, it was generally found that they are por soils (69 %) to moderately rich (31%), being in the low altitude and average soil por in organic matter, furthermore it was found that all the soil on average are por in phosphorus and potassium, the percentages of base saturation between 85.32 % - 94.24 %, they don`t have problems of salinity resgistering low levels of C.E. very low.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú a pesar de ser un país con muchos recursos naturales, posee limitadas tierras aptas para el cultivo, y éstas son cada vez más escasas debido al crecimiento de la población, una de las formas de enfrentar este problema es incrementar la producción y productividad de los terrenos de cultivo, por lo que es cada vez más importante su conservación para mantener e incrementar sus niveles de fertilidad.

La degradación de los suelos están ligadas a muchos factores tales como malas prácticas en el manejo del suelo, la eliminación de la vegetación natural en terrenos de excesiva pendiente, el monocultivo, uso indiscriminado de fertilizantes químicos, el laboreo en el sentido de la máxima pendiente y la quema de residuos de cosechas, son prácticas que por desconocimiento hacen perder la fertilidad del suelo.

Conocer los recursos que poseemos nos permite conocer su potencialidad, para lo cual es prioritario hacer el diagnóstico y evaluar el nivel de fertilidad del suelo, ya que es una cualidad que relaciona las características físicas y químicas del suelo, y de esta manera tomar las acciones necesarias como son los planes de abonamiento para el correcto crecimiento y desarrollo de las plantas.

En el presente trabajo se ha evaluado la fertilidad de los suelos de la Comunidad Campesina de Pampacancha, se extrajeron 13 muestras compuestas, correspondientes a los tres niveles de altitud (alta, media y baja), todas las muestras corresponden a la parte superficial del terreno, las cuales se han estudiado y analizado de los sectores de Palomapampa, Tranga, Cementerio, Raramayoc, Rumipunta, Huacoto, Antena punta, Cruz pampa, Mukipampa, Puchkoq y Ranra ucro.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La agricultura en nuestro país es una actividad muy importante ya que es el sustento de la economía de nuestras zonas rurales, también podría éste convertirse en un potencial para poder direccionar el desarrollo armónico y sostenible de estas zonas ya que gracias a esta actividad se podría mejorar las condiciones de vida de los agricultores.

Los suelos son recursos naturales muy importante, ya que el hombre hace uso de estos; el crecimiento de la población y la demanda mayor de alimentos está motivando a que el hombre este más pendiente de estos recursos, esto nos lleva a la búsqueda de mayores conocimientos del recurso suelo, el cual nos permita conocer sus características y de acuerdo a ello poder elegir y aplicar un tipo de manejo adecuado para estos suelos, para el uso adecuado de estos suelos.

La Comunidad Campesina de Pampacancha, no tiene información adecuada respecto a los niveles de fertilidad de sus suelos, y los terrenos cultivables presentan rendimientos menores campaña tras campaña, debido a la escasa información y desconocimiento del uso racional del recurso suelo, por lo cual se pretende caracterizar los suelos de la comunidad. Conociendo el potencial edáfico de la zona se pueda elaborar propuestas técnicas para el uso adecuado y la aplicación de técnicas que aseguren el no deterioro de recursos usados en la producción agrícola.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la fertilidad de los suelos de la Comunidad Campesina de Pampacancha?

1.3 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

Los estudios nos permiten obtener información real de las características que presentan los recursos con los que deseamos trabajar, la información resultante de investigaciones permiten una mejor toma de decisiones para dar un mejor uso eficiente y racional de aquellos recursos presentes en nuestro entorno.

Los levantamientos de suelos nos permiten conocer mejor las potencialidades y características del lugar donde se desea intervenir, la caracterización de los suelos son de suma importancia para la de los planes de desarrollo agrícola

En la actualidad la Comunidad Campesina de Pampacancha, no tiene información adecuada respecto a la fertilidad de sus suelos, no cuenta con un estudio de la caracterización de los suelos, por lo que se desconoce sus propiedades físicas y químicas.

Viendo esta necesidad, se realiza esta investigación para caracterizar y evaluar la fertilidad predominantes en los suelos de la Comunidad Campesina de Pampacancha, esta información será útil para dar un uso racional del suelo así como para que los entes responsables puedan tomar como referencia estos datos para impulsar proyectos productivos agropecuarios en bien de la comunidad. Por ello la importancia de ejecutar el presente proyecto ya que permitirá proporcionar información respecto a características y propiedades del recurso suelo.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la fertilidad de los suelos de la Comunidad Campesina de Pampacancha

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las muestras de suelos de la C.C. de Pampacancha.
- Interpretar los resultados de la fertilidad de los suelos de cada una de las zonas de la C.C. de Pampacancha.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Saavedra (2016) realizó un estudio sobre la evaluación de la fertilidad de los suelos del distrito de Chacas con fines agrícolas, al tratarse de una investigación del tipo descriptivo y aplicado, se utilizó un diseño experimental, para recolectar los datos tomaron de los 12 centros poblados existentes y de cada centro poblado se extrajo 3 muestras compuestas correspondientes a la zona alta, media y baja. La metodología utilizada para evaluar la fertilidad fue el análisis de caracterización de los suelos.

Mendoza (2017) manifiesta que para evaluar el índice de disponibilidad de elementos nutritivos a diferentes niveles de altitud en el distrito de Jangas, para lo cual extrajeron 16 muestras representativas de diferentes altitudes (alta, media y baja) de los diferentes centros poblados del distrito de Jangas, el procedimiento experimental empleados fueron: análisis químico y físico, que determinan el índice de disponibilidad de los suelos, con la finalidad de revalorar e incentivar el aprovechamiento de los suelos con fines agrícolas y así garantizar la producción local.

Villacaqui (2015) señalan estudio sobre la evaluación de la fertilidad de los suelos de la Comunidad Campesina de Santa Cruz de Pichiu en los distritos de Chaná y Huachis, para lo cual realizaron calicatas de los 12 sectores para la evaluación de la fertilidad, que consistió de las siguientes fases: fase preliminar de gabinete, fase de campo y fase final de gabinete. Para recabar la información se ha dividido a la Comunidad Campesina en 12 sectores, donde cada sector en 2 horizontes A y B, y de cada una de ellas se realizó los análisis de fertilidad en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la UNASAM.

Chávez (2014) realizó un estudio en la microcuenca de Mancapozo del distrito de Amarilis en la provincia de Huánuco con el objetivo de evaluar la fertilidad de

suelos que comprenden cinco sectores, para lo cual cada sector subdividió de acuerdo a su altitud y luego procedió a tomar muestras compuestas representativas de cada sector, obteniéndose 32 muestras representativas, las cuales fueron analizadas en el laboratorio mediante el análisis de caracterización de suelos para luego evaluar la fertilidad de los suelos, motivo del estudio.

Anderson (1960) manifiesta en su investigación los altos rendimientos en la agricultura son el resultado de múltiples factores que se inician con el buen diagnóstico de fertilidad del suelo, utilizando un adecuado muestreo. Esto es básico para lograr una buena interpretación de los resultados y una adecuada fertilización en función a una meta razonable de rendimiento.

Sin embargo, muchos otros factores inciden también sobre la productividad del suelo y estos, muchas veces no se describen en un análisis de laboratorio, por lo que conviene tenerlo muy en cuenta. Estos factores incluyen: la profundidad de suelo, la pendiente del terreno, las características de drenaje superficial e interno del mismo, la pedregosidad y la temperatura del suelo.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 EL SUELO

López (2005) Indica que en la definición de suelo que ofrece el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1998), el suelo es un cuerpo natural formado por una fase sólida (minerales y materia orgánica), una fase líquida y una fase gaseosa que ocupa la superficie de la tierra, organizada en horizontes o capas de materiales distintos a la roca madre, como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de materia y energía, que tiene capacidad para servir de soporte a las plantas con raíces en un medio natural. Los límites superiores del suelo son la atmósfera, las aguas superficiales poco profundas (es decir, que pueden soportar el crecimiento de raíces), las plantas vivas o el material orgánico que no ha comenzado a descomponerse. Los límites horizontales los constituyen áreas donde el suelo es invadido por aguas profundas (más de 2.5m), materiales estériles, rocas o hielo. El límite inferior está constituido por la roca dura y continua. De manera arbitraria, la profundidad máxima del suelo se establece en 2 m. De este modo, la visión del suelo como una intersección de atmósfera, litosfera, hidrosfera y biosfera ha dejado paso a un concepto de suelo como un subsistema de los ecosistemas terrestres.

Este concepto sistémico del suelo implica tres características fundamentales:

Azabache (2003) indica que el suelo es un sistema complejo, un ente vivo compuesto de partículas minerales y materia orgánica, con un espacio poroso que permite la circulación del aire y agua, es el medio de crecimiento de las plantas. Además puede definir al suelo desde el punto de vista físico-químico y biológico que constituye la fuente y reserva de nutrientes para las plantas y presenta un perfil con mayor o menor grado de evolución.

Barreto (2002) señala que el suelo constituye la materia prima que el ingenio del hombre utiliza para satisfacer sus necesidades. Por consiguiente el desarrollo de los pueblos se encuentra ligado a la cantidad y calidad del recurso suelo y a la eficacia en su manejo y conservación.

2.2.2 **IMPORTANCIA DEL SUELO**

Azabache (2003) comenta que la importancia del suelo tiene que ver con la superficie donde el ser humano puede cultivar y crecer sus y alimentos básicos. Al mismo tiempo, es en el suelo donde naturalmente crecen las plantas y vegetales consumidas por los eslabones secundarios de la cadena o los animales herbívoros. Para que los vegetales crezcan es importante que el suelo cuente con riego frecuente (tanto natural como artificial). Además, el suelo no solo es importante para el ser humano en lo que respecta a la producción alimenticia, sino que también tiene que ver con la posibilidad de establecer viviendas o construcciones más complejas. Para eso, el suelo tiene que ser firme, seguro y estable.

2.2.3 **FERTILIDAD DE SUELOS**

Fassbender (1989) señala que la fertilidad es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Zavaleta (1992) indica que la fertilidad es la cualidad con la que cuenta el suelo para el abastecimiento de nutrientes en cantidades apropiadas y en un balance adecuado que permita el desarrollo de la vegetación, así como la relación adecuada de los sólidos, aire y agua para su crecimiento. Está determinada por dos conjuntos de factores: naturales y técnicos.

Sánchez (2007) Precisa que la fertilidad del suelo manifiesta que es una cualidad que relaciona las características físicas, químicas y bilógicas del

suelo y que consiste en la capacidad de poder suministrar niveles de fertilización adecuados para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

2.2.4 TIPOS DE FERTILIDAD

2.2.4.1 FERTILIDAD ACTUAL

Sierra (2005) manifiesta que es el nivel inmediato de un nutriente disponible en el perfil del suelo, en este caso fundamental, se refiere al contenido de nitratos o nitrógeno asimilables directamente por las plantas, que se caracteriza por su gran movilidad en el suelo.

Cook (1962) menciona de modo muy general, que un suelo posee cierta fertilidad, la fertilidad actual, que se mide por el rendimiento que dicho suelo puede dar en las condiciones actuales del cultivo.

2.2.4.2 FERTILIDAD POTENCIAL

Azabache (2003) señala que, se refiere al nivel de materia orgánica y al nivel de nitrógeno total, es decir al nutriente en su forma global no disponible inmediatamente para las plantas. Un suelo virgen tiene un alto nivel de fertilidad potencial que desciende cuando comienza a ser roturado hasta alcanzar un determinado equilibrio. La recuperación de la fertilidad potencial (aumento de materia orgánica y nitrógeno total), cuando se cultiva una pradera en un suelo agotado o simplemente se deja crecer la vegetación adventicia. Esta recuperación es más rápida si se utilizan leguminosas que si se utilizaran gramíneas.

En la mayoría de los casos la fertilidad potencial se encuentra muy lejos de la fertilidad actual, la práctica de la fertilización tiene por finalidad acercarlos teniendo en consideración el factor económico.

2.2.4.3 FERTILIDAD FÍSICA

Azabache (2003) indica que las condiciones físicas que presenta un determinado suelo van a influir en el crecimiento normal de las plantas.

Desde el punto de vista físico el suelo ha de proporcionar un medio adecuado para la geminación de las semillas y para el desarrollo óptimo del sistema radicular; debe poseer una buena aireación, una capacidad de retención hídrica apropiada, un buen drenaje, no llegue a provocar un lavado excesivo, así como una estructura estable que implique resistencia frente a los procesos erosivos.

Modificar las propiedades físicas del suelo es a menudo inviable, por lo que las medidas que se toman para optimizar cambios productivos, consiste usualmente en enmascarar sus efectos desfavorables mediante la potenciación de otras características del suelo fácilmente alterables.

2.2.4.4 FERTILIDAD QUÍMICA

Azabache (2003) manifiesta que a la vez el estado físico – químico del medio, la reserva y la disponibilidad de nutrientes del suelo. Estos aspectos están descritos por el pH, la capacidad de intercambio catiónico de los suelos, el potencial redox y el contenido de nutrientes. En el contexto físico-químico y químico un suelo debe mantener una reserva adecuada de nutrientes en un estado de disponibilidad tal que permita su movilización por el vegetal y que cubra las necesidades del medio microbiano sin que produzca pérdidas.

Las estrategias que van unidas a la optimización de la fertilidad química están relacionadas con un adecuado grado de fertilidad física que permita un medio óptimo para que se den los múltiples mecanismos de la dinámica de los ciclos de nutrientes un adecuado intercambio de oxígeno y agua, una adecuada reserva orgánica y una actividad biológica capaz de activar los procesos de biodegradación y la biodisponibilidad de nutrientes.

2.2.4.5 FERTILIDAD BIOLÓGICA

Domínguez (1997) asegura que caracteriza la magnitud y el estado de la reserva orgánica, así como la riqueza y actividad de la biomasa edáfica, responsables de las transformaciones físicas y químicas del suelo. Un suelo exhibe una fertilidad biológica ideal cuando posee un alto porcentaje de materia orgánica, no abusa y del uso de agroquímicos y practicar la rotación de cultivo

2.2.5 LEYES DE LA FERTILIDAD

2.2.5.1 LEY DE LA RESTITUCIÓN

Granados (2010) indica que para evitar el agotamiento progresivo de los suelo es necesario restituir los elementos nutritivos extraídos por la cosecha, para reducir estos efectos se recurre al barbecho, incorporación de materia orgánica, fertilizantes, etc. Por consiguiente la práctica de abonamiento es un corrector del suelo porque el abono solo está equilibrando, la medida en que se corrigen los defectos del suelo al que se aplica la noción de restitución es estática y está orientada a la conservación de la fertilidad.

2.2.5.2 LEY DEL MINIMO

Granados (2010) señala que la importancia del rendimiento obtenido está limitada por el elemento que se encuentre en menor cantidad con la necesidad de la cosecha.

Estableció esta ley en tres partes:

- Por la deficiencia o ausencia de un constituyente necesario, estando los otros presentes, el suelo es infértil para adquirir cultivos en los cuales tal constituyente es un dispensable.
- Con igual condiciones medio ambientales para el crecimiento de las plantas los rendimientos son directamente proporcionales a los nutrientes minerales suministrados en el abonamiento.

- En un suelo rico en nutrientes, el rendimiento de un campo no puede ser incrementado agregándole más de la misma sustancia

2.2.5.3 LEY DE LOS INCREMENTOS DECRECIENTES

Mitscherlich (1970) indica que la ley natural que rige este fenómeno es llamado ley de incrementos decrecientes. Esta ley permite determinar hasta donde es factible aumentar económicamente los rendimientos para que lleguen lo más cerca posible al rendimiento máximo mediante aplicaciones adicionales de fertilizantes.

2.2.5.4 LEY DE INTERACCIÓN DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO

Granados (2010) Precisa que la eficiencia de dos factores que actúan conjuntamente no es exactamente igual a la suma de cada uno de ellos, supuestos que actúan separadamente, la diferencia que existe es precisamente que se denomina la interacción de los elementos considerados.

Sierra (2005) indica que estas interacciones se manifiestan por un efecto químico, físico, osmótico o de concentración. El efecto químico supone que la producción es el resultado de diferentes resultados químicos cuya velocidad determina la cantidad producida dentro de un tiempo.

2.2.6 MATERIA ORGÁNICA EN LOS SUELOS

Blanco (2006) manifiesta que la materia orgánica es la acumulación de todos los residuos vegetales y animales, así como de las células microbiales depositadas en el suelo y que se encuentran en proceso de descomposición, siendo esto importante como fuente de la energía requerida para la actividad y el metabolismo de los microorganismos del

suelo y como sustrato para el suministro de algunos nutrientes esenciales para las plantas.

Zavaleta (1992) menciona que son todos los residuos de origen animal y vegetal descompuestos por los microorganismos del suelo. Su contenido es variable y está condicionado principalmente por el clima, la fisiografía del medio local y el sistema de manejo. Las propias plantas son una fuente principal de materia orgánica, y su calidad y cantidad están en función del tipo de vegetación. La presencia de ella se mide en porcentaje, y constituye un almacén de energía y de alimento disponible para las plantas y otros organismos, así como una fuente de formación de los coloides orgánicos (humus) que se acumulan en el suelo.

Fassbender (1989) cita que la cantidad de materia orgánica (MO), está ligada a la cantidad, tipo y actividad microbiana del resto biológico. De este modo el mantenimiento de la fertilidad biológica sugiere inalterabilidad del ambiente sobre todo microbiológico del suelo.

López (1990) indica que la materia orgánica es el componente más importante del suelo, se le encuentra en cantidades pequeñas, sin embargo juega un papel muy importante en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, la fertilidad natural de un suelo está íntimamente ligada al contenido de materia orgánica

Fuentes de materia orgánica

- Fuentes primarias, están constituidos por plantas mediante la incorporación natural de su sistema radicular y el follaje, residuos de cosecha, abono verde, turba, los organismos vivos del suelo.
- Fuentes secundarias, son de origen animal guano de isla, estiércol de animales.

Tabla 01. Clasificación de la materia orgánica de los suelos

Clasificación	Rango %
Pobre	> 2
Medio	2 a 4
Alto	4 a 8
Muy alto	< 8

Fuente: Barreto, 2013

2.2.7 PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS

Zavaleta (1992) comenta que estas se reflejan en el comportamiento mecánico del suelo y son expresión del balance existente entre los componentes del suelo: las partículas, el contenido de agua y de aire.

2.2.7.1 TEXTURA

Flores (2009) refiere que la textura del suelo es una de las características físicas más importantes, pues a través de ella, se puede predecir el comportamiento físico del suelo, haciendo inferencias acerca del movimiento del agua en el perfil, la facilidad de manejo y la cantidad de nutrientes. La textura indica la proporción de partículas fundamentales en el suelo: arcilla, limo y arena, que se agrupan en suelos de textura fina, media y gruesa. Con la proporción relativa de estas fracciones minerales se puede obtener un gran número de combinaciones que dan origen a las clases texturales.

Su fraccionamiento sigue una función logarítmica con límites entre 0.002 y 2.0 mm. La fracción arcillosa es menor a 0.002 mm, el limo entre 0.002 y 0.05 mm, y la arena entre 0.05 y 2.0 mm. Para estudios de tipo minera

- lógico la fracción arena se puede cuantificar en sus diferentes tamaños:
- a) arena muy fina, con diámetro de 0.05 a 0.1 mm
 - b) arena fina, con diámetro de 0.1 a 0.25 mm
 - c) arena media, con diámetro de 0.25 a 0.5 mm
 - d) arena gruesa, con diámetro de 0.5 a 1.0 mm y

e) arena muy gruesa, con diámetro de 1.0 a 2.0 mm.

Esta clasificación es la que utiliza la FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación) y el USDA, mientras que, la Sociedad Mundial de Suelos limita el limo a un diámetro que va de 0.002 a 0.02 mm. La determinación de la textura del suelo o análisis granulométrico consiste en la separación y cuantificación de las partículas de arena, limo y arcilla de una muestra de suelo, y en la consulta del triángulo de texturas para obtener la clase textural del mismo.

Clasificación textural

López (2005) refiere que Los suelos están formados generalmente por más de una clase textural!. Las tres fracciones suelen estar presentes en mayor o menor proporción. El porcentaje de cada una de esas fracciones es lo que se llama textura del suelo.

Las partículas del suelo pueden dividirse según su tamaño:

1. Gravas y piedras. Son partículas minerales sólidas, de diámetro comprendido entre 2 mm y 7 cm (gravas) o mayor (piedras). Cuando son muy abundantes, pueden afectar a las propiedades del suelo y dificultar su manejo.

2. Tierra fina. Esta fracción incluye las partículas menores de 2 mm de diámetro.

a.) Arena. Son partículas minerales sólidas de tamaño comprendido entre 2 mm y 0.02 mm. La arena es la fracción más grande del suelo, compuesta principalmente por granos de cuarzo más o menos meteorizados.

La arena no tiene capacidad de agregación, de modo que sus partículas no se unen entre sí y aparecen de manera individualizada. Debido a que una gran proporción de arena en el suelo origina poros numerosos y relativamente grandes. Los principales minerales que constituyen la arena son el cuarzo, los feldspatos, las micas, etc. Son visibles y se pueden observar individualmente.

Tienen una relación superficie/volumen muy baja (aprox. 3). Su capacidad de intercambio catiónico es baja. Su principal función es la composición de la matriz del suelo.

b.) El limo. Es una clase de partículas minerales de tamaño comprendido entre 0.02 y 0.002 mm. El limo está constituido por partículas de tamaño medio-fino, como el talco. Su composición química es semejante a la de la arena. Al igual que esta, el limo no tiene capacidad de agregación. Sus partículas no forman estructura. No sufren expansión ni contracción y su relación superficie/volumen es baja (300 - 3000m⁻¹). Su capacidad de intercambio catiónico es baja.

c.) La arcilla. Es la fracción más pequeña. mientras que la arena y el limo provienen del fraccionamiento físico de la roca, la arcilla proviene de la alteración química del material original. Por lo tanto, se diferencia mineralógicamente de las anteriores fracciones por estar compuesta por minerales originados por la meteorización, que no se encuentran en las rocas sin meteorizar. Las partículas de arcilla tienen capacidad de agregación y no se comportan como granos individuales en el suelo. Su tamaño es inferior a 2 mm y poseen unas propiedades físicas y químicas especiales. Su relación superficie/volumen es superior a 3000 m⁻¹.

La Tabla N° 02 muestra algunas de las clasificaciones texturales más usadas en la actualidad: la propuesta por la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (Int. Soil Science Society, ISSS), la clasificación del Sistema Internacional (IS) y la empleada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (United States Department of Agriculture, USDA).

Tabla 02. Clases texturales

SISTEMA DEL DEPARTMANETO DE AGRICULTURA DE ESTADOS UNIDOS (USDA)	
USDA	Ø um
Arena muy gruesa	2000 – 1000
Arena gruesa	1000 – 500
Arena media	500 – 250
Arena fina	250 – 100
Arena muy fina	100 – 50
Limo grueso	50 – 20
Limo fino	20 – 2
Arcilla	<2
SISTEMA DE LA ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA CIENCIA DEL SUELO (ISSS)	
USDA	Ø um
Arena gruesa	2000 – 200
Arena fina	200 – 50
Arena muy fina	50 – 20
Limo grueso	50 – 20
Limo fino	20 – 2
Arcilla	<2

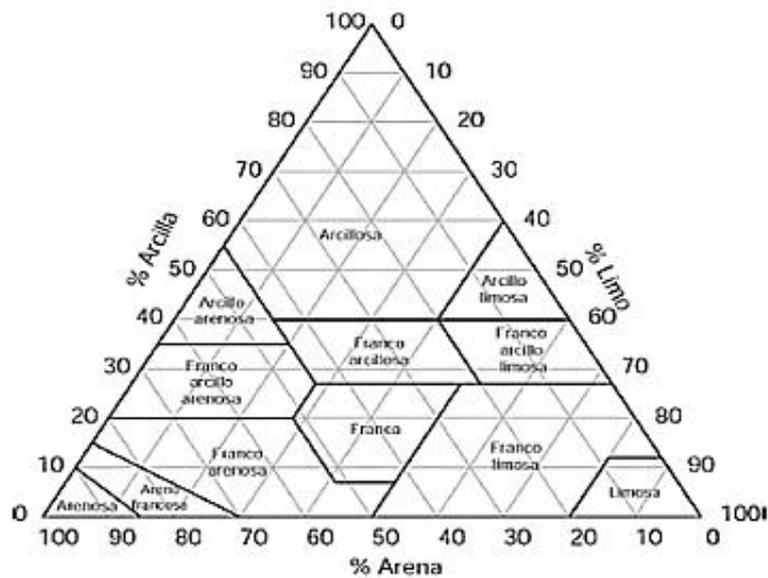
Fuente: López, 2005

Jaramillo (2002) indica que según sus porcentajes relativos de arena, limo y arcilla, los suelos se han agrupado en 12 clases texturales (SSDS, 1993); cada clase representa un suelo con comportamiento físico, químico y mecánico distinto. Así, la proporción de las partículas tiene efecto en diferentes aspectos del suelo como su capacidad de aireación, permeabilidad, retención de humedad, adsorción y liberación de iones, disponibilidad de nutrientes y sensibilidad a la erosión

Las clases texturales están representadas en el triángulo textural (Figura N° 01). La nomenclatura es la establecida por el USDA (SSDS, 1993), y el orden de los términos refleja la fracción o las fracciones predominantes en

el suelo (Sánchez, 2007). Los porcentajes de las tres partículas se determinan en laboratorio a través del análisis granulométrico, el cual consiste en un proceso de sedimentación de las tres fracciones principales

JARAMILLO (2002) informa que los valores obtenidos se ubican en el eje de la fracción correspondiente en el triángulo textural, y se proyectan según las líneas guías al interior. La clase en la que queda comprendido el punto de intersección de las tres líneas es la clase textural del suelo analizado.



Fuente:SSDS, 1993. Nomenclatura en español según Zavaleta, 1992.

Figura 01. Triángulo de las clases texturales según las proporciones de arena, limo y arcilla en el suelo.

2.2.7.2 POROSIDAD

Zavaleta (1992) dice que la porosidad es el espacio ocupado por el aire, el agua de las plantas y los organismos del suelo. La porosidad del suelo, es una magnitud variable, varía durante el periodo vegetativo de un cultivo. Depende de la textura del suelo, del contenido de materia

orgánica y de la estructura, y externamente del manejo que el hombre aplique al suelo.

Rucks (2004) menciona que dentro del espacio poroso se pueden distinguir macroporos y microporos. Los primeros no retienen el agua contra la fuerza de la gravedad, y por lo tanto son los responsables del drenaje y la aereación del suelo, constituyendo además, el principal espacio en el que se desarrollan las raíces. Los segundos son los que retienen agua, parte de la cual es disponible para las plantas. La porosidad total o espacio poroso del suelo, es la suma de macroporos y microporos. Las características del espacio poroso, dependen de la textura y la estructura del suelo.

La porosidad total se determina directamente, en muestras de suelo imperturbadas, es decir tal como están en el campo, sin ninguna deformación que altere la ubicación de las partículas sólidas, y por lo tanto los espacios que dejan entre ellas.

Otra forma de determinar la porosidad total de suelos, es a través de la determinación de sus densidades aparente y real.

2.2.7.3 DENSIDAD APARENTE

Jackson (1989) precisa que la densidad aparente varía de acuerdo de agregación del suelo, al contenido de agua y la proporción del volumen ocupado por los espacios intersticiales, que existen incluso en suelos compactos. La densidad aparente es afectada por la porosidad e influye en la elasticidad, conductividad eléctrica, conductividad térmica, en la capacidad calorífica a volumen constante y en la dureza.

El valor de la densidad aparente se determina dividiendo la masa en gramos de una muestra de suelo secada en estufa entre su volumen en mililitros. La colección de la muestra se debe hacer con cuidado de no alterar la estructura natural del suelo.

Thurston (1997) indica que depende del grado de soltura o porosidad del suelo y es un valor que depende de la textura, estructura y contenido de materia orgánica

Rucks (2004) menciona que Es la relación que existe entre el peso seco (105° C) de una muestra de suelo, y el volumen que esa muestra ocupaba en el suelo:

$$D.a = \frac{\text{Peso de muestra seco}(a)}{\text{Volumen de los sólidos de la muestra}(b) + \text{Volumen poroso de la muestra}(c)}$$

DENSIDAD REAL

Rucks (2004) precisa que es el promedio ponderado de las densidades de las partículas sólidas del suelo. En la muestra a la que se hizo referencia para definir la Densidad aparente, la densidad real sería:

$$D.r = \frac{\text{Peso seco de la muestra}}{\text{Volumen de los sólidos de la muestra}}$$

2.2.7.4 ESTRUCTURA

Thurston (1997) indica que es la manera como se agrupan las partículas de arena, limo y arcilla para formar agregados, no debe confundirse agregado con terrón, pues el terrón es el resultado de las operaciones de labranza y no guarda la estabilidad que corresponde a un agregado, el factor cementante de los agregados lo constituye la materia orgánica y la arcilla básicamente, al igual que el calcio, mientras que el sodio tiene un efecto dispersante.

2.2.8 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS

2.2.8.1 POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

Jaramillo (2002) indica que se refiere al grado de acidez, neutralidad o alcalinidad del suelo, dado por la proporción de iones de hidrógeno (H^+) y de oxidrilos (OH^-). Químicamente, se define como el logaritmo del inverso de la actividad de iones de hidrógeno (H^+), bajo la forma de hidronio (H_3O^+), presentes en la solución suelo

Barreto (2001) menciona que el pH se refiere al grado de acidez o alcalinidad de los horizontes del suelo. Esta condición está determinada por la presencia de sales básicas o ácidos minerales y orgánicos en el suelo que hace prevalecer los iones de H^+ u OH^- en la solución del suelo. El sistema USDA ha propuesto la siguiente clasificación para los valores de pH determinados en una solución extracto de suelo, cuya relación suelo: agua está en proporción 1:1 (Tabla N° 03).

Tabla 03. Clasificación del pH del suelo (USDA)

CLASIFICACION	VALOR
Ultra acido	<3.5
Extremadamente ácido	3.5 - 4.4
Muy fuertemente ácido	4.5 - 5.5
Fuertemente ácido	5.1 - 5.5
Moderadamente ácido	5.6 - 6.0
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 - 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 - 9.0
Muy fuertemente alcalino	>9.0

Fuente: Jaramillo, 2002

Flores (2009) refiere que el pH o reacción del suelo tiene una influencia indirecta en los procesos químicos, disponibilidad de nutrientes, procesos biológicos y la actividad microbiana.

Normalmente el rango de pH de los suelos varía entre 3.5 a 9, la razón por la que no alcanza valores extremos de 0 ó 14 se debe a que la solución suelo no es una solución verdadera sino que constituye una solución coloidal.

A la mayoría de los cultivos les favorece rangos de pH de 5 a 7.5. Sin embargo cada especie se adapta o desarrolla mejor dentro de un determinado rango. Los suelos fuertemente ácidos son indeseables por los niveles tóxicos de Al y la disminución de la actividad microbiana. Los suelos fuertemente alcalinos originan una escasa disponibilidad de elementos menores; excepto el Molibdeno, Fe, Zn, Mn y P son muy dependientes del pH, por lo que a niveles extremos pueden presentarse en niveles deficientes.



Fuente: Flores, 2009

Figura 02. Absorción de nutrientes según el pH del suelo

2.2.8.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (C.E.)

USDA (2011) indica que la conductividad eléctrica mide la habilidad de la solución suelo para transportar la corriente eléctrica. Los cationes (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ y NH_4^+) y aniones (SO_4^{-2} , Cl^{-2} y HCO_3^-), que resultaron de las sales disueltas en el agua del suelo, son los que transportan las cargas eléctricas y conducen la corriente eléctrica. En consecuencia, la concentración de los iones mencionados determina la C.E. del suelo, lo cual, en la agricultura, se lo utiliza como la medida de salinidad del suelo. La presencia de estas sales puede interferir en la capacidad de intercambio de iones, resultando en una deficiencia nutricional para el crecimiento de las plantas; por ello, lo mejor es tener un suelo con baja cantidad de sales.

El sistema USDA ha propuesto la siguiente clasificación para la C.E. determinada en una solución extracto de suelo a 25 °C, cuya relación suelo-agua está en proporción 1:1 (Tabla N°04). Los valores son expresados en deciSiemens por metro (dS/m). Un suelo se considera salino a partir de 2 dS/m.

Tabla 04. Clase de salinidad en función de la C.E. del suelo (USDA)

CLASIFICACION	C.E. (dS/m)
No salino	0 – 2
Muy ligeramente salino	2 – 4
Ligeramente salino	4 – 8
Moderadamente salino	8 – 16
Fuertemente salino	>16

Fuente: Adaptado de USDA

2.2.8.3 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (C.I.C.)

Palmer (1989) manifiesta que la capacidad de intercambio catiónico es una propiedad físico químico que está relacionada directamente con la presencia de los coloides minerales y orgánicos en los suelos, los mismos

que conforman el denominado complejo de cambio, el cual es diferente para cada tipo de suelo. La CIC se puede definir de varias maneras como veremos. La CIC es la capacidad que tienen los suelos de intercambiar cationes entre la superficie de los coloides y la solución del suelo. Y también podemos decir que la CIC tiene la capacidad de adsorber y retener cationes en la superficie de los coloides, es expresado en meq/100gr de suelo o mol/kg

Fuentes (1991) afirma que la CIC es una propiedad química que designa los procesos de: adsorción de cationes por el complejo de cambio desde la solución del suelo y liberación de cationes desde el complejo de cambio hacia la solución del suelo, además la CIC está influenciada por:

- La cantidad y tipo de arcilla
- La cantidad de humus
- El pH o reacción del suelo

2.2.9 LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS

Venegas (2008) indica que todos y cada uno de los elementos nutritivos juegan un papel específico en la nutrición vegetal. El oxígeno, el carbono, el hidrogeno, el nitrógeno, el fósforo y el azufre son constituyentes básicos de los vegetales y participan en las reacciones bioquímicas básicas del metabolismo.

2.2.10 ELEMENTOS ESENCIALES

Jaramillo (2002) menciona que los nutrientes esenciales son elementos químicos y son imprescindibles para el desarrollo vegetal, como para la germinación, crecimiento, llevar a cabo la fotosíntesis y la reproducción. Su clasificación como nutrientes entre ellos tenemos como: macronutrientes y micronutrientes.

2.2.11 MACRONUTRIENTES

2.2.11.1 NITROGENO

Fuentes (1994) indica que el nitrógeno presente en el suelo se encuentra bajo formas de nitrógeno orgánico y nitrógeno inorgánico. El nitrógeno forma parte de la materia orgánica procedente de organismos vegetales y animales, no puede utilizar las plantas mientras no se transforma en nitrógeno inorgánico. El nitrógeno inorgánico incluye las formas: NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO , N_2

Tabla 05: Tabla de interpretación de análisis de nitrógeno total (%)

CALIFICACIÓN	N (%)
Extremadamente pobre	<0,032
Pobre	0,032 – 0,063
Medianamente pobre	0,064 – 0,095
Medio	0,096 – 0,126
Medianamente rico	0,127 – 0,158
Rico	0,159 – 0,221
Extremadamente rico	>0,221

Fuente: Flores, 2009

2.2.11.2 FÓSFORO

Domínguez (1989) señala que el fósforo es muy poco móvil en el suelo a causa de su fijación, en las interacciones las raíces son capaces de segregar complejos orgánicos ácidos con capacidad de intercambiar el fósforo adsorbido liberando este para la planta

García (2000) manifiesta que la mayoría de fósforo en forma de ion ortofosfato primario H_2PO_4^- pequeñas cantidades de ion secundario ortofosfato HPO_4^{2-} son absorbidos. Las cantidades relativas de estos dos iones absorbidos por las plantas están afectados por el pH del medio que les rodea las raíces. Valores bajos de pH incrementan la absorción del ion

H₂P₀₄⁻, mientras los valores altos del pH incrementan la absorción de la forma HPO₄⁻².

Fuentes (1994) señala que la carencia de fósforo conduce a un desarrollo débil del vegetal, tanto de su parte aérea como del sistema radicular. Las hojas se hacen más delgadas, erectas, con nerviaciones menos pronunciadas y presentan un color azul verdoso oscuro, pudiendo incluso llegar a caer de forma prematura.

Tabla 06: Tabla de interpretación de análisis de fósforo y potasio disponibles (ppm).

CALIFICACIÓN	P (ppm)	K (ppm)
Bajo	<7	<100
Medio	7 – 14	100 – 200
Alto	>14	>200

Fuente: Fuentes (1994)

2.2.11.3 POTASIO

García (2000) indica que a diferencia del fósforo el potasio se halla en la mayoría de los suelos en cantidades relativamente altas, además el potasio es absorbido por las raíces en forma de K⁺, y es un elemento importante en las cenizas vegetales bajo la forma de óxido potásico y sobre todo en los suelos arcillosos.

Fuentes (1994) menciona que el potasio factor de calidad. El potasio se encuentra en el suelo bajo las formas orgánica e inorgánica. En la mayoría de los suelos existen en cantidades importantes de potasio, sobre todo en los suelos arcillosos. El potasio es absorbido por las raíces en forma de K⁺, y es un elemento siempre importante cuantitativamente en las cenizas de vegetales bajo la forma de óxido potásico. Se atribuye a la función de mejorar la actividad fotosintética; aumenta la resistencia de la planta a la sequía, heladas y enfermedades; promueve la síntesis de lignina, favoreciendo la rigidez y estructura de las plantas; favorece la

formación de glúcidos en las hojas a la vez que participa en la formación de proteínas; aumenta el tamaño y peso en los granos de cereales y en los tubérculos.

Tabla 07: Clasificación del potasio

Clasificación	Rango (meq/100g)
Pobre	<0.2
Medio	0.2 a 0.3
Alto	>0.3

Fuente: Fuentes (1994)

2.2.11.4 CALCIO

Davelouis (1992) señala que es absorbido por las plantas en forma de catión Ca^{+2} estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas, forma compuestos de paredes celulares, ayuda a neutralizar la acidez del suelo, esto reduce la solubilidad y toxicidad del manganeso, cobre y aluminio es requerido en grandes cantidades por las bacterias fijadores.

Domínguez (1989) manifiesta que el calcio se encuentra en el suelo formando materia orgánica, o combinada con los ácidos húmicos y fosfórica en los humatos y fosfohumatos cálcicos.

2.2.11.5 MAGNESIO

Fuentes (1994) afirma que el magnesio se encuentra en el suelo bajo formas solubles e insolubles como silicatos son muy abundantes. Los suelos ricos en magnesio soluble son aquellos cuya roca madre es dolomita o calizas. La asimilación de este elemento no solo depende de la cantidad de magnesio soluble, sino también de la abundancia de otros iones que pueden inferir la asimilación del Mg^{2+} .

2.2.11.6 AZUFRE

García (2000) indica que el azufre se encuentra en el suelo bajo las formas mineral (sulfato y sulfuro) y orgánica. El azufre orgánico no

puede ser absorbido directamente por las plantas, sino tiene que transformarse mediante la acción de los microorganismos en ión sulfato SO_4 forma en que puede ser absorbido por las raíces.

2.2.12 MICRONUTRIENTES

2.2.12.1 HIERRO

García (2000) indica que no forma parte de la clorofila, forma parte de enzimas y se asimila bajo la forma de ion ferroso Fe^{+2} y en forma orgánica la forma Fe^{+3} . Es de menor importancia debido a la pequeña solubilidad de los compuestos férricos en la mayor parte de los suelos.

2.2.12.2 COBRE

García (2000) señala que el cobre es requerido por las plantas en muy pequeña cantidad, es absorbido por la planta como Cu^{+2} , o como complejo orgánico Cu, por vía radicular o foliar, no es muy móvil, aunque puede desplazarse en cierta proporción de hojas viejas a las jóvenes.

Zavaleta (1990) manifiesta que este elemento debe mantenerse en el suelo en equilibrio con el hierro, el exceso de cobre provoca una mayor oxidación de hierro, que pasa a formas insolubles, la escasez de cobre provoca una excesiva asimilación de hierro por parte de las plantas.

2.2.12.3 MANGANESO

Zavaleta (1990) indica que es un elemento esencial para el desarrollo del vegetal desempeña una función importante en la síntesis proteicas. Su absorción por la planta es en forma de ion Mn^{+2}

La mayor parte de los suelos de reacción ácido, la mayor deficiencia se observa en suelos arenosos.

2.2.12.4 **ZINC**

Zavaleta (1990) indica que son más disponibles a un pH 5.0 y 6.5, es absorbido por la 'planta como Zn^{+2} o como quelante por vía radicular o foliar, es imprescindible para la formación de clorofila, interviene como activador de algunas funciones importantes y participa en la formación de las auxinas y hormonas de crecimiento

2.2.12.5 **MOLIBDENO**

Zavaleta (1992) manifiesta que es el único elemento de menor carga de disponibilidad que se incrementa con el incremento del pH del suelo.

2.2.12.6 **BORO**

García (2000) menciona que en la mayor parte de los suelos agrícolas, el boro se encuentra en cantidades mínimas entre 2-100 ppm. La mayor parte no es utilizable por la planta, el boro es absorbido por la planta en distintas formas de ácido bórico radicular o por vía foliar.

2.2.13 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS SUELOS

2.2.13.1 ANALISIS DE SUELOS

Arias (2004) define que los análisis de suelos proporcionan una base para las recomendaciones de fertilización y enmiendas que deben aplicarse a un suelo como el yeso, en suelos alcalinos o materiales encalantes en suelos ácidos. Esta información debe interpretarse, primero en términos agronómicos y biológicos con respecto al crecimiento de las plantas, luego se interpretará la información desde un punto de vista económico a fin de determinar el nivel de retorno deseado.

Barreto (2002) precisa que la razón principal de realizar un análisis de suelo es para evaluar o estimar su capacidad para suministrar nutrientes

que sean disponibles y aprovechables para un determinado cultivo. El propósito final es conocer si el suelo es deficiente en algún nutrimento, y si lo es que fertilizantes o enmiendas deben emplearse, en que cantidades y su manera de aplicarlos para salvar las deficiencias presentes, o sea la aplicación debe ser oportuna y razonable.

Azabache (2003) indica que el éxito de análisis de suelos como método de diagnóstico de deficiencia de nutrientes en suelo depende, en principio, en el grado con que se mide nutrientes disponibles a las plantas. Si hay correlación entre la cantidad de nutrientes determinado por el método químico y la cantidad requerida por la planta se puede estimar la necesidad de aplicar o no las prácticas de abono.

2.2.13.1.1 MUESTREO DE SUELOS

Unidades de muestreo

Azabache (2003) menciona que lo primero que hay que hacer es un recorrido del terreno para seccionarlo en unidades de muestreo, en base a las siguientes características:

- La topografía o relieve, esto es, si el terreno es plano, ondulado o con pendiente, y en la uniformidad de esa pendiente.
- La presencia de límites naturales, como por ejemplo ríos o caminos.
- El tipo de vegetación o cultivo presente y su edad.
- Algún tipo de manejo particular que reciba la sección (riego por goteo, época de poda, etc.).

Toma de sub muestras

Brady y Weill (1999) refiere que en cada lugar de muestreo se recomienda remover las plantas y hojarasca fresca (1-3 cm) de un área de 40 cm x 40 cm, y luego introducir el barreno o pala a la profundidad deseada y transferir aproximadamente 100- 200 g suelo a un balde

plástico limpio. Las herramientas deben limpiarse después de tomar cada sub muestra. Si se usa una pala, se puede hacer un hueco en forma de "V" y luego tomar de una de las paredes una porción de 10x10x3 cm para transferir al balde. La profundidad del suelo a la cual se toma la sub muestra es también variable. En general se recomienda una profundidad de 20 cm para la gran mayoría de cultivos agrícolas. Esto coincide con la mayor concentración de raíces en el suelo. Para pasturas la profundidad es un poco menor, 10-15 cm parecen ser suficientes.

Azabache (2003) dice que es importante que el muestreo sea representativo de todo el lote; por lo tanto, la muestra a tomar debe ser compuesta. Esto se puede lograr por medio de la ubicación de submuestras al azar o de manera sistemática.

Brady y Weill (1999) mencionan que para especies frutales, plantaciones forestales y agrícolas (café, cacao, aguacate, etc.) se recomienda tomar dos tipos de sub muestras, una de 0-20 cm y otra de 20-40 cm en la mitad de la gotera del árbol (la sombra proyectada por el árbol a mediodía). Tomar dos sub muestras parece ser lógico debido a la mayor profundidad de raíces de estas especies vegetales. Sin embargo, luego la interpretación de los resultados y las recomendaciones de manejo son basadas en la muestra superficial y poco en la muestra profunda. En cualquier caso se debe remover piedras, raíces gruesas, lombrices e insectos del suelo. Las porciones del suelo se desmenuzan con la mano. Al final las sub muestras se van mezclando en el balde hasta completar el número total de sub muestras deseadas. Posteriormente se transfiere 1 kg de suelo a una bolsa plástica limpia. La bolsa debe cerrarse y marcarse con el nombre o número del terreno muestreado o con un código que escoja el muestreador. Recuerde que una muestra (1 kg.) representa un terreno homogéneo y no se deben mezclar muestras de terrenos diferentes. La muestra compuesta debe enviarse a un laboratorio de suelos lo más pronto posible. Esto en términos prácticos significa 1-2 días como máximo.

Sosa (2002) define lo siguiente:

Muestra simple: Es la que se obtiene con una sola extracción de suelo. Son usadas en trabajos de investigación y en suelos muy homogéneos. Se recomienda cuatro muestras por hectárea, de 1 kilogramo de suelo cada una.

Muestra compuesta: Se refiere a la muestra de suelo obtenida por la extracción de varias muestras simples o sub muestras, reunidas en un recipiente y bien mezcladas, de donde se retiran de 0,5 a 1 kg de suelo. Son las más usadas para la planificación de la fertilización. Se recomienda 15-20 sub muestras por parcela de muestreo. En la toma de una muestra compuesta, se debe tener en cuenta que cada sub muestra sea del mismo volumen que las demás y representar la misma sección transversal del volumen de que se toma la muestra (una misma profundidad).

2.2.13.2 ANALISIS DE PLANTA Y ANALISIS FOLIAR

Jackson (1982) manifiesta que el análisis total de los elementos esenciales en el tejido de la planta, se hallan interrelacionados, uno no sustituye al otro, los dos son muy útiles para el diagnóstico. El análisis de planta se considera desde dos puntos de vista:

- Determina la extracción de nutrientes por los cultivos, se analizan muestras de plantas compactas en distintas etapas de crecimiento o en su defecto solamente a la maduración antes de la cosecha. En ambos casos es preferible establecer la condición de los nutrientes en los distintos órganos (raíz, tallo, hojas, fruto, etc.)
- La cantidad de nutrientes que absorbe un cultivo durante su crecimiento va depender de la especie de cultivo y rendimiento.

Como guía de estatus nutricional del cultivo e indirectamente del nivel de fertilidad del suelo, frecuentemente se emplea el análisis foliar (vainas, hojas peciolos), para determinar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

2.2.14 **IMPORTANCIA DE CONOCER LA FERTILIDAD DEL SUELO**

Barrantes (1992) manifiesta que el suelo bajo estudio posee las condiciones necesarias para establecer y mantener un cultivo de interés.

Aporta información sobre la necesidad de adicionar nutrientes (fertilizantes químicos y orgánicos), y/o enmiendas para mejorar las condiciones para el cultivo.

Torres (2008) señala que el suelo bajo estudio posee las condiciones necesarias para establecer y mantener un cultivo de interés, aporta la información sobre la necesidad de adicionar nutrientes (fertilizantes orgánicos ó químicos), y/o enmiendas para mejorar las condiciones para el cultivo

.

2.2.15 **INTERACCION ENTRE NUTRIENTES**

Barrantes (1992) indica que un cambio excesivo con el contenido de un elemento en el tejido de la planta invariablemente va acompañado por cambios secundarios en el contenido de otros elementos, no siempre las interacciones se manifiestan solo entre parejas de elementos, lo que puede suceder entre varios elementos.

Existe también otro tipo de interacción deficiencia inducida en la que la absorción de los elementos nutritivos por la planta está regida por la ley de los mínimos, los elementos antagónicos y sinérgicos.

Existe también otro tipo de interacción deficiencia inducida en la que la absorción de los elementos nutritivos por la planta está regida por la ley de los mínimos, los elementos antagónicos y sinérgicos.

Tabla 08: Relación de antagonismo y sinergismo entre los elementos

Elemento	Antagonismo	Sinergismo
N	K, B	Mg
P	Zn, K, Cu, Fe	Mg
K	B	Fe, Mn
Ca	Mg, Zn, B, Fe, K, Mn	
Mg		P
Fe	P	
Mn	Fe	
Zn	Fe	

FUENTE: Barrantes, 1992

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

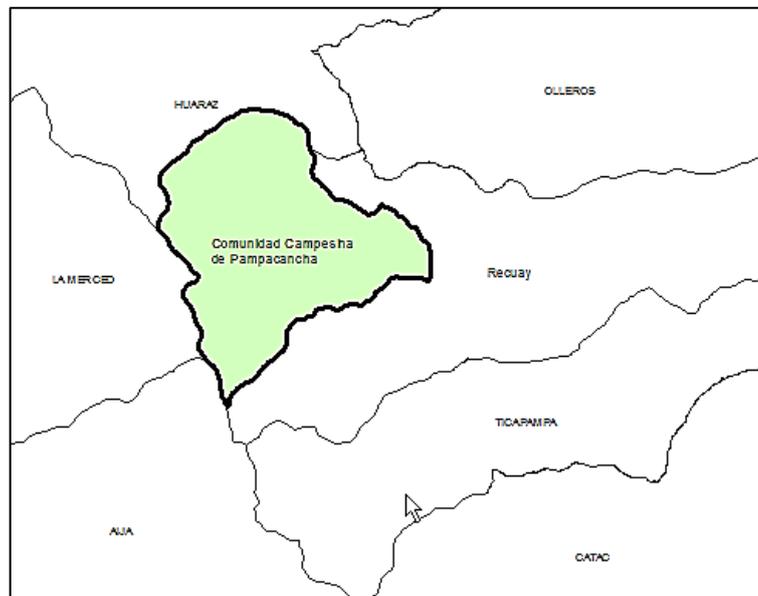
3.1.1 UBICACIÓN

- Departamento : Ancash
- Provincia : Recuay
- Distrito : Recuay

3.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

- Latitud Sur : 9°42'04.29" S
- Longitud : 77°28'47.56" O
- Altitud : 3325 m.s.n.m.

El área en estudio comprende una superficie de 52233354 has. Y el área agrícola representa 848,104.19 has que es el 16.22%.



Fuente: El Autor

Figura 03 Ubicación del experimento

3.1.3 DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La duración del trabajo de investigación fue de cuatro meses.

3.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

El trabajo de investigación se ejecutó bajo condiciones de la provincia de Recuay, distrito de Recuay, Comunidad Campesina Pampacancha, ubicada en la zona mayor agroecológica #20, que corresponde a la zona de vida Bosque Seco, Montano Bajo Tropical (bs-MBT)

En el Gráfico N° 03 se puede visualizar la ubicación de la zona de intervención de la investigación

6.2 MATERIALES

6.2.1 MATERIALES DE CAMPO

- Bolsas de polietileno
- Costales
- Libreta de campo
- Romanilla
- Plástico
- Marcador, lapicero, etiquetas
- Libreta de apuntes
- Cinta maskintape

6.2.2 MATERIALES DE LABORATORIO

- Embudos
- Espátulas
- Franelas
- Muestras de suelo
- Cucharitas
- Baguetas
- Bolsa para muestras
- Molienda para la preparación
- Fiolas de vidrio

- Matraces Erlenmeyer
- Tamiz
- Tubos de ensayo
- Papel filtro
- Papel toalla
- Probetas de vidrio graduadas
- Picetas
- Pipetas graduadas de vidrio
- Porta tubos de ensayo
- Soporte universal
- Vasos de precipitación.
- Vaso de dispersión
- Vasos de 60 ml para análisis

6.2.3 HERRAMIENTAS

- Lampa tipo cuchara.
- Pico con pala ancha.
- Barreta.
- Wincha de 5m

6.2.4 EQUIPOS

- Absorción atómica
- Agitador eléctrico
- Balanza analítica
- Cámara digital
- Conductivímetro.
- Cocinilla eléctrica
- Cronometro
- Destilador de agua
- Dispersador de muestras
- Espectrómetro digital
- Estufa

- Desionizador
- Hidrómetro de Bouyucos.
- Mufla
- Titulador digital
- GPS
- Termómetro
- Potenciómetro digital

6.2.5 REACTIVOS DE LABORATORIO

- Acetato de sodio (CH_3COONa).
- Ácido acético. ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)
- Ácido clorhídrico (HCl).
- Ácido nítrico (HNO_3).
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4).
- Bicarbonato de sodio (NaHCO_3).
- Cloruro de barrio ($\text{BaCl}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$).
- Cloruro de estaño ($\text{SnCl}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$).
- Cloruro de potasio (KCl)
- Cromato de potasio (K_2CrO_4).
- Dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).
- Fenolftaleína (indicador).
- Fluoruro de amonio (NH_4F).
- Hidróxido de amonio (NH_4OH).
- Hidróxido de sodio al 5%.
- Molibdato de amonio ($\text{Mo}_7\text{O}_{24}(\text{NH}_4)_6$).
- Nitrato de plata (AgNO_3).
- Oxalato de sodio al 4%.
- Pirofosfato de sodio al 5%
- Rojo de metileno (indicador).
- Sulfato de potasio (K_2SO_4).
- Sulfato ferroso amoniacal ($\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2$).

6.2.6 DISOLVENTES

- Agua destilada
- Agua desionizada
- Lantano 0.01%

6.2.7 MATERIALES DE ESCRITORIO

- Hojas bond
- Computadora portátil
- Memoria USB
- Impresora

6.3 METODOLOGÍA

El trabajo de investigación consistió en la recolección de muestras de suelos de la Comunidad Campesina de Pampacancha de la provincia de Recuay, para lo cual se dividió el área en estudio en tres sectores en función a su altitud (baja, media y alta), que se encuentran entre los 3200 y 3915 m.s.n.m. de los sectores con aptitud agrícola, con la finalidad de realizar los análisis físicos y químicos en el laboratorio. El estudio consistió de las siguientes fases: Fase preliminar, fase de campo y fase final de gabinete.

6.3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo no experimental, descriptiva y aplicada ya que los resultados, permite conocer la fertilidad del suelo y establecer la dosis adecuada de fertilización para los diferentes cultivos de la comunidad.

6.3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se utilizó el diseño no experimental, transversal, es decir se recolectan datos en varios puntos, en un solo momento. Para describir los suelos tal como se encuentran en el campo.

Para recabar la información en el área en estudio en tres sectores en función a su altitud (baja, media y alta), y se han extraído muestras representativas

de cada sector, haciendo un total de 13 muestras representativas de toda la comunidad.

6.3.3 UNIVERSO O POBLACIÓN

El marco poblacional fue el ámbito de los terrenos con aptitud agrícola de la comunidad campesina de Pampacancha, ubicada en la zona mayor agroecológica #20, que corresponde a la zona de vida Bosque Seco, Montano Bajo Tropical (bs-MBT), con sus centros poblados entre los 3200 a 3915 m.s.n.m.

6.3.4 MUESTRA

La unidad de análisis está considerada por una muestra de suelo 1 Kg tomadas de la comunidad campesina de pampacancha, siendo en total 13 muestras representativas para sus análisis en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA – UNASAM.

6.3.5 PARÁMETROS EVALUADOS

- a) **Textura del suelo:** Método del hidrómetro de Bouyoucos en base al fundamento de la ley de Stocks, según la cual la velocidad de caída de cada partícula en suspensión acuosa.
- b) **Materia orgánica:** Método de Wakley and Blanck que se fundamenta en la oxidación de carbono orgánico con dicromato de potasio
 $\% \text{ M.O} = \% \text{ C} \times 1.724$. $\% \text{ C} \times 1,724$
- c) **Nitrógeno total:** Por estimación del 5 % del % de M.O.
- d) **Salinidad (CE):** Medida en el conductímetro relación suelo-agua (1:2,5).
- e) **pH:** Medida en el potenciómetro relación suelo-agua (1:2,5).
- f) **Fósforo disponible:** Método de Olsen, extracción con bicarbonatos de sodio 0.1N a pH 8.5 lectura en el espectrofotómetro único digital.
- g) **Potasio disponible:** Método de Extracto de acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N pH:7

- h) **Cationes cambiables:** Extracción con acetato de amonio 1N relación (1:5), dilución con óxido de lantano (0.01%), 1 ml de muestra por 9ml de lantano a Ca, Mg y de K y Na lectura en absorción atómica.
- i) **Cationes solubles:** Extracción de agua destilada relación (1:5), diluido con oxido de lantano (0.01%), 1 ml de muestra por 9 ml de lantano a Ca, Mg y de K y Na lectura en absorción atómica.
- j) **CIC:** Suma de cationes
- k) **Acidez cambiabile (Al⁺³ +H⁺):** Método de Socolov, extracción co KCL 1.0N
- l) **Cloruros Cl:** Método de titulación volumétrica con nitrato de plata
- m) **Sulfatos S0₄:** Extracción con acetato de amonio 1N, lectura en Absorción Atomica.

6.4 PROCEDIMIENTO

6.4.1 FASE PRELIMINAR

- Inicialmente se recopilaron datos generales de la zona en estudio de la Comunidad Campesina de Pampacancha, como los centros poblados y mapa de la comunidad.
- Se realizaron las visitas al área de estudio, para realizar el reconocimiento de la zona, observación de los elementos naturales, topografía y de las principales actividades del lugar, la agricultura y ganadería, a partir de la observación y la información dada por la comunidad, se identificó los campos de los sectores bajo, medio y alto para el análisis respectivo.

6.4.2 FASE DE CAMPO

Consistió en la toma de muestras de suelos con aptitud agrícola de la comunidad, de modo que se tomó solamente la capa arable a una profundidad de 20 cm desde la superficie, con ayuda de una lampa se hizo una calicata en forma de V, para luego hacer un corte de 1 o 2 cm de forma transversal, la cantidad de suelo que se extrajo fue de

aproximadamente de un l kg, se tomaron 10 submuestras por cada terreno asignado al azar dentro de cada sector, para lo cual se recorrió el terreno en forma de zigzag de tal manera que se abarco la totalidad del terreno para extraer cada sub muestra, luego de homogenizar las submuestras y a través del método del cuarteo se obtuvo una muestra compuesta, obteniéndose 13 muestras representativas en total codificándolas de acuerdo al sector de procedencia y coordenadas, se etiquetó, embolsó y guardó en un lugar fresco, para después ser trasladados al Laboratorio de Suelos y Aguas de la UNASAM para su respectivo análisis.

6.4.3 FASE DE LABORATORIO

Las muestras recolectadas y seleccionadas se enviaron al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", para su análisis de textura del suelo, pH contenido de materia orgánica, nitrógeno total, conductividad eléctrica, fósforo, potasio, cationes cambiabes y aniones.

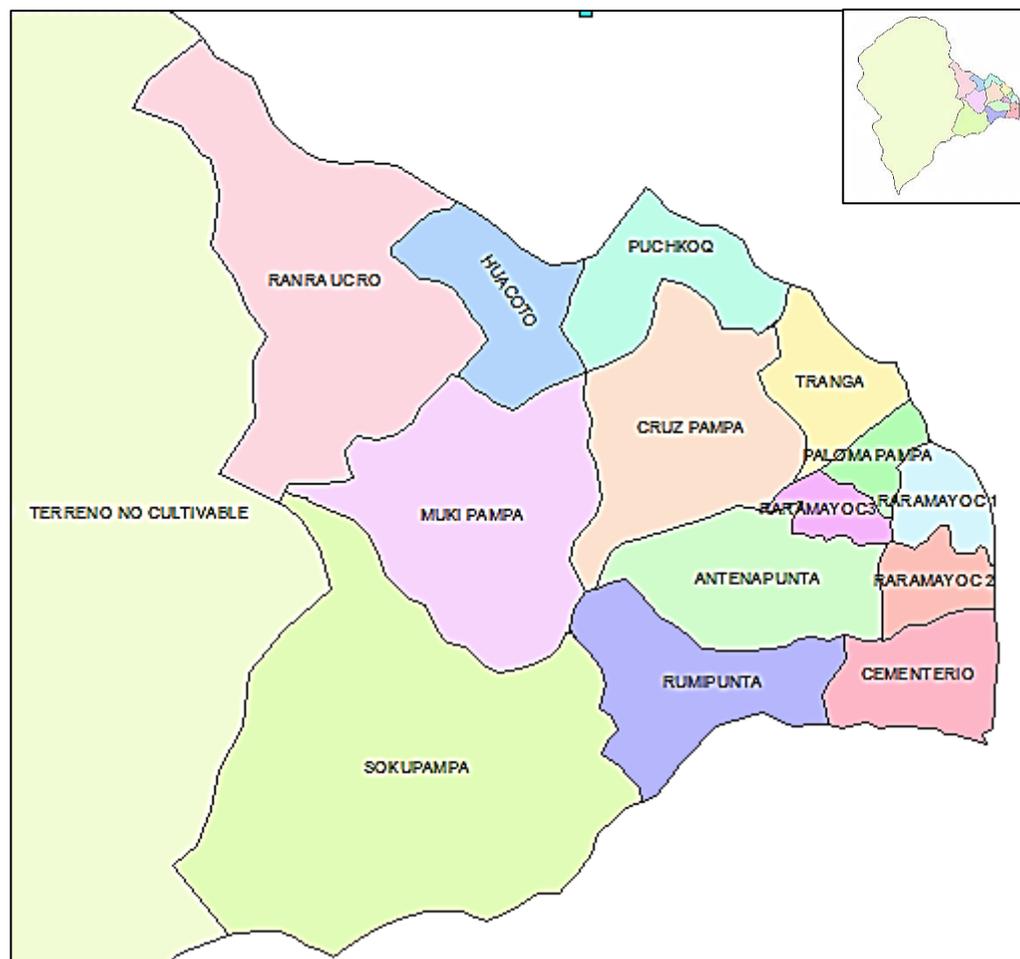
6.4.4 FASE DE GABINETE

Esta fase se hizo en el laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNASAM, luego se procedió a la elaboración del informe final.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 UBICACIÓN DE LOS SECTORES

Tomando como base la imagen satelital, los planos catastrales a escala 1/50000, el Google Earth, la topografía del terreno, se dividió el terreno en función a su altitud (Alta, media y alta) y se dividió en sectores



Fuente: El Autor

Figura 04 Ubicación de los sectores

4.2 RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELOS

Identificadas las características del área en estudio, se delimitaron las tres zonas para comparar las propiedades físicas y químicas.

El muestreo de los suelos debe ser determinante y representativo en un estudio de suelos, y de eso depende la fiabilidad de los resultados en las posteriores evaluaciones.

Sosa (2002) se refiere a la muestra de suelos como a la muestra de suelo obtenida por la extracción de varias muestras simples o sub muestras unidas en un recipiente y bien mezcladas de donde se retiran de 0.5 a 1 kg de suelo.

Son las más usadas para la planificación de la fertilización. Se recomienda 10-20 submuestras por parcela de muestreo.

En la toma de una muestra compuesta se debe tener en cuenta que cada submuestra sea del mismo volumen que las demás y representar a la misma sección transversal del volumen de que se toma la muestra (una misma profundidad)

Para tomar las muestras de suelo, el recorrido en el campo fue en Zig-Zag, se tomaron 10 submuestras simples para obtener una mezcla compuesta representativa de cada campo seleccionado al azar de las zonas baja, media y alta de los terrenos con aptitud agrícola de la Comunidad, obteniéndose en total 13 muestras compuestas para realizar el análisis de fertilidad de la Comunidad Campesina de Pampacancha.

Las muestras tomadas fueron etiquetadas y se georeferencio el campo de su procedencia para luego ser trasladadas al Laboratorio de Suelos y Aguas de la UNASAM.

Tabla 09 Procedencia de las muestras de suelo

Muestra	SECTOR	Coordenadas Campo de muestreo		Altitud (msnm)	Zona
		Punto de muestreo	Coordenadas UTM		
M-03	PALOMAMPA	229518	8927492	3248	Altitud baja
M-04	TRANGA	229080	8927628	3407	
M-01	CEMENTERIO	229819	8925917	3423	
M-02	RARAMAYOC	229608	8927257	3439	
M-05	RARAMAYOC 2	229801	8926776	3450	
M-09	RUMIPUNTA	229653	8925917	3483	Altitud media
M-06	RARAMAYOC 3	229126	8927078	3522	
M-08	ANTENAPUNTA	229138	8926692	3570	
M-13	CRUZ PAMPA	228270	8927734	3646	
M-11	PUCHKOQ	227919	8928125	3670	Altitud alta
M-07	MIKIPAMPA	227641	8926469	3709	
M-10	HUACOTO	227632	8928086	3763	
M-12	RANRA UCRO	226471	8928015	3915	

Fuente: El Autor



Fuente: El Autor

Figura 05 Procedencia de las muestras de suelo

4.3 INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS

Con los resultados reportados por el Laboratorio de Análisis de Suelos de la FCA, se efectuarán los cálculos respectivos que a continuación se presenta:

4.3.1 TEXTURA DEL SUELO

Con los porcentajes de las tres fracciones, se clasificaron las muestras en el triángulo textural del sistema del USDA (Tabla N° 10).

Como se observa la Tabla N° 10 en el área de estudio se encontraron 05 clases texturales: Franco arcillo arenoso (6), Franco Arenoso (4), Franco arcilloso (1), Arcillo arenoso (1), Franco (1).

Tabla 10 Resultados del análisis granulométrico. Proporción de arena, limo y arcilla en el suelo y clasificación textural

Zona	Muestra	Textura %			Clase Textural	ALTITUD m.s.n.m.
		Ao	Li	Ar		
ALTITUD BAJA	M-03	58	24	18	Franco arenoso	3248
	M-04	44	28	28	Franco arcilloso	3407
	M-01	50	26	24	Franco arcillo arenoso	3423
	M-02	60	22	18	Franco arenoso	3439
	M-05	58	20	22	Franco arcillo arenoso	3450
ALTITUD MEDIA	M-09	48	25	26	Franco	3483
	M-06	46	22	32	Franco arcillo arenoso	3522
	M-08	50	22	28	Franco arcillo arenoso	3570
	M-13	46	18	36	Arcillo arenoso	3646
	M-11	54	25	21	Franco arcillo arenoso	3670
ALTITUD ALTA	M-07	56	23	21	Franco arcillo arenoso	3709
	M-10	62	19	19	Franco arenoso	3763
	M-12	56	28	16	Franco arenoso	3915

Fuente: El Autor

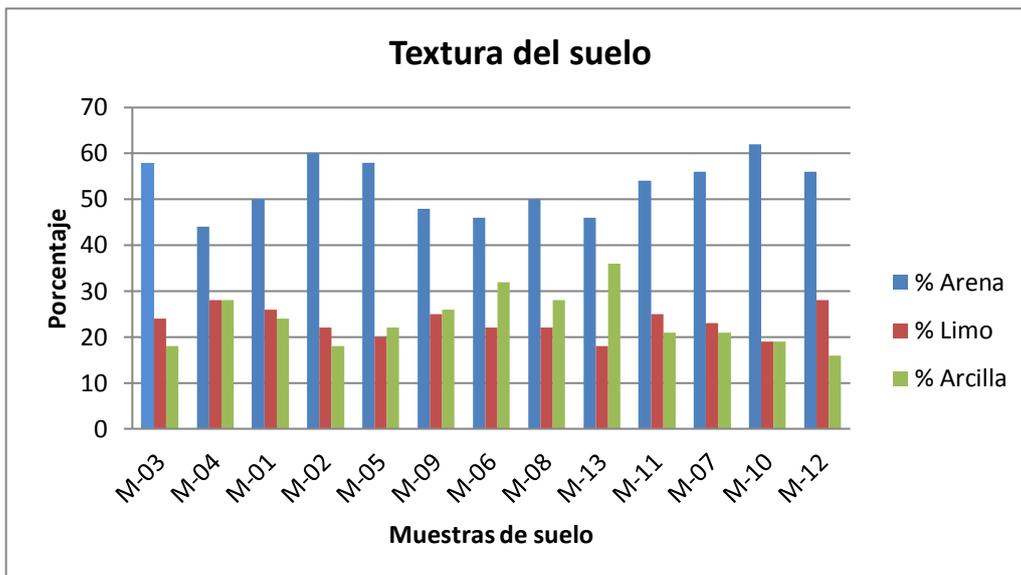


Figura 06 Textura del Suelo

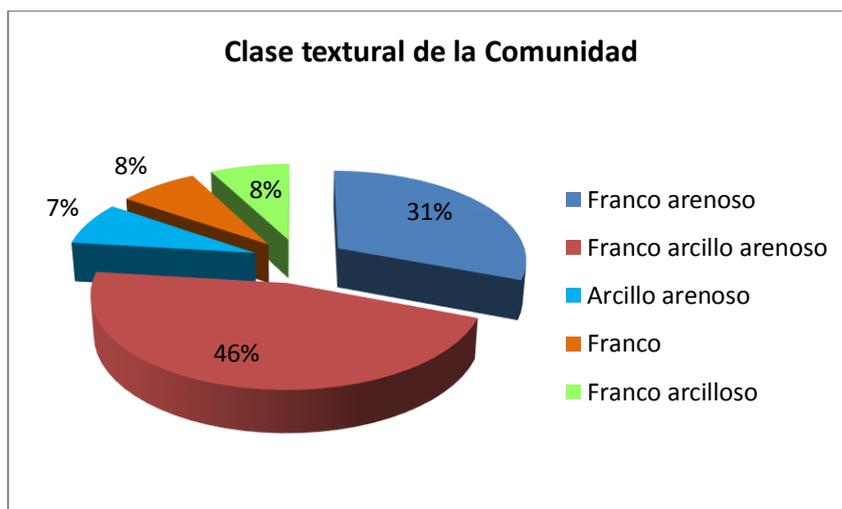


Figura 07 Clase textural de los suelos de la Comunidad

Se observa en el Figura 07 en el área estudiada de la Comunidad Campesina Pampacancha hay una predominancia de la clase textural Franco Arcillo arenoso (46 %), seguido por la clase textural Franco Arenoso (31 %), Franco arcilloso(8%), Franco (8 %), y Arcillo arenoso (7 %).

4.3.2 pH DEL SUELO

El valor de pH de la zona alta presenta entre 4.38 – 5.35, siendo el promedio de pH 4.75, en la zona media presenta entre 4.19 – 4.73, siendo el promedio de pH 4.59 y en la zona baja presenta entre 4.41 – 4.67, siendo el promedio de pH 4.54, en general los suelos en estudio representan pH 4.69 que representan suelos de reacción fuertemente ácida.

Tabla 11 Clasificación del pH de las muestras de suelo

Zona	Muestra	Nombre/ Sector	pH	Clasificación
ALTITUD BAJA	M-03	PALOMAMPA	4.67	Fuertemente ácida
	M-04	TRANGA	4.57	Fuertemente ácida
	M-01	CEMENTERIO	5.57	Moderadamente ácida
	M-02	RARAMAYOC 1	4.57	Fuertemente ácida
	M-05	RARAMAYOC 2	4.41	Fuertemente ácida
ALTITUD MEDIA	M-09	RUMIPUNTA	4.87	Fuertemente ácida
	M-06	RARAMAYOC 3	4.19	Fuertemente ácida
	M-08	ANTENAPUNTA	4.73	Fuertemente ácida
	M-13	CRUZ PAMPA	4.48	Fuertemente ácida
	M-11	PUCHKOQ	4.66	Fuertemente ácida
ALTITUD ALTA	M-07	MUKIPAMPA	4.38	Fuertemente ácida
	M-10	HUACOTO	4.52	Fuertemente ácida
	M-12	RANRA UCRO	5.35	Acida

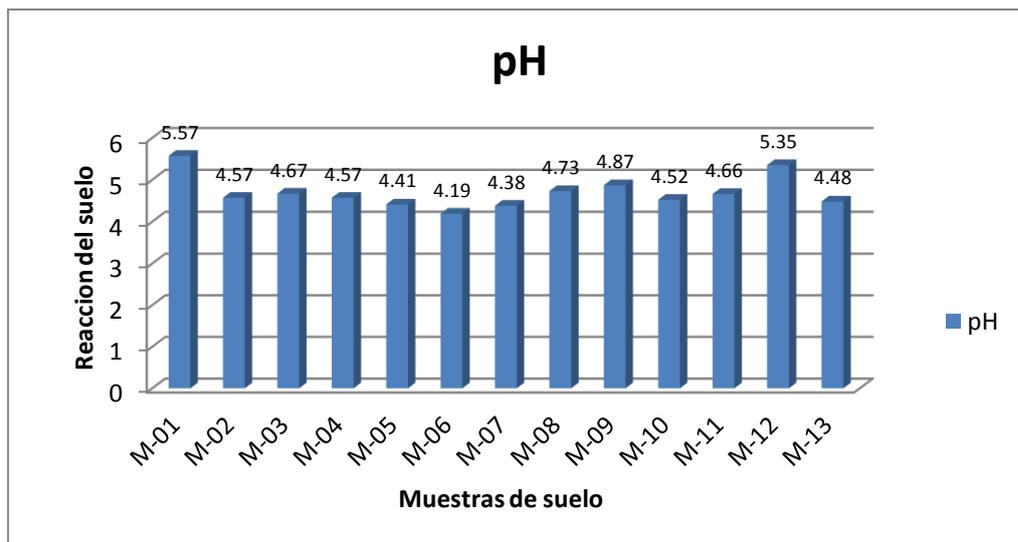


Figura 08 pH de las muestras de suelo

4.3.3 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Cabe resaltar que la C.E. se presenta en la unidad dS/m. La C.E. de los puntos muestreados varía entre 0,032 a 0,163 dS/m, valores que los califican como suelos no salinos para todo el estudio.

Tabla 12 Clasificación de la C.E. de las muestras de suelo

Zona	Muestra	Nombre/ Sector	CE dS/m	Clasificación CE
ALTITUD BAJA	M-03	PALOMAMPA	0.057	No salino
	M-04	TRANGA	0.074	No salino
	M-01	CEMENTERIO	0.056	No salino
	M-02	RARAMAYOC 1	0.049	No salino
	M-05	RARAMAYOC 2	0.093	No salino
ALTITUD MEDIA	M-09	RUMIPUNTA	0.116	No salino
	M-06	RARAMAYOC 3	0.047	No salino
	M-08	ANTENAPUNTA	0.047	No salino
	M-13	CRUZ PAMPA	0.044	No salino
	M-11	PUCHKOQ	0.081	No salino
ALTITUD ALTA	M-07	MUKIPAMPA	0.069	No salino
	M-10	HUACOTO	0.032	No salino
	M-12	RANRA UCRO	0.163	No salino

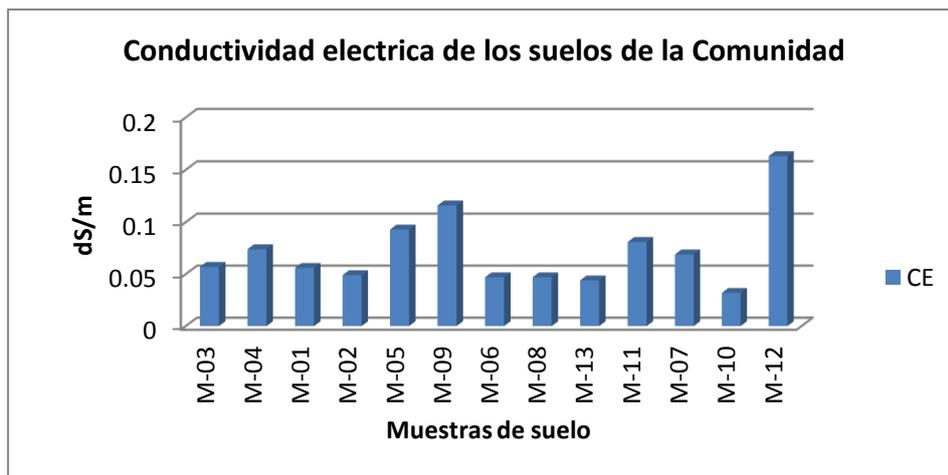


Figura 09 Conductividad eléctrica de las muestras de suelo

4.3.4 CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES:

4.3.4.1 MATERIA ORGANICA Y NITROGENO TOTAL

Se observa en la Tabla N° 13 El contenido del % M.O. en la zona alta se encontró un promedio 2.058 %, en la zona media (1.13 %) y en la Zona baja (1.16 %) que representa un contenido bajo del % de materia orgánica.

Tabla 13 Contenido de Materia orgánica de las muestras de suelo

Zona	Muestra	Nombre/ Sector	M.O. (%)	Nt (%)	Clasificación
ALTITUD BAJA	M-03	PALOMAMPA	1.042	0.052	Pobre
	M-04	TRANGA	1.628	0.081	Pobre
	M-01	CEMENTERIO	2.516	0.126	Medianamente rico
	M-02	RARAMAYOC 1	1.628	0.081	Pobre
	M-05	RARAMAYOC 2	1.238	0.062	Pobre
ALTITUD MEDIA	M-09	RUMIPUNTA	0.69	0.035	Pobre
	M-06	RARAMAYOC 3	1.17	0.059	Pobre
	M-08	ANTENAPUNTA	0.876	0.044	Pobre
	M-13	CRUZ PAMPA	2.138	0.107	Medianamente rico
	M-11	PUCHKOQ	0.69	0.035	Pobre
ALTITUD ALTA	M-07	MUKIPAMPA	2.342	0.117	Medianamente rico
	M-10	HUACOTO	1.61	0.081	Pobre
	M-12	RANRA UCRO	2.224	0.111	Medianamente rico



Figura 10 Contenido de Materia Orgánica de los suelos de la Comunidad

4.3.4.2 FÓSFORO Y POTASIO

Se observa en la Tabla N° 14 en relación al P-disponible y K-disponible; se puede concluir que el P-disponible hay una muestra en la zona baja con un contenido alto de 23 ppm P, en la zona media 9 ppm en la zona alta 14 ppm P calificando como niveles medios de P-disponible; mientras que los demás sectores se encuentran niveles bajos de P-disponible .

En relación a los niveles de K-disponible en todos los sectores se encuentran en niveles bajos de K.

Tabla 14 Contenido de Fosforo y Potasio disponible de las muestras de suelo

Zona	Muestra	Nombre/ Sector	P (ppm)	Clasificación	K (ppm)	Clasificación
ALTITUD BAJA	M-03	PALOMAMPA	4	Pobre	69	Pobre
	M-04	TRANGA	5	Pobre	76	Pobre
	M-01	CEMENTERIO	23	Rico	75	Pobre
	M-02	RARAMAYOC	3	Pobre	79	Pobre
	M-05	RARAMAYOC 2	3	Pobre	74	Pobre
ALTITUD MEDIA	M-09	RUMIPUNTA	6	Pobre	77	Pobre
	M-06	RARAMAYOC 3	9	Media	64	Pobre
	M-08	ANTENAPUNTA	2	Pobre	68	Pobre
	M-13	CRUZ PAMPA	6	Pobre	65	Pobre
ALTITUD ALTA	M-11	PUCHKOQ	6	Pobre	73	Pobre
	M-07	MUKIPAMPA	6	Pobre	66	Pobre
	M-10	HUACOTO	14	Media	61	Pobre
	M-12	RANRA UCRO	4	Pobre	80	Pobre

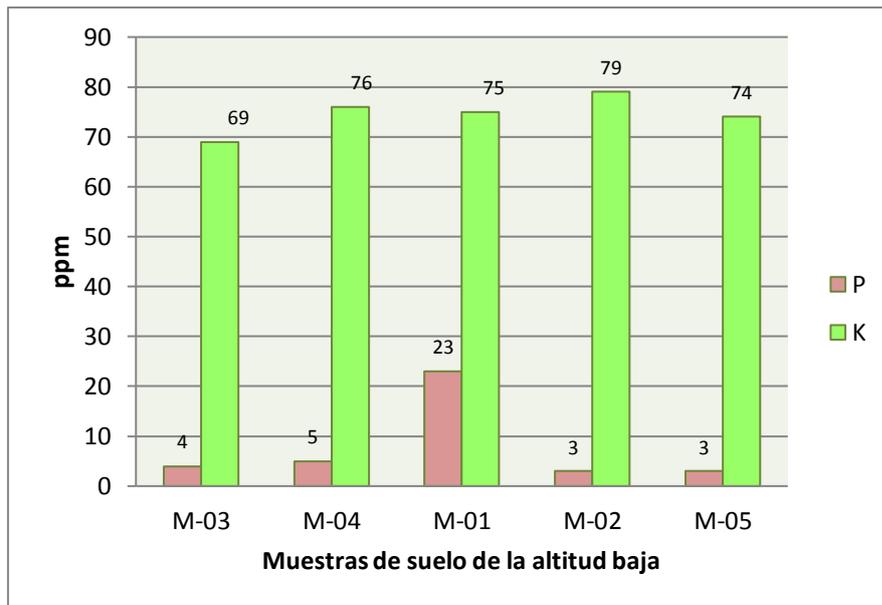


Figura 11 Contenido de P y K en los suelos de la altitud baja

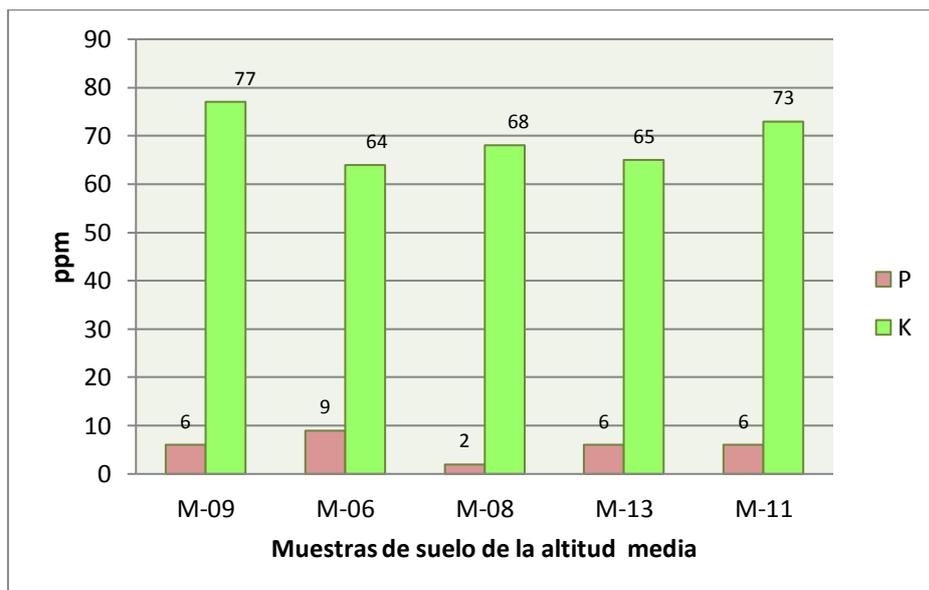


Figura 12 Contenido de P y K en los suelos de la altitud media

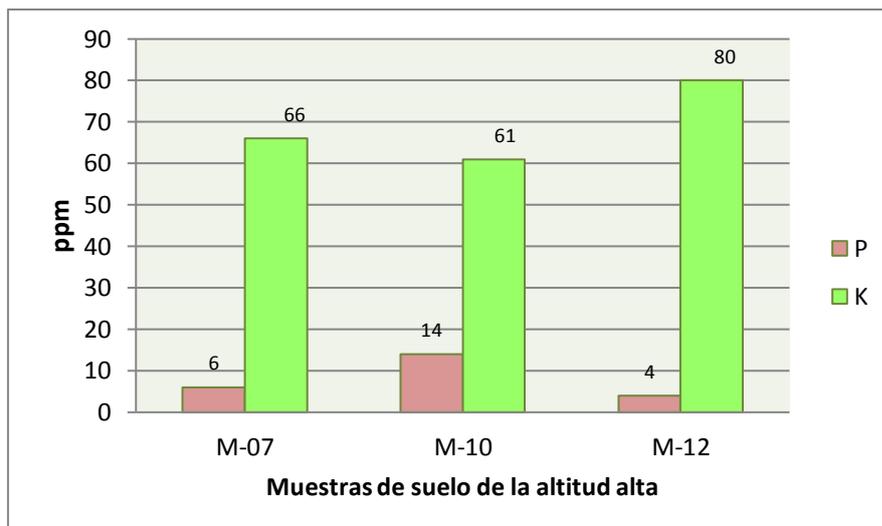


Figura 13 Contenido de P y K en los suelos de la altitud alta

4.3.5 LOS CATIONES CAMBIABLES

El promedio de cationes cambiabiles de los sectores de la altitud baja es 7.42 $\text{Ca}^{+2}\text{me}/100\text{gr}$, 1.29 $\text{Mg}^{+2}\text{me}/100\text{gr}$, 0.18 $\text{K}^{+}\text{me}/100\text{gr}$, 0.01 $\text{Na}^{+}\text{me}/100\text{gr}$, 0.99 $\text{H}+\text{Al me}/100\text{gr}$, y tienen en promedio una CIC de 9.89 me/100gr.

El promedio de cationes cambiabiles de los sectores de la altitud media es 8.84 $\text{Ca}^{+2}\text{me}/100\text{gr}$, 1.21 $\text{Mg}^{+2}\text{me}/100\text{gr}$, 0.18 $\text{K}^{+}\text{me}/100\text{gr}$, 0.01 $\text{Na}^{+}\text{me}/100\text{gr}$, 1.27 $\text{H}+\text{Cl me}/100\text{gr}$, y tienen en promedio una CIC de 11.50 me/100gr.

El promedio de cationes cambiabiles de los sectores de la altitud alta es 9.14 $\text{Ca}^{+2}\text{me}/100\text{gr}$, 1.06 $\text{Mg}^{+2}\text{me}/100\text{gr}$, 0.18 $\text{K}^{+}\text{me}/100\text{gr}$, 0.01 $\text{Na}^{+}\text{me}/100\text{gr}$, 1.10 $\text{H}+\text{Cl me}/100\text{gr}$, y tienen en promedio una CIC de 11,48 me/100gr.

Tabla 15: Resultados del análisis de cationes cambiabiles

Zona	Muestra	Nombre/ Sector	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	H+Al	CIC me/100g
ALTITUD BAJA	M-03	PALOMAMPA	6.17	0.98	0.17	0.01	1.18	8.51
	M-04	TRANGA	5.24	1.22	0.18	0.01	1.06	7.71
	M-01	CEMENTERIO	10.41	1.44	0.19	0.01	0.84	12.89
	M-02	RARAMAYOC	8.41	1.38	0.19	0.01	0.62	10.61
	M-05	RARAMAYOC 2	6.87	1.42	0.19	0.01	1.26	9.75
ALTITUD MEDIA	M-09	RUMIPUNTA	8.7	1.4	0.19	0.01	1.16	11.46
	M-06	RARAMAYOC 3	6.98	1.22	0.16	0.01	1.44	9.81
	M-08	ANTENAPUNTA	6.96	1.44	0.18	0.01	1.22	9.81
	M-13	CRUZ PAMPA	13.46	0.97	0.17	0.01	1.32	15.93
	M-11	HUACOTO2	8.09	1	0.18	0.01	1.23	10.51
ALTITUD ALTA	M-07	MUKIPAMPA	8.37	1.15	0.17	0.01	1.38	11.08
	M-10	HUACOTO1	8.35	0.66	0.16	0.01	1.16	10.34
	M-12	RANRA UCRO	10.69	1.37	0.2	0.02	0.75	13.03

4.3.6 CONTENIDO DE SULFATOS Y CLORUROS

El promedio de sulfatos y cloruros del sector de la altitud baja un promedio de 0.50, SO₄⁼ me/100gr, 2.42 Cl⁻ me/100gr.

El promedio de sulfatos y cloruros del sector de la altitud media un promedio de 0.46, SO₄⁼ me/100gr, 2.48 Cl⁻ me/100gr.

El promedio de sulfatos y cloruros del sector de la altitud alta un promedio de 0.37 SO₄⁼me/100gr, 2.66 Cl⁻ me/100gr.

Tabla 16: Resultados del análisis de Sulfatos y cloruros

Zona	Muestra	Nombre/ Sector	CaCO ₃ ⁼	SO ⁼	Cl ⁻
ALTITUD BAJA	M-03	PALOMAMPA	0.00	0.52	2.43
	M-04	TRANGA	0.00	0.48	2.35
	M-01	CEMENTERIO	0.00	0.28	2.74
	M-02	RARAMAYOC	0.00	0.56	2.24
	M-05	RARAMAYOC 2	0.00	0.65	2.34
ALTITUD MEDIA	M-09	RUMIPUNTA	0.00	0.58	2.32
	M-06	RARAMAYOC 3	0.00	0.46	2.41
	M-08	ANTENAPUNTA	0.00	0.40	2.58
	M-13	CRUZ PAMPA	0.00	0.48	2.52
	M-11	HUACOTO2	0.00	0.37	2.59
ALTITUD ALTA	M-07	MUKIPAMPA	0.00	0.52	2.63
	M-10	HUACOTO1	0.00	0.42	2.64
	M-12	RANRA UCRO	0.00	0.18	2.7

4.3.7 PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE BASES Y PORCENTAJE DE SATURACION DE ACIDEZ

Tabla 17: Porcentaje de saturación de bases y porcentaje de saturación de acidez

Zona	Muestra	Nombre/ Sector	Porcentaje de saturación de bases	Porcentaje de saturación de acidez
ALTITUD BAJA	M-03	PALOMAMPA	93.48	6.52
	M-04	TRANGA	94.16	5.84
	M-01	CEMENTERIO	86.13	13.87
	M-02	RARAMAYOC	86.25	13.75
	M-05	RARAMAYOC 2	87.08	12.92
ALTITUD MEDIA	M-09	RUMIPUNTA	85.32	14.68
	M-06	RARAMAYOC 3	87.55	12.45
	M-08	ANTENAPUNTA	87.56	12.44
	M-13	CRUZ PAMPA	89.88	10.12
	M-11	HUACOTO2	88.78	11.22
ALTITUD ALTA	M-07	MUKIPAMPA	88.30	11.70
	M-10	HUACOTO1	94.24	5.76
	M-12	RANRA UCRO	91.71	8.29

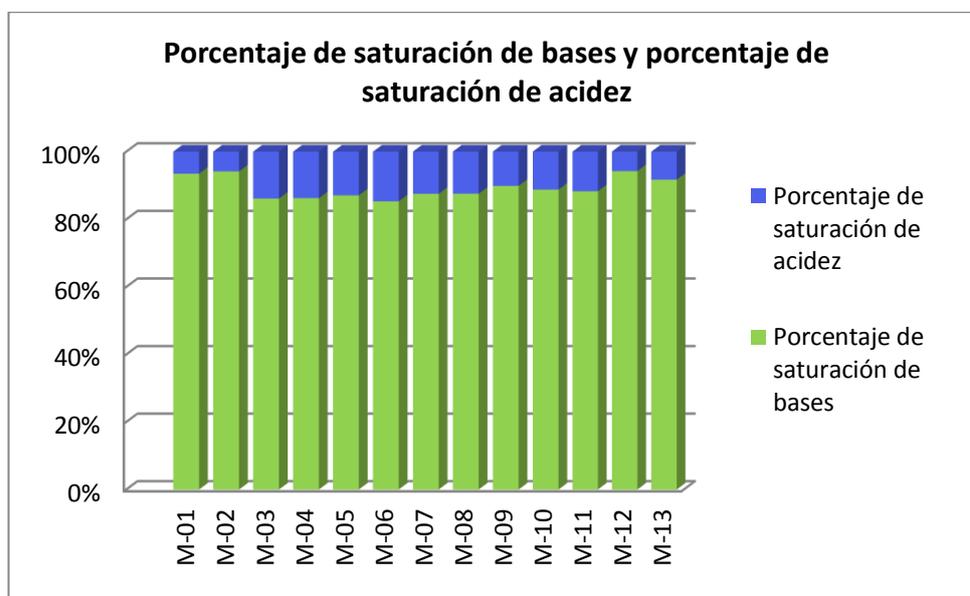


Figura 14 Porcentaje de saturación de bases y porcentaje de saturación de acidez

4.3.8 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE PAMPACANCHA

Tabla 18 Resultados de los análisis de fertilidad de las muestras de suelo de la Comunidad Campesina de Pampacancha

Zona	SECTOR	MUESTRA	TEXTURA			CLASE TEXTURAL	pH	C.E ds/m	M.O. %	Nt %	P ppm	K ppm	CIC (meq/100g)
			Ao	Li	Ar								
ALTITUD BAJA	PALOMAMPA	M-03	58	24	18	Franco arenoso	4.67	0.057	1.042	0.052	4	69	8.51
	TRANGA	M-04	44	28	28	Franco arcilloso	4.57	0.074	1.628	0.081	5	76	7.71
	CEMENTERIO	M-01	50	26	24	Franco arcillo arenoso	5.57	0.056	2.516	0.126	23	75	12.89
	RARAMAYOC	M-02	60	22	18	Franco arenoso	4.57	0.049	1.628	0.081	3	79	10.61
	RARAMAYOC 2	M-05	58	20	22	Franco arcillo arenoso	4.41	0.093	1.238	0.062	3	74	9.75
ALTITUD MEDIA	RUMIPUNTA	M-09	48	25	26	Franco	4.87	0.116	0.69	0.035	6	77	11.46
	RARAMAYOC 3	M-06	46	22	32	Franco arcillo arenoso	4.19	0.047	1.17	0.059	9	64	9.81
	ANTENAPUNTA	M-08	50	22	28	Franco arcillo arenoso	4.73	0.047	0.876	0.044	2	68	9.81
	CRUZ PAMPA	M-13	46	18	36	Arcillo arenoso	4.48	0.044	2.138	0.107	6	65	15.93
	HUACOTO2	M-11	54	25	21	Franco arcillo arenoso	4.66	0.081	0.69	0.035	6	73	10.51
ALTITUD ALTA	MUKIPAMPA	M-07	56	23	21	Franco arcillo arenoso	4.38	0.069	2.342	0.117	6	66	11.08
	HUACOTO1	M-10	62	19	19	Franco arenoso	4.52	0.032	1.61	0.081	14	61	10.34
	RANRA UCRO	M-12	56	28	16	Franco arenoso	5.35	0.163	2.224	0.111	4	80	13.03

Descripción de la altitud baja

- El suelo de Palomapampa es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, pobre en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. No tiene problemas de salinidad.
- El suelo de Tranga es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, pobre en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. No tiene problemas de salinidad.
- El suelo Cementerio, es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción moderadamente ácida, medianamente rica en materia orgánica y nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio. No tiene problemas de salinidad.
- El suelo de Raramayoc 1, es de textura franco arcilloso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, pobre en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. No tiene problemas de salinidad.
- El suelo de Raramayoc 2, es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, pobre en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. No tiene problemas de salinidad.

Descripción de la altitud media

- El suelo de Rumipunta, es de textura arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, pobre en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. No tiene problemas de salinidad.

- El suelo de Raramayoc 3, es de textura franco, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, pobre en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. No tiene problemas de salinidad.
- El suelo de Antenapunta, es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, pobre en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. No tiene problemas de salinidad.
- El suelo Cruz Pampa, es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medianamente rica en materia orgánica y nitrógeno, pobre en fósforo y potasio. No tiene problemas de salinidad.
- El suelo de Puchkoq, es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, pobre en materia orgánica, nitrógeno, pobre en fósforo y potasio. No tiene problemas de salinidad.

Descripción de la altitud alta

- El suelo de Mukipampa, es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medianamente rica en materia orgánica y nitrógeno, pobre en fósforo y potasio. No tiene problemas de salinidad.
- El suelo de Huacoto, es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, pobre en materia orgánica y nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio. No tiene problemas de salinidad.
- El suelo Ranra Ucra, es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medianamente rica en materia orgánica y nitrógeno, pobre en fósforo y en potasio. No tiene problemas de salinidad.

V. CONCLUSIONES

1. El diagnóstico de los suelos de la Comunidad Campesina de Pampacancha demuestra que estos se caracterizan por presentar una textura franco arcillo arenosa, con un pH ácido (entre 4.19 y 5.57), pobre a medianamente rico en materia orgánica (entre 0.69% a 2.52%), pobres en fósforo y potasio.
2. Evaluada la fertilidad de los suelos de Comunidad Campesina de Pampacancha se concluye en general de los 13 sectores los suelos presentan una fertilidad baja, dominando la textura Franco Arenosa, materia orgánica baja, con un promedio de 1.522 %; P-disponible bajo con un promedio de 7.00 ppm y K-disponible bajo con un promedio de 71.037 ppm K. Por tanto todos los suelos son de reacción ácida con un promedio de pH 4.65.
3. Los suelos son medianamente profundos a poco profundos, con una Capacidad de Intercambio Catiónico media a baja entre 7.71 a 15.73, con un porcentaje de saturación de bases entre 85.32 % a 94.24 % y con un porcentaje de saturación de acidez entre 5.76 % a 14.68 %.

VI. RECOMENDACIONES

- 1.** Se recomienda aplicar dosis medias a altas de fosforo y potasio, según el cultivo, para mejorar los rendimientos de los diferentes cultivos de la comunidad.
- 2.** Aplicar enmiendas para la corrección del pH se deberá subir su nivel a un rango de 5.5 a 6.5 donde hay mayor disponibilidad y actividad biológica.
- 3.** Incorporar materia orgánica para elevar los niveles de nutrientes mejorar la actividad biológica.
- 4.** Continuar con los estudios de muestreo de los suelos con el fin de confirmar la tendencia del estado nutricional a futuro si se mantiene o varía el estado nutricional de los suelos de la comunidad.

VII. BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, M.S (1960) History and development of soil testing. J. Agric. Fodd Chem 84-87

ARIAS, A. (2004) Absorción de nutrientes por los cultivos. Caracas: Graficlub.

AZABACHE, L. (2003) Fertilidad de suelos -agricultura sostenible. Huancayo: Impreso en Huancayo.

BARRETO, R. J. (2002) Manual de manejo y Conservación de suelos FCA - UNASAM-Huaraz.

BARRETO, R.J (2013) Manual práctico de Análisis de Suelos, Aguas y plantas.

BARRANTES, S. F. (1992). *Interpretación de análisis de suelos, foliar y agua de riego. Consejo de abonado.* Madrid, España: Edit. Mundi - Prensa.

BLANCO, J. (2006) Materia orgánica del suelo. (en línea), ICA. Consultado el 13 marzo 2017.formato PDF. Disponible en <http://www.larioja.org>.

BRADY, N. C., and WEILL, R. R. (1999). *The nature and properties of soils.* Prentice Hall. New Jersey, U.S.A.: Upper Saddle River.

COOK, R. (1962). *Soil management for conservation and production.* USA: Sons.

DOMÍNGUEZ, V. A. (1989) Tratado de fertilización. Edic. Mundi-Prensa, Madrid. España. 410p

FASSBENDER, H. W. (1989) Química de suelos con énfasis en suelos de America – Costa Rica IICA

FERNANDEZ, L.; ROJAS, N.; ROLDAN, T.; RAMIREZ, M.; ZEGARRA, H.; URIBE, R.; REYES, R.; FLORES, D.; ARCE, J (2006) Análisis físicos y químicos en suelo. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas al remediación de sitios contaminados. Instituto Nacional de Ecología. México DF. Pp. 18-88.

FLORES, D.L. (2009) Manual de Procedimientos Analíticos .Departamento de Edafología .Universidad Nacional Autónoma de México. Tomado del Internet <http://www.geologia.unammxligl/deptosleda/olfs/manualLFS.pdf>. Consultado el 14/03/2013.

FUENTES, L.J (1994) El suelo y los Fertilizantes. Edic. Mundo-Prensa. 4ta Edición. Madrid.

GARCÍA, G. N. (2000) Química Agrícola El Suelo y los Elementos Químicos Esenciales Para la Vida Vegetal. Edic. Mundi - Prensa. MadridEspaña.

GRANADOS, P. (2010) Caracterización del Estado Nutricional de los Suelos de Costa Rica mediante la Técnica del Elemento Faltante en el Invernadero Turrialba 20: 95 pág.

MENDOZA, S. E. (2016) Evaluación del índice de disponibilidad de elementos nutritivos a diferentes niveles de altitud en el distrito de Jangas, provincia de Huaraz, departamento de Ancash. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ancash Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz.

MITSCHERLICH, S. V. (1970). *Fertilidad de Suelos y Fertilizantes para la Investigación de la Agricultura.* (4° Edición ed.). México, México: Edit. Trillas.

JARAMILLO, (2002) Introducción a la Ciencia del Suelo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 613pp.

JACKSON, M.L. (1982) Análisis químico de suelos. Barcelona-España:OMEGA

LÓPEZ, A. J. (2005) Manual de Edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Universidad de Sevilla, España.

Tomado de Internet

/http://libnet.unse.edu.arllbilbalcefayadigi000005.pdf.Consultado el 20103/2013

LÓPEZ, R. (1990) El Diagnostico de Suelos y Plantas. Edit. Mundo Prensa S.A. Madrid.

THURSTON F.N. (1997), química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Edic. Mundi-Prensa. Madrid –España

TORRES, J. (2008) Química de suelos. México. Editorial. Edic. B y L.M.

RUCKS. L., GARCÍA. F., KAPLÁN. A., PONCE DE LEÓN. J., Hill.

M., (2004).Propiedades Físicas del Suelo. Facultad de Agronomía.

Universidad de la Republica, Montevideo-Uruguay. (Tomado del internet

http://www.(agro.edu.uvl-eda(ologia/curso/Material%20de%20lectura/FI SICAS/tisicas.pd(.Consultado el 30/04/2013.

SAAVEDRA, L. G. (2016) Evaluación de la fertilidad de los suelos del distrito de Chacas con fines agrícolas, Asunción, Ancash. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ancash Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz.

SÁNCHEZ, V. J. (2007) Fertilidad de Suelos y Nutrición Mineral de Plantas; Editorial FERTITEC S.A. Madrid. España.

SOSA, A. (2002). *Muestreo de suelos.* Rivadia.

PALMER, M.C. (1989) Química del suelo. México: Limusa S.A.

VENEGAS, A (2008) Caracterización de la materia orgánica de suelos de praderas naturales y cultivadas de IX Región (en línea). Chile .consultado el 19 de junio de 2017. Formato PDF. Disponible en <http://wwwtesis.uchile.cl>.

VILLACAQUI, G. E. (2015) Evaluación de la fertilidad de los suelos de la comunidad campesina de Santa Cruz de Pichiu en los distritos de Chana y Huachis- provincia de Huari. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ancash Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz.

ZAVALETA, G.A (1992) Edafología. El Suelo en Relación con la Producción. Edit. CONCYTEC. Lima-Perú. 223pp.

VIII. ANEXOS

ANEXO 01. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

PANEL FOTOGRÁFICO

Reconocimiento de la zona de estudio



Extracción de las muestras



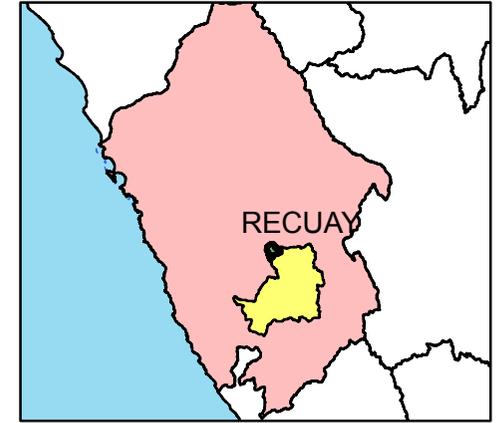
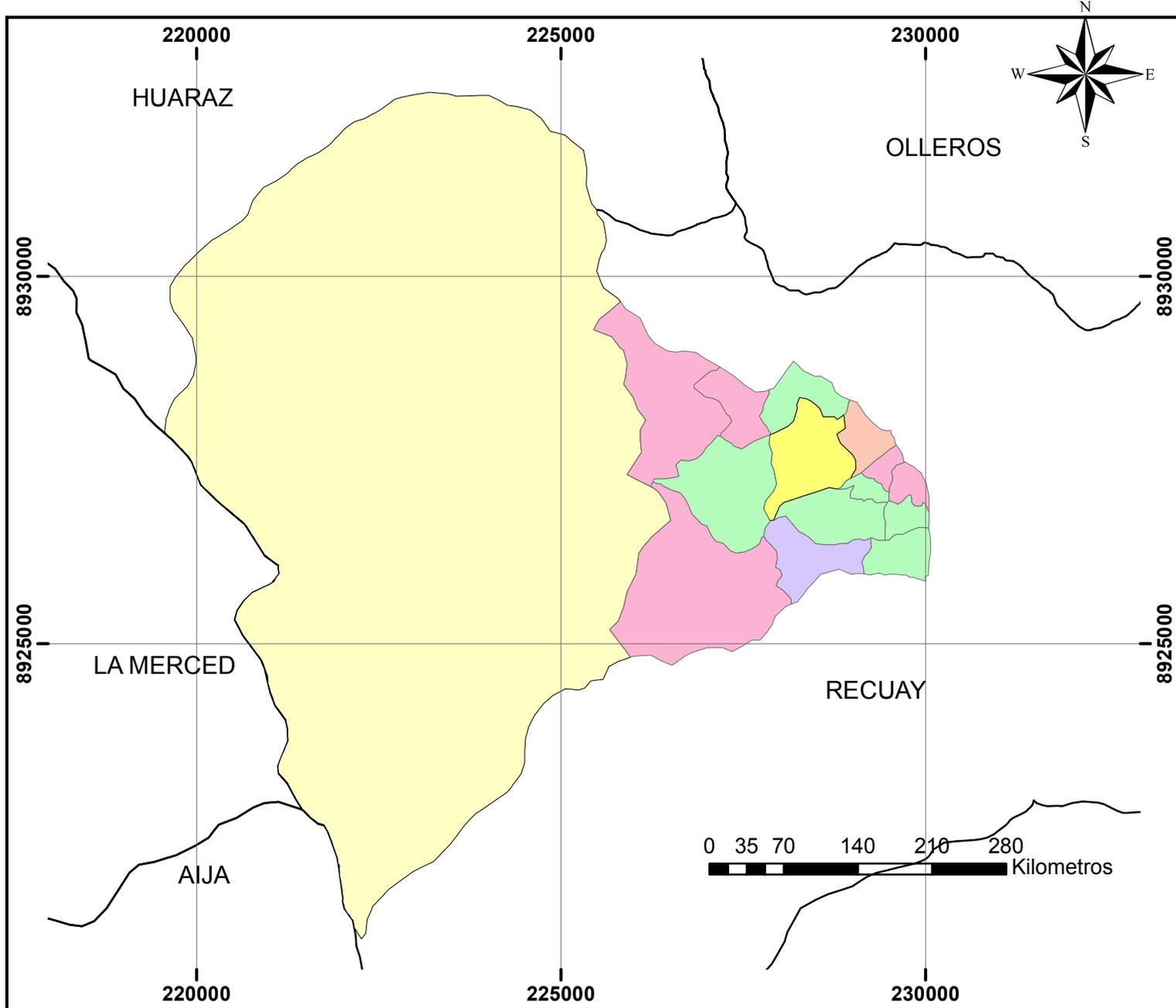
JURADO DE TESIS VERIFICANDO LA TOMA DE MUESTRAS



TESISTA EN SECADO DE MUESTRAS PARA RESPECTIVO ANALISIS



PLANO DE TEXTURA DEL SUELO



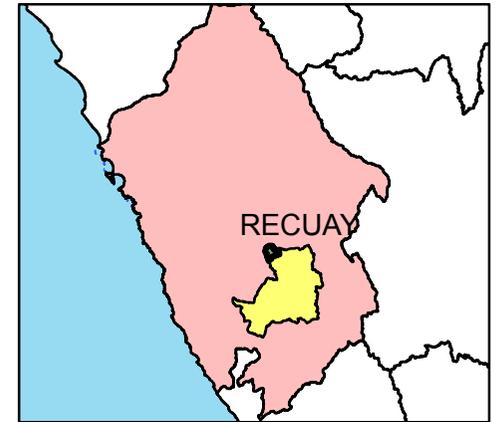
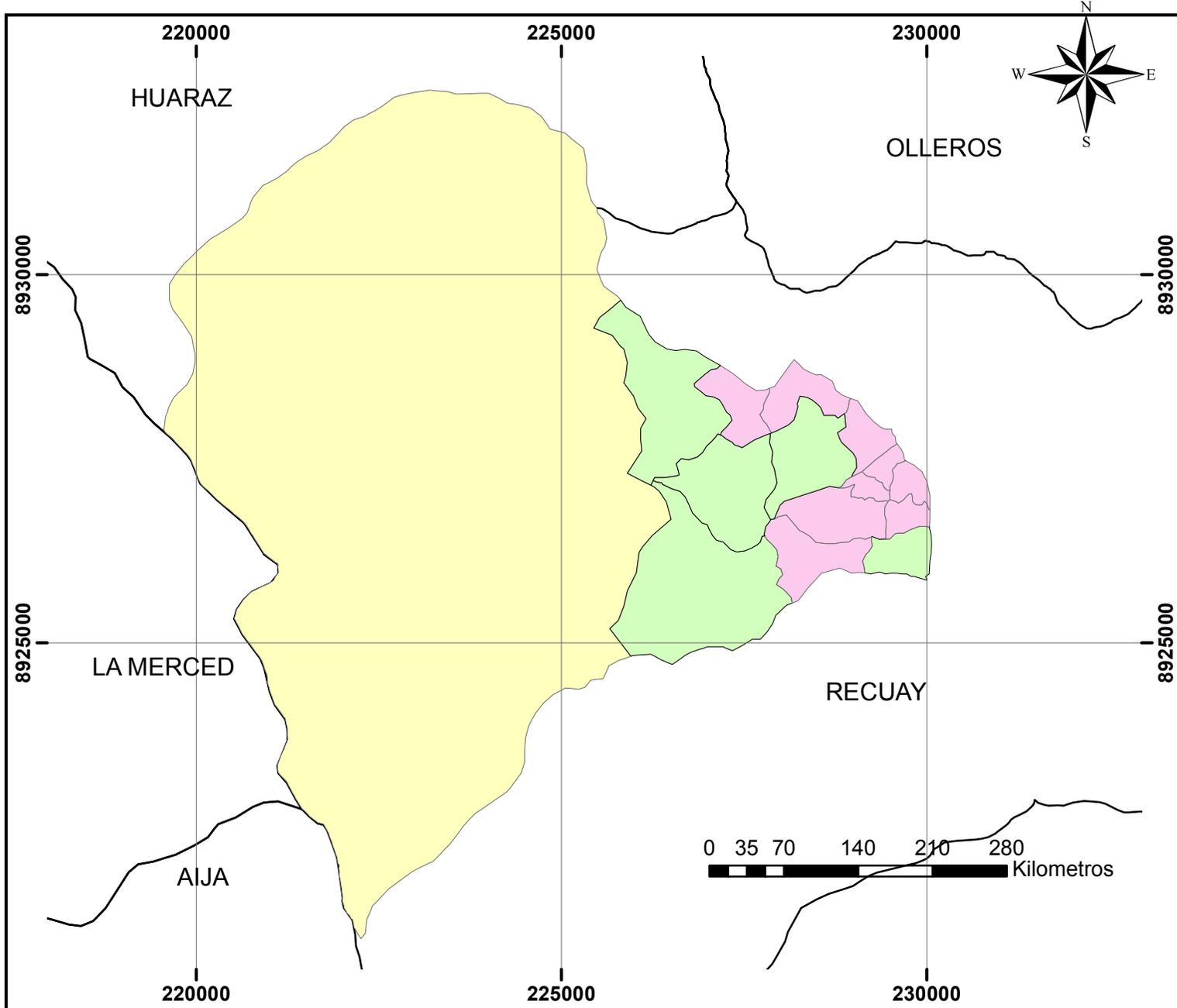
LEYENDA

Textura

- Arcillo arenoso
- Franco
- Franco arcillo arenoso
- Franco arcilloso
- Franco arenoso
- Terreno no cultivable

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"		
TESIS: "DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE PAMPACANCHA, DISTRITO Y PROVINCIA DE RECUAY - ANCASH"		
PLANO: TEXTURA DEL SUELO		
RESPONSABLE: BACH. RONALD CHRISTIAM ARDILES VILLANUEVA		
DISTRITO: RECUAY		
PROVINCIA: RECUAY		
DEPARTAMENTO: ANCASH		
ESCALA: 1:80000	FECHA: 10/02/2019	PLANO: Nº 01

PLANO DE MATERIA ORGANICA



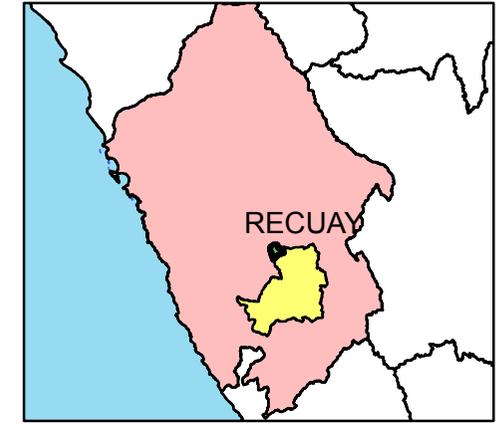
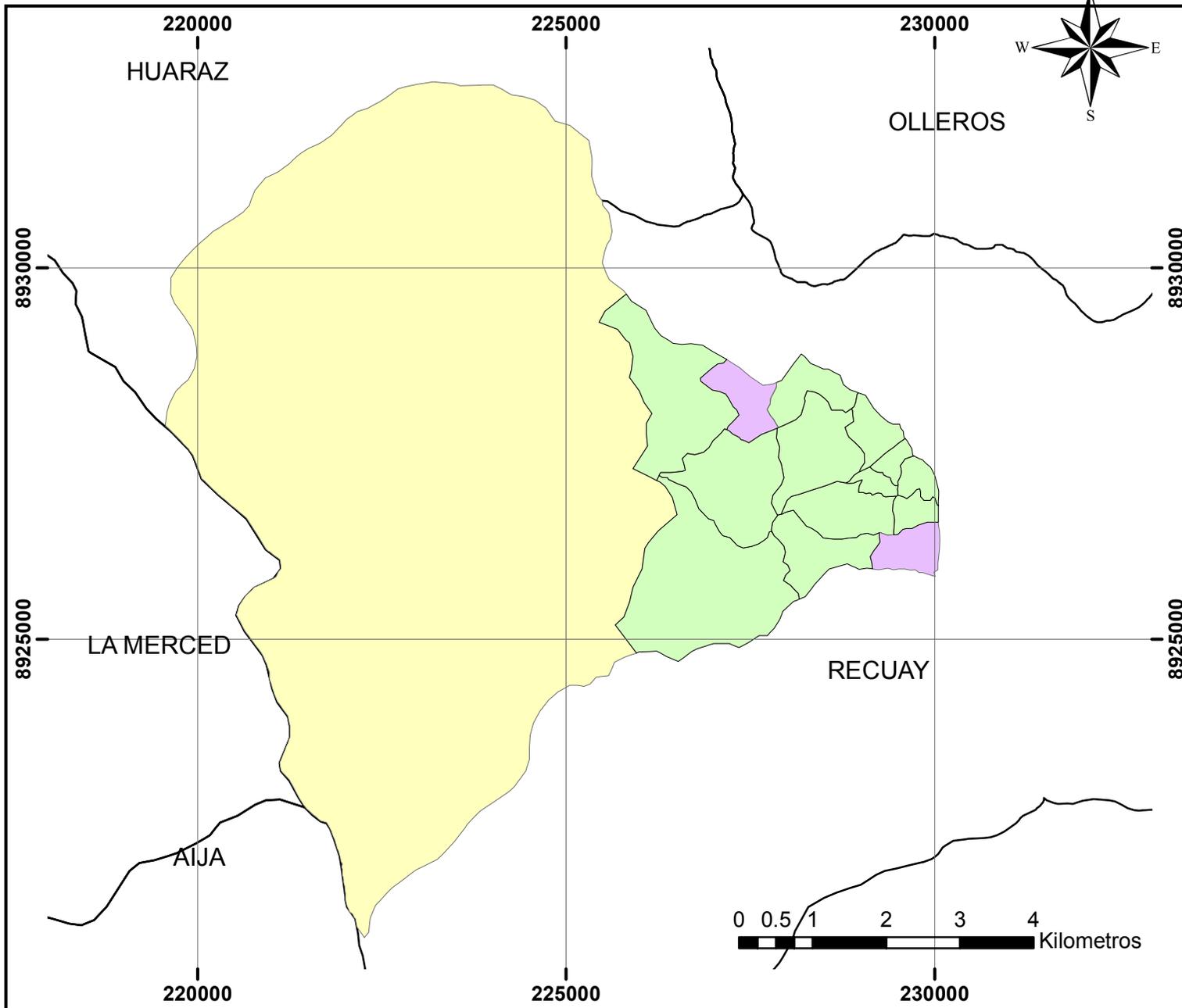
LEYENDA

MATERIA ORGANICA

- Medianamente rico
- Pobre
- Terreno no cultivable

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"		
TESIS: "DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE PAMPACANCHA, DISTRITO Y PROVINCIA DE RECUAY - ANCASH"		
PLANO: NIVELES DE MATERIA ORGANICA		
RESPONSABLE: BACH. RONALD CHRISTIAM ARDILES VILLANUEVA		
DISTRITO: RECUAY		
PROVINCIA: RECUAY		
DEPARTAMENTO: ANCASH		
ESCALA: 1:80000	FECHA: 10/02/2019	PLANO: N° 02

PLANO DE NIVELES DE FOSFORO



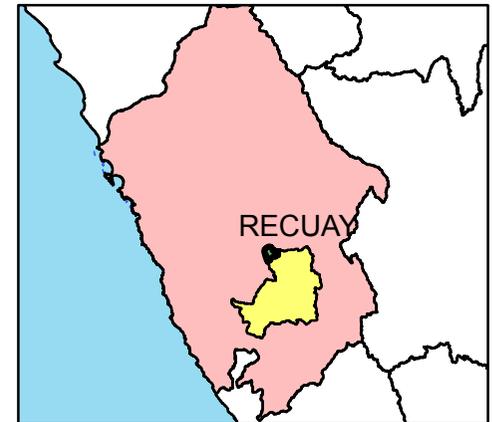
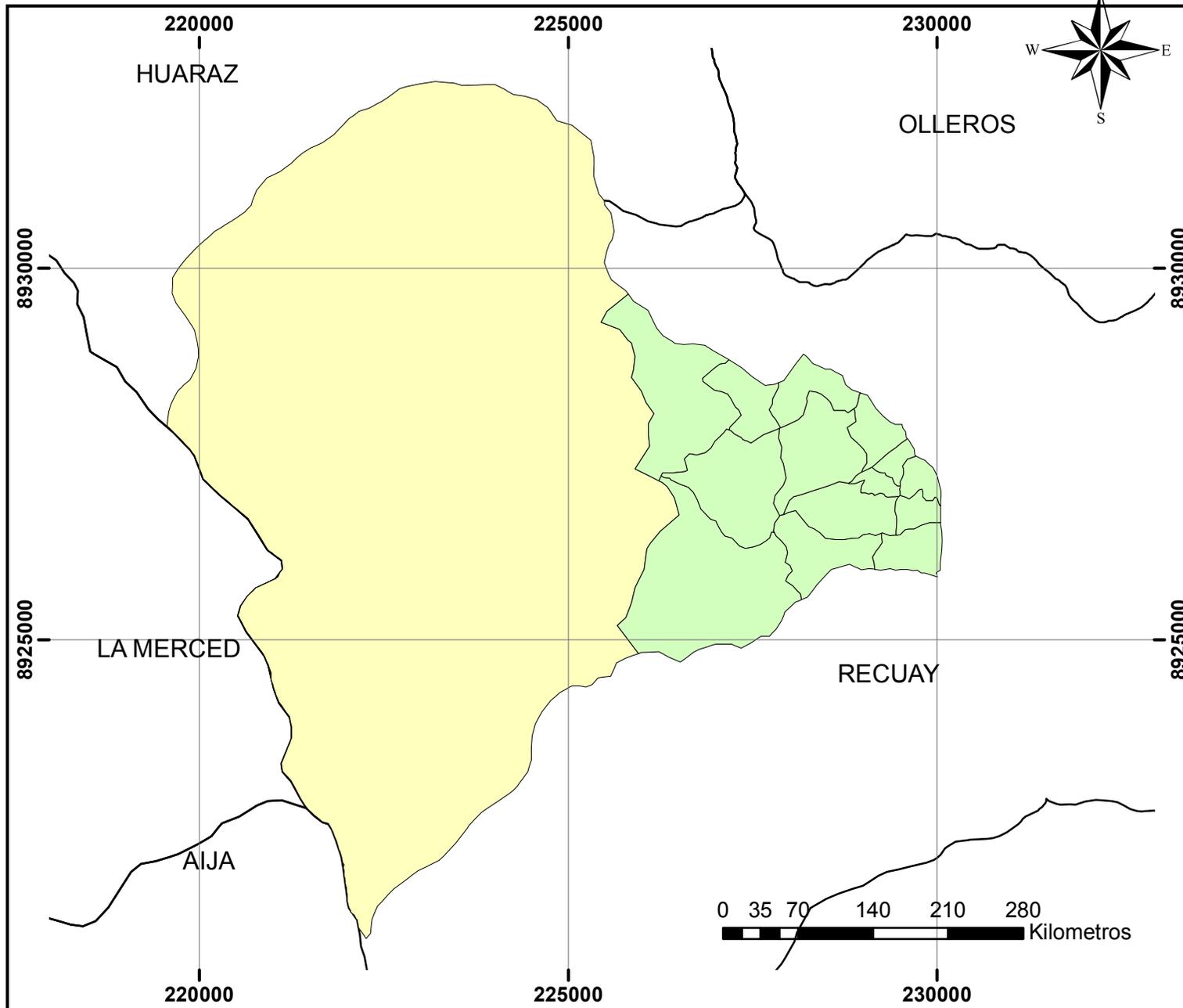
LEYENDA

NIVELES DE FOSFORO

- Medianamente rico
- Pobre
- Terreno no cultivable

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"		
TESIS: "DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE PAMPACANCHA, DISTRITO Y PROVINCIA DE RECUAY - ANCASH"		
PLANO: NIVELES DE FOSFORO		
RESPONSABLE: BACH. RONALD CHRISTIAM ARDILES VILLANUEVA		
DISTRITO: RECUAY		
PROVINCIA: RECUAY		
DEPARTAMENTO: ANCASH		
ESCALA: 1:80000	FECHA: 10/02/2019	PLANO: Nº 03

PLANO DE NIVELES DE POTASIO



LEYENDA

NIVELES DE POTASIO

- Pobre
- Terreno no cultivable

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"		
TESIS: "DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE PAMPACANCHA, DISTRITO Y PROVINCIA DE RECUAY - ANCASH"		
PLANO: NIVELES DE POTASIO		
RESPONSABLE: BACH. RONALD CHRISTIAM ARDILES VILLANUEVA		
DISTRITO: RECUAY		
PROVINCIA: RECUAY		
DEPARTAMENTO: ANCASH		
ESCALA: 1:80000	FECHA: 10/02/2019	PLANO: N° 04