

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



TESIS

CONCENTRACIÓN DE MINERALES A DOS PROFUNDIDADES DEL SUELO EN CULTIVOS DE ALFALFA (*Medicago sativa*) EN LAS LOCALIDADES DE ACRAQUÍA, DANIEL HERNANDEZ Y COLCABAMBA DE LA PROVINCIA DE TAYACAJA- HUANCAMELICA

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Nutrición y Alimentación Animal

PRESENTADO POR:

Bach. REPUELLO RUIZ, Wilian

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Zootecnista

HUANCAMELICA – PERU

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

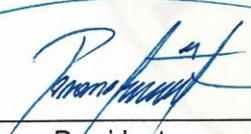


En la ciudad de Huancavelica, a los treinta y uno días (31) del mes de agosto del año 2021, siendo las diez de la mañana (10:00 am.), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: ng. Paul Herber Mayhua Mendoza (Presidente), M.Sc. Rodrigo Huamán Jurado (Secretario), M.Sc. Héctor Marcelo Guillen Domínguez (Vocal), designados con Resolución de Decano N° 184-2019-FCI-UNH, de fecha 15 de octubre del 2019, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: **“CONCENTRACIÓN DE MINERALES A DOS PROFUNDIDADES DEL SUELO EN CULTIVOS DE ALFALFA (*Medicago sativa*) EN LAS LOCALIDADES DE ACRAQUIA, DANIEL HERNANDEZ Y COLCABAMBA DE LA PROVINCIA DE TAYACAJA-HUANCAVELICA”**, presentado por el Bachiller **Wilian REPUELLO RUIZ**, con presencia del M.Sc. José Luis Contreras Paco, Asesor de la presente tesis a fin de optar el **Título Profesional de Ingeniero Zootecnista**. Finalizada la sustentación virtual a horas 12:30 m; se comunicó al sustentante y al público en general que los Miembros del Jurado abandonará el aula virtual para deliberar el resultado:

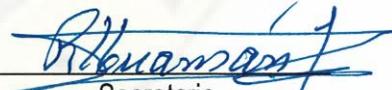
APROBADO POR MAYORIA

DESAPROBADO

En señal de conformidad, firmamos a continuación:



Presidente
ing. Paul Herber Mayhua Mendoza



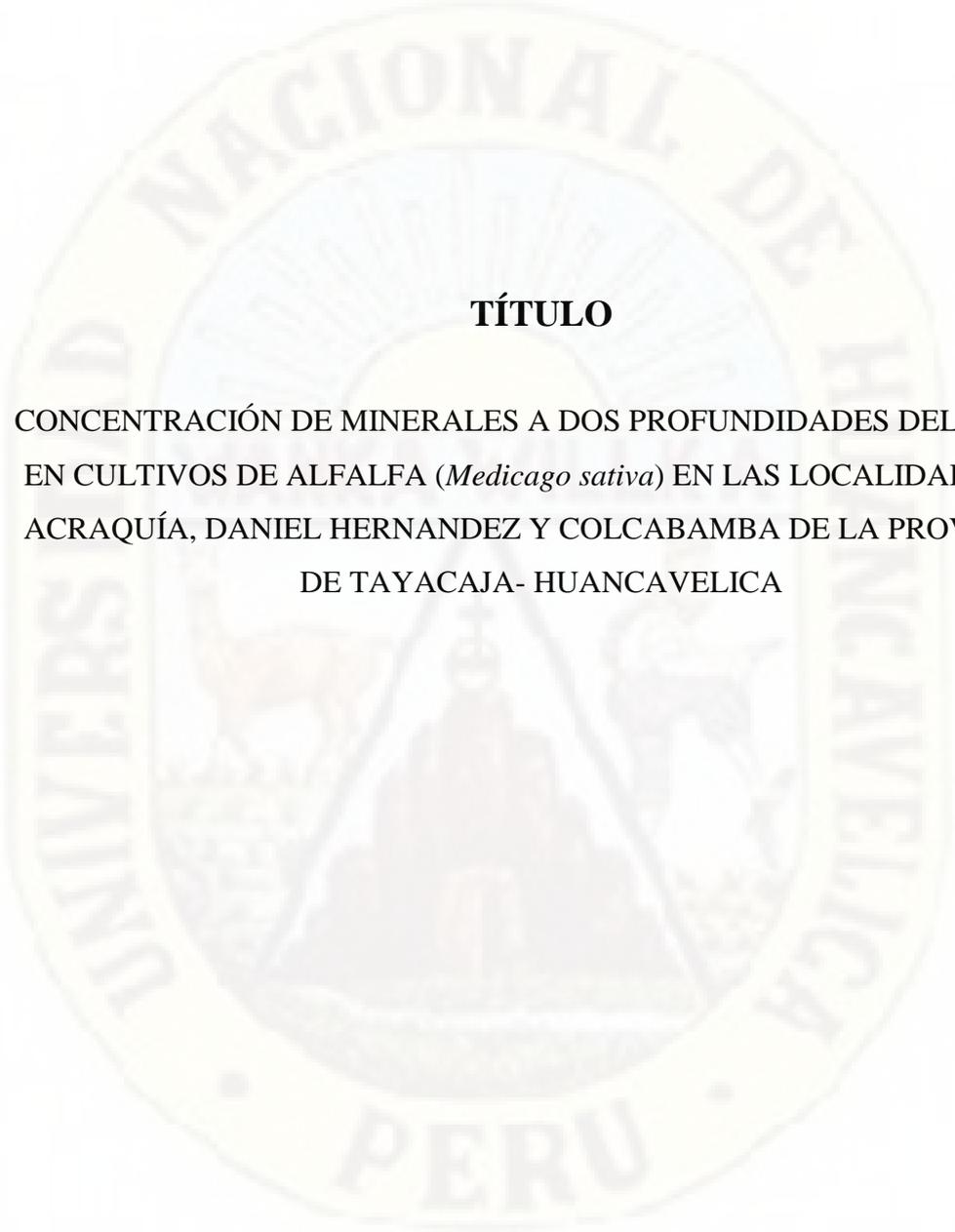
Secretario
MSc. Rodrigo Huaman Jurado



Vocal
MSc. Hector Marcelo Guillen Dominguez

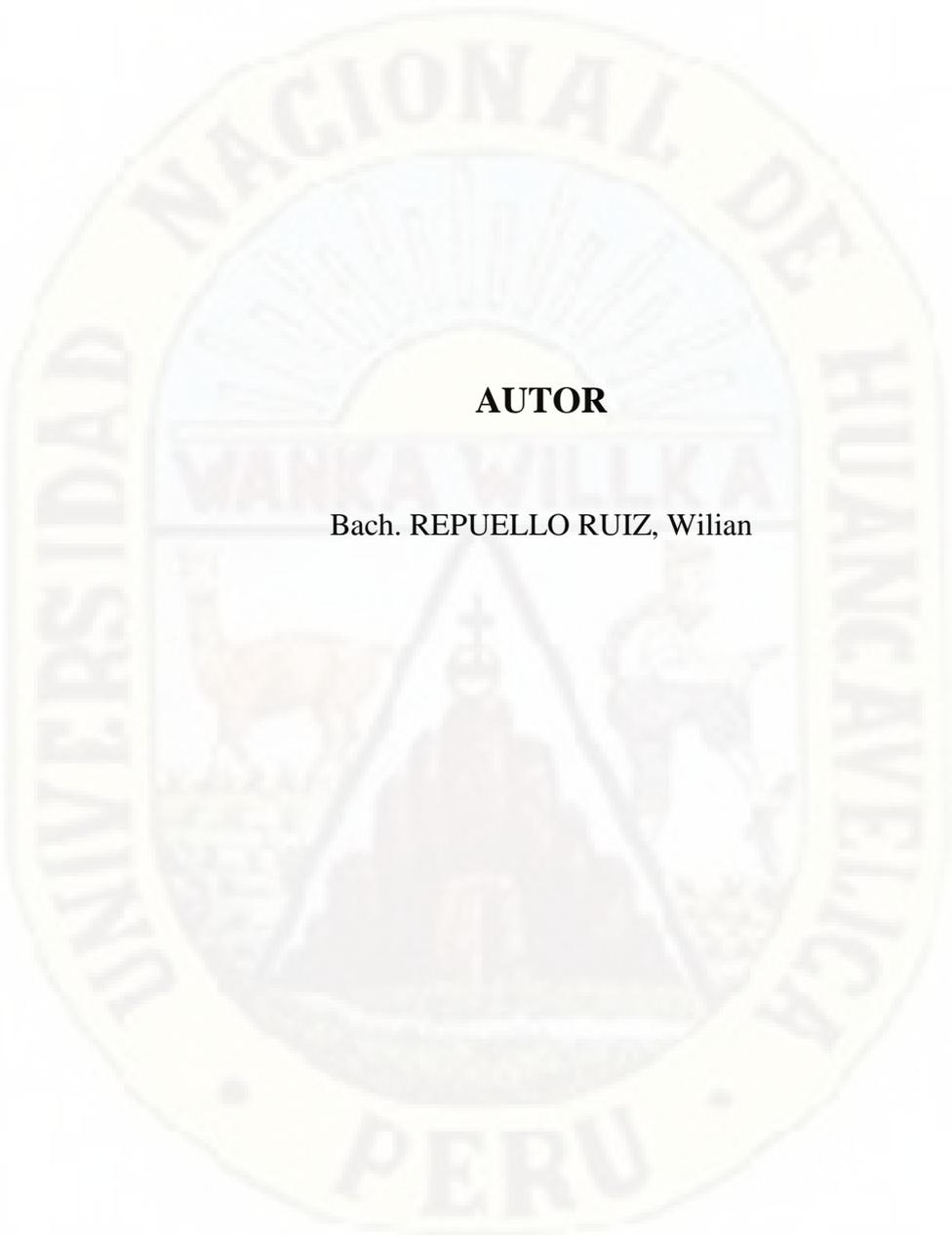


V° B° Decano
Pedro Palomino Pastrana



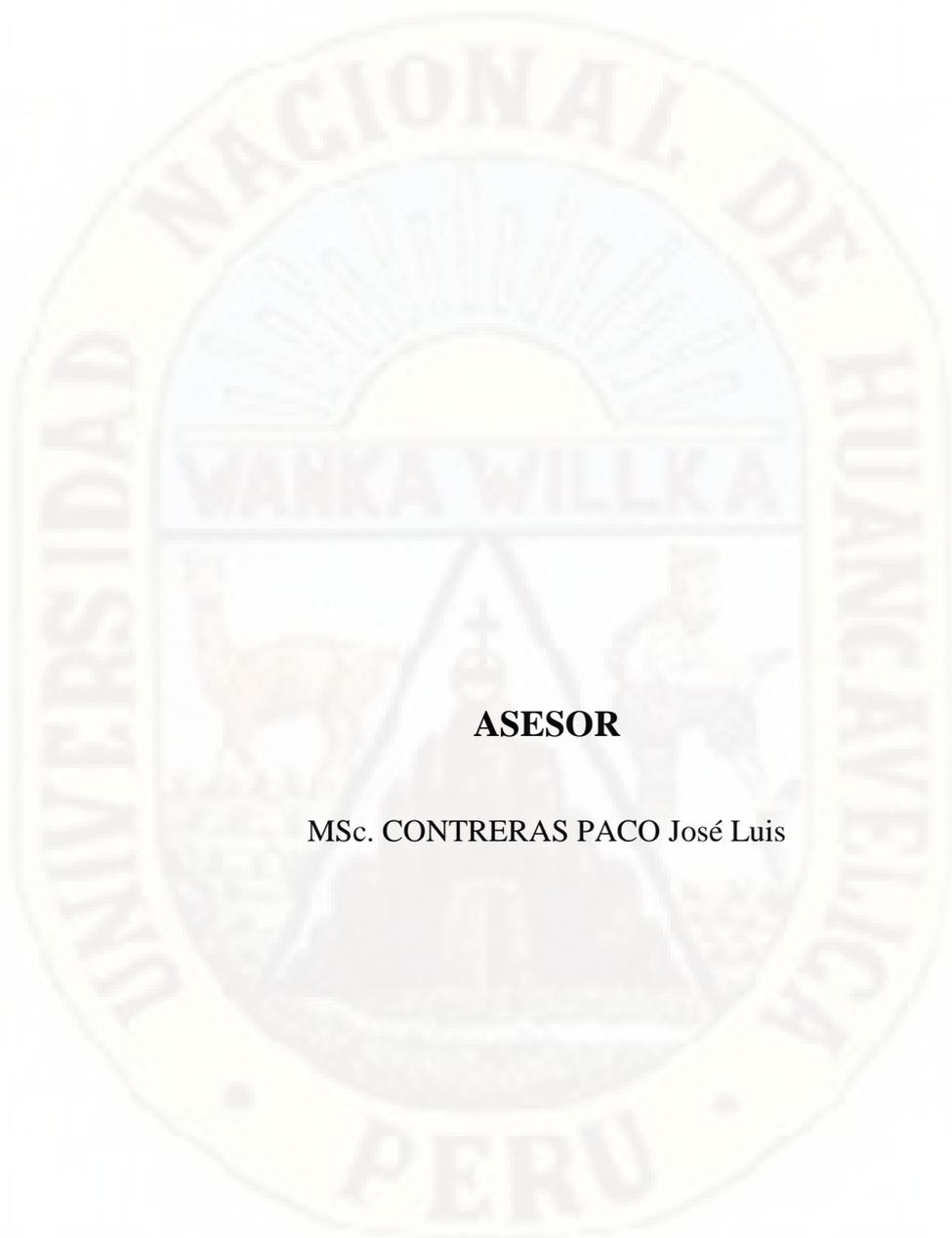
TÍTULO

CONCENTRACIÓN DE MINERALES A DOS PROFUNDIDADES DEL SUELO
EN CULTIVOS DE ALFALFA (*Medicago sativa*) EN LAS LOCALIDADES DE
ACRAQUÍA, DANIEL HERNANDEZ Y COLCABAMBA DE LA PROVINCIA
DE TAYACAJA- HUANCABELICA



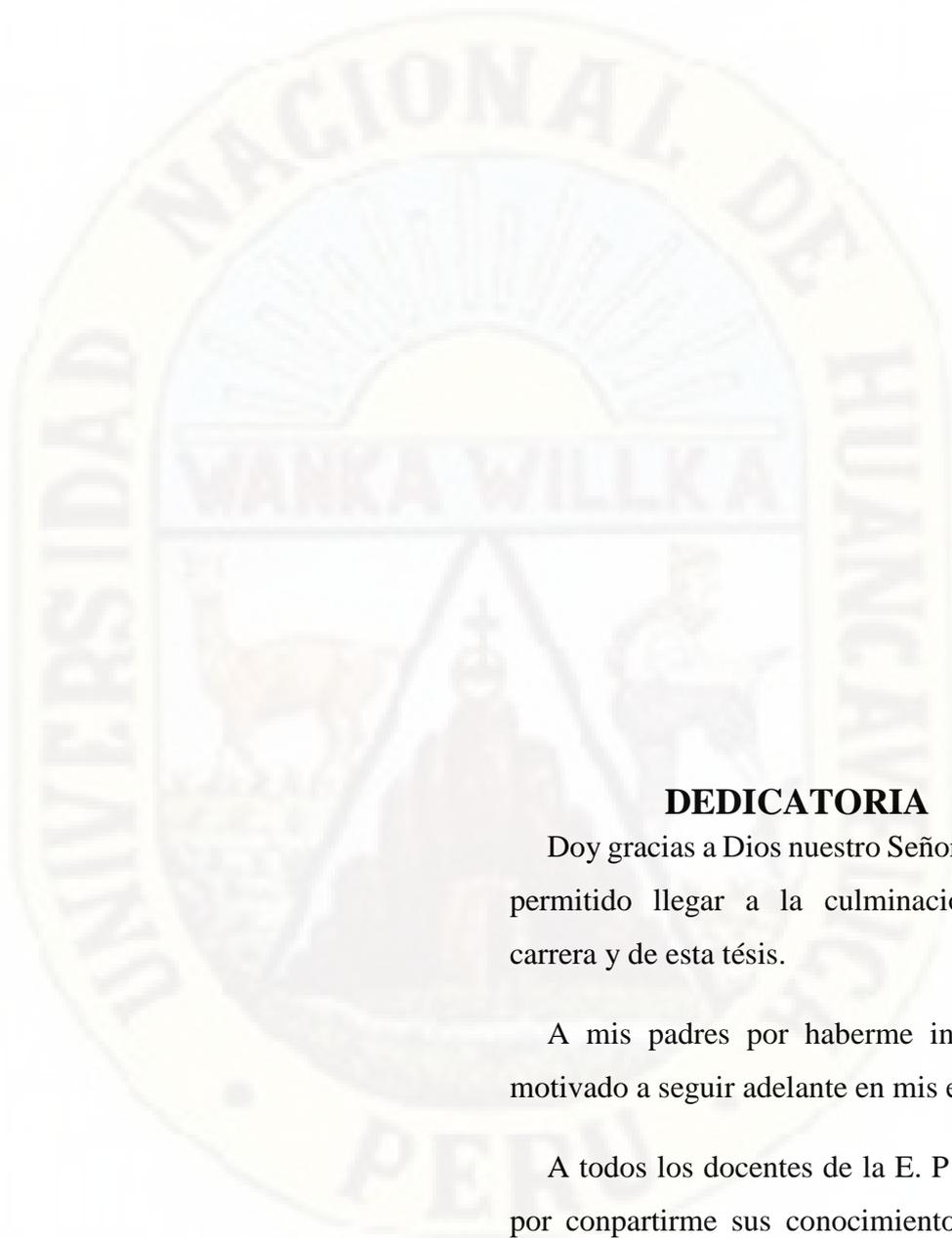
AUTOR

Bach. REPUELLO RUIZ, Wilian



ASESOR

MSc. CONTRERAS PACO José Luis



DEDICATORIA

Doy gracias a Dios nuestro Señor por haber permitido llegar a la culminación de mi carrera y de esta tesis.

A mis padres por haberme inculcado y motivado a seguir adelante en mis estudios.

A todos los docentes de la E. P Zootecnia por compartirme sus conocimientos en cada asignatura.

A toda mi familia y amigos en general que siempre estuvieron a mi lado en las buenas y en las malas.

AGRADECIMIENTO:

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por permitirme la vida y que con ese gran amor que tiene me dio esa fortaleza y sabiduría en todo momento.

A nuestra alma mater, la Universidad Nacional de Huancavelica y a la Escuela Académica Profesional de Zootecnia, de la cual orgullosamente llevaré en alto su nombre.

Al Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos- LUNEA. De la Escuela Académica Profesional de Zootecnia de la Universidad Nacional de Huancavelica, por apoyo de uso del equipo, reactivos, para el presente trabajo de investigación.

Al M.Sc. José Luis Contreras Paco en su calidad de asesor del presente trabajo de investigación quien, por su empeño en la revisión del presente informe, aportando sus valiosos comentarios y sugerencias, siempre con la finalidad de mejorar la calidad, en mejores profesionales del futuro.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|------|
| TÍTULO | I |
| AUTOR..... | II |
| ASESOR | III |
| DEDICATORIA | IV |
| AGRADECIMIENTO: | V |
| INDICE DE TABLAS | VIII |
| INDICE DE FIGURAS | IX |
| INDICE DE APENDICE | IX |
| INDICE DE FOTOGRAFIA..... | X |
| RESUMEN | XI |
| ABSTRACT..... | XII |
| INTRODUCCIÓN | XIII |
| | |
| CAPÍTULO I | |
| PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA | |
| 1.1. Descripción del problema | 1 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 2 |
| 1.3. Objetivos..... | 2 |
| 1.3.1. Objetivo general..... | 2 |
| 1.3.2. Objetivo específico | 2 |
| 1.4. Justificación | 2 |
| | |
| CAPÍTULO II | |
| MARCO TEÓRICO | |
| 2.1. Antecedentes..... | 4 |
| 2.1.1. A nivel internacional..... | 4 |
| 2.1.2. A nivel nacional..... | 10 |
| 2.1.3. A nivel local..... | 12 |
| 2.2. Bases teóricas..... | 13 |
| 2.2.1. Concentración de minerales..... | 13 |
| 2.2.2. El suelo | 14 |
| a) Macrominerales | 14 |
| b) Micronutrientes..... | 15 |
| 2.2.2.1. Deficiencias o excesos de minerales en el suelo..... | 17 |

| | | |
|------------|--|----|
| 2.2.2.2. | Funciones de los minerales | 18 |
| 2.2.2.3. | Concentracion de fosforo en el suelo..... | 19 |
| 2.2.2.4. | Concentración de calcio en el suelo..... | 20 |
| 2.2.2.5. | Concentración de Hierro en el suelo..... | 20 |
| 2.2.2.6. | Concentracion de Cobre en el suelo | 20 |
| 2.2.2.7. | Concentracion de Zinc en el suelo..... | 21 |
| 2.2.3. | Profundidad del suelo | 21 |
| 2.2.3.1. | La Profundidad Efectiva | 21 |
| 2.2.3.1.1. | Profundidad de muestreo | 22 |
| 2.2.4. | Potencial de hidrógeno (pH)..... | 22 |
| 2.3. | Definición de términos | 22 |
| 2.4. | Identificación de variables..... | 23 |
| 2.4.1. | Variable 1..... | 23 |
| 2.4.2. | Variable 2..... | 23 |
| 2.5. | Definición operativa de variables e indicadores..... | 24 |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1. | Ambito de estudio..... | 25 |
| 3.1.1. | Acraquia | 25 |
| 3.1.2. | Colcabamaba..... | 25 |
| 3.1.3. | Daniel Herenandez:..... | 25 |
| 3.2. | Tipo de investigación..... | 25 |
| 3.3. | Nivel de investigación | 25 |
| 3.4. | Método de investigación..... | 25 |
| 3.5. | Diseño de investigación..... | 26 |
| 3.6. | Población muestra y muestreo | 26 |
| 3.5.1. | Población | 26 |
| 3.5.2. | Muestra | 26 |
| 3.5.3. | Muestreo | 27 |
| 3.7. | Técnica e instrumentos de recolección de datos..... | 27 |
| 3.8.1. | Técnica..... | 27 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.8.2. | Instrumento de recolección de datos..... | 27 |
| 3.8. | Procedimiento y recolección de datos | 28 |
| 3.9. | Técnicas de procesamiento y análisis de datos..... | 29 |

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

| | | |
|------|---|----|
| 4.1. | Concentración de Ca y P a dos profundidades del suelo | 30 |
| 4.2. | Concentración de Cu, Zn Y Fe a dos profundidades del suelo..... | 33 |
| 4.3. | Rango de pH dos profundidades del suelo | 34 |
| | Conclusiones | 36 |
| | Recomendaciones..... | 38 |
| | Referencias bibliográficas..... | 39 |
| | Apéndice | 45 |

INDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 1: | Niveles críticos de elementos minerales en el suelo..... | 13 |
| Tabla 2: | Influencia del pH en la asimilación..... | 17 |
| Tabla 3: | Función metabólica de los elementos en las plantas..... | 18 |
| Tabla 4: | Definición Operativa de Variables e indicadores..... | 23 |
| Tabla 5: | Area total de cultivos permanentes | 25 |
| Tabla 6: | Area total de cultivos de alfalfa | 27 |
| Tabla 7: | Concentración de P y Ca a dos profundidades del suelo..... | 30 |
| Tabla 8: | Concentración de Cu, Zn y Fe a dos profundidades del suelo..... | 33 |
| Tabla 9: | pH del suelo a dos profundidades del suelo..... | 35 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Concentración de P en Colcabamaba..... | 28 |
| Figura 2: Concentración de P en Daniel Hernandez | 29 |
| Figura 3: Concentración de P en Acraquia..... | 30 |
| Figura 4: Concentración de Ca en Colcabamba..... | 31 |
| Figura 5: Concentración de Ca en Daniel Hernandez..... | 31 |
| Figura 6: Concentración de Ca en Acraquia..... | 31 |
| Figura 7: Concentración de Cu en Colcabamba..... | 33 |
| Figura 8: Concentración de Cu en Daniel Hernandez..... | 33 |
| Figura 9: Concentración de Cu en Acraquia..... | 33 |
| Figura 10: Concentración de Zn en Colcabamba | 34 |
| Figura 11: Concentración de Zn en Daniel Hernandez..... | 34 |
| Figura 12: Concentración de Zn en Acraquia..... | 34 |
| Figura 13: pH del suelo en Colcabamba..... | 35 |
| Figura 14: pH del suelo en Daniel Hernandez..... | 35 |
| Figura 15: pH del suelo en Acraquia..... | 35 |

INDICE DE APENDICE

| | |
|---|----|
| Apendice 1: Matriz de consistencia..... | 45 |
| Apendice 2: - Ficha de registro para muestras de suelo..... | 46 |
| Apendice 3: Promedio de resultado de análisis de minerales en el suelo..... | 46 |
| Apendice 4: Resultado general de analisis de suelos a dos profundidades..... | 47 |

INDICE DE FOTOGRAFIA

| | |
|---|----|
| Fotografía 1: Área muestreo de suelo..... | 49 |
| Fotografía 2: Obtención de muestras de suelo..... | 49 |
| Fotografía 3: Obtención de muestras de suelo..... | 50 |
| Fotografía 4: Tamizado de muestras a 2mm..... | 50 |
| Fotografía 5: Muestras pesadas para su análisis respectivo..... | 51 |
| Fotografía 6: Preparación de reactivos y extractantes..... | 51 |
| Fotografía 7: Añadiendo extractante a las muestras del suelo..... | 52 |
| Fotografía 8: Muestras de suelo con estraxtante añadido..... | 52 |
| Fotografía 9: Muestras de suelo con estraxtante añadido..... | 53 |
| Fotografía 10: Muestras de suelo con estraxtante añadido..... | 53 |
| Fotografía 11: Analisis de minerales en espectofotometro de Absorción atomica...54 | |
| Fotografía 12: Determinación de pH en el suelo..... | 54 |

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la concentración de minerales a dos profundidades del suelo en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) en las localidades de Acraquia, Daniel Hernandez y Colcabamba de la provincia de Tayacaja- Huancavelica, se utilizo el metodo analisis-sintesis. En el distrito de Acraquía la concentración de fosforo 3.9 mg/Kg (0.15m) y 3.7 mg/Kg (0.30m), calcio 148.1 mg/Kg (0.15m) y 165.3 mg/Kg (0.30m), cobre 3.4 mg/Kg (0.15m) y 2.9 mg/Kg (0.30m), zinc 5.0 mg/Kg (0.15m) y 3.4 mg/Kg (0.30m), no se encontro hierro, en el distrito de Daniel Heranandez la concentración de fosforo 5.2 mg/Kg (0.15m) y 7.5 mg/Kg (0.30m),calcio 119.4 mg/Kg (0.15m) y 123.7 mg/Kg (0.30m), cobre 3.0 mg/Kg (0.15m) y 3.1 mg/Kg (0.30m), zinc 3.8 mg/Kg (0.15m) y 6.0 mg/Kg (0.30m), hierro ND, en el distrito de Colcabamba la concentración de fosforo 5.0 mg/Kg (0.15m) y 3.7 mg/Kg (0.30m), calcio 132.7 mg/Kg (0.15m) y 146.0 mg/Kg (0.30m), cobre 1.1mg/Kg (0.15m) y 1.2mg/Kg (0.30m), zinc 3.6 mg/Kg (0.15m) y 3.2 mg/Kg (0.30m), hierro ND. Se obtuvo diferencias en la concetración de minerales, asi como en el pH de suelo muestreado, el fosoforo fue deficiente y ademas no se encontro hierro.

Palabras clave: suelo, concentración, profundidad y minerales

ABSTRACT

In order to evaluate the concentration of minerals at two soil depths in alfalfa crops (*Medicago sativa*) in the localities of Acraquia, Daniel Hernandez and Colcabamba in the province of Tayacaja-Huancavelica, the synthesis-analysis method was used. In the district of Acraquia the concentration of phosphorus 3.9 mg/Kg (0.15m) and 3.7 mg/Kg (0.30m), calcium 148.1 mg/Kg (0.15m) and 165.3 mg/Kg (0.30m), copper 3.4 mg/Kg (0.15m) and 2.9 mg/Kg (0.30m), zinc 5.0 mg/Kg (0.15m) and 3.4 mg/Kg (0.30m), iron was not found, in the district of Daniel Hernandez the concentration of phosphorus 5.2 mg/Kg (0.15m) and 7.5 mg/Kg (0.30m), calcium 119.4 mg/Kg (0.15m) and 123.7 mg/Kg (0.30m), copper 3.0 mg/Kg (0.15m) and 3.1 mg/Kg (0.30m), zinc 3.8 mg/Kg (0.15m) and 6.0 mg/Kg (0.30m), iron ND, in the district of Colcabamba the concentration of phosphorus 5.0 mg/Kg (0.15m) and 3.7 mg/Kg (0.30m), calcium 132.7 mg/Kg (0.15m) and 146.0 mg/Kg (0.30m), copper 1.1mg/Kg (0.15m) and 1.2mg/Kg (0.30m), zinc 3.6 mg/Kg (0.15m) and 3.2 mg/Kg (0.30m), iron ND. Differences were obtained in the concentration of minerals, as well as in the pH of the soil sampled, phosphorus was deficient and iron was not found, due to the pH.

Key words: soil, concentration, depth and minerals.

INTRODUCCIÓN

Existe un total de 23.63 hectareas de cultivo permanentes en las 3 localidades Acraquia, Daniel Hernandez y Colcabamba (ECOGIS, 2012), por ello es fundamental realizar el uso adecuado y sostenible del suelo para la producción agropecuaria. Factores relacionados con el suelo, la planta y los animales pueden afectar la concentración y disponibilidad de los minerales (Mc Dowell et al., 1997), con distinta intensidad a través del año (Minson, 1990).

Ammerman (1983) y McDowell et al. (1985) señalan que existen cinco factores que aumentan la predisposición de los animales a deficiencias y/o excesos minerales: (1) Composición y tipo de suelo (material parental, textura, pH y fertilidad); (2) La fuente de agua; (3) Las especies forrajeras existentes y su grado de madurez, (4) El clima, y (5) La interacción ambiental.

Ademas, en las áreas donde existen deficiencias o excesos de minerales en forrajes, existe una asociación geográfica con los niveles correspondientes de minerales y su disponibilidad en el suelo. La nutrición mineral que ofrece el suelo a las plantas no está en función de la concentración de elementos presentes en él, sino de la facilidad que exhiba el tipo de suelo para simplificarlo a formas solubles asimilables. Los minerales en suelo están sujetos a un criterio de clasificación que las divide en macro y micronutrientes Fuentes, (1989).

El objetivo de este trabajo ha sido obtener información sobre la concentración de minerales a dos profundidades del suelo en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*), en las localidades de Acraquia, Daniel Hernandez y Colcababa de la provincia de Tayacaja- Huancavelica.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Solo en Europa, se considera que 115 millones de hectáreas de suelo están afectadas por erosión. Las principales causas de la erosión del suelo son las prácticas agrícolas (D. de la Rosa, 2013).

En el Perú existe 43 057 038 has de superficie terrestre (suelo) equivalentes al 33.5% del territorio nacional que se encuentran degradados (INRENA 2009), esta problemática está asociado a una disminución de la productividad y eficiencia de los suelos, provocada principalmente por una baja concentración y disponibilidad de nutrientes principalmente minerales.

Viendo el panorama de la region Huancavelica se sabe que existen más de 105 hectáreas de cultivo de alfalfa (CENAGRO, 2012), en este contexto, es vital el uso sostenible del suelo, para la conservación de las propiedades químicas, por su importancia agropecuaria, económica y ambiental, pues su alteración puede afectar no solo la parte productiva de los cultivos si no también a todo el sistema suelo- planta por la influencia en la dinámica de nutrientes en el suelo, en ese sentido existe la necesidad de estudiar la profundidad de muestreo, que, va estar dada por el tipo de cultivo (Mendoza y Espinoza, 2017).

Asi mismo Acraquia, Daniel Hernandez y Colcabamba, registra una mayor produccion de cultivos forrajeros. Finalmente no tenemos informaciones que permitan identificar la condicion de los suelos principalmente la concentracion de minerales, su disponibilidad y la profundidad en la que se encuentran perensentes (ECOGIS, 2010).

1.2. Formulación del problema

¿Cuanto es la concentración de minerales a dos profundidades del suelo en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*), en las localidades de Acraquia, Daniel Hernandez y Colcababa de la provincia de Tayacaja- Huancavelica?.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la concentración de minerales a dos profundidades del suelo en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) en las localidades de Acraquia, Daniel Hernandez y Colcabamba de la provincia de Tayacaja- Huancavelica.

1.3.2. Objetivo Especifico

- Determinar la concentración de calcio (Ca) y fósforo (P) a 0,15 y 0,30 metros de profundidad.
- Determinar la concentración de cobre (Cu), zinc (Zn) y Hierro (Fe) a 0,15 y 0,30 metros de profundidad.
- Determinar el potencial de hidrogeno (pH).

1.4. Justificación

En la región Huancavelica no existe información que muestre la concentración de minerales del suelo a dos profundidades, lo cual deja en una gran incertidumbre de poder conocer aquello, para lo cual se emprendió el estudio de algunos minerales (P, Ca, Cu, Zn, Fe). Este estudio permite al productor, conocer la condición real en la que se encuentran los suelos en cada una sus áreas de cultivo para que pueda considerar el uso sostenible del suelo, así como las buenas prácticas agrícolas. De igual modo se hará un aporte a la comunidad científica el cual servirá como antecedente para posteriores estudios de concentración de minerales en el suelo y las profundidades de muestreo.

La investigación con respecto a la concentración de minerales a dos profundidades del suelo es un estudio que permite a los productores realizar el uso adecuado del suelo en sus áreas de cultivo de alfalfa.

El análisis del suelo se contribuye grandemente a la toma de decisiones, lo cual hace que podamos evitar las consecuencias, tales como la degradación o erosión del suelo en las localidades de estudio.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

Armienta (1995), en su tesis titulado: "*Perfil mineral del suelo, forraje y tejidos del ganado en agostaderos del estado de Nuevo León, Mexico*", tuvo como objetivo determinar las concentraciones de macro minerales y minerales traza en suelos, forrajes y tejidos (suero sanguíneo) del ganado bovino en agostaderos, como resultado encontró los valores de Ca de 5710 a 11126 ppm, Na y K (90 y 122 ppm respectivamente), los valores para Fe Norte, 58.8 ppm; Centro, 61.2 ppm; y Sur, 48.0 ppm, Cu por Región fueron las siguientes: Norte, 2.6 ppm; Centro, 1.9 ppm; y Sur: 2.8 ppm, en lo que respecta al Zn, se encontro en la Región Norte (6.8 ppm), Centro (4.0 ppm) y Sur (4.8 ppm) y concluye que la concentración de Ca fué mayor en suelos de la Región Centro, la concentración de Na fue significativamente mayor en suelos de la Región Norte, razón por la cual posiblemente el pH de estos suelos fue mayor. En terrenos alcalinos, la disponibilidad de P y Zn para la planta se reduce conforme aumenta el pH del suelo, como se observó en este estudio.

Gomez (2004), en su tesis titulado: "Concentracion de macro-minerales y minerales traza en suelos y forrajes en el Eje Neovolcanico del Estado de Nayarit", este estudio se llevo a cabo con el objetivo de establecer un mapeo sistematico de las concentraciones de proteina cruda (PC), macro-minerales y minerales traza de suelos y forrajes. El Promedio de PC en forraje fue de 6.69%. El perfil mineral promedio de las especies forrajeras fue el siguiente: Ca (1.12%); P (0.21%); K (2.39%); Na (0.36%); y Mg (0.49%). Considerando el nivel critico (NC) de 0.25%, para P el (34.71%) de las muestras fueron deficientes en este elemento. Los minerales traza fueron el Fe (166 ppm), Cu (14 ppm), Mn (26 ppm), Zn (43 ppm), no detectandose Co.

Estos niveles, comparados con los requeridos para ganado bovino del Fe (50-100 ppm), Cu (4-10 ppm), Mn (20-40 ppm) y Zn (20-30 ppm) se puede considerar como limitante el Mn y se concluye que el fósforo fue el macromineral más deficiente. Las concentraciones de hierro, manganeso y zinc en los suelos estuvieron por abajo de los NC.

Balarezo et al (2017), en su artículo titulado: “Contenido mineral en suelo y pastos en rebaños bovinos lecheros de la región andina de Ecuador”, con objetivo de caracterizar el estado mineral del suelo y pasto en la región andina de Ecuador en los períodos lluvioso y poco lluvioso, en los resultados el suelo clasificó como ligeramente ácido, el 100 % de las muestras presentó elevados niveles de materia orgánica, NH_4^+ , Mg, Cu, Zn, Fe y Mn. La finca influyó significativamente sobre el pH, Ca, Mg, K, Cu, Fe y Mg y P, y el periodo climático sobre la materia orgánica, NH_4^+ , S, Cu y P. El pasto presentó deficiencias de Mg, Zn y Na, los demás minerales estaban por encima de los límites críticos. La finca afectó los niveles de Ca, P, Mg, Na y Mn, y el periodo climático el Ca, K, Cu y Zn, y concluyeron que el 100 % de las muestras de suelo presentó elevada materia orgánica, ligera acidez, bajos niveles de Ca y elevadas concentraciones de NH_4^+ , S, Mg, Cu, Zn y Mn; en el pasto se diagnosticaron deficiencias de P, Cu y Zn, y sus concentraciones difieren entre las fincas y los dos períodos climáticos de año.

Borges et al, (2012), en su artículo titulado: “Características físico-químicas del suelo y su asociación con macro elementos en áreas destinadas a pastoreo en el estado Yaracuy – Venezuela”, tuvo como objetivo estudiar la asociación entre los niveles de fósforo, calcio y potasio, y características físico-químicas como textura, relieve, materia orgánica (MO), pH y conductividad eléctrica (CE) en suelos de potreros en unidades de producción de doble propósito del estado Yaracuy, en los resultados se encontró que los elementos insuficientes fueron el fósforo ($<10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y calcio ($<500 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), principalmente en el municipio Bolívar (83,3 %), así como en suelos de textura arenosa (31,0 %) y relieve plano. Las concentraciones promedio de potasio ($\pm 125 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) estuvieron en todos los casos por encima del valor crítico.

Los contenidos de materia orgánica fueron significativamente diferentes para las texturas y relieves, siendo mayores en suelos medios-finos y en zonas montañosas (4,82 y 5,36 % MO, respectivamente). El pH mostró estar fuertemente asociado a la disponibilidad de los nutrientes, especialmente el calcio ($R^2= 0,79$) en el que las deficiencias se ubicaron en suelos ácidos y correspondieron al 58,6 % de los potreros ($\pm 288 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y concluyeron que las características de relieve y pH actúan como factores predisponentes en la disponibilidad de algunos minerales y materia orgánica, y que el fósforo fue el elemento mayormente carente en estos suelos dedicados al pastoreo de rebaños bovinos.

Borges et al (2010), en su artículo titulado: “Importancia del fósforo en el complejo suelo–animal”, tuvo como objetivo evaluar la importancia del fosforo en el complejo suelo-animal, en sus resultados comenta acerca de un estudio donde se evaluó las características tanto físicas como químicas del suelo proveniente de 6 fincas ganaderas doble propósito del municipio Manuel Monge del estado Yaracuy, encontrándose que un 83 % de estas fincas los suelos estaban deficientes de fósforo. Al tomar muestras de sangre venosa en los rebaños de esas fincas se evidenciaron niveles séricos de fósforo por debajo de el rango referencial (5.1-9.3 mg/dl), demostrándose la presencia de hipofosfatemia en estas unidades de producción con suelos deficientes de fósforo y concluye que la suplementación mineral surge como alternativa factible para mantener niveles adecuados de fósforo en los animales deficientes, garantizando de este modo un aporte adecuado de este mineral que permita cubrir sus requerimientos.

Larios (2014). En su tesis titulado: “Niveles de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn en los suelos de ribera de la cuenca del Rio Turia”, realizo con el objetivo de analizar el contenido (extraíble y total) de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn, mediante espectrometría de absorción atómica con llama en los suelos de ribera de la cuenca del río Turia (enmarcada dentro de las provincias de Valencia y Teruel), como resultado los contenidos de cadmio y cobalto (total y extraíble), y níquel extraíble, se situaron por debajo del límite de detección del espectrofotómetro.

El contenido en plomo (extraíble y total) fue superior en suelos forestales quemados que, en suelos forestales, debido a los efectos del incendio finalmente se concluye que las correlaciones obtenidas entre todos los metales pesados extraíbles en suelos agrícolas reflejan un origen antrópico común debido al uso de fertilizantes y productos fitosanitarios. Plomo y cobre resultaron ser los elementos con mayores índices de movilidad y biodisponibilidad en todos los usos, y concluye que los niveles de metales pesados más elevados se encontraron en los tramos inferiores de la cuenca del río Turia. Cuatro de las muestras analizadas, correspondientes a plomo y cobre, sobrepasaron los Niveles Genéricos de Referencia (NGR) para uso agrícola de diversas Comunidades Autónomas.

Cerón y García (2009), en su artículo titulado “Propiedades del suelo en bosque y pajonal; reserva natural de Pueblo Viejo, Nariño, Colombia”, realizaron un estudio exploratorio con el objetivo de comparar algunas propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos con cobertura en bosque de ladera (Bosque 1), bosque de vertiente del cauce de agua (Bosque 2) y pajonal, situados a similar altura en la reserva natural Pueblo Viejo, Nariño-Colombia, en sus resultados en cuanto a las propiedades químicas, se presentaron diferencias estadísticas significativas entre el Bosque 2 y pajonal, en C, N, CIC y Al, densidad aparente y densidad de Mollusca y, entre Bosque 1 y pajonal, en Mn y Cu. El análisis multivariado diferencia tres grupos correspondientes a los tres sitios. En lo concerniente a propiedades físicas, se destaca la textura y la densidad aparente. Respecto a la textura de los suelos estudiados, se define como arenosa franca (A.Fr) en Bosque1 y Pajonal y, arenosa (A), en Bosque2, y concluyeron que el pajonal resultó con contenidos más altos de C, N, CIC y Al.

Domínguez y Huerta (2008), en su artículo titulado: Concentración e interrelación mineral en suelo, forraje y suero de ovinos durante dos épocas en el valle de Toluca, México, realizaron el trabajo con el objetivo de identificar los desequilibrios minerales y su interrelación efectuando el análisis de suelo, forraje, agua y sangre de corderos y ovejas, en seis unidades de producción ovina (UP). El contenido de minerales en el suelo y en el forraje fueron afectados ($p \leq 0.05$) por la UP, la época

su interacción. Los suelos fueron ácidos ($\text{pH}=5.9$), deficientes en P, Zn y Cu; adecuados en Mg, K y materia orgánica; abundantes en Ca y Fe. Los forrajes fueron deficientes en Mg, Zn y Cu, adecuados en Ca y K y elevados en P y Fe. Las concentraciones de minerales en el suero fueron diferentes ($p \leq 0.05$) entre UP, épocas y edades; también hubo efecto ($p \leq 0.05$) de las interacciones. El suero fue bajo en Cu, adecuado en Ca, Mg, K y Zn, y alto en P y Fe. Se desarrollaron ecuaciones de predicción para calcular el contenido de Zn y Cu en corderos y de P, Ca y Cu en ovejas, y concluyeron que hay desequilibrios de minerales, sobre todo en junio; la carencia de Cu en ovinos, forraje y suelo fue grave y estuvo asociada al exceso de Fe.

Vivas (2011), en su artículo titulado: “Contenido mineral de forrajes en predios de ovinocultores del estado de Yucatán”, el objetivo del trabajo fue establecer un diagnóstico del contenido de cinco minerales en forrajes que crecen en predios de ovinocultores en el Estado de Yucatán durante la época de lluvias, el resultado del contenido de minerales fue Ca ($0.53 \pm 0.41 \text{ ppm}$), K ($0.51 \pm 0.2 \text{ ppm}$), Cu ($12.8 \pm 10.1 \text{ ppm}$), Fe ($251 \pm 147 \text{ ppm}$) y Zn ($27.6 \pm 12.6 \text{ ppm}$), el porcentaje de suficiencia en relación al requerimiento para ovejas de 40 kg de peso, en lactación temprana amamantando un cordero ovino fue 34, 48, 27.8 y 57.7% para el Ca, K, Cu y Zn respectivamente. Casi ningún forraje fue deficiente en Fe. Respecto a la zona, el contenido de Ca y Zn fue mayor ($P < 0.05$) y concluye que se detectaron deficiencias de Ca, K, Cu y Zn en cambio, el Fe se encontraron en niveles elevados. La formulación y elaboración de suplementos minerales destinados a ovinos en el Estado de Yucatán deberá incluir estos minerales, estando libres de Fe.

Ingaramo, et al (2007), en el artículo titulado: Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo, el objetivo de este estudio fue para caracterizar las propiedades generales del suelo de un Cambisol, en sus resultados para cada el análisis de parámetros se realizó siguiendo metodologías de rutina. Contenido medio de limo y arcilla fueron 39% y 21%, respectivamente, y el suelo se caracterizó como arcilloso. Partícula la densidad oscilaba entre 2,54 y 2,67 Mg m^{-3} y la densidad aparente oscilaba entre 0,82 y 1,29

Mg m-3. No se observaron diferencias significativas en estos parámetros entre los tratamientos. Los valores de pH (H₂O) mostraron coeficientes de variación más bajos que los valores de pH (KCl) y concluye que los cationes de intercambio presentaron diferentes coeficientes de variación para cada elemento, entonces, para Na⁺ El CV osciló entre 8 y 21%, mientras que los de Al⁺³ variaron de 0 a 53%. El contenido de Ca⁺² fue inferior a los valores recomendados para este tipo de suelo.

Núria et al (2006), En su artículo titulado: “Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del no argentino”, tuvieron como objetivo analizar la concentración del cobre(Cu), hierro(Fe), manganeso (Mn) y zinc(Zn), las cuales son metales esenciales para el crecimiento vegetal. Tanto el uso del extractante ácido diethylenetriaminepentaacético (DTPA) en Cu_{DTPA}, Fe_{DTPA} como Mn_{DTPA}, tienen cierta movilidad en el perfil, mientras que Zn_{DTPA}, permanece adsorbido sin un desplazamiento vertical. El Zn_{DTPA}, es el único metal que, además, muestra diferencias como consecuencia de la salinidad y granulometría de los suelos y concluye que las condiciones geoquímicas del suelo implican una baja extractabilidad y una cierta dificultad de absorción de los micronutrientes por parte de las plantas.

Leticia et al. (2007), En su trabajo titulado: “Cambios en las propiedades del suelo por transformación de áreas boscosas en pastizales en Zamora-Chinchipec (Ecuador)”, esto con el objetivo de determinar la textura, color, densidad aparente, pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio y magnesio disponible, en sus resultados de forma general se encontró que tanto los suelos de bosque como los de pastizales son pobres en nutrientes como P, K, Ca y Mg. El Ca y Mg no presentaron diferencias entre los usos, pero sí entre sitios y concluyeron que la diferencia del K entre usos (mayor en los suelos de pastizales) probablemente sea atribuible al uso del fuego empleado en la transformación del bosque a estos a las habituales tareas de uso de estos suelos como el pastoreo por parte del ganado con su aporte de excrementos.

López y Zamora (2016), en su trabajo titulado: “Diagnóstico de la fertilidad del suelo en el Área de Investigación, Innovación y Desarrollo de la Espam- MFL- Ecuador”, con el objetivo de diagnosticar la fertilidad del suelo, mediante parámetros

físico, químico, en base a los resultados obtenidos en el laboratorio de la carrera de agrícola. Posteriormente, se realizó calicatas para los análisis físicos que fueron densidad aparente, textura, composición mecánica de los suelos y concluyeron que se obtuvo que los suelos de la ESPAM-M. F. L, son aptos para la producción agrícola, mostrando niveles de fertilidad natural adecuado para la producción agrícola pecuaria y forestal, a excepción del fósforo que presentó niveles bajos.

2.1.2. A nivel nacional

Yakabi y Katusca (2014), en su tesis titulado: “Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la Comunidad Campesina San Pedro de Laraos, Provincia de Huarochirí, Lima”, con el objetivo de evaluar los parámetros físicos y químicos que determinan la fertilidad del suelo en un sistema de andenería, a partir de los resultados el pH (5,5 – 7,5); En cuanto a la conductividad eléctrica, los resultados indican suelos no salinos (0,174 – 0,683 dS/m), con los valores más elevados en la zona A; y sobre los contenidos de NPK, los valores más elevados, y por encima del mínimo ideal, están en A; mientras que los más bajos se encuentran en C y B; ambos parámetros están correlacionados directamente, y concluyeron que la zona A es la que presenta un suelo de mejor calidad en cuanto a lo que fertilidad se refiere, solo los andenes en descanso, después de un periodo de 5 años en barbecho, presentan las proporciones ideales de macronutrientes en el suelo el pH se encuentra dentro del rango de mayor disponibilidad de nutrientes.

Vivas y Quaino (1998), en su trabajo que lleva por título: “Fosforo y enmienda cálcica para la producción de alfalfa en dos suelos del centro este de Santa Fe”, con el objeto de evaluar la MS en función de los niveles de fósforo (P) aplicado en conjunto con la enmienda cálcica al momento de la siembra y con el P extractable, como resultado el P de la capa arable fue de 6 ppm y el pH 5,9, similar en los dos sitios. En Esperanza las diferencias de MS entre los tratamientos P (8230 kg/ha) y P+Calcio (9756 kg/ha) fueron altamente

significativas. Considerando solamente los niveles 0 de P los promedios sin y con calcio produjeron 6384 y 8037 kg/ha de MS, respectivamente.

En Emilia la producción media con P fue de 7139 kg/ha de MS y para el P+Calcio de 8627 kg/ha de MS. Los promedios en los testigos 0 de P sin y con calcio produjeron de 5649 y 6882 kg/ha de MS, respectivamente y se concluye que el P extractable en la primavera fue proporcional a las dosis de P inicial aplicado, existe la necesidad de fertilizar con fósforo y de encalar el suelo para hacer más eficiente la absorción del P y producir mayor cantidad de MS/ha.

Adolfo y Marchese (2015), en su tesis titulado: “Estudio físico y químico de suelos agrícolas para la estimación del nivel de salinización en el sector bajo de San Pedro de Lloc”, cuyo objetivo fue implementar y validar metodologías de análisis físicos (textura, densidad aparente, humedad) y químicos (potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, carbono inorgánico, sodio, potasio, calcio, magnesio, materia orgánica, carbono inorgánico, relación C/N, cloruros, sulfatos y nitratos, en los resultados se encontraron suelos desde ligeramente a extremadamente salinos con pH en el rango de 7,5 – 8,5. Los suelos sódicos con relación de adsorción de sodio (SAR) elevada corresponden a 45 % de los suelos del área de estudio. Poseen capacidad de retención de agua mediana a baja ya que la textura arenosa es la predominante. El porcentaje de materia orgánica es variable, pero disponible para las especies vegetales. La concentración de sulfatos y nitratos es elevada por el uso excesivo de fertilizantes y concluyeron que los suelos del distrito de San Pedro de Lloc están atravesando un serio proceso de salinización y sodificación debido a las malas prácticas agrícolas.

Huaroc y Porta (2014), en su tesis titulado: “Potencialidad de tierras y calidad de sitio con fines agroforestales en la microcuenca del Río Vilca – Huancavelica”, cuyo objetivo fue el estudio de clasificación las tierras de acuerdo a su potencialidad y determinar la calidad de sitio con fines agroforestales. Los resultados expresan que los suelos analizados según su uso actual el 6,19% de las tierras son dedicados a cultivos agrícolas, 41,89% al pastoreo, 51,78% a protección y un 0,15% cubiertas por áreas de viviendas de los pobladores. El potencial de tierras según su uso mayor es:

para cultivo en limpio (486,99 ha), pastos (12578,67 ha), producción forestal (2180,30 ha) y tierras de protección (27111,89 ha), concluye que el uso actual de las tierras versus su potencialidad, el 20,05% del área cubierta corresponde a tierras sobre utilizado; 0,27% a tierras subutilizadas; y, 79,54% a tierras bien utilizadas.

2.1.3. A nivel local

Enríquez (2011), en su tesis titulado: “Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo de las áreas de pastoreo del Centro de Investigación y Desarrollo de Vacunos de la Universidad nacional de Huancavelica del distrito de Acraquia-Pampas”, realizó con el objetivo de determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos de 06 potreros definidos en un área de 22.127 has. Los resultados mostraron que la porosidad promedio oscila entre un rango de 44.4 toneladas 53,6 % del rango, pH de 5,947 a 6,66 moderadamente ácido a neutro, es rico en material orgánico 5.87%, tiene un alto contenido de N de 0,29%, tiene un de P de 23,67 ppm. Es baja en K 87.52 ppm, el contenido del Zinc es baja en nivel de la suma de cationes y alta en % de saturación de bases de 79,83 y concluye que la textura del suelo es franco a franco arcilloso (media a moderadamente fina), la consistencia presenta dura a muy dura, el color varía de marrón a gris.

Quispe (2014), en su tesis titulado: “Características físicas, químicas y biológicos de los suelos en el distrito de Callanmarca, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica”, el objetivo fue evaluar las características físicas, químicas y biológicos de los suelos, en su resultado la resultado porosidad de 45% bajo riego y 47,7% en seco, permeabilidad que varía de 0,96 cm/h en seco a 1,3 cm/h bajo riego; profundidad efectiva de 76,67 cm en suelos secos y 66,67 cm en suelos bajo riego, también se evaluaron la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 19,89 meq/100 gen suelo seco y 18,30 meq/100 gen suelos bajo riego; carbonato de calcio (CaCO₃) de 0% en suelo seco y 5,67% CaCO₃ en suelos bajo riego de clase alta; la salinidad (CE) de 0,16 dS/m en suelo seco y 0,59 dS/m en suelos bajo riego de clase

muy ligeramente salino; fósforo de 16,5 ppm de clase alto en suelos secanos y 7,87 ppm de clase medio en suelos bajo riego y potasio de 1 08 ppm clase medio en suelos secanos y 299 ppm de clase medio en suelos bajo riego, el contenido de materia orgánica que varían de 1,04% a 2% y el número de lombrices de 12 a 22 unidades y concluye que los suelos en seco son pobres en carbonato de calcio (0% de CaCO₃) en comparación con los suelos conducidos bajo riego (5,67% CaCO₃), esta cualidad podría influir en la calidad de las cosechas.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Concentración de minerales

La concentración de minerales es la operación en la cual se eleva la concentración de un mineral determinado, mediante el uso de equipos de separación (M.Bustamante 1994).

Tabla 1: Niveles críticos de elementos minerales en el suelo

| Mineral | Unidades | Rango de concentración en suelo | Desviación estandar | Nivel crítico |
|---------|----------|---------------------------------|---------------------|---------------|
| Calcio | mg/Kg | 403,5 | 154,6 | 71 |
| Fosforo | mg/Kg | 76,2 | 26,7 | 5,0 |
| Cobre | mg/Kg | 0,63 | 0,57 | 1 |
| Zinc | mg/Kg | 1,14 | 1,34 | NR |
| Hierro | mg/Kg | 16,3 | 4,4 | 4,5 |

Fuente: McDowell, I.R. 1983

2.2.2. El suelo

El suelo es una parte integral del ecosistema; por lo tanto, se encuentra formando complejas y múltiples interrelaciones e interdependencias que se producen en el suelo, la vegetación y otros factores ambientales (López, 2003). El suelo constituye la esencia del estudio de la edafología. El suelo es un componente esencial del ambiente en el que se desarrolla la vida; es vulnerable, de difícil y larga recuperación (tarda desde miles a cientos de miles de años en formarse) y de extensión limitada, por lo que se considera un recurso natural no renovable (Silva y Correa, 2009), también el suelo, es el medio en el cual se desarrollarán las plantas, para alimentar y vestir al mundo. Debido a la descomposición de la roca madre, por acción de los microorganismos del suelo, el clima, el tiempo la topografía y la vegetación. Por lo tanto: El suelo tiene propiedades físicas, químicas y biológicas (J. Velasquez, 2003)

a) Macrominerales

Fosforo (P): El fósforo es el segundo elemento (después del nitrógeno) más importante para el crecimiento de las plantas la producción de los cultivos y su calidad, en el suelo, existen varias formas químicas de fósforo, incluyendo el inorgánico (Pi) y el orgánico (Po). Estos componentes tienen múltiples fuentes de origen natural los cuales difieren ampliamente en su comportamiento y destino tanto en suelos naturales como cultivados (Lozano, 2012).

Disponibilidad del fosforo en el suelo

El fosforo soluble, procedente de fertilizantes o natural del suelo, reaccionan con arcilla, hierro, y aluminio, componentes en el suelo, también es convertido rápidamente a formas menos disponibles por el proceso de fijación del fosforo. Permanecen cerca de su lugar de origen, el propio cultivo absorbe más del 20 % de fertilizante fosforado durante la primera fase de cultivo después de la aplicación (Biavati y Estrada, 2004).

Calcio (Ca): Forma parte de la estructura celular de las plantas. Las plantas lo acumulan en forma de ion Ca_2^+ , principalmente en las hojas. Aparece en las paredes de las células, a las cuales le proporciona permeabilidad e integridad, o en las vacuolas en forma de oxalatos. Contribuye al transporte de los minerales, así como a su retención (Botanical-online, 2019).

Disponibilidad de calcio en el suelo

El calcio está más disponible en suelos neutros o alcalinos. En condiciones de suelos ácidos o pH bajo, los niveles de calcio intercambiable en el suelo suelen ser bajos y las solubilidades de manganeso y aluminio aumentan y pueden llegar a ser tóxicos. Definitivamente altos niveles de aluminio afectan la productividad, por esta razón el nivel de aluminio y la acidez del suelo deben ser corregidos por medio de aplicación de enmiendas y, dado el hecho de que prácticamente todas las enmiendas disponibles contienen calcio, cuando se corrige el pH del suelo para lograr niveles apropiados de aluminio ($< 0,2$ cmole/L) y pH (5,5 a 6), al mismo tiempo se está corrigiendo el nivel de calcio. A pesar de esto, todos los programas de fertilización, especialmente aquellos de cultivos rápidos, deben evaluar los niveles de calcio en el suelo para evitar que se constituya en un limitante de la productividad (O. Piedraita, 2012).

Una alta disponibilidad de calcio beneficia la fijación de nitrógeno. Cuando se encala con carbonato de calcio, puede ocurrir una deficiencia de magnesio, por eso previo diagnóstico, es recomendable usar cal tipo dolomítica que tiene los dos elementos, calcio y magnesio (R. Rotondaro, 2013).

b) Micronutrientes

Los micro minerales o minerales traza requeridos por las plantas son utilizados en cantidades muy pequeñas, aunque fundamentalmente son tan importantes como los macro minerales. Así tenemos:

Hierro(Fe): El hierro es fundamental para que se pueda formar la clorofila. El hierro de las plantas procede del suelo y de la aplicación de fertilizantes (sulfato de hierro y quelatos) (Botanical-online, 2019).

La planta necesita absorber hierro para desarrollarse normalmente y especialmente para sintetizar la clorofila. Es necesario para la multiplicación de las células, las enzimas de mitocondria, la formación del núcleo de las células de los tejidos de crecimiento y para el crecimiento de los cloroplastos. También es un importante catalizador y actúa en las reacciones de oxidación y reducción (Blasco, 1963).

Disponibilidad de hierro en el suelo

El hierro está presente en el suelo en grandes cantidades. En los latosoles su promedio oscila entre 0.5 y 5.0% y en los suelos ferroginosos la concentración de hierro puede llegar a ser mayor 60 %, (Blasco, 1963).

Cobre(Cu): El cobre es muy importante para el crecimiento vegetal. El cobre activa ciertas enzimas y forma parte de la formación de la clorofila. Ayuda en el metabolismo de las raíces y consigue que las plantas utilicen mejor las proteínas (Botanical-online, 2019). El papel del cobre en la fisiología de la planta es importante y mal conocido. Aparentemente, tiene la función especial de redactar la descomposición de la clorofila (Anónimo, 1968).

Disponibilidad de cobre en el suelo

En suelos del altiplano de pasto en el contenido promedio de cobre total (75 ppm) es relativamente alto. En suelos del valle del Sibuntoy el contenido promedio de cobre total fue de 38 ppm (Barros *et al*, 1971).

Zinc (Zn): El participa en la formación de las auxinas, un grupo de hormonas vegetales que controla el crecimiento vegetal. Resulta también esencial en la transformación de los hidratos de carbono (Botanical-online, 2019).

Disponibilidad de Zinc en el suelo

Está fuertemente relacionado con la presencia de plomo y cadmio, siendo muy posible que los tres elementos estén presentes cuando se detectan problemas con uno de ellos (Porta *et al.*, 2003). A pH inferiores a 7 el zinc se encuentra en estado iónico (Zn^{+2}) y por tanto, biodisponible. Por encima de un pH >7.7 precipita como hidróxido, carbonato o sulfuro, por tanto, su movilidad/solubilidad disminuye conforme aumenta el pH. Comparado con

el contenido total de Zn en los suelos, la concentración presente en la fase acuosa del suelo es baja. Además de la solubilidad y el pH, otros factores que influyen en la biodisponibilidad del zinc son: la humedad, el contenido en arcillas y materia orgánica, la concentración total de zinc en el suelo, la actividad microbiana y las interacciones con otros macro- y micronutrientes (US EPA, 2007).

2.2.2.1. Deficiencias o excesos de minerales en el suelo

El contenido de nutrientes menores, varía según los tipos de suelos, siendo pobre en suelos arenosos gruesos, a diferencia de todos aquellos suelos pesados que generalmente poseen concentraciones adecuadas, aunque, éstas no siempre están fácilmente a disposición de las plantas (Velasco, 1992).

Las condiciones climáticas secas (época del año), favorecen las deficiencias minerales, ya que generan un detrimento en la solubilidad de los elementos y disminuyen su disposición en los sistemas radiculares (Kawas y Houston, 1990). A su vez, las condiciones climáticas extremadamente lluviosas también favorecen las deficiencias minerales, solubilizando y acarreado elementos mediante el fenómeno de la lixiviación alejándolos del perímetro de absorción radicular (Velasco, 1992).

Las deficiencias minerales se diagnostican generalmente por los síntomas que se detectan en los forrajes, y la evaluación de la concentración mineral de suelo provee la retrospectiva del potencial forrajero que puede esperarse en un área determinada, así como la incidencia a trastornos metabólicos ocasionados por deficiencias o procesos de sinergismo o antagonismo entre minerales (Davies et al., 1987).

Son cuatro los puntos relevantes sobre los que se sientan los fundamentos de las deficiencias nutritivas en los suelos: la concentración mineral en el suelo; las formas de combinación u asociación mineral; los procesos de simplificación mineral, y la solución del suelo y su pH (Buckman y Brady, 1982), también proponen que el pH del suelo puede influir en la absorción nutritiva y crecimiento de las plantas de dos maneras:

- 1) A través del efecto directo del ión H⁺.
- 2) Por su influencia sobre la asimilación de los nutrientes y la presencia de iones tóxicos (tabla 1).

Tabla 2: Influencia del pH en la asimilación

| | |
|---------------------|---|
| pH | Incrementan su potencial de asimilación |
| >7.5 | Molibdeno. |
| =5.9 | Hierro, Manganeso, Zinc, Calcio, Potasio. |
| <5.0 | Aluminio, Hierro y Manganeso se toman tóxicos muy alcalino. |
| Muy alcalino | El Bicarbonato impide que las plantas tomen otros iones. |

Fuente: Buckman y Brady (1982)

2.2.2.2. Funciones de los minerales

Los elementos minerales pueden desempeñar funciones directas, aunque por supuesto, todo elemento tiene su papel metabólico específico, estas funciones consisten en ser, según Rojas y Rovalo (1986):

- a) Partes constituyentes de las células.
- b) Enzimas o coenzimas.
- c) Antagonistas en el balance metabólico.
- d) Amortiguadores de pH (bufferizantes).
- e) Factores osmóticos.

Tabla 3: Función metabólica de los elementos en las plantas

| | |
|----------------|---|
| Fosforo | Forma fosfatos de hexosas y triosa, ácidos nucleicos, coenzimas y transportadores de energía. |
| Calcio | Se encuentra en la pared celular otorgando rigidez y su rigidez aumenta con la edad, es cofactor de enzimas en la hidrólisis de ATP y fosfolípidos. |
| Hierro | Forma parte del citocromo y participa en el proceso de respiración. |
| Cobre | Componente enzimático que participa en la oxidación respiratoria. |
| Zinc | Interrelación con la formación de reguladores de crecimiento. |

Fuente: Rojas y Rovalo (1996)

Existen elementos no esenciales, que la planta absorbe en ciertas condiciones y que pueden resultar nocivos para el ganado. De igual modo, algunos elementos esenciales son tóxicos cuando se absorben en exceso (Kiatoko et al., 1982).

Algunos iones inhiben la absorción de otros o bien contrarrestan su función metabólica (Salisbury y Ross, 1985), convirtiéndose en verdaderos factores antagónicos, que por citar algunos ejemplos tenemos:

- a) Fe es antagónico de Mn.
- b) Mg no es tóxico, pero induce deficiencia de K.
- c) P al acumularse en los tejidos de la planta determina que el Fe precipite induciendo clorosis.
- d) Ca es antagónico de Mn.
- e) K es antagónico del Ca en su acción metabólica.

También ocurre el fenómeno de sinergismo dentro de la planta, entre los elementos minerales, y representa el proceso por el cual un ion favorece la absorción de otro o refuerza su acción metabólica, por ejemplo el Na y K. Por otro lado el B capacita a la planta a absorber mejor el Ca (Salisbury y Ross, 1985).

2.2.2.3. Concentración de fósforo en el suelo

El fósforo soluble es la que se encuentra en formas aprovechables para las plantas en forma inmediata, es decir son fosfatos en la solución del suelo. Su concentración es muy débil y fluctúa entre 0,2 y 0,5 mg/lt, o sea 200 a 400 gr/ha en 30 centímetros de espesor. En suelos muy ricos la concentración puede llegar hasta 1 mg/lt (1 ppm) y en suelos pobres a 0,1 mg/lt. Generalmente es una concentración constante y permanece así aunque varíe la relación suelo-agua. Para que los cultivos se abastezcan convenientemente es necesario que ocurra una renovación del fósforo en solución. El equilibrio entre las distintas formas fosfatadas es lo que asegura la nutrición de los vegetales.

Las formas solubles de fósforo en el suelo son los fosfatos diácidos (H_2PO_4) y monoácidos (HPO_4). La concentración de los iones fosfatos en

solución está relacionada con el pH de la misma. El ion H_2PO_4 es favorecido por los pH bajos, mientras que el ion HPO_4 por los pH más altos (A. Sanzano, 2019). El P esta como elemento, así que si tenemos un suelo con 12-13 ppm de P y apuntamos a una alfalfa de alta producción, deberíamos fertilizar con 250 kg/ha de SPT ($50 \text{ kg/ha de P} \times 5 = 250 \text{ kg/ha de SPT}$)(R. Rotondaro, 2013).

2.2.2.4. Concentración de calcio en el suelo

El calcio beneficia la fijación de nitrógeno. Cuando se encala con carbonato de calcio, puede ocurrir una deficiencia de magnesio, por eso previo diagnóstico, es recomendable usar cal tipo dolomítica que tiene los dos elementos, calcio y magnesio (R. Rotondaro, 2013), sabiendo que la concentración total de 0.7-1.5%, hasta 10% en suelos de zonas áridas(F. Garcia, 2012).

2.2.2.5. Concentración de Hierro en el suelo

En general, se considera que están en nivel crítico aquellas plantas que contienen menos de 40 ppm de hierro total en sus hojas. Sin embargo, este índice de hierro total en algunas especies de frutales no funciona, por lo que es mejor el Fe^{++} presente. Esto sucede en el caso de las vides y arándanos. En los cítricos, el hierro total funciona mejor como índice de diagnóstico. La toxicidad por hierro es muy poco común, a excepción de lo que ocurre con el arroz.

El requerimiento total de hierro en las plantas puede superar los 1.500 g/ha. En suelos de pH inferior a 7,0 su disponibilidad es bastante mayor (C. Sierra, 2017).

2.2.2.6. Concentración de Cobre en el suelo

La concentración de cobre en la solución del suelo depende del contenido de materia orgánica, el pH y de la disponibilidad de agentes complejantes. El porcentaje de cobre intercambiable se incrementa generalmente con la disminución del pH. Otros elementos presentes en el suelo como el calcio, fósforo, aluminio, hierro, zinc y molibdeno pueden

afectar la disponibilidad del cobre para las plantas. El contenido de calcio en suelos no contaminados esta entre 2-40 mg Cu kg⁻¹ de suelo.

El cobre en el suelo esta principalmente absorbido a la materia orgánica, a los óxidos de hierro y manganeso así como también esta fijado en la red cristalina que es la base estructural directa de los silicatos del suelo. Además puede ser precipitado como hidróxido, carbonato o fosfato. (KS KALI GmbH, 2017).

2.2.2.7. Concentracion de Zinc en el suelo

La materia orgánica del suelo constituye a mejorar la disponibilidad del Zn al formar complejos orgánicos móviles que la planta puede absorber. Por el contrario, su disponibilidad disminuye con altos niveles de fósforo y cobre.

Otros factores que han contribuido a agravar el problema de Zn son el uso de fertilizantes cada vez más puros, experiencias de mayores potenciales de rendimiento de los cultivos y el no incluir este micronutriente en los planes de fertilización. Se encuentra en las siguientes concentraciones o niveles: Muy bajo <0.3 Bajo 0.3 - 0.6 Moderadamente bajo 0.7 - 1.2 Medio 1.3 - 2.5 Moderadamente Alto 2.6 - 5.0 Alto 5.1 - 8.0 Muy alto >8.1 (Cakmak, 2015).

2.2.3. Profundidad del suelo

2.2.3.1. La Profundidad Efectiva

Es la profundidad a la cual la planta no tiene impedimentos físicos para el correcto crecimiento de las raíces en el suelo. Una profundidad de suelo efectiva de 55 cm, con presencia de grava en profundidad, dificultan la retención de agua del perfil, es decir a los 55 cm el agua se drena más rápidamente que en la superficie, entorpeciendo la absorción de agua y nutrientes desde el suelo a la planta, por lo tanto la concentración de la mayor cantidad de raíces la encontraremos sobre la capa de gravilla o grava, lo que representa un impedimento que limita la cantidad de suelo explorable por dichas raíces (V. Rosas *et al* 2013). También la profundidad efectiva del suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin

mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrientes indispensables. Tal información resulta ser de suma importancia para el crecimiento de las plantas. La mayoría de las últimas pueden penetrar más de un metro, si las condiciones del suelo lo permiten (R. Arteta, 2007).

2.2.3.1.1. Profundidad de muestreo

Las muestras se obtienen a una profundidad de 10-30 cm para cultivos, o sea, explorando la fertilidad de la capa arable del suelo (INIA, 2002).

2.2.4. Potencial de hidrógeno (pH)

Se refiere al grado de acidez, neutralidad o alcalinidad del suelo, dado por la proporción de iones de hidrógeno (H^+) y de hidroxilos (OH^-). Químicamente, se define como el logaritmo del inverso de la actividad de iones de hidrógeno (H^+), bajo la forma de hidronio (H_3O^+) (Jaramillo, 2002). El pH revela la concentración de iones H^+ y OH^- . Cuando hay mayor presencia de H^+ , la reacción del suelo es ácida, con pH menor a 7; mientras que con mayor presencia de OH^- , la reacción es alcalina, con pH mayor a 7; si la concentración de ambos iones está en proporciones iguales, la reacción es neutra, y el pH es igual a 7 (Liu, 2012). La escala del pH va de 0 a 14 a 25 °C; no obstante, el rango de pH en los suelos en condiciones naturales no alcanza los valores extremos, sino que varía entre 3.5 a 9.0 (MINAG, 2011).

2.3. Definición de términos

Análisis: Examen químico de una muestra orgánica o inorgánica, que consiste

Aniones: Ión que tiene carga negativa y procede de un elemento negativo.

Antagonismo: Incompatibilidad u oposición.

Calcáreo: Que contiene calcio.

Cationes: En términos químicos, es cuando un átomo neutro pierde uno o más electrones de su dotación original, este fenómeno se conoce como ionización. en determinar la naturaleza y proporción de las sustancias que la componen.

Concentración: Acción de concentrar o concentrarse cosas o personas que están dispersas o que se pueden dispersar.

Condición de suelo: Condiciones de la tierra (contenido de humedad, desagregación, densidad, etc.) que pueden mitigar o intensificar los agentes de desastre, tales como sequía, inundaciones, o movimientos sísmicos (CRID 2000).

Efecto: Cosa que se hace para que produzca cierta impresión en alguien.

Fertilización: Acción de fertilizar.

Interacción: Acción, relación o influencia recíproca entre dos o más personas o cosas.

Mineral: Sustancia inorgánica existente en la corteza terrestre que está formada por uno o varios elementos químicos.

Nutrientes: Sustancia que asegura la conservación y crecimiento de un organismo.

Profundidad: Distancia entre el fondo de algo y el punto tomado como referencia (parte más alta, entrada, borde, etc).

Ppm: Es una unidad de medida con la que se mide la medida concentración. Determina un rango de tolerancia.

pH: Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.

Sinergismo: La acción combinada de varias sustancias químicas, las cuales producen un efecto total más grande que el efecto de cada sustancia química separadamente.

2.4. Identificación de Variables

2.4.1. Variable 1

- Concentración de minerales (Ca, P, Cu, Zn, Fe).

2.4.2. Variable 2

- Profundidades del suelo (0,15 m y 0,30 m).

2.5. Definición Operativa de Variables e indicadores

Tabla 4: Definición Operativa de Variables e indicadores

| Variables | Indicadores | Escala |
|-----------------------------------|------------------------------|---------------|
| Variable 1 | | |
| Concentración de minerales | P, Ca, Cu, Zn, Fe (mg/Kg) | Razón |
| Variable 2 | | |
| Profundidades del suelo | 0,15 m y 0,30 m | Razón |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ambito de estudio

3.1.1. Acraquia

Distrito ubicado en la provincia de Tayacaja de la Region Huancavelica y se encuentra en una Altitud: 3266 msnm, Latitud: 12° 24 25” y Longitud: 74° 54 6” (Distritos.pe, 2019).

3.1.2. Colcabamaba:

Distrito ubicado en la provincia de Tayacaja de la Region Huancavelica y se encuentra Altitud: 3132 msnm, Latitud: 9°35 41” y Longitud:77°48 32” (Distritos.pe, 2019).

3.1.3. Daniel Herenandez:

Distrito ubicado en la provincia de Tayacaja de la Region Huancavelica y se encuentra a una Altitud: 3256 msnm, Latitud: 12° 23 25” y Longitud: 74° 51 30” (Distritos.pe, 2019).

3.2. Tipo de Investigación

El estudio fue de tipo básica, ya que busca producir conocimiento y teorías (Hernandez, 2014).

3.3. Nivel de Investigación

El nivel de investigación fue descriptivo, ya que busca especificar las propiedades importantes para medir y evaluar, tal como es y cómo se manifiesta en el momento de realizarse el estudio (Pumacallahui 2016).

3.4. Método de investigación

Se aplicó el método de análisis-síntesis ya que escoge los diferentes elementos o partes de un fenómeno y esta relacionado con nuestra capacidad sensorial (Centty, 2010).

3.5. Diseño de investigación

No experimental. Este diseño se realizó sin manipular deliberadamente las variables (Udlap 2010).

M ----- O

Donde:

M: Muestra

O: Observación

3.6. Población Muestra y Muestreo

3.5.1. Población

Existe un total de 23.63 hectáreas de cultivo permanentes en las 3 localidades Acraquia, Daniel Hernandez y Colcabamba (ECOGIS, 2012).

Tabla 5: Area total de cultivos permanentes.

| Distrito | Nº Has |
|------------------|--------------|
| Acraquia | 8,53 |
| Colcabamba | 7,5 |
| Daniel Hernandez | 7,6 |
| Total | 23,63 |

Fuente: ECOGIS, 2012

3.5.2. Muestra

Los sembríos de alfalfa con 3 años de permanencia, esta en un area equivalente al 10.5% del area total (CENAGRO, 2012). Aplicando el porcentaje tenemos lo siguiente:

Tabla 6: Área total de cultivos de alfalfa.

| Distrito | Nº Has | Profundidades (m) | Sub muestras | Muestra compuesta |
|-------------------------|---------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|
| Acraquia | 0,896 | 0,15 | 60 | 4 |
| | | 0,30 | 60 | 4 |
| Colcabamba | 0,788 | 0,15 | 60 | 4 |
| | | 0,30 | 60 | 4 |
| Daniel Hernandez | 0,798 | 0,15 | 60 | 4 |
| | | 0,30 | 60 | 4 |
| Total | 2,482 | | 480 | 24 |

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3. Muestreo

Se realizó el muestreo probabilístico estratificado, en donde el investigador divide a toda la población en diferentes subgrupos o estratos. Luego, selecciona aleatoriamente a los sujetos finales de los diferentes estratos en forma proporcional (Explorable, 2009).

3.7. Técnica e instrumentos de recolección de datos

3.8.1. Técnica

Se usó la técnica de observación, ya que es un procedimiento practico que permite descubrir, evaluar y contrastar realidades en el campo de estudio (Rodriguez, 2017).

3.8.2. Instrumento de Recolección de datos:

Se utilizó la ficha de observación por que es un instrumento indispensable para registrar la información (Rodriguez, 2017).

3.8. Procedimiento y recolección de Datos

3.9.1. Procedimiento en campo

- Se identificó las áreas de cultivo de alfalfa.
- Recorrer la zona en zig-zag para la recolección de 15 sub muestras y juntarlas en un balde.
- Mezclar las sub muestras para después separar la muestra representativa (1 Kg) que fue analizada en laboratorio.

3.9.2. Procedimiento en laboratorio

- Cada muestra fue secada al ambiente por 1 semana.
- Después del secado se procede a realizar el tamizado.
- Después del tamizado se procede a realizar el análisis para cada elemento mineral (Ca, P, Zn, Cu, Fe y pH), utilizando los distintos métodos para cada elemento mineral los cuales son los siguientes:

➤ **Para Calcio (Ca)**

- Pesar 2 g de muestra de suelo
- Verter la muestra pesada en un embudo con papel filtro, para realizar el lavado (riego de machaco o inundación)
- Añadir 50 ml de Cloruro de potasio.
- Analizar con el espectrofotómetro de absorción atómica

➤ **Para Fosforo (P)**

- Pesar 2 g de muestra de suelo.
- Adicionar 20 ml de Bicarbonato de Sodio como extractante.
- Agitar la solución para después verter en un papel filtro y extraer la muestra.
- Analizar la muestra en el espectrofotómetro de rayos UV.

➤ **Para Cobre(Cu), Zinc (Zn), Hierro (Fe)**

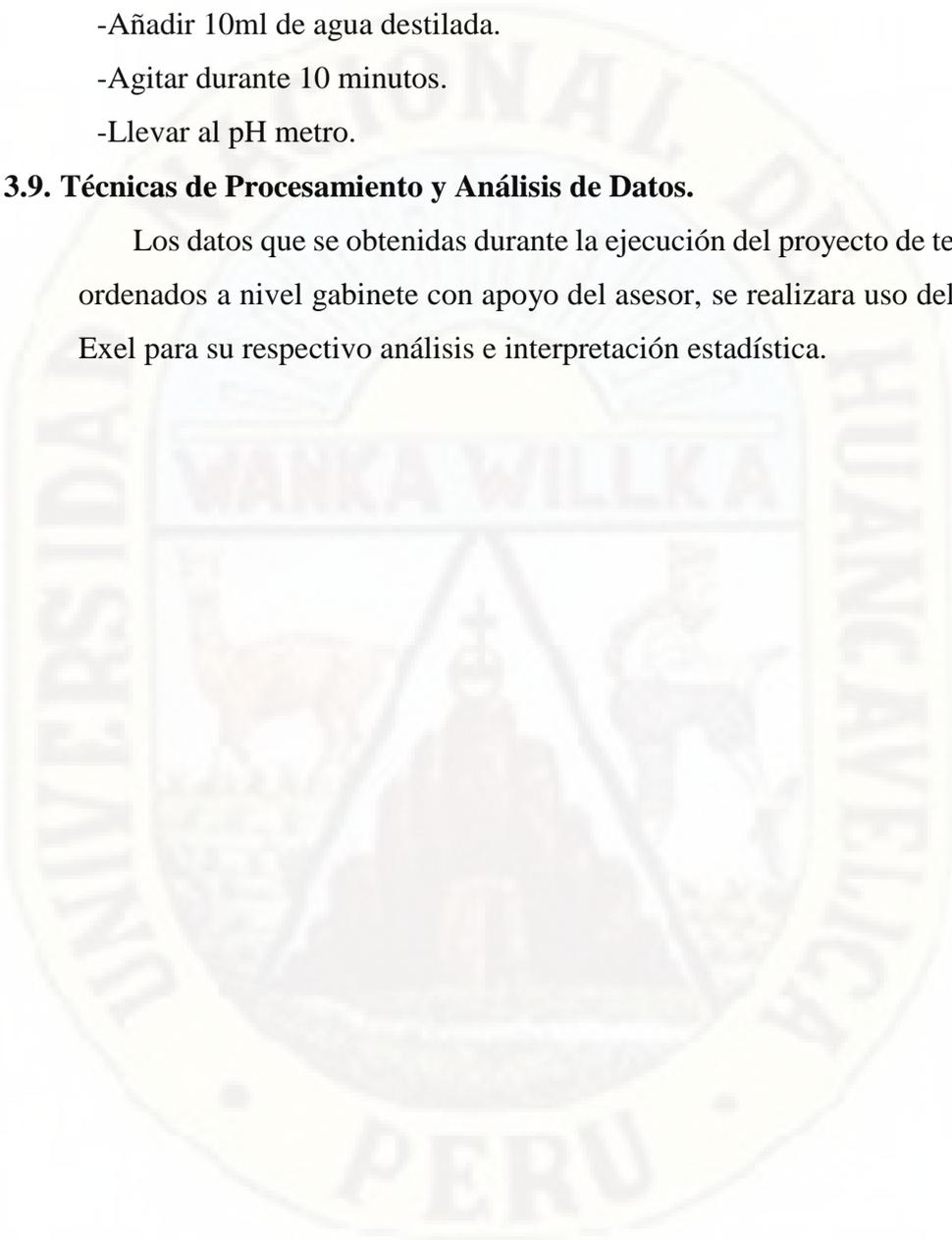
- Pesar 2.5 g de muestra
- Añadir 20 ml de reactivo Melich
- Analizar mediante el Espectrofotometro de Absorcion Atomica.

➤ **Para pH**

- Pesar 10g de muestra de suelo.
- Añadir 10ml de agua destilada.
- Agitar durante 10 minutos.
- Llevar al pH metro.

3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.

Los datos que se obtienen durante la ejecución del proyecto de tesis, fueron ordenados a nivel gabinete con apoyo del asesor, se realizara uso del programa Excel para su respectivo análisis e interpretación estadística.



CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Concentración de Ca y P a dos profundidades del suelo

Tabla 7: Concentración de P y Ca a dos profundidades del suelo.

| Profundidad (m) | Acraquia | | | Daniel Hernandez | | | Colcabamba | | |
|-----------------|----------|------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|------------------|--------------------|
| | n | P mg/Kg | Ca mg/Kg | n | P mg/Kg | Ca mg/Kg | n | P mg/Kg | Ca mg/Kg |
| 0.15 | 4 | 5.0 ^a | 132.0 ^a | 4 | 5.2 ^a | 119.4 ^a | 4 | 3.9 ^a | 148.1 ^a |
| 0.30 | 4 | 3.7 ^a | 146.7 ^a | 4 | 7.5 ^a | 123.7 ^a | 4 | 3.0 ^a | 165.3 ^a |

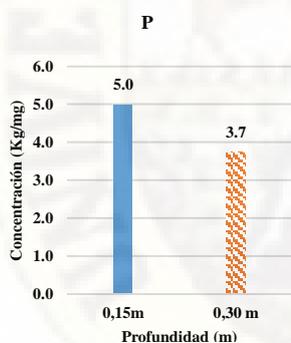


Figura 1: Concentración de P en Colcabamba

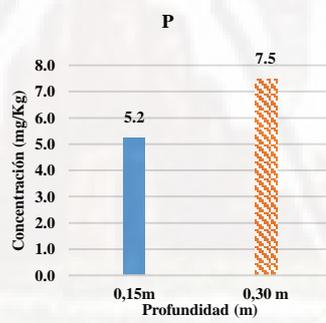


Figura 2: Concentración de P en Daniel Hernandez

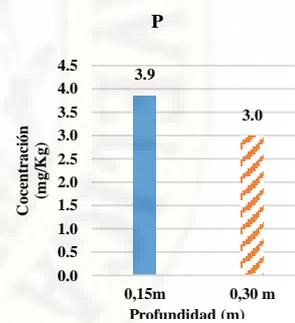


Figura 3: Concentración de P en Acraquia.

Los resultados obtenidos en la **tabla 7** se muestra la concentración de P a una profundidad de 0.15 m del suelo es de 5.0 ± 1.3 mg/Kg y 3.7 ± 1.0 mg/Kg a una profundidad de 0.30 m, al ser comparados con Armienta (1995), quien encontró 6.9 mg/Kg de P, asimismo menciona que la disponibilidad de P para la planta se reduce conforme aumenta el pH del suelo y la profundidad, Enríquez (2011) encontró alto contenido de 23,6 mg/Kg de P, por otro lado Gomez (2004), obtuvo 17.3 mg/Kg que, a su vez fue el macromineral mas deficiente frente al nivel critico. Cabe mencionar que estos resultados no se encuentran dentro del rango optimo a pesar de que el pH

esta dentro del rango ideal para su disponibilidad. McDowell, I.R (1983) recomienda que los valores obtenidos deben superar por encima del nivel crítico que es 5.0 mg/Kg, de lo contrario será considerado deficiente.

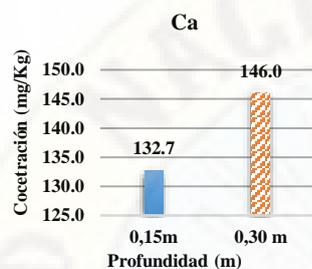


Figura 4: Concentración de Ca en Colcabamba

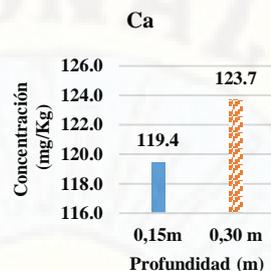


Figura 5: Concentración de Ca en D H

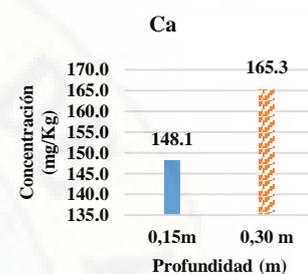


Figura 6: Concentración de Ca en Acraquia

Los resultados obtenidos en la Tabla 7 se evidencia la concentración de Ca a una profundidad de 0.15 m del suelo fue 132.7 ± 31.1 mg/Kg y 146 ± 49.6 mg/Kg a una profundidad de 0.30 m. Al ser comparados con Armienta (1995), quien llega a obtener Ca de 5710 a 11126 mg/Kg ya que los suelos se caracterizan por tener suelos calcáreos, por otro lado Gomez (2004), quien encontro 265.3 mg/Kg de Ca en niveles optimos. Analizando estos resultados podemos ver que estan dentro del rango de concentracion en el suelo y esto se debió al pH optimo del suelo. McDowell, I.R. (1983) recomienda que los valores obtenidos deben superar por encima del nivel crítico que es 71 mg/Kg, de lo contrario será considerado deficiente.

4.2. Concentración de Cu, Zn y Fe a dos profundidades del suelo

Tabla 8: Concentración de Cu, Zn y Fe a dos profundidades del suelo.

| Profundidad (m) | Acraquia | | | | Daniel Hernandez | | | | Colcabamba | | | |
|-----------------|----------|------------------|------------------|----------|------------------|-------------------|------------------|----------|------------|------------------|------------------|----------|
| | n | Cu mg/Kg | Zn mg/Kg | Fe mg/Kg | n | Cu mg/Kg | Zn mg/Kg | Fe mg/Kg | n | Cu mg/Kg | Zn mg/Kg | Fe mg/Kg |
| 0.15 | 4 | 1.1 ^a | 3.6 ^a | ND | 4 | 3.01 ^a | 3.8 ^a | ND | 4 | 3.4 ^a | 5.0 ^a | ND |
| 0.30 | 4 | 1.2 ^a | 3.2 ^a | ND | 4 | 3.1 ^a | 6.0 ^a | ND | 4 | 2.9 ^a | 3.4 ^a | ND |

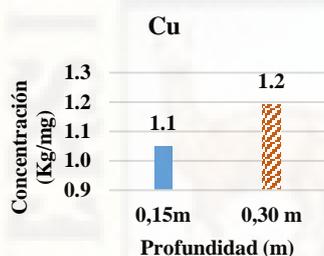


Figura 7: Concentración de Cu en Colcabamba

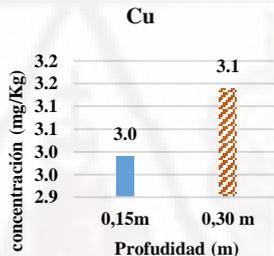


Figura 8: Concentración de Cu en D H

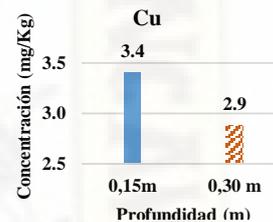


Figura 9: Concentración de Cu en Acraquia

Los resultados obtenidos en la Tabla 8 se evidencia la concentración de Cu a una profundidad de 0.15 m del suelo fue 1.1 ± 0.6 mg/Kg y 1.2 ± 0.5 mg/Kg a una profundidad de 0.30 m. Al ser comparados con Balarezo et al (2017), encontró 4.9 mg/Kg teniendo así un elevado nivel de Cu, esto debido principalmente al pH y periodo climático, Armienta (1995), menciona que la disponibilidad de Cu fue Norte, 2.6 mg/Kg; Centro, 1.9 mg/Kg; y Sur: 2.8 mg/Kg en promedio, Mengel y Kirkby (1982) reportaron concentraciones de Cu 5-50 mg/Kg en suelos con uso agrícola, siendo los suelos calcáreos los que regularmente presentan concentraciones particularmente bajas por otro lado. McDowell, I.R. (1983) recomienda que los valores obtenidos deben superar por encima del nivel crítico que es 1 mg/Kg, de lo contrario es considerado deficiente.

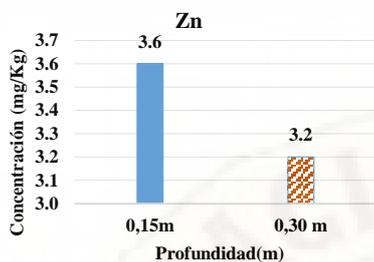


Figura 10: Concentración de Zn en Colcabamba

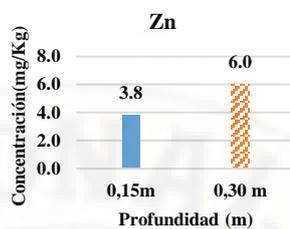


Figura 11: Concentración de Zn en D H

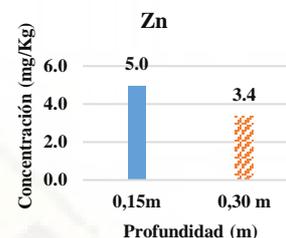


Figura 12: Concentración de Zn en Acraquia

Los resultados obtenidos en la Tabla 8 se evidencia la concentración de Zn obtenida a una profundidad de 0.15 m del suelo fue 3.6 ± 4 mg/Kg y 3.2 ± 1.7 mg/Kg a una profundidad de 0.30 m. Al ser comparados con Vivas (2011) donde menciona que se detectarón deficiencias de Zn, Balarezo et al (2017), obtuvo 6.45 mg/Kg y que la muestra presento elevados niveles de Zn esto debido principalmente al pH y periodo climatico, Armienta (1995), reportó 5.2 mg/Kg y que la disponibilidad de Zn para la planta se reduce conforme aumenta el pH del suelo, por otro lado Gomez (2004), encontro la concentracion de zinc 0.57 mg/Kg en los suelos donde estuvieron por debajo de los Niveles Criticos.

Según el objetivo específico, determinar la concentración de hierro (Fe) a dos profundidades del suelo, lo cual no se encontró la concentración de Fe en el análisis realizado

4.3. Rango de pH dos profundidades del suelo

Tabla 9: pH del suelo a dos profundidades del suelo en los distritos de Colcabamba, Daniel Hernandez y Colcabamba.

| Profundidad (m) | Acraquia | | Daniel Hernandez | | Colcabamba | |
|-----------------|----------|------------------|------------------|------------------|------------|-------------------|
| | n | pH (Media) | n | pH | n | pH |
| 0.15 | 4 | 7.6 ^a | 4 | 6.5 ^a | 4 | 7.17 ^a |
| 0.30 | 4 | 7.7 ^a | 4 | 6.9 ^a | 4 | 7.25 ^a |

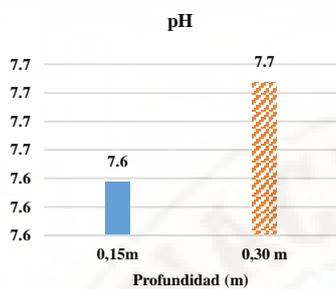


Figura 13: pH del suelo en Colcabamba.

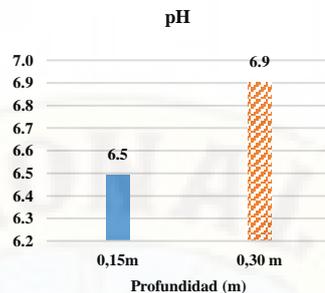


Figura 14: pH del suelo en D.H.

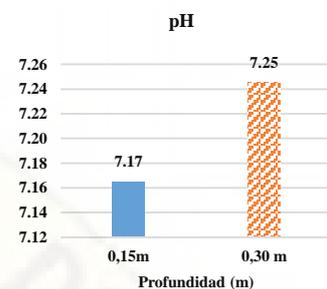


Figura 15: pH del suelo en Acaquia.

En los resultados Tabla 9 se evidencia un pH de 7.6 ± 0.2 y 7.7 ± 0.4 a 0.15 m y 0.30 m de profundidad del suelo respectivamente, datos que al ser comparados con lo encontrado por Borges et al, (2012), el rango de pH obtenido fue 7.3 a 8.0 y que ellas más las características de relieve actúan como factores predisponentes en la disponibilidad de algunos minerales y materia orgánica, Gomez (2004) reportó un pH de 5.86, Adolfo y Marchese (2015) encontraron suelos desde ligeramente a extremadamente salinos con pH en el rango de 7,5 – 8,5. Rotondaro (2013), en su manual de manejo y nutrición de la alfalfa menciona que el pH ideal varía de 6.8 a 7.5, rango en el cual el Fósforo, Calcio, Cobre, Zinc, Hierro está disponible.

CONCLUSIONES

1. Al determinar la concentración de P a 0,15 y 0,30 m de profundidad, hubo diferencias numéricas en las concentraciones de las dos profundidades, mas no hubo significancia estadística. En el distrito de Acraquia las concentraciones de P difieren siendo mayor en muestras de 0.30m de profundidad pero ambos resultados no superarán el nivel crítico de mg/Kg, en el distrito de Daniel Hernandez hay mayor concentración de P a 0.30m de profundidad superando el nivel crítico y en el distrito de Colcabamba la mayor concentración fue a 0.15m de profundidad, no superando el nivel crítico. La concentración de calcio (Ca) a 0,15 y 0,30 m de profundidad, hubo diferencias numéricas en las concentraciones de las dos profundidades, mas no hubo significancia estadística. En el distrito de Acraquia la mayor concentración de Ca está a 0,30 m de profundidad, en el distrito de Daniel Hernandez la concentración de Ca fue superior a los 0,30 m de profundidad y en el distrito de Colcabamba las concentraciones son diferentes y siendo superior a 0.30m de profundidad.
2. La concentración de Cu a 0,15 y 0,30 m de profundidad, hubo diferencias numéricas en las concentraciones de las dos profundidades, mas no hubo significancia estadística. En el distrito de Acraquia la mayor concentración de Cu se encuentra a los 0,15 m de profundidad, mientras que en el distrito de Daniel Hernandez se visualiza una ligera diferencia habiendo mayor concentración a 0.30 m de profundidad y en el distrito de Colcabamba hubo diferencias en las concentraciones tal es así que a 0.30m de profundidad hay mayor concentración de Cu. En el distrito de Acraquia la mayor concentración esta a 0.30m de profundidad, en el distrito de Daniel Hernandez la concentración de Zn fue diferente en las dos profundidades siendo mayor a 0,15m de profundidad y en el distrito de Colcabamba también hubo diferencias en cuanto a las concentraciones siendo mayor a 0.15m de profundidad. No hubo presencia de Fe en los distritos de Acraquia , Daniel Hernandez y Colcabamba.

3. En el pH hubo diferencias numéricas de las dos profundidades, mas no hubo significancia estadística. En el distrito de Colcabamba supera al rango ideal para la siembra de alfalfa, en el distrito Daniel Hernandez el pH es optimo para el cultivo de alfalfa ya que se encuentra dentro del rango ideal de pH, asimismo en el distrito Acraquí el pH también es optimo para el cultivo de alfalfa ya que se encuentra dentro del rango ideal.



RECOMENDACIONES

1. Realizar mas estudios en los distritos de Acraquia, Daniel Hernandez y Colcabamba realizando el analisis de macrominerales y minerales traza con los dmas elementos minerales que son indispensables, asi como en los demas distritos de la región Huancavelica.
2. Para los resultados que se obtuvieron es necesario ampliar los factores que ocasiona la falta o exeso de concentraciones asi como tomar en cuenta las propiedades fisicas. Evaluar la concentración de N y K, Mg, S que tambien son indispensable para el cultivo de alfalfa y otros forrajes asi como la concentración de micro minerales tales como Mg, Al, Mn, etc.
3. Con respecto al pH evaluar las causas de la variacion de pH.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alaluna, Edgardo. 2000. Evaluación del efecto de fertilización, aplicación de estiércol y absorción de elementos en el rendimiento de la secuencia papa-kiwicha, evaluado mediante la técnica del elemento faltante Rev. Perú. 115-123. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM.

Anónimo. 1968. Boletín de guanos y fertilizantes de México. México.

Armienta Trejo G. T. 1995. Perfil mineral del suelo, forraje y tejidos del ganado en agostaderos del estado de Nuevo León. Mexico.

A. Gomes. 2004. "Concentración de Macro-minerales y Minerales Traza en suelos y forrajes en el Eje Neo volcánico del Estado de Nayarit". Tesis para el grado de maestría. México.

A. Sanzano. 2019. Química del suelo- El fosforo. Cátedra de Edafología. FAZ. UNT. Argentina.

Ammerman, C.B. and R.D. Goodrich. 1983. Advances in mineral nutrition in ruminants. J. Anim. Sei. 57(suppl.2): 519-533.

Borges. 2010. Importancia del fósforo en el complejo suelo-animal. Mundo Pecuario 6 (2): 151-156.

Barros M. P. y Blasco M. 1971. Cobalto, cobre, molibdeno total en los suelos volcánicos del Altiplano de pasto, Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas. Colombia.

Blasco, L. M. 1963. Curso de suelos. Palmira, Facultad de Agronomía (en mimeógrafo) p 427.

Botanical- online. 2019. Funciones de los nutrientes minerales en las plantas. Disponible en [www. Botánica.online.com](http://www.Botánica.online.com).

Brady, N.C. and R.R. Weil. 1999. The nature and properties of soils. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Buckman R. and T. Brady, N.C. 1982. The Nature and Properties of Soils. 8th ed. Macmillan Publishing Co., Inc., New York.

CRID, 2000. Centro Regional de Información sobre desastres. San José.

Cakmak I. 2015. Zinc para la Producción Global Sustentable de Cultivos y mejores Dietas Nutricionales. Conferencia del Curso Internacional de Nutrición de

Cultivos. Intagri. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-importancia-del-zinc-en-las-plantas-y-su-dinamica-en-el-suelo>.

Centty Villafuerte, D.B.:(2010) Manual metodológico para el investigador científico, Edición electrónica gratuita. Texto completo en www.eumed.net/libros/2010e/816/

Cerón, Patricia. y García, Hernán. 2009. Propiedades del suelo en bosque y pajonal; reserva natural de Pueblo Viejo, Nariño, Colombia. Revista U.D.C.A. Divulgación científica 12 (1 13-120).

Chen,Z. 2000. Relationship between heavymetal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops. Food and fertilizartechology center.

Carlos Sierra. 2017. Una relación intensa: El hierro, el suelo y las plantas. Chile. Disponible en: [http:// www. elmercurio.com/ Campo/ Noticias/ Analisis/ 2016/02/02/ Una-relacion-intensa-El-hierro-el-suelo-y-las-plantas.aspx](http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2016/02/02/Una-relacion-intensa-El-hierro-el-suelo-y-las-plantas.aspx).

Davies, G.K., P.A. Calvet and M.H. Frensh. 1987. Trace elements in mineral nutrition of cattle. Vet. Med. Assoc. 119:450-451.

Diego De la Rosa.2013. “una agricultura a la medida de cada suelo: desde el conocimiento científico y la experiencia práctica a los sistemas de ayuda a la decisión”. Sevilla. España.

Distrito.pe. 2019. Ciudades y distritos del Perú- información sobre ciudades y pueblos del Perú. Disponible en: <https://www.distrito.pe>.

Domínguez Vara, Ignacio A. y Huerta Bravo, Maximino. 2008. Concentración e interrelación mineral en suelo, forraje y suero de ovinos durante dos épocas en el valle de Toluca, México. Agro ciencia, vol. 42, núm. 2, febrero-marzo, pp. 173-183 Colegio de Postgraduados Texcoco, México

ECOGIS. 2012. Zonificación de suelos. Disponible en: <https://ecogis.webcindario.com>.

Enríquez, V. Francisco. 2011. Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo de las áreas de pastoreo del Centro de Investigación y Desarrollo de Vacunos de la Universidad nacional de Huancavelica del distrito de Acraquia-Pampas. Tesis de grado. Ingeniero Zootecnista UNH.

Explorable.com . 2009. Método de muestreo estratificado. Sep. 23, 2019
Obtenido de Explorable.com: <https://explorable.com/es/muestreo-estratificado>.

Fuentes, R. 1989. Fundamentos en el Manejo de Suelos. Editorial Acribia. España.

Henríquez, C. 2015. Efecto del uso del suelo sobre las formas de fósforo de un andisol. Universidad de costa rica. Revista Agronomía Costarricense, Vol. 39.

F. Vivas. 2011. Contenido mineral de forrajes en predios de ovinocultores del estado de Yucatán. Artículo científico. Mexico.

Huaroc y Porta. 2014. Potencialidad de tierras y calidad de sitio con fines agroforestales en la microcuenca del Rio Vilca – Huancavelica”. Tesis de grado. Peru.

ICA. 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Produmedios, Santafé de Bogotá.

INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 2009. Gestión de recursos hídricos en el Perú. Erosión severa de los suelos por regiones. Disponible en <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream>.

INIA. 2002. Tecnología y prácticas en el manejo de los recursos naturales para la recuperación de suelos degradados. Santiago de Chile.

Jaramillo, D. 2002. Introducción a la Ciencia del Suelo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 613 pp.

Jorge A. Borges y col. 2010. Características físico químicas del suelo y su asociación con macroelementos en áreas destinadas a pastoreo en el estado de Yaracuy – Venezuela. Artículo científico.

Kawas, J.R. and J.E. Houston. 1990. Nutrient Requirement of hair sheep in tropical and subtropical environments. Small Ruminant in: Hair sheep production in Tropical and Subtropical environments. Chapter 4. Collaborative Research Program, University of California-Davis/US-AID

Kiatoko, M., L.R. McDowell, J.E. Bertrand, H.L. Champan, F.M. Pate, F.G. Martin and J.H. Conrad. 1982. Evaluating the nutritional status of beef cattle herds

from our soil order regions of Florida. I. Macroelements, protein, carotene, vitamin A and E, Hemoglobin and Hematocrit. *J. Anim. Sci.* 55:28-37.

KS KALI GmbH. 2017. El cobre. Estados Unidos. Disponible en: https://www.kali-gmbh.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/copper.html#anchor0.

L. R. Balarezo Urresta, J. R. García D., E. Noval A., H. Benavides R., S. R. Mora Q., S. Vargas H. 2017. Contenido mineral en suelo y pastos en rebaños bovinos lecheros de la región andina de Ecuador. Centro agrícola. Ecuador.

Leticia, S. et al. 2007. Cambios en las propiedades del suelo por transformación de áreas boscosas en pastizales en Zamora-Chinchipe. Ecuador. Actas de la III reunión sobre sistemas agroforestales.

Lozano, Z; Hernández, R; Bravo, C; Rivero, C y Delgado, M. 2012. Disponibilidad de fósforo en un suelo de las sabanas bien drenadas venezolanas, bajo diferentes coberturas y tipos de fertilización. *Revista Interciencia* 11 (37): 820-827.

M. Larios Bayona. 2014. Niveles de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb Y Zn en los suelos de ribera de la cuenca del Río Turia. Barcelona-España.

Meir N. 1979. Structure and function of dessert ecosystems. *Isr. Jour.*

Marino, M. A. and Echeverría, H. E., 2018. Diagnosis of phosphorus requirement for alfalfa (*Medicago sativa* L.) in argiudols. *Agriscientia* 35: 11-24.

Mayhua y col. 2008. Instalación y conservación de pastos cultivados en altura. Incagro. Proyecto: "Identificación de alpacas de alto valor genético con mejora del medio ambiente y fortalecimiento de capacidades". Huancavelica – Perú.

MINAG. 2011. Cadena Agroproductiva de Papa. Manejo y Fertilidad de Suelos. Dirección General de Competitividad Agraria. Lima. En la web: http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manualesboletines/papa/manejo_fertilidaddesuelos.pdf.

Núria Roca, Mabel S. Pazos y Jaume Bech. 2006. Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del no argentino. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro de la Provincia. Buenos Aires, CC 47, 7300 Azul. Argentina.

- O. Piedrahita. 2012. Calcio en las plantas. NUPREE. Colombia.
- Porta, J.; López, M.; Roquero, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3era edición. Madrid: Mundi Prens. 929 pp.
- Salisbury, F.B. and R. Ross. 1985. Plant Physiology. Ed. Wadsworth. California.
- Rojas, M. y M. Rovalo. 1986. Fisiología Vegetal. Ed. McGrawHill. Mexico.
- R. Arteta. 2007. Profundidad efectiva y Capacidades de Uso del Suelo. UNAM. Mexico. Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/14/61286>.
- S. M. Silva y F. J. Correa 2009. Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. Medellín- Colombia.
- Spears, J W. 1994. Mineral in Forages. Forage Quality, Evaluation and Utilization. American Society of agronomy, Inc. Crop Science Society of America Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Tobón, J. H. S.f. Cómo tomar una buena muestra de suelo. ICA, Santafé de Bogotá.
- Velasco, H. A. 1992. Zonas Áridas y Semiáridas del Semi desierto mexicano. LIMUSA. México.
- US EPA. 2007. Ecological Screening Levels for Zinc. Disponible en: http://www.epa.gov/ecotox/ecossl/pdf/eco-ssl_zinc.pdf
- Vilma Rosas C. y Diego Arribillaga G. 2013. Potencial Productivo en Base a la Profundidad de los Suelos del Valle de Chile Chico. INIA Tamel Aike. Chile.
- Vivas y Quailino, 1998. Fosforo y enmienda cálcica para la producción de alfalfa en dos suelos del centro este de Santa Fe. INTA Rafaela. Uruguay.
- Volkweiss, S.J. and N.M. Rodriguez. 1978. Propiedades de los suelos que influyen las deficiencias minerales o toxicidades en los animales y las plantas. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en Nutrición Mineral de los rumiantes en pastoreo. Belo Horizonte, Brazil. (Ed.) Universidad de Florida.
- Yakabi Beldriñaña, K. 2014. Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la Comunidad Campesina San Pedro de Laraos, Provincia de Huarochirí, Lima. Tesis de grado: licenciada en geografía y Medio Ambiente. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Z. Lozano, R. M. Hernandez, C. Bravo. 2012. Disponibilidad del fosforo en un suelo de las sabanas bien drenadas venezolanas, bajo diferentes coberturas y tipo de fertilización. Venezuela.



APÉNDICE

Apéndice 1: Matriz de consistencia

Título: Concentración de minerales a dos profundidades del suelo en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) en las localidades de Acraquia, Daniel Hernandez y Colcabamba de la provincia de Tayacaja- Huancavelica

| PROBLEMA | OBJETIVO | VARIABLES E INDICADORES | METODOLGÍA | MUESTRA |
|--|--|---|--|--|
| ¿Como es la concentración de minerales a dos profundidades del suelo en cultivos de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) de las localidades de Colcabamba, Daniel Hernández, Acraquia- Tayacaja- Huancavelica? | <p>Objetivo General</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la concentración de minerales a dos profundidades del suelo en cultivos de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) de las localidades de Colcabamba, Daniel Hernández, Acraquia- Tayacaja- Huancavelica. <p>Objetivo Especifico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la concentración de Ca y P a 0,15 y 0,30 m de profundidad. • Determinar la concentración de Cu, Zn y Fe a 0,15 y 0,30 m de profundidad. • Determinar el potencial de hidrogeno (pH). | <p>Variable 1 Concentración de minerales de Ca, P, Cu, Zn, Fe (ppm).</p> <p>Variable 2 Profundidades del suelo (0,15 y 0,30 m).</p> | <p>Tipo de Investigación Básica</p> <p>Nivel de Investigación Descriptivo</p> <p>Método de investigación Análisis-síntesis</p> <p>Diseño No experimental</p> | <p>Poblacion 23.63 Has</p> <p>Muestra Consta de 24 muestras compuestas proveniente de 540 sub muestras.</p> <p>Muestreo Se realizará muestreo probabilístico estratificado.</p> |

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 2: - Ficha de registro para muestras de suelo

| | |
|---------------------------------|--|
| LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL | |
| PREDIO: | |
| SECTOR O LUGAR: | |
| PROFUNDIDAD: | |
| FECHAS DE MUESTREO: | |

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 3: Promedio de resultado de análisis de minerales en el suelo.

| CONCENTRACIÓN DE Ca Y P | | | | | | |
|------------------------------|------------|-------|------------------|-------|----------|-------|
| | COLCABAMBA | | DANIEL HERNANDEZ | | ACRAQUIA | |
| PROFUNDIDAD | 0.15m | 0.30m | 0.15m | 0.30m | 0.15m | 0.30m |
| Calcio(Ca) | 132.7 | 146.0 | 119.4 | 123.7 | 148.1 | 165.3 |
| Fosforo(P) | 5.0 | 3.7 | 5.2 | 7.5 | 3.9 | 3.0 |
| CONCENTRACIÓN DE Co, Zn Y Fe | | | | | | |
| | COLCABAMBA | | DANIEL HERNANDEZ | | ACRAQUIA | |
| PROFUNDIDAD | 0.15m | 0.30m | 0.15m | 0.30m | 0.15m | 0.30m |
| Cobre(Co) | 1.1 | 1.2 | 3.0 | 3.1 | 3.4 | 2.9 |
| Zinc (Zn) | 3.6 | 3.2 | 3.8 | 6.0 | 5.0 | 3.4 |
| Hierro (Fe) | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| RANGO DE pH | | | | | | |
| | COLCABAMBA | | DANIEL HERNANDEZ | | ACRAQUIA | |
| PROFUNDIDAD | 0.15m | 0.30m | 0.15m | 0.30m | 0.15m | 0.30m |
| pH | 7.6 | 7.7 | 6.5 | 6.9 | 7.2 | 7.2 |

Fuente: Elaboración propia

Apendice 4: Resultado general de analisis de suelos a dos profundidades.

| P | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|------------------|--------|--------|-------------|--------|--------|
| Colcabamba | | | Daniel Hernández | | | Acraquia | | |
| Profundidad | 0,15 m | 0,30 m | Profundidad | 0,15 m | 0,30 m | Profundidad | 0,15 m | 0,30 m |
| 1 | 2.99 | 4.48 | 1 | 3.49 | 9.47 | 1 | 3.49 | 2.99 |
| 2 | 5.48 | 4.48 | 2 | 6.98 | 9.47 | 2 | 5.48 | 2.49 |
| 3 | 5.48 | 3.49 | 3 | 4.48 | 3.49 | 3 | 3.99 | 4.98 |
| 4 | 5.98 | 2.49 | 4 | 5.98 | 7.47 | 4 | 2.49 | 1.49 |
| Media | 5.0 | 3.7 | Media | 5.2 | 7.5 | Media | 3.9 | 3.0 |
| DS | 1.3 | 1.0 | DS | 1.6 | 2.8 | DS | 1.2 | 1.5 |

| Ca | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|------------------|-------|--------|-------------|-------|--------|
| Colcabamba | | | Daniel Hernández | | | Acraquia | | |
| Profundidad | 0,15m | 0,30 m | Profundidad | 0,15m | 0,30 m | Profundidad | 0,15m | 0,30 m |
| 1 | 170.8 | 199.3 | 1 | 111.8 | 115.1 | 1 | 87.6 | 173.4 |
| 2 | 133.0 | 80.3 | 2 | 163.5 | 82.4 | 2 | 174.9 | 145.1 |
| 3 | 94.6 | 160.4 | 3 | 76.9 | 141.8 | 3 | 159.4 | 170.6 |
| 4 | 132.4 | 144.3 | 4 | 125.6 | 155.5 | 4 | 170.6 | 172.1 |
| Media | 132.7 | 146.0 | Media | 119.4 | 123.7 | Media | 148.1 | 165.3 |
| DS | 31.1 | 49.6 | DS | 35.8 | 32.2 | DS | 40.9 | 13.5 |

| Cu | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|------------------|-------|--------|-------------|-------|--------|
| Colcabamba | | | Daniel Hernandez | | | Acraquia | | |
| Profundidad | 0,15m | 0,30 m | Profundidad | 0,15m | 0,30 m | Profundidad | 0,15m | 0,30 m |
| 1 | 0.44 | 0.64 | 1 | 2.44 | 2.44 | 1 | 5.6 | 3.2 |
| 2 | 1.92 | 0.76 | 2 | 2.44 | 4.28 | 2 | 2.88 | 3.24 |
| 3 | 0.76 | 1.56 | 3 | 4.28 | 2.8 | 3 | 2.6 | 2.48 |
| 4 | 1.08 | 1.8 | 4 | 2.8 | 3.04 | 4 | 2.52 | 2.6 |
| Media | 1.1 | 1.2 | Media | 3.0 | 3.1 | Media | 3.4 | 2.9 |
| DS | 0.6 | 0.6 | DS | 0.9 | 0.8 | DS | 1.5 | 0.4 |

| Zn | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|------------------|-------|--------|-------------|-------|--------|
| Colcabamba | | | Daniel Hernandez | | | Acraquia | | |
| Profundidad | 0,15m | 0,30 m | Profundidad | 0,15m | 0,30 m | Profundidad | 0,15m | 0,30 m |
| 1 | 2.16 | 2.96 | 1 | 1.92 | 10.96 | 1 | 6.16 | 5.6 |
| 2 | 9.6 | 1.4 | 2 | 5.36 | 3.32 | 2 | 5.48 | 3.04 |
| 3 | 1.44 | 5.68 | 3 | 3.12 | 4.88 | 3 | 5 | 2.48 |
| 4 | 1.2 | 2.76 | 4 | 4.92 | 4.84 | 4 | 3.16 | 2.28 |
| Media | 3.6 | 3.2 | Media | 3.8 | 6.0 | Media | 5.0 | 3.4 |

| | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|------------------|-------|--------|-------------|-------|--------|
| DS | 4.0 | 1.8 | DS | 1.6 | 3.4 | DS | 1.3 | 1.5 |
| Fe | | | | | | | | |
| Colcabamba | | | Daniel Hernandez | | | Acraquia | | |
| Profundidad | 0,15m | 0,30 m | Profundidad | 0,15m | 0,30 m | Profundidad | 0,15m | 0,30 m |
| 1 | ND | ND | 1 | ND | 0.12 | 1 | ND | ND |
| 2 | ND | ND | 2 | ND | ND | 2 | ND | ND |
| 3 | ND | ND | 3 | ND | ND | 3 | ND | ND |
| 4 | ND | ND | 4 | ND | ND | 4 | ND | ND |
| pH | | | | | | | | |
| Colcabamba | | | Daniel Hernandez | | | Acraquia | | |
| Profundidad | 0,15m | 0,30 m | Profundidad | 0,15m | 0,30 m | Profundidad | 0,15m | 0,30 m |
| 1 | 7.45 | 7.35 | 1 | 5.87 | 7.41 | 1 | 6.46 | 7.77 |
| 2 | 7.77 | 8.14 | 2 | 6.66 | 6.3 | 2 | 7.21 | 6.2 |
| 3 | 7.83 | 7.5 | 3 | 6.2 | 6.81 | 3 | 7.09 | 7.17 |
| 4 | 7.5 | 7.84 | 4 | 7.25 | 7.09 | 4 | 7.9 | 7.84 |
| Media | 7.6 | 7.7 | Media | 6.5 | 6.9 | Media | 7.2 | 7.2 |
| DS | 0.2 | 0.4 | DS | 0.6 | 0.5 | DS | 0.6 | 0.8 |

Fuente: Elaboración propia

PANEL DE FOTOGRAFIAS



Fotografía 1: Área muestreo de suelo.



Fotografía 2: Obtención de muestras de suelo.



Fotografía 3: Obtención de muestras de suelo



Fotografía 4: Tamizado de muestras a 2mm.



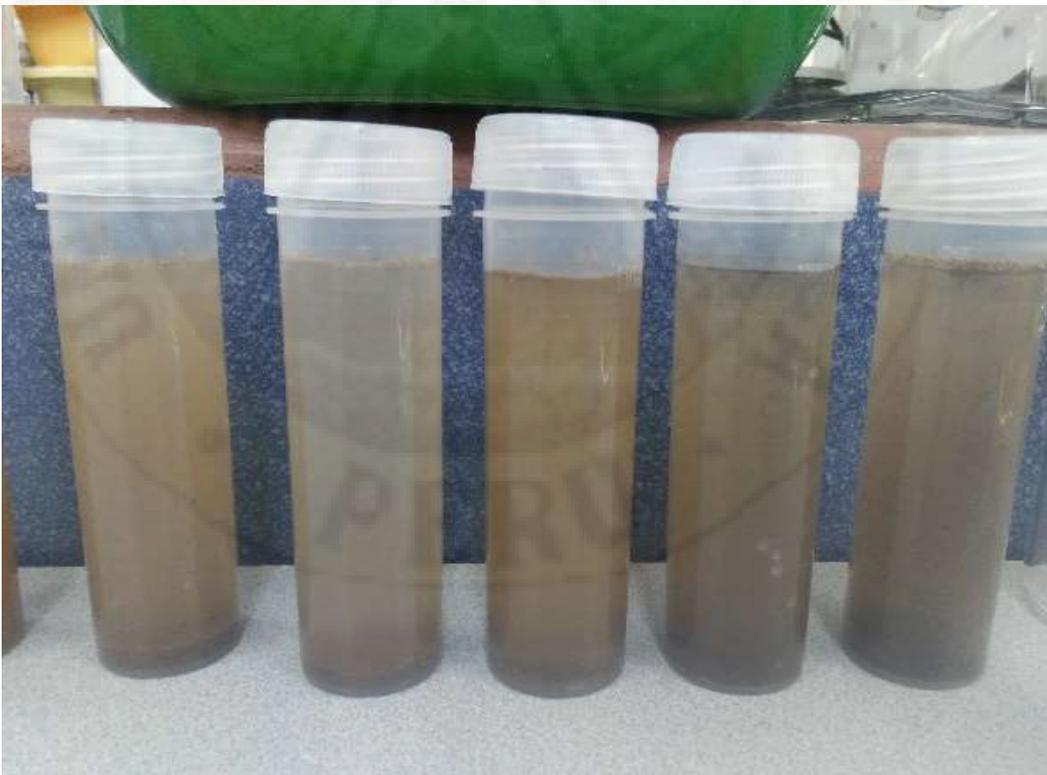
Fotografía 5: Muestras pesadas para su análisis respectivo.



Fotografía 6: Preparación de reactivos y extractantes.



Fotografía 7: Añadiendo extractante a las muestras del suelo.



Fotografía 8: Muestras de suelo con extractante añadido.



Fotografía 9: Muestras de suelo con extractante añadido.



Fotografía 10: Filtrado de muestras de suelo con extractante añadido.



Fotografía 11: Analisis de minerales en espectofotometro de Absorción atomica.



Fotografía 12: Determinación de pH en el suelo.