



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE
RIESGOS NATURALES**

**EFFECTOS DE LA UTILIZACIÓN DE FERTILIZANTES QUÍMICOS
EN CULTIVOS DE PASTOS SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO,
EN LA HACIENDA CHIGCHICOCHA, MACHACHI.**

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

DE INGENIERO AMBIENTAL Y EN MANEJO DE RIESGOS NATURALES

DIEGO MARCELO ÁVILA NAVARRETE

DIRECTOR: BIÓLOGA ANITA VIOLETA ARGÜELLO MEJÍA

Quito, Diciembre, 2013

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2013

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **DIEGO MARCELO ÁVILA NAVARRETE**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Diego Marcelo Ávila Navarrete

C.I. 171619162-0

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Efectos de la Utilización de Fertilizantes Químicos en Cultivos de Pastos sobre la Calidad del Suelo, en la Hacienda Chigchicocha, Machachi**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Ambiental y en Manejo de Riesgos Naturales** fue desarrollado por **Diego Ávila Navarrete**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Anita Violeta Argüello Mejía

DIRECTORA DEL TRABAJO

C.I. 1705861431

AGRADECIMIENTO

A Dios ante todo, por llenarme de bendiciones y permitirme concluir esta etapa de mi vida con éxito.

A mis padres que gracias su esfuerzo y ejemplo inculcaron en mí virtudes como perseverancia, dedicación, responsabilidad y el anhelo de aprender, lo cual ha sido de inmensurable valor para finalizar con éxito esta carrera y el presente trabajo de titulación.

A mis hermanos José y Ana Cristina, y a Ana Gabriela por su apoyo incondicional y motivación, lo cual me ha ayudado en muchas ocasiones a lo largo de mi vida.

A todo el personal docente y administrativo de la Universidad Tecnológica Equinoccial que contribuyeron en todas las etapas de mi formación, en especial a la Bióloga Anita Violeta Argüello Mejía que ha sabido guiarme de la mejor manera durante el desarrollo de esta investigación.

A todas las personas que de una u otra manera han contribuido en este proceso de aprendizaje del cual es resultado esta tesis de grado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	1
PROBLEMA A ABORDAR.....	3
JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	3
ALCANCE.....	4
1.1. OBJETIVOS.....	6
1.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. SUELO.....	7
2.2. PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO.....	8
2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	8
2.2.2. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.....	9
2.2.3. PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO.....	9
2.3. FORMACIÓN DEL SUELO.....	10
2.4. COMPOSICIÓN DEL SUELO.....	10
2.4.1. FASE SÓLIDA.....	11
2.4.2. FASE LÍQUIDA.....	12
2.4.3. FASE GASEOSA.....	12
2.4.4. FASE ORGÁNICA.....	13
2.5. PERFIL DEL SUELO.....	13

2.5.1.	PERFIL H.....	14
2.5.2.	PERFIL O.....	14
2.5.3.	PERFIL A.....	15
2.5.4.	PERFIL B.....	16
2.5.5.	PERFIL C O SUBSUELO.....	16
2.5.6.	PERFIL D, PERFIL R O MATERIAL ROCOSO.....	17
2.6.	CALIDAD DEL SUELO.....	17
2.7.	TEXTURA DEL SUELO.....	18
2.7.1.	ARENA.....	19
2.7.2.	LIMO.....	19
2.7.3.	ARCILLA.....	20
2.8.	ESTRUCTURA DEL SUELO.....	21
2.9.	FERTILIDAD DEL SUELO.....	22
2.10.	MACRONUTRIENTES.....	22
2.10.1.	NITRÓGENO.....	23
2.10.2.	FÓSFORO.....	23
2.10.3.	POTASIO.....	24
2.10.4.	CALCIO.....	24
2.10.5.	MAGNESIO.....	25
2.10.6.	AZUFRE.....	25
2.11.	MICRONUTRIENTES.....	25
2.12.	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.....	26
2.13.	POTENCIAL DE HIDROGENO DEL SUELO (pH).....	28
2.13.1.	EL pH Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	28
2.13.2.	EL pH Y LA SOLUBILIDAD DE ELEMENTOS QUÍMICOS.....	29
2.13.3.	EL pH Y LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA.....	29
2.14.	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO.....	30
2.15.	MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO.....	31

2.16.	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN	32
2.17.	HUMEDAD DEL SUELO	34
2.18.	PENDIENTE DEL TERRENO.....	35
2.19.	LIXIVIACIÓN DE NUTRIENTES.....	35
2.20.	FERTILIZANTES QUÍMICOS	36
2.20.1.	FOSFATO DIAMÓNICO (DAP).....	37
2.20.2.	UREA	37
2.20.3.	SULFATO DE AMONIO	38
2.21.	FERTILIZANTES ORGÁNICOS	38
2.22.	PESTICIDAS Y PLAGUICIDAS.....	39
2.23.	PASTOREO.....	40
2.24.	PASTOS	40
2.25.	IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE PASTOS.....	41
2.26.	CARACTERÍSTICAS DE LOS CULTIVOS DE PASTO EN LA HACIENDA CHIGCHICOCHA	41
2.26.1.	PASTO TETRAVERDE	42
2.26.2.	PASTO BISÓN.....	42
2.26.3.	TRÉBOLES.....	43
2.26.4.	AVENA FORRAJERA	43
2.27.	CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL SUELO.....	44
2.28.	DEGRADACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO	45
2.29.	INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO	46
2.30.	MARCO LEGAL.....	48
2.30.1.	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	48
2.30.2.	LEY ORGÁNICA DEL RÉGIMEN DE LA SOBERANÍA ALIMENTARIA	48

2.30.3. CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN	50
2.30.4. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DE AMBIENTE (TULSMA).....	50
2.31. MARCO TEMPORO-ESPACIAL	51
2.31.1. CANTÓN MEJÍA	51
2.31.2. HACIENDA CHIGCHICOCHA	52
2.32. MARCO CONTEXTUAL	53
2.32.1. CLIMA.....	53
2.32.2. OROGRAFÍA	55
2.32.3. HIDROGRAFÍA	55
2.32.4. GEOLOGÍA.....	55
2.32.5. GEOMORFOLOGÍA.....	56
2.32.6. SUELOS	56
2.32.7. FLORA.....	56
2.32.8. ACTIVIDADES ECONÓMICAS.....	57
3. METODOLOGÍA	58
3.1. MÉTODOS	58
3.1.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO	58
3.1.2. INFLUENCIA DE LA PENDIENTE EN LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES	61
3.1.3. DIFERENCIA DE MACRONUTRIENTES ENTRE TERRENOS CON CULTIVOS DE PASTO Y TERRENOS SIN CULTIVOS	62
3.1.4. RELACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL SUELO CON LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES.....	65
3.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	65
3.3. MATERIALES.....	66
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	67
4.1. PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS	67

4.1.1.	TEXTURA	67
4.1.2.	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO	68
4.1.3.	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	70
4.1.4.	POTENCIAL DE HIDROGENO.....	71
4.1.5.	MACRONUTRIENTES PRIMARIOS.....	73
4.1.6.	MACRONUTRIENTES SECUNDARIOS.....	77
4.1.7.	MICRONUTRIENTES	81
4.1.8.	BASES	83
4.1.9.	HUMEDAD.....	85
4.1.10.	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN.....	86
4.1.11.	MATERIA ORGÁNICA.....	87
4.1.12.	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO ...	88
4.2.	INCIDENCIA DE LA PENDIENTE EN LA CALIDAD DEL SUELO DE CULTIVOS DE PASTOS	90
4.3.	INCIDENCIA DE LA PROFUNDIDAD EN LA CALIDAD DEL SUELO DE CULTIVOS DE PASTOS	90
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
5.1.	CONCLUSIONES.....	92
5.2.	RECOMENDACIONES.....	93
	BIBLIOGRAFÍA.....	95
	ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de pH del Suelo	30
Tabla 2. Rangos de Salinidad del Suelo	31
Tabla 3. Interpretación de la Velocidad de Infiltración del Suelo.....	33
Tabla 4. Índice de Calidad del Suelo	47
Tabla 5. Datos Climáticos del Cantón Mejía	54
Tabla 6. Métodos de Análisis de muestras de Suelo	63
Tabla 7. Criterios para la Interpretación de Resultados del Análisis de Suelos	64
Tabla 8. Clase Textural de los Terrenos Estudiados	67
Tabla 9. Concentración de Macronutrientes Primarios	73
Tabla 10. Concentración de Macronutrientes Secundarios.....	78
Tabla 11. Micronutrientes en el Suelo.....	82
Tabla 12. Diferencia de Micronutrientes entre Zonas Altas y Bajas.....	83
Tabla 13. Valoración del Índice de Calidad del Suelo.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Triángulo de Texturas del Suelo	21
Figura 2. Ubicación del Cantón Mejía	52
Figura 3. Terreno 1	59
Figura 4. Terreno 2	59
Figura 5. Terreno Blanco 1	60
Figura 6. Terreno Blanco 2	61
Figura 7. Ubicación de Puntos de Muestreo en el Terreno	62
Figura 8. Componentes Texturales de los Terrenos Estudiados	68
Figura 9. Capacidad de Intercambio Catiónico del Suelo	69
Figura 10. Diferencia de CIC entre Zonas Altas y Bajas	70
Figura 11. Conductividad Eléctrica del Suelo.....	70
Figura 12. Diferencia de Conductividad Eléctrica entre Zonas Altas y Bajas.....	71
Figura 13. Potencial de Hidrógeno del Suelo.....	72
Figura 14. Diferencia de pH entre Zonas Altas y Bajas	72
Figura 15. Cantidad de Nitrógeno (NH ₄) en el Suelo.....	74
Figura 16. Diferencia en la Cantidad de Nitrógeno (NH ₄) entre Zonas Altas y Bajas.....	74
Figura 17. Cantidad de Fósforo en el Suelo.....	75
Figura 18. Diferencia en la Cantidad de Fósforo entre Zonas Altas y Bajas	76
Figura 19. Cantidad de Potasio en el Suelo.....	76
Figura 20. Diferencia en la Cantidad de Potasio entre Zonas Altas y Bajas	77
Figura 21. Cantidad de Calcio en el Suelo.....	78
Figura 22. Diferencia en la Cantidad de Calcio entre Zonas Altas y Bajas	79
Figura 23. Cantidad de Magnesio en el Suelo	79
Figura 24. Diferencia en la Cantidad de Magnesio entre Zonas Altas y Bajas..	80
Figura 25. Cantidad de Azufre en el Suelo	81

Figura 26. Diferencia en la Cantidad de Azufre entre Zonas Altas y Bajas	81
Figura 27. Cantidad de Bases en el Suelo.....	84
Figura 28. Diferencia en la Cantidad de Bases entre Zonas Altas y Bajas	84
Figura 29. Humedad del Suelo	85
Figura 30. Diferencia de Humedad del Suelo entre Zonas Altas y Bajas.....	86
Figura 31. Velocidad de Infiltración del Suelo	86
Figura 32. Diferencia en la Velocidad de Infiltración entre Zonas Altas y Bajas	87
Figura 33. Cantidad de Materia Orgánica del Suelo	88
Figura 34. Diferencia en la Cantidad de Materia Orgánica entre Zonas Altas y Bajas.....	88
Figura 35. Índice de Calidad del Suelo	89

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS.....	97
ANEXO I: Datos Generales de Muestras de Suelo.	97
ANEXO II: Resultados de Análisis de Laboratorio del INIAP.....	100
ANEXO III: Resultado de Análisis de Laboratorio de AGROBIOLAB.	104
ANEXO IV: Resumen de Resultados Obtenidos en los Análisis de Laboratorio de los Terrenos Estudiados.....	108

RESUMEN

En los últimos años muchos agricultores de la sierra ecuatoriana han decidido cambiar los cultivos por la crianza de ganado lechero, esta actividad le genera mayor rentabilidad y tiene menos riesgos por condiciones ambientales. Hoy en día grandes extensiones de tierra son dedicadas al cultivo de pasto para alimentar al ganado. La presente investigación fue desarrollada con el fin de determinar las consecuencias de los cultivos permanentes de pastos en la calidad del suelo, el lugar de estudio fue la Hacienda Chigchicocha, ubicada en el Cantón Mejía, provincia de Pichincha. Se estudió terrenos con cultivos permanentes de pastos y terrenos blanco, sin cultivos, mediante un índice de calidad del suelo, todos los terrenos alcanzaron una valoración de suelo de muy alta calidad. El cultivo intensivo de pasto provocó la disminución de macro y micro nutrientes del suelo, haciéndose necesario adicionar fertilizantes complejos que corrijan estas deficiencias. El análisis de parámetros como conductividad eléctrica y pH revelo que los valores se mantuvieron constantes en las muestras analizadas. Se demostró que la pendiente del terreno también tiene incidencia sobre la concentración y distribución de los macronutrientes primarios; en los terrenos con mayor grado de inclinación los nutrientes se acumularon en las zonas bajas mientras que en los terrenos con pendiente moderada este factor no tuvo incidencia sobre los nutrientes. Se pudo determinar además que las mejores condiciones para el crecimiento de pastos, en cuanto a los factores físicos y químicos, se encontraba a una profundidad entre 10 y 20 cm. La capa superior presentó menor concentración de nutrientes y bajo contenido de humedad. Finalmente el estudio comprobó que la textura del suelo juega un papel fundamental en la distribución de los nutrientes, los terrenos estudiados tenían textura franco-arenosa lo que permitió que el agua de lluvia penetre el suelo con rapidez, evitando el lavado excesivo de nutrientes y la erosión hídrica.

ABSTRACT

In recent years many farmers in the Ecuadorian highlands switched the growing of food for the dairy cattle breeding. This activity generates higher profits and less vulnerable to weather conditions. Today large areas of land are used to grow grass and fodder, which serves as food for livestock.

This research was developed to determine the effects of pasture crops in soil quality; the study site was the Chigchicocha farm, located in Canton Mejía, Pichincha Province. It studied the land in permanent crops land with pastures and uncultivated land. Based on the soil quality index proposed, all land reached a rating of very high quality soil.

Intensive culture of grass caused the decline of macro and micro nutrients from the soil; to compensate for this loss is the amount necessary faith increase fertilizers. The analysis of parameters such as electrical conductivity and pH showed constant values in the samples analyzed.

It was showed that the slope of the land also has effects on the concentration and distribution of primary macronutrients, on land with slope greater nutrients accumulated in the lowlands while the moderate sloping terrain this factor had no influence on nutrients.

It was demonstrated too, that the best conditions for the growing of the grass, it means the favorable physical and chemical factors; it was at a depth between 10 and 20 cm. The top layer had a lower concentration of nutrients and low moisture content.

Finally, the study found that soil texture plays a key role in the distribution of nutrients; soils studied had sandy loam texture which allowed rain water to penetrate the soil quickly, avoiding excessive washing of nutrients and water erosion.

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Actualmente los cultivos en la sierra ecuatoriana han perdido diversidad. De acuerdo al censo de superficies cultivadas, que realizó el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) en el año 2009, los agricultores han dejado de cultivar gran cantidad de productos como papa, lechuga, brócoli, cebolla, etc., debido a la dificultad para cultivarlos y al costo de los insumos necesarios, lo cual ha dado paso a la cría de ganado, para leche y carne, dicha actividad produce ganancias en un corto tiempo y elimina el riesgo de pérdida del cultivo por las condiciones climáticas. Esta actividad ganadera viene de la mano con el cultivo de pasto, el cual ha reemplazado los otros cultivos y continúa en expansión. Este fenómeno ocurre especialmente en lugares donde las condiciones climáticas como heladas o sequías, han hecho que el cultivo de frutos y hortalizas se torne más difícil en comparación a la cría de ganado y el cultivo de pastos.

Los cultivos de pastos están compuestos por una mezcla de especies vegetales forrajeras dentro de las cuales se pueden encontrar plantas gramíneas como la avena forrajera, leguminosas como el trébol blanco y varias especies de hierbas en diferentes proporciones de acuerdo al cultivo.

En el Ecuador el cultivo de pastos es una actividad económica de gran importancia y que ha aumentado en los últimos años, está ligada estrechamente al crecimiento del sector ganadero y lechero. Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) hasta el año 2009 se dedicaron 3'561.947 de hectáreas de terrenos para este tipo de cultivos, esto representa el 30.15% de la superficie cultivada en el país. Este cultivo se realiza con el fin de abastecer la demanda de alimento del sector ganadero.

Los fertilizantes químicos utilizados permiten que los cultivos sean muy productivos, especialmente en el caso de los pastos que son cultivos perennes, con una vida útil de al menos 5 años, y las cosechas se pueden realizar cada 40 días. Este crecimiento acelerado requiere de una gran cantidad de productos químicos que aporten los nutrientes, sin embargo, este tipo de fertilizantes pueden degradar la calidad del suelo haciendo que este pierda sus características físicas, químicas y biológicas, lo cual afecta la fertilidad y productividad, lo que genera la necesidad de aumentar la cantidad de químicos utilizados de cosecha a cosecha.

En la mayoría de cultivos actuales no se realiza pastoreo directo si no que el forraje es cosechado con una altura de corte uniforme, luego de la cosecha el forraje se puede utilizar directamente como alimento o almacenarse mediante procesos de ensilaje o henolaje de acuerdo a las necesidades del ganado. Estos procesos permiten mantener reservas de alimento durante todo el año y son especialmente útiles en épocas de sequia cuando la producción de forraje disminuye. Al no tener pastoreo el suelo no se compacta, el crecimiento luego de la cosecha es más uniforme y el ganado no puede escoger las especies de pastura sembradas.

Conocer los efectos del cultivo intensivo de pastos sobre la calidad del suelo permite determinar los cambios que se presentan en las características del suelo, para desarrollar estrategias que minimicen los impactos negativos sobre la calidad del suelo y mantener su productividad, utilizando los productos químicos únicamente necesarios para el crecimiento del cultivo o en su lugar remplazarlos progresivamente por abonos orgánicos.

PROBLEMA A ABORDAR

El empobrecimiento del suelo por explotación agrícola, causado por cultivos intensivos, como los pastos, puede provocar la degradación de la calidad del suelo por uso indebido de fertilizantes que generan contaminación química del suelo, salinización y pérdida de la fertilidad. Este proceso continúa y se extiende cada vez en más zonas del país.

¿De qué manera influyen los fertilizantes químicos utilizados en cultivos de pastos para alimento de ganado vacuno sobre la calidad del suelo?, es la pregunta que se debe responder para desarrollar mecanismos que permitan conservar la fertilidad y características del suelo, asegurando la producción de pasto durante más tiempo y disminuyendo el impacto al ambiente.

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Considerando la importancia del suelo en el ecosistema, ya que este brinda soporte, retiene la humedad y los nutrientes necesarios para que las plantas y microorganismos se desarrollen, es necesario determinar y controlar la calidad del suelo, durante las actividades agrícolas, para asegurar su productividad en el futuro.

El cultivo de pastos en el Ecuador es una actividad que ha tomado fuerza en los últimos años, debido al aumento de la demanda alimenticia por parte del sector ganadero y a la relativa facilidad que este tipo de cultivos brinda para siembra, cuidado y cosecha, comparado con otros como frutas, legumbres, hortalizas, los cuales son más delicados y presentan un mayor número de problemas.

Por estas razones es importante determinar los efectos del uso de fertilizantes químicos sobre la calidad del suelo, cuantificada a través del Índice de Calidad del Suelo (ICS), y comparándolo con suelos no explotados de similares características, de esta manera podemos determinar las diferencias que presenta el suelo altamente explotado por cultivos de pastos.

La presente investigación es desarrollada por la necesidad de conocer el estado actual de los suelos del país y conservar la productividad de los mismos. El estudio presenta el punto de inicio para futuras investigaciones y mecanismos de control de la contaminación por actividades agrícolas y remediación de los impactos causados por estas.

El desarrollo de este proyecto permitirá determinar los efectos de los fertilizantes químicos sobre el suelo y establecer estrategias para disminuir dichos efectos y conservar la productividad y fertilidad del suelo.

Una de las principales medidas para detener el empobrecimiento del suelo, es identificar los requerimientos de nutrientes y agua que los cultivos requieren, para dosificar y controlar las cantidades añadidas, disminuyendo así la contaminación química; por otra parte una medida complementaria sería la utilización progresiva de fertilizantes orgánicos, disminuyendo el impacto sobre el suelo por el uso excesivo de productos químicos.

ALCANCE

El trabajo de investigación para determinar los efectos de la utilización de fertilizantes químicos en cultivos de pasto sobre la calidad del suelo se realizó en la Hacienda Chigchicocha, ubicada en Machachi, Catón Mejía, Provincia de Pichincha. Se tomó muestras de suelo en 4 terrenos de 1 hectárea cada uno. Las muestras de suelo fueron recolectadas 2 meses después de la fertilización y 1 mes antes de la cosecha, se realizó el análisis

de laboratorio a las muestras de suelo para determinar sus propiedades físicas y químicas, los resultados de los terrenos cultivados fueron comparados con muestras de suelo sin cultivar, de características físicas similares a las del suelo explotado.

Los resultados del análisis de los parámetros del Índice de Calidad del Suelo (ICS) permitieron determinar los efectos de este tipo de cultivos en suelos con características similares a los de la hacienda Chigchicocha.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos de la utilización de fertilizantes químicos en cultivos de pastos sobre la calidad del suelo, mediante la determinación del Índice de Calidad del Suelo (ICS).

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar los parámetros del ICS mediante la comparación de parámetros físicos, químicos y biológicos de un suelo explotado con los de un suelo no cultivado.
2. Determinar cómo influye la pendiente del terreno en la disponibilidad y distribución de los nutrientes del suelo.
3. Determinar la cantidad de macronutrientes disponibles en el suelo y compararlos con terrenos no cultivados de similares características.
4. Comparar la disponibilidad de nutrientes presentes en la capa superficial del suelo, de 0 a 10 cm de profundidad en relación con una capa más profunda de 10 a 20 cm.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. SUELO

Según Barrios (1985), el término suelo se refiere al material suelto de la superficie de la tierra. Los suelos proporcionan soporte físico y los nutrientes para el crecimiento de las plantas y microorganismos. Existe una gran variedad de microorganismos (bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoos), así como invertebrados (que casi siempre están presentes en los suelos, aunque las densidades de población de las mismas varían ampliamente). La superficie de los gránulos de un suelo constituye el lugar donde se producen la mayoría de las reacciones bioquímicas pertenecientes a ciclo de la materia orgánica, el nitrógeno y otros minerales, a la meteorización de las rocas y a la toma de nutrientes por parte de las plantas.

El suelo es el producto de la alteración, de la reestructuración y de la organización de las capas superiores de la corteza terrestre bajo la acción de la vida, de la atmósfera y de los intercambios de energía que en ella se manifiestan. (Barrios, 1985)

Los componentes del suelo que nosotros observamos, medimos e interpretamos, no pertenecen a un sistema de cuerpos materiales fijos, sino que transitan en el interior del pedón procediendo de la atmósfera (agua, nitrógeno, carbono); de la hidrósfera (sodio, potasio, cloro, sulfatos, etc.); de la litósfera (fósforo, oligoelementos, calcio, magnesio, etc.) o de pedones vecinos. (Barrios, 1985)

Estas transferencias continuas, alternas o cíclicas se hacen a velocidades variables y en direcciones variadas. Los constituyentes del suelo son los residuos de la alteración minera que constituía el estado inicial del suelo, pero provienen también de la atmósfera y de los organismos asociados a ellos (Barrios, 1985).

El suelo es el resultado y la interacción de al menos cinco tipos de factores:

- Clima.
- Roca madre.
- Tiempo.
- Relieve.
- Seres vivos, y el agua libre dentro del perfil, de las capas freáticas. (Barrios, 1985)

2.2. PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Las propiedades físicas del suelo permiten determinar en gran medida los diferentes usos que se le pueden dar, el estado físico del suelo determina la rigidez, la facilidad de penetración de las raíces, la porosidad, la compactación, la capacidad de drenaje y retención de agua. Las propiedades físicas del suelo influyen directamente en el crecimiento de las plantas y son un factor limitante para ciertos cultivos. (Porta, López-Acevedo, & Roquero, 2003)

Las propiedades físicas más importantes son: textura, densidad aparente y estructura, definen la capacidad de infiltración y almacenamiento de agua y contribuyen a definir su estabilidad y capacidad de uso. (Porta, López-Acevedo, & Roquero, 2003)

2.2.2. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

La roca madre la cual sufre procesos de meteorización es la que forma el suelo y determina su composición química inicial, luego intervienen fenómenos vinculados principalmente al agua, los cuales producen que componentes como cloruros, sulfatos, calcio, sodio o potasio formen lixiviados y sean transportados a otras capas del suelo, este fenómeno hace que las concentraciones de estos elementos varíen y puedan provocar que otras propiedades químicas como pH o conductividad eléctrica sean alteradas. (Porta, López-Acevedo, & Roquero, 2003)

Las propiedades químicas más importantes son la capacidad de intercambio catiónico, el grado de acidez o alcalinidad y la concentración de sales y nutrientes en el perfil, la conductividad eléctrica, el potencial de hidrogeno, entre otros. Las propiedades químicas de los suelos están, sobre todo, asociadas con su capacidad de uso con fines agrícolas. (Porta, López y Roquero, 2003)

2.2.3. PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO

Las propiedades biológicas del suelo están asociadas a la cantidad de materia orgánica, como restos de plantas o animales en descomposición, y de formas de vida presentes, tales como microorganismos, lombrices e invertebrados, los mismos que interactúan y participan en diversos ciclos de los nutrientes, en ciertos casos los seres vivos ayudan a transformar a los nutrientes en productos que puedan ser asimilados por las plantas, por ejemplo el género de microorganismos *Rizobium* fija el nitrógeno del aire y permite que las plantas lo aprovechen Estos elementos contribuyen a definir la capacidad de uso y erodabilidad del suelo (Alexander, 1991).

2.3. FORMACIÓN DEL SUELO

El suelo puede formarse y evolucionar de casi cualquier formación rocosa, esta roca se denomina roca madre, la cual ha sido alterada por factores ambientales como lluvia o erosión y en su formación se desarrollan una serie de procesos que transforman el material original de la roca hasta darle una forma y características específicas. Se produce una disgregación de la roca, los componentes se separan unos de otros, pero conservan en cierta medida, su composición primitiva de roca, este estadio de alteración es conocido como saprolita. En fase final la transformación es intensa, por lo cual el material adquiere morfología propia, los cambios conducen a la pérdida total de la estructura de roca, los minerales se reorganizan o trasladan y se forman nuevos agregados. En esta etapa los organismos que se implantan en el suelo lo transforman y aportan con materia orgánica al morir. (Nuñez, 2000)

2.4. COMPOSICIÓN DEL SUELO

El suelo puede ser considerado como un sistema disperso en el que pueden diferenciarse tres fases:

- Fase sólida: agregados minerales y orgánicos.
- Fase líquida: agua de la solución del suelo.
- Fase gaseosa: atmósfera del suelo contenida en el espacio poroso.
- Fase orgánica: materia orgánica en descomposición, seres vivos: macro y micro fauna, raíces de plantas.

En volumen, la fase sólida ocupa aproximadamente el 50% del total, mientras que las fases gaseosa y líquida se reparten el resto del espacio disponible (Jordan, 2006).

2.4.1. FASE SÓLIDA

Los minerales constituyen la base del armazón sólido que soporta al suelo. Cuantitativamente en un suelo normal la fracción mineral representa de un 45-49% del volumen del suelo. Pero dentro de la fase sólida constituyen, para un suelo representativo, del orden del 90-99% (el 10-1% restante corresponde a la materia orgánica). La fase sólida representa la fase más estable del suelo y por tanto es la más representativa y la más ampliamente estudiada. Es una fase muy heterogénea, formada por constituyentes orgánicos e inorgánicos.

Este conjunto de componentes representa lo que podría denominarse el esqueleto mineral del suelo y entre estos se destacan:

- Silicatos, tanto residuales o no completamente meteorizados, (micas, feldspatos, y fundamentalmente cuarzo).
- Óxidos e hidróxidos de Fe (hematites, limonita, goethita) y de Al (gibbsita, boehmita), liberados por el mismo procedimiento que las arcillas.
- Clastos y granos poliminerale como materiales residuales de la alteración mecánica y química incompleta de la roca originaria.
- Carbonatos (calcita, dolomita).
- Sulfatos (aljez).
- Cloruros y nitratos.
- Sólidos de naturaleza orgánica o complejos órgano-minerales, la materia orgánica muerta existente sobre la superficie, el humus o mantillo (Jordan, 2006).

2.4.2. FASE LÍQUIDA

Esta fracción está formada por una disolución acuosa de las sales y los iones más comunes como Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- ,... así como por una amplia serie de sustancias orgánicas. La importancia de esta fase líquida en el suelo estriba en que éste es el vehículo de las sustancias químicas en el seno del sistema.

El agua en el suelo puede estar relacionada en tres formas diferentes con el esqueleto sólido:

- La primera, está constituida por una película muy delgada, en la que la fuerza dominante que une el agua a la partícula sólida es de carácter molecular, y tan sólida que esta agua solamente puede eliminarse del suelo en hornos de alta temperatura. Esta parte del agua no es aprovechable por el sistema radicular de las plantas.
- La segunda es retenida entre las partículas por las fuerzas capilares, las cuales, en función de la textura pueden ser mayores que la fuerza de la gravedad. Esta porción del agua no percola, pero puede ser utilizada por las plantas.
- Finalmente, el agua que excede al agua capilar, que en ocasiones puede llenar todos los espacios intersticiales en las capas superiores del suelo, con el tiempo, percola y va a alimentar los acuíferos más profundos. Cuando todos los espacios intersticiales están llenos de agua, el suelo se dice saturado (Jordan, 2006).

2.4.3. FASE GASEOSA

La fracción de gases está constituida fundamentalmente por los gases atmosféricos y tiene gran variabilidad en su composición, por el consumo de O_2 , y la producción de CO_2 dióxido de carbono. El primero siempre menos

abundante que en el aire libre y el segundo más, como consecuencia del metabolismo respiratorio de los seres vivos del suelo, incluidas las raíces y los hongos. Otros gases comunes en suelos con mal drenaje son el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O) (Jordan, 2006).

2.4.4. FASE ORGÁNICA

La fracción orgánica del suelo está compuesta por restos de plantas y animales, células microbianas, hongos y productos resultantes del metabolismo microbiano y de invertebrados como las lombrices o gusanos los cuales se conocen con el nombre de humus. El suelo contiene restos de seres vivos los cuales están sometidos a un constante proceso de transformación este componente representa la materia orgánica junto con los seres vivos que habitan en el suelo como plantas, bacterias, hongos, nematodos, gusanos, etc. En la fase orgánica se pueden identificar dos componentes fundamentales: la materia viva, que es llamada la biomasa del suelo y dentro de los cuales se incluyen todos los organismos vivos que habitan en el suelo: algas, bacterias, hongos, protozoos, nematodos, gusanos, lombrices y raíces de plantas. Y la materia no viva, la cual está compuesta por restos orgánicos de plantas, animales y excretas de los organismos vivos (Jordan, 2006).

2.5. PERFIL DEL SUELO

Se llama perfiles del suelo a una serie de niveles horizontales que se desarrollan en el interior del mismo y que presentan diferentes caracteres de composición, textura, adherencia, etc. El perfil del suelo es la ordenación vertical de todos estos perfiles.

Clásicamente, se distingue en los suelos completos o evolucionados tres perfiles fundamentales que desde la superficie hacia abajo son:

2.5.1. PERFIL H (HÍSTICO, DE HISTOS = TEJIDO)

Es un perfil con un contenido muy alto de materia orgánica, 30% o más. Tiene que estar durante casi todo el año encharcado o con un grado de humedad muy elevado. Es una acumulación de restos vegetales prácticamente sin descomponer en los que puede verse prácticamente la estructura primitiva, incluso puede decirse de qué especie vegetal se trata. Por tener un grado de humedad tan grande (anaerobiosis) los procesos biológicos están muy frenados. Su color es siempre negro o pardo negruzco y el espesor varía desde unos centímetros hasta varios metros (Barrios, 1985).

2.5.2. PERFIL O

Es la capa superficial del perfil A, formado por acumulación de restos vegetales en donde la cantidad de materia orgánica es igual a la del caso anterior, pero está libre de agua la mayor parte del año. Hay descomposición en aerobiosis. Se subdivide en dos clases:

Of=Perfil O de fermentación. Todavía se diferencian las estructuras vegetales.

Oh=Perfil O de humificación. Las hojas sufren transformaciones más profundas, se transforman en una masa coloidal, el humus (Barrios, 1985).

2.5.3. PERFIL A

Zona de lavado vertical: Perfil mineral, pero con un contenido en materia orgánica menor del 30% que está humificada e íntimamente asociada con la fracción mineral. La materia orgánica de los Perfiles A está bien descompuesta, o bien está distribuida como partículas finas o bien se presenta como revestimientos sobre las partículas minerales. En consecuencia, los Perfiles A normalmente son más oscuros que los perfiles subyacentes contiguos. Podemos diferenciar aquí cinco tipos:

a) A mollico: Es un perfil en el que la materia orgánica y la mineral están unidas por enlaces químicos, formando complejos órgano-minerales. El grado de saturación de bases es mayor del 50%, el pH es neutro o muy próximo y su estructura es muy blanda.

b) A umbrico: Es como el mollico, con contenido mineral y rico en materia orgánica. Las diferencias con el anterior son:

1. La materia orgánica y la mineral están unidas sólo mecánicamente, esta mezcla es realizada por los animales. Es de color oscuro, generalmente negro.

2. El grado de saturación de bases del complejo de cambio es menor del 50%.

c) A ócrico: Es un perfil con un color mucho más claro que los dos anteriores, pues contiene menos materia orgánica que ellos, su color es pardo ocre.

d) A. Antrópico: Producido por la acción del hombre al ser cultivados, pues éste adiciona fertilizantes y modifica su estructura removiéndolos y arándolos (Barrios, 1985).

2.5.4. PERFIL B

Zona de Precipitado: Es un perfil mineral en el cual se van acumulando sustancias solubles procedentes de los perfiles superficiales. Es muy distinto de la roca madre y en él los minerales primarios han sido profundamente transformados o alterados. Está situado debajo del perfil A, cuando este perfil presenta variaciones muy pequeñas en el contenido de arcilla, hierro, aluminio, humus muy escaso y su diferenciación con el perfil A o con el C es muy pequeña. Los perfiles B, son de clases muy diferentes. Generalmente es necesario establecer el parentesco que existe entre los perfiles que lo rodean para considerar cómo ha sido formado, por esto se designa a los perfiles B con un sufijo para tener una información sobre su origen y propiedades. Podemos diferenciar los siguientes tipos:

a) B Cámbico: Es un perfil de alteración que carece de las propiedades que satisfacen las exigencias de los demás tipos de perfiles B. No presenta colores oscuros y su límite inferior está por lo menos a 25 cm. de la superficie del suelo. No está coloreado por el humus, sino por los óxidos de hierro resultantes de la alteración.

b) B Argílico: Formado por una acumulación muy grande de arcilla depositada por un proceso de lavado: iluviación, tiene color pardo o pardo rojizo dependiendo del tipo de arcilla (Barrios, 1985).

2.5.5. PERFIL C O SUBSUELO

Está constituido por la parte más alta del material rocoso in situ, sobre el que se apoya el suelo, más o menos fragmentado por la alteración mecánica y química, pero en él aún puede reconocerse las características originales del mismo (Barrios, 1985).

2.5.6. PERFIL D, PERFIL R O MATERIAL ROCOSO

Es el material subyacente que no ha sufrido ninguna alteración química o física significativa. Se puede diferenciar entre 2 tipos de perfiles D, el primero, cuando el suelo es autóctono y el perfil representa a la roca madre, y R, cuando el suelo es alóctono y la roca representa sólo una base física sin una relación con la composición mineral del suelo que tiene encima (Barrios, 1985).

2.6. CALIDAD DEL SUELO

La calidad del suelo es un concepto con distintas denominaciones, ha sido utilizado desde la antigüedad para referirse a la percepción de diferentes cualidades en los suelos de cultivo. El concepto ha sido ligado con aspectos que tienen que ver con el uso, manejo y productividad de los suelos (suelos ricos, suelos ligeros, suelos pobres, son términos que hacen referencia a sus cualidades). Actualmente el concepto de calidad del suelo está relacionado con las funciones que este desempeña y se lo califica de acuerdo a indicadores adecuados que permiten identificar características físicas, químicas y biológicas (Tamayo, 2009).

La calidad del suelo abarca los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo y sus interacciones. Por esto, para captar la naturaleza holística de la calidad, o salud, del suelo deberán ser medidos todos los parámetros.

Existen dos formas básicas para evaluar la calidad del suelo:

- Hacer mediciones periódicamente, a lo largo del tiempo, para monitorear cambios o tendencias en la calidad del suelo;

- Comparar valores medidos con los de una condición del suelo estándar o de referencia (Departamento de Agricultura de Estados Unidos USDA, 1999).

2.7. TEXTURA DEL SUELO

La textura del suelo está determinada por la proporción de los tamaños de las partículas que lo conforman. Para los suelos en los que todas las partículas tienen una granulometría similar, internacionalmente se usan varias clasificaciones, diferenciándose unas de otras principalmente en los límites entre las diferentes clases. En un orden creciente de granulometría pueden clasificarse los tipos de suelos en arcilla, limo, arena, grava, guijarros, barro o bloques.

En función de cómo se encuentren mezclados los materiales de granulometrías diferentes, además de su grado de compactación, el suelo presentará características diferentes como su permeabilidad o su capacidad de retención de agua y su capacidad de usar desechos como abono para el crecimiento de las plantas (Nuñez, 2000).

Los suelos están formados generalmente por más de una clase. Las tres fracciones suelen estar presentes en mayor o menor proporción. El porcentaje de cada una de esas fracciones es lo que define la textura del suelo.

Las partículas del suelo pueden dividirse según su tamaño:

1. Gravas y piedras. Son partículas minerales sólidas, de diámetro comprendido entre 2 mm y 7 cm (gravas) o mayor (piedras). Cuando son

muy abundantes, pueden afectar a las propiedades del suelo y dificultar su manejo.

2. Tierra fina. Esta fracción incluye las partículas menores de 2 mm de diámetro. Dentro de la tierra fina encontramos tres divisiones Arena, Limo y Arcilla (Nuñez, 2000).

2.7.1. ARENA

Son partículas minerales sólidas de tamaño comprendido entre 2 mm y 0.02 mm. La arena es la fracción más grande del suelo, compuesta principalmente por granos de cuarzo más o menos meteorizados, los cuales no tienen capacidad de agregación, de modo que sus partículas no se unen entre sí y aparecen de manera individualizada. Los principales minerales que constituyen la arena son el cuarzo, los feldspatos, las micas, etc., estos son visibles y se pueden observar individualmente, su capacidad de intercambio catiónico es baja y su principal función es la composición de la matriz del suelo (Jordan, 2006).

2.7.2. LIMO

Es una clase de partículas minerales de tamaño comprendido entre 0.02 y 0.002 mm. El limo está constituido por partículas de tamaño medio fino, como el talco y composición química es semejante a la de la arena, al igual que esta, el limo no tiene capacidad de agregación, sus partículas no forman estructura, no sufren expansión ni contracción y su capacidad de intercambio catiónico es baja (Jordan, 2006).

2.7.3. ARCILLA

Es la fracción más pequeña. Mientras que la arena y el limo provienen del fraccionamiento físico de la roca, la arcilla proviene de la alteración química del material original. Se diferencia mineralógicamente de las anteriores fracciones por estar compuesta por minerales originados por la meteorización, que no se encuentran en las rocas sin meteorizar, las partículas de arcilla tienen capacidad de agregación y no se comportan como granos individuales en el suelo. Su tamaño es inferior a 2 μm y poseen propiedades físicas y químicas especiales.

Los suelos que poseen una composición equilibrada de arena, limo y arcilla se conocen como suelos francos. Una composición equilibrada no quiere decir un reparto equitativo entre las tres fracciones (Jordan, 2006). Estas tres fracciones se identifican utilizando el triángulo de la textura del suelo (Figura 2).

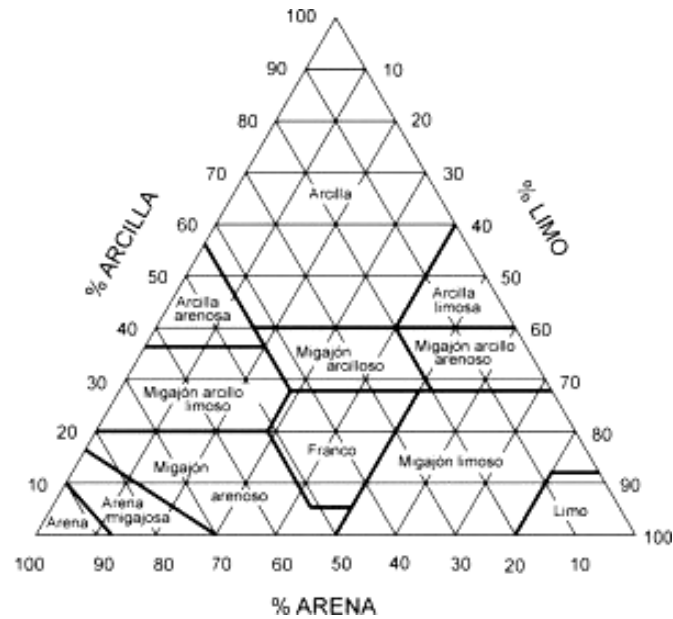


Figura 1. Triángulo de Texturas del Suelo
(Departamento de Agricultura de Estados Unidos USDA, 1999)

2.8. ESTRUCTURA DEL SUELO

Se entiende la estructura de un suelo como la distribución o diferentes proporciones que presentan los distintos tamaños de las partículas sólidas que lo conforman, de acuerdo al Sistema Único de Clasificación de Suelos (SUCS) estos componentes pueden ser:

- Materiales finos, (arcillas y limos), de gran abundancia en relación a su volumen, lo que los confiere una serie de propiedades específicas, como:
 - Cohesión.
 - Adherencia.
 - Absorción de agua.
 - Retención de agua.
 - Infiltración

- Materiales medios, formados por tamaños de arena.
- Materiales gruesos, entre los que se encuentran fragmentos de la roca madre, aún sin degradar, de tamaño variable.

Los componentes sólidos, no quedan sueltos y dispersos, sino más o menos aglutinados por el humus y los complejos órgano-minerales, creando unas divisiones verticales denominadas perfiles del suelo.

Según Porta (2010), un agregado o ped es una unidad tridimensional de la estructura del suelo que resulta de la unión de partículas individuales formadas por procesos naturales. El tipo de estructura del suelo se distingue de acuerdo a la forma de los agregados, se puede clasificar la estructura en seis tipos: laminar, prismática, columnar, en bloques, granular y migajosa. (Porta, Lopez-Acevedo, & Poch, 2010).

2.9. FERTILIDAD DEL SUELO

El concepto de fertilidad del suelo está ligado a la productividad de los cultivos, y se puede definir como la capacidad del suelo para sostener el crecimiento de un cultivo. Dicha capacidad está definida por factores químicos como disponibilidad y cantidad de nutrientes, factores físicos como textura o nivel de compactación, y factores biológicos los cuales están relacionados con los seres vivos que habitan en el suelo y los procesos biológicos que estos realizan (Navarro, 2003).

2.10. MACRONUTRIENTES

Los macronutrientes son aquellos elementos que las plantas necesitan en grandes cantidades, son esenciales para el desarrollo de la vida vegetal. En

los cultivos este tipo de elementos son consumidos con gran rapidez, especialmente en monocultivos, por este motivo y para que la producción no disminuya es necesario la adición de fertilizantes que aporten con los nutrientes necesarios para que el cultivo se desarrolle con normalidad. Los macro nutrientes se pueden dividir en dos grupos, los primarios: nitrógeno, fósforo y potasio; y los secundarios: calcio, magnesio y azufre (Porta, López-Acevedo, & Roquero, 2003).

2.10.1. NITRÓGENO

Este es uno de los elementos que las plantas necesitan en mayor cantidad, en suelo se lo puede encontrar en distintas formas como nitratos o amonio, de las cuales una parte es fijada por microorganismos que captan el nitrógeno del aire y lo convierten en iones de amonio. La cantidad de nitrógeno que el suelo puede aportar a las plantas es muy baja en relación con la cantidad requerida por grandes cultivos para su crecimiento y desarrollo, por este motivo se hace indispensable la utilización de compuestos nitrogenados en los cultivos actuales. Este elemento puede disminuir por varias razones como lixiviación, volatilización, erosión, consumo por parte de las plantas (Porta, López-Acevedo, & Roquero, 2003).

2.10.2. FÓSFORO

La disponibilidad de este elemento junto con el nitrógeno es uno de los factores limitantes para el crecimiento de las plantas y limita el rendimiento de los cultivos, tiene gran influencia en procesos celulares así como la respuesta ante enfermedades o cambios de temperatura. Las plantas absorben únicamente el fósforo que está en la solución del suelo en forma de HPO_4^{2-} y $\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}$ ambos en forma de iones, por lo que no todo el fósforo

que se encuentra en el suelo está disponible para las plantas, y se hace necesario la adición de fertilizantes para evitar los efectos de la deficiencia de fósforo, como baja floración o poco desarrollo de las raíces (Porta, López-Acevedo, & Roquero, 2003).

2.10.3. POTASIO

Es un nutriente esencial para las plantas y es requerido en grandes cantidades para el crecimiento y la reproducción de estas. Se considera segundo luego del nitrógeno, es generalmente considerado como el "nutriente de calidad". El potasio afecta la forma, tamaño, color y sabor de la planta y a otras medidas atribuidas a la calidad del producto. Las plantas absorben el potasio en su forma iónica, K^+ . El potasio interviene en la fotosíntesis, regulando la apertura y cierre de las estomas, y cumple un papel muy importante en la regulación del agua en las plantas, tanto la absorción de agua a través de raíces como su pérdida a través de los estomas; además el potasio mejora la tolerancia de la planta al estrés hídrico y al frío (Porta, López-Acevedo, & Roquero, 2003).

2.10.4. CALCIO

Este elemento es fundamental para las plantas ya que participa en procesos metabólicos de adsorción de otros nutrientes, fortalece la estructura de las paredes celulares y participa en procesos enzimáticos y hormonales.

La absorción del calcio por la planta es pasiva y no requiere una fuente de energía, se transporta con el agua y está directamente relacionada con la transpiración de las plantas, condiciones ambientales de humedad alta, bajas temperaturas, salinidad del suelo y bajo nivel de transpiración, pueden causar deficiencia de calcio (Porta, López-Acevedo, & Roquero, 2003).

2.10.5. MAGNESIO

Las plantas solo pueden asimilar el magnesio en su forma iónica Mg^{2+} . La absorción de magnesio se realiza a través de dos procesos: Absorción pasiva, que es impulsada por la corriente de transpiración; y Difusión por el movimiento de iones de magnesio desde zonas de alta concentración hacia zonas de menor concentración. Existen factores que afectan la disponibilidad y absorción de magnesio como bajo pH del suelo, bajas temperaturas, suelos con condiciones secas y altos niveles de elementos competitivos, tales como el potasio y el calcio, los cuales reducen la disponibilidad de magnesio (Porta, López-Acevedo, & Roquero, 2003).

2.10.6. AZUFRE

El azufre que puede ser asimilado por las plantas se encuentra en forma de sulfatos SO_4^{2-} o como dióxido de azufre SO_2 . Forma parte de aminoácidos y enzimas, interviene en el contenido de azúcar de las frutas y en la formación de clorofila (Porta, López-Acevedo, & Roquero, 2003).

2.11. MICRONUTRIENTES

Los micronutrientes son aquellos elementos químicos presentes en el suelo, que las plantas necesitan en pequeñas cantidades para su normal crecimiento y desarrollo. Los micronutrientes son: Hierro, Zinc, Manganeso, Boro, Cobre, Molibdeno, Cloro. A pesar de que las plantas utilizan estos elementos en pequeñas cantidades la deficiencia de uno de ellos se puede convertir en un factor limitante para el crecimiento de las plantas. En condiciones normales no es necesario adicionar micronutrientes a los cultivos ya que el contenido de estos excede la demanda de las plantas, sin embargo

pueden presentarse suelos muy empobrecidos, por monocultivos que pueden tener deficiencia de micronutrientes y se hace necesario utilizar fertilizantes especializados que compensen las deficiencias de nutrientes de acuerdo a la demanda de cada cultivo (Porta, López-Acevedo, & Roquero, 2003).

2.12. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo es una medida de la cantidad de las cargas negativas presentes en las superficies minerales y orgánicas del suelo y representa la cantidad de cationes que pueden ser retenidos en esas superficies. Un suelo con alta CIC puede retener una gran cantidad de cationes de los nutrientes en los lugares de intercambio. Los nutrientes aplicados al suelo que puedan exceder esa cantidad pueden fácilmente ser lavados por el exceso de lluvia o por el agua de riego. Esto implica que esos suelos con baja CIC necesitan un manejo diferente en lo que hace a la aplicación de fertilizantes, con pequeñas dosis de nutrientes aplicadas frecuentemente. Esta capacidad se ve influenciada por factores como la temperatura, la presión, la composición de la fase líquida, el pH y la relación de masa de suelo / solución.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se expresa con unidades del sistema internacional en centimoles de carga positiva por kilogramos de suelo (cmol/kg), pero anteriormente eran utilizados los miliequivalentes por cada 100 gramos (Meq/100g), el valor numérico de ambas unidades es el mismo y esta última sigue siendo utilizada. Para cada sustancia, su valor depende de la densidad de carga superficial y de su superficie específica, de modo que puede variar de unos coloides a otros. En el caso de la fracción

mineral, la distinta superficie específica condiciona la baja CIC de limos y arenas, frente al elevado valor que presentan las arcillas.

Dentro de las arcillas, a su vez, la carga superficial varía enormemente de un tipo a otro. En el caso de la materia orgánica, sin embargo, la CIC se ve condicionada por el grado de humificación / descomposición que presenta. Por lo tanto, este parámetro afecta al movimiento y retención de cationes en el suelo, a la nutrición vegetal y a la capacidad tampón del suelo.

Los cationes ligados al complejo de cambio no pueden ser directamente absorbidos por la planta ni perderse por lavado hacia las capas internas del perfil por causa del riego o las precipitaciones, lo que sí ocurre con los cationes de la solución del suelo.

Cuando la concentración en el suelo de un determinado catión disminuye por lavado o por absorción de las raíces, parte de los cationes retenidos en el complejo de cambio pueden desplazarse hacia la solución del suelo para restaurar el equilibrio. Del mismo modo, los cationes dominantes en la solución del suelo pueden competir con éxito frente al resto por los lugares de unión a la arcilla: en los suelos ricos en Calcio, este catión puede saturar el complejo de cambio, lo que produce pérdidas por lavado de otros cationes.

Los cationes de cambio pueden ser de distintos tipos, en función de la naturaleza de la roca, las condiciones bajo las que se desarrolla el suelo, o de los procesos edáficos que tengan lugar, la cantidad y composición de los cationes adsorbidos al complejo coloidal variará de una forma u otra.

1) Cationes básicos. Aquí se incluyen cationes como el Calcio, el Magnesio, el Potasio y el Sodio aunque este último se halla en muy baja proporción, y predomina sólo en el caso de los suelos salino-alcálinos.

2) Cationes ácidos. En este grupo se incluyen los protones, procedentes de los ácidos húmicos, y el Aluminio, procedente de la alteración química del material original (Jordan, 2006).

2.13. POTENCIAL DE HIDROGENO DEL SUELO (pH)

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución, indica la concentración de iones hidronio presentes en determinadas sustancias. La escala de pH típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 y alcalinas las que tienen pH mayores.

El valor de pH del suelo proporciona información acerca del movimiento y disponibilidad de nutrientes para las plantas, y las transformaciones de los elementos que componen el suelo. El pH del suelo afecta a diversas propiedades físicas, químicas y biológicas (Jordan, 2006).

2.13.1. EL pH Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Los suelos muy ácidos poseen una estructura poco desarrollada y una baja porosidad en la mayoría de los casos, lo cual origina una serie de defectos, como la mala aireación, la dificultad del laboreo, un reducido desarrollo radicular en las plantas, la baja permeabilidad del suelo, una mayor erodabilidad del suelo, etc.

Estos efectos no se deben directamente a la fuerte presencia de protones en el suelo, sino a la falta de cationes, esto causa la floculación de las arcillas, y mala calidad en los procesos de humificación de la materia orgánica (Jordan, 2006).

2.13.2. EL pH Y LA SOLUBILIDAD DE ELEMENTOS QUÍMICOS

El pH del suelo afecta al movimiento de los nutrientes, y a la nutrición de las plantas, ya que existe una fuerte relación entre la acidez y la solubilidad de nutrientes.

Los fosfatos y las sales de Mn, Fe o Zn son más solubles en medios ácidos, pero la elevada solubilidad de compuestos de Al, Fe, Zn, Mn o Ni a un pH muy ácido puede llegar a provocar efectos tóxicos en las plantas, ya que los suelos muy ácidos se puede presentar empobrecimiento de nutrientes, debido a la saturación del complejo de cambio por H^+ o Al^{3+} , lo que provoca la expulsión de otros cationes a la solución del suelo (Jordan, 2006).

2.13.3. EL pH Y LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA

En los suelos ácidos se observa una ralentización de la actividad biológica, la acidez altera la distribución de macro y micro fauna en el suelo. Procesos microbianos como la nitrificación o la fijación de nitrógeno atmosférico disminuyen notablemente por debajo de pH 4.5, y muestran una velocidad óptima en un rango de pH 6-6.5.

En suelos con pH neutro o ligeramente básico, el número de microorganismos es superior y la mineralización se lleva a cabo correctamente.

Si el pH del suelo es demasiado elevado, de nuevo los procesos microbianos se ven afectados. Por ejemplo la nitrificación prácticamente desaparece a pH 9.

Los efectos del pH sobre la actividad microbiana del suelo y sobre la solubilidad de los nutrientes o los elementos fitotóxicos tienen grandes

consecuencias sobre el crecimiento vegetal, por lo cual se puede delimitar un pH óptimo para cada especie cultivada o natural.

En los suelos que se encuentran todavía en estado natural o con muy pocas alteraciones, el valor de pH oscila entre 3 y 12. Los suelos más aptos para la agricultura y que obtienen los mayores rendimientos de producción vegetal tienen un pH comprendido entre 5.5 y 8.5, (Tabla 2.) (Jordan, 2006).

Tabla 1. Valores de pH del Suelo

pH	Calificación	pH	Calificación
< 3.7	Ultra ácido	6.5 a 7.4	Neutro
3.6 a 4.5	Extremadamente ácido	7.5 a 7.9	Ligeramente alcalino
4.6 a 5.0	Fuertemente ácido	8.0 a 8.5	Moderadamente alcalino
5.1 a 5.8	Moderadamente ácido	8.6 a 9.0	Fuertemente alcalino
5.9 a 6.4	Ligeramente ácido	> 9.0	Extremadamente alcalino

(Casanova, Vera, Luzio, & Salazar, 2004)

2.14. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO

Conductividad eléctrica (CE), es la medida de la capacidad que tienen los materiales para conducir la corriente eléctrica. Las soluciones nutritivas contienen partículas iónicas que llevan cargas y por lo tanto poseen esta habilidad. Cuanto mayor es la cantidad de estos iones, la conductividad del compuesto resultante es mayor. Por lo tanto la medición de la conductividad eléctrica de una solución nutritiva tiene una relación directa con la cantidad de materiales sólidos disociados que hay disueltos en ella.

La medida de la composición del suelo en sales solubles es complicada, de modo que se suele realizar una prueba previa de salinidad. Esta es una

medida cualitativa, que consiste en medir la conductividad eléctrica de una mezcla suelo/agua en proporción 1:5 o en pasta saturada. La conductividad es proporcional a la concentración de sales en la solución, y se halla influida por la temperatura. Por esta razón, la lectura del conductímetro se halla referida a 25°C.

Según la conductividad eléctrica del suelo, ya sea en mezcla 1:5 o como pasta saturada, se puede determinar la medida de la salinidad del suelo, (Tabla 3.) (Jordan, 2006).

Tabla 2. Rangos de Salinidad del Suelo

CE_{1:5}	CE_{ps}	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
dS/m	dS/m		
< 0.35	< 2	No Salino	Los cultivos no presentan problemas
0.35 a 0.65	2 a 4	Ligeramente salino	Algunos cultivos pueden presentar problemas
0.65 a 1.15	4 a 8	Salino	La mayoría de los cultivos presentan problemas
> 1.15	8 a 16	Muy salino	Solo las especies resistentes pueden ser cultivadas

(Jordan, 2006)

2.15. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

La cantidad de materia orgánica que se encuentra en el suelo es uno de los elementos más importantes al momento de determinar su calidad y capacidad para satisfacer las necesidades de las plantas. Su identificación y cuantificación permite clasificar y evaluar la fertilidad del suelo además de ayudar a estimar el peligro de erosión, entre otras cualidades.

La materia orgánica está compuesta por un gran conjunto de elementos, constituidos principalmente por restos orgánicos de plantas y animales, los

cuales están sometidos a constantes procesos de transformación y síntesis. Por lo tanto, no se puede considerar que la cantidad de materia orgánica en el suelo sea estable, ni cualitativa ni cuantitativamente, tanto a corto como a largo plazo.

Normalmente la materia orgánica se presenta en cantidades muy inferiores a la fracción mineral, no obstante su papel es tan importante o más para definir las características y propiedades de los suelos.

Los componentes orgánicos del suelo se pueden agrupar en dos:

- **Materia viva o biomasa:** son organismos vivos que habitan en el suelo e influyen directamente sobre sus propiedades, dentro de este grupo tenemos microorganismos, algas, bacterias, hongos, protozoos, nematodos, gusanos, raíces vegetales y lombrices. Este grupo constituye alrededor del 5% del total de materia orgánica del suelo.
- **Materia muerta:** constituye la mayor parte de la materia orgánica del suelo, casi el 95% del peso total, interviene en las características físicas y químicas del suelo. Son elementos que alguna vez formaron parte de un ser vivo. Estos pueden ser restos orgánicos de vegetales y animales, también conocidos como materia orgánica lábil, la misma que es el alimento de la biomasa; productos excretados por los organismos; productos de descomposición, y compuestos de síntesis (Jordan, 2006).

2.16. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

La infiltración es el proceso de penetración de agua a través de la superficie del suelo y junto con el agua ingresan las sustancias que esta lleve disueltas y en suspensión. La infiltración se produce por las lluvias, por riego o por la

llegada de una corriente de agua, siempre que el suelo no se encuentre saturado.

La velocidad de infiltración es la tasa o velocidad a cual el agua que entra en el suelo en un determinado periodo de tiempo, es decir cantidad de agua infiltrada por unidad de superficie y por unidad de tiempo. Esta tasa varía según el tipo, estructura y grado de agregación de suelo, además del contenido de humedad que presente, normalmente la infiltración máxima ocurre cuando el suelo se encuentra más seco, y disminuye conforme se acerca a la saturación. La labranza afecta directamente a la velocidad de infiltración, debido al aflojamiento de las costras superficiales o de zonas compactadas (Porta, López-Acevedo, & Roquero, 2003).

La velocidad de infiltración es un factor determinante para elegir la técnica de riego que se va a utilizar en el cultivo, además nos permite conocer la necesidad de labranza del terreno. (Tabla 3.).

Tabla 3. Interpretación de la Velocidad de Infiltración del Suelo

VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN (minutos por centímetro)	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN (centímetros por hora)	CLASES DE INFILTRACIÓN	OBSERVACIONES
<1.18	> 50.80	Muy rápido	Requieren riego localizado o por aspersión.
3.94 – 11.81	50.80 – 15.24	Rápido	Se producen pérdidas de nutrientes por lavado.
11.81 – 39.37	15.24 – 5.08	Moderado	Condiciones adecuadas para sistemas de riego de superficie.
39.37 – 118.11	5.08 – 1.52	Moderadamente lento	Condiciones óptimas para sistema de riego de superficie.
118.11 – 393.70	1.52 – 0.51	Lento	Riesgo de erosión importante, se pierde una parte considerable del agua de riego, puede existir falta de aireación.
393.70 – 15748.03	< 0.51	Muy lento	Riesgo de erosión elevado en laderas, se pierde casi toda el agua de riego.

(Departamento de Agricultura de Estados Unidos USDA, 1999)

2.17. HUMEDAD DEL SUELO

La humedad del suelo comprende toda el agua que se encuentra dentro del mismo, una parte es retenida en poros y en la superficie de las partículas, y la otra parte se encuentra de manera transitoria en el suelo ya que se pierde por infiltración, evaporación o es utilizada por las plantas. El agua transporta gran cantidad de elementos en disolución como nutrientes, sales, compuestos orgánicos o incluso contaminantes. El agua que entra en el suelo circula por los espacios entre poros y pasa a ocupar total o parcialmente las zonas capilares, donde puede ser retenida.

El agua contenida en el suelo procede principalmente de la atmosfera, llega al suelo en forma de lluvia, nieve, granizo o humedad atmosférica y de otras fuentes como infiltraciones laterales y de capas freáticas. El agua retenida en el suelo está sujeto a constantes cambios debido a factores externos como condiciones climáticas, horas de sol, fuerza de gravedad, cohesión, adhesión, cantidad de materia orgánica (Dorronsoro, 2012).

El agua en el suelo se puede presentar en las siguientes formas:

- Agua Higroscópica: Es absorbida directamente de la humedad atmosférica, forma una fina película que recubre las partículas del suelo y no es asimilable por las plantas.
- Agua Capilar: se encuentra contenida en tubos capilares del suelo y funciona como una reserva para las épocas de sequia.
- Agua Gravitacional: No está retenida por ninguna fuerza por lo que circula libremente por el suelo (Dorronsoro, 2012).

2.18. PENDIENTE DEL TERRENO

Podríamos definir la pendiente del terreno como el ángulo que forma el plano horizontal con la superficie del terreno, es en definitiva, la inclinación o desnivel del suelo. La pendiente es un factor de suma importancia para la agricultura ya que una variación en la inclinación del terreno puede modificar por completo las características del suelo, del cultivo y el agua, un terreno con inclinación pronunciada es más vulnerable ante los efectos de la erosión por escorrentías o por lluvias, que un suelo con poca pendiente. La pendiente no necesariamente implica una desventaja para la agricultura, pendientes entre 3% y 5% permiten utilizar sistemas de riego por gravedad, lo cual abarata los costos y permite hacer más simple el proceso de riego (Navarro, 2003).

2.19. LIXIVIACIÓN DE NUTRIENTES

Es el proceso de desplazamiento de sustancias solubles en agua y que se encuentran contenidas en el suelo, como arcilla, sales, hierro, humus o nutrientes. La lixiviación es causada por el movimiento del agua, esto provoca que los nutrientes se movilicen a través de las capas del suelo. Debido a este fenómeno pueden perderse grandes cantidades de fertilizantes los cuales son arrastrados por el agua hacia las partes inferiores del suelo, donde no se encuentran disponibles para las raíces de los cultivos, también pueden llegar a capas freáticas y contaminar los acuíferos. En ambientes naturales la vegetación natural, sirve de protección contra lixiviación, cuando el hombre altera estos ecosistemas, el proceso de lixiviación se acelera y la retención de nutrientes disminuye. Otras formas de aumentar la lixiviación son mediante la alteración del pH del suelo, riego excesivo y cultivos con consumo elevado de nutrientes.

Los nutrientes se pueden clasificar en tres tipos de acuerdo a su capacidad de movilidad en el suelo, estos son: Alta movilidad, en donde se incluye el nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, sodio, cloro y magnesio. Media movilidad, nutrientes como el hierro, manganeso, zinc, cobre y molibdeno. Baja movilidad, estos nutrientes son difícilmente desplazados por acción del agua, conforman este grupo el calcio y el boro (Whitehead, 2000).

2.20. FERTILIZANTES QUÍMICOS

Un fertilizante Químico es una sustancia orgánica o inorgánica que es utilizada como fuente de nutrientes para un cultivo, se fabrican en formas químicas solubles y asimilables por las raíces de las plantas, para incrementar el contenido de estos elementos en el suelo.

Existen diversos tipos de fertilizantes, algunos simples que aportan un solo nutriente al suelo y otros compuestos los cuales tienen un complejo de elementos, generalmente una combinación de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, la cantidad de estos elementos que el producto contiene es expresada en porcentaje.

La utilización de fertilizantes químicos debe ser controlada ya que un exceso puede provocar afectaciones al ambiente como contaminación de cuerpos de agua superficiales o subterráneas, disminución de la calidad del suelo y la capacidad del mismo para sostener a los cultivos, encostramientos y salinización del suelo (Tamayo, 2009).

2.20.1. FOSFATO DIAMÓNICO (DAP)

El DAP es un fertilizante químico en estado sólido producido industrialmente, en forma de esferas de color café, negro o gris. Su fórmula es $(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$ y su peso molecular 132,06 g/mol. El contenido de nitrógenos es del 18% mientras que de fósforo es 46%. Su dosificación habitual en cultivos de pastos, cereales o cultivos mixtos es de de 100 a 300 kg/Ha, cada dos meses o luego de cada corte. De acuerdo a los datos del fabricante el DAP presenta las siguientes características:

- Solubilidad en agua a las concentraciones recomendadas para fertilización líquida al suelo y foliar.
- Puede ser aplicado a través de todos los tipos de sistemas de riego.
- Su uso conlleva a un aumento en la producción y calidad de los frutos, alarga el período de cosecha.
- El contenido permite cubrir parte de las necesidades del cultivo durante el primer período de crecimiento de la planta.
- Ciertas impurezas existentes en el dióxido de azufre ordinario lo envenenan y reducen su actividad.
- Es el más concentrado del mercado, entre 62 y 64% de nutrientes (Fertisa, 2010).

2.20.2. UREA

La urea es un sólido de color blanco, que forma cristales, contiene 46% de nitrógeno y se obtiene sintéticamente a partir de amoníaco, es uno de los fertilizantes sólidos con mayor contenido de nitrógeno. Es ampliamente utilizada como fertilizante y además se utiliza como fuente de nitrógeno en la alimentación del ganado. Tiene un bajo costo de producción en relación a otros fertilizantes (Fertisa, 2010).

2.20.3. SULFATO DE AMONIO

Es un fertilizante solido, que se vende en forma de cristales o granulado. Es totalmente soluble en agua, y contiene 21% de nitrógeno y 24% de azufre, debido a que posee pH ácido es utilizado en terrenos con suelos alcalinos. Se lo utiliza en conjunto con fertilizantes con altos contenidos de nitrógeno, como DAP o Urea; especialmente en cultivos que extraen grandes cantidades de estos elementos del suelo como forrajes, hortalizas, cereales o gramíneas (Fertisa, 2010).

2.21. FERTILIZANTES ORGÁNICOS

Los fertilizantes orgánicos están compuestos principalmente de residuos de plantas o animales, los cuales han sufrido transformaciones químicas que han hecho que sus componentes se conviertan en nutrientes asimilables para las plantas. Existen números tipos de fertilizante o abonos orgánicos, como compost, bocashi, biol, humus, entre otros todos ellos son producto de transformaciones químicas y biológicas, están compuestos por productos excretados por lombrices o microorganismos.

La principal diferencia de un fertilizante orgánico con uno químico es la cantidad de nutrientes asimilables que aporta al suelo, los fertilizantes orgánicos contiene mucha menos cantidad de estos elementos, esto quiere decir que se necesita una mayor cantidad para satisfacer las necesidades de los cultivos. Otra diferencia es que los fertilizantes orgánicos tienen una composición muy irregular (Tamayo, 2009).

2.22. PESTICIDAS Y PLAGUICIDAS

Los pesticidas o plaguicidas son sustancias químicas o mezclas de sustancias, destinadas a matar, repeler, atraer, regular o interrumpir el crecimiento de organismos no deseados, que representan un peligro para los cultivos y para el hombre.

Estos productos químicos tienen como objetivo impedir la proliferación de malas hierbas, animales, insectos o microorganismos que se alimentan de los cultivos que el hombre ha sembrado. De forma general y de acuerdo a la plaga que combaten los pesticidas en un cultivo se pueden clasificar en 3 grupos:

- Herbicidas: Combaten malas hierbas y plantas indeseadas en cultivos, pueden ser totales o afectar a una especie determinada de plantas.
- Fungicidas: Combaten y eliminan hongos perjudiciales para los cultivos.
- Insecticidas: Eliminan insectos que se alimentan de las cosechas.

Los plaguicidas no son necesariamente venenos, pero pueden ser tóxicos para los humanos u otros animales ya que pueden afectar a otras especies y acumularse en la cadena trófica. Actualmente se busca mecanismos biológicos para control de plagas para evitar los efectos adversos para el ecosistema que provocan los plaguicidas, estos métodos se basan en la introducción de especies animales o vegetales que eliminen las plagas sin afectar a los cultivos (Domenech, 2001).

2.23. PASTOREO

Es un sistema de alimentación en el cual el ganado se alimenta de las pasturas, estas pueden ser naturales o cultivos forrajeros. El pastoreo, especialmente de ganado bovino afecta negativamente al suelo debido a que existe compactación, disminución de la aireación y la infiltración, desperdicio de materia vegetativo por pisoteo, contaminación del alimento por excrementos u orinas. Existen 4 Tipos de pastoreo:

- Continuo: Los animales permanecen durante periodos prolongados de tiempo en las Pasturas.
- Rotacional: Los animales se mueven de un potrero a otro para aprovechar de mejor manera las pasturas.
- Diferido: Se hace descansar a ciertos potreros para que se puedan recuperar.
- Cero: Se manejan los potreros por medio de corte y se alimenta al ganado en espacios distintos a los potreros (Navarro, 2003).

2.24. PASTOS

Los pastos o cultivos forrajeros son todo el material vegetal con el cual se alimenta el ganado, este material incluye pasturas, heno, ensilaje y especies de raíces forrajeras, que no pueden ser utilizados para la alimentación humana. El pasto es un producto de origen vegetal, si bien la sustancia ingerida por los animales puede ser un derivado al cual se hayan añadido nutrientes o vitaminas. Para aumentar el potencial nutritivo del pasto se realizan mezclas entre leguminosas y gramíneas, de modo que se produzca complementación, además este proceso sirve para que la carga que ejercen las plantas sobre el suelo, por absorción de nutrientes sea menor que en

cultivos de una sola especie. Las gramíneas forrajeras comprenden pastos y cereales forrajeros; mientras que las leguminosas se dividen en alfalfas, trébol de olor, tréboles verdaderos y guisantes forrajeros. Por otro lado existen algunas especies de raíces como la remolacha, los nabos y las zanahorias (Berlijn & Bernardon, 1991).

2.25. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE PASTOS

Los pastos son el principal y más económico alimento del ganado, aportan nutrientes y proteínas en la dieta del ganado y ayudan a regular la digestión del ganado, además de que aumentan el número de microorganismos del rumen. El ganado vacuno y caprino nos proporciona una gran cantidad de productos como carne, lácteos o pieles, los cuales son parte fundamental de la alimentación humana. En Ecuador el 30.15% de la superficie cultivada es pasto o algún tipo de planta forrajera (MAGAP, 2009), esto quiere decir que casi un tercio de la superficie de los cultivos se destina para alimentación del ganado.

2.26. CARACTERÍSTICAS DE LOS CULTIVOS DE PASTO EN LA HACIENDA CHIGCHICOCHA

Los cultivos de pastos de la hacienda Chigchicocha son una mezcla de dos o más especies forrajeras, este tipo de cultivo es necesario para cubrir mejor las necesidades alimenticias del ganado ya que diferentes especies de plantas aportan distintos elementos. En la mayoría de los casos se siembra una mezcla de semillas de gramíneas y leguminosas, esto a parte de mejorar la calidad del alimento ayuda a mantener estable el balance de nutrientes del suelo, por consecuencia disminuye la necesidad de adicionar nutrientes a los

cultivos En la hacienda Chigchicocha se cultivan 3 especies de plantas en todos los terrenos, dentro de la primera especie encontramos 2 pastos, Bisón (*Lolium hybridum*) y Tetraverde (*Lolium perenne*), La Avena forrajera (*Avena sativa*) es la segunda especie, y en menor cantidad se encuentran los tréboles, de los cuales se distinguen los Tréboles Blancos (*Trifolium repens*) y los Tréboles Rojos (*Trifolium pratense*). En una hectárea de cultivo el total de la cosecha para estas tres especies, 48% de pastos, 48% de avena forrajera y 6% de tréboles.

2.26.1. PASTO TETRAVERDE

El pasto tetraverde es una planta herbácea perenne, perteneciente a la familia de las gramíneas, género *Lolium*, especie *perenne*; está especialmente adaptada al clima frío con temperaturas inferiores a 15°C y a las zonas altas, se consigue un alto rendimiento en alturas entre los 2000 y 3800 metros sobre el nivel del mar, su germinación dura alrededor de 7 días, luego de lo cual se debe esperar 70 días para el primer corte, con un periodo de rotación de 35 días. Crece en suelos con pH de entre 5 a 8, siendo 6.5 el valor óptimo y tiene una producción por hectárea de 45 a 56 kg. (Berlijn & Bernardon, 1991).

2.26.2. PASTO BISÓN

Es otra variedad de pastos perenne, es una planta herbácea perteneciente a la familia de las gramíneas, género *Lolium*, especie *hybridum*. Se adapta muy bien a climas fríos, con temperaturas inferiores a 15°C. Es resistente a las heladas; bajo condiciones normales, este pasto germina de 7 a 10 días y rápidamente se convierte en una planta fuerte y desarrolla un sistema

radicular eficiente y vigoroso. Es un pasto raigrás perenne cruzado con un raigrás anual. Crece en suelos con pH de entre 5 a 8, siendo 6.5 el valor óptimo y tiene una producción por hectárea de 45 a 56 kg (Berlijn & Bernardon, 1991).

2.26.3. TRÉBOLES

Los tréboles forrajeros son plantas leguminosas, utilizadas comúnmente en combinación con pastos o cereales forrajeros. Existen dos variedades que se encuentran especialmente extendidas en cultivos forrajeros, *Trifolium pratense* o trébol rojo y *Trifolium repens* o trébol blanco. Su producción es muy reducida en cultivos forrajeros, 6 kg por hectárea.

El trébol rojo es una planta perenne, con una vida útil de entre 2 a 4 años y es sensible a las sequías. Por otro lado el trébol blanco es una de las especies de mayor producción de mejor calidad nutritiva para el ganado (Berlijn & Bernardon, 1991).

2.26.4. AVENA FORRAJERA

La Avena Forrajera (*Avena Sativa*) es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas. Posee raíces más abundantes y profundas que las de los demás cereales; los tallos son gruesos y rectos, pueden variar de 0.5 metros hasta 1.5 metros, las hojas son planas y alargadas; su borde libre es dentado; la flor es un racimo de espiguillas, situadas sobre largos pedúnculos y el fruto es en cariósipide, con las glumillas adheridas. Su cultivo se lo realiza en zonas altas comprendidas entre los 2500 y 3800 msnm, está bien adaptada a climas fríos, es decir menores a 15 °C. Crece en suelos con pH de entre 5 a 8, siendo 6.5 el valor

óptimo y tiene una producción por hectárea de 45 a 56 kg. (Berlijn & Bernardon, 1991)

2.27. CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL SUELO

La contaminación del suelo consiste en la acumulación de sustancias químicas en concentraciones que puedan alterar el estado normal del suelo y que representan un peligro para los organismos que habitan en él. La degradación del suelo provoca la pérdida de la fertilidad y de la capacidad de albergar vida ya sean plantas, invertebrados o microorganismos.

La contaminación del suelo puede ser ocasionada por diversos factores o eventos, uno de ellos es por derrame accidental de químicos y combustibles, al ser transportados o en los lugares donde estos son almacenados, también se puede contaminar este elemento con un exceso de fertilizantes químicos y pesticidas, los cuales pueden afectar la dinámica de los suelos de forma negativa, actualmente los fertilizantes químicos son muy utilizados en los cultivos para aumentar la producción, al igual que los plaguicidas previenen el ataque de plagas. Los metales pesados también son un contaminante del suelo, metales como el plomo que se libera por la combustión de ciertos materiales y combustibles puede llegar al suelo en forma de partículas o por acción de las lluvias y el agua.

Existe otra forma de contaminación del suelo, la cual es producida por el mal manejo de los desechos y por rellenos sanitarios, en estos sitios la basura de todo tipo es enterrada en los suelos provocando que todos los contaminantes y lixiviados de los se filtren a través de las capas de tierra y roca e incluso llegue a capas de agua subterránea provocando una mayor afectación al ambiente.

Los productos químicos más comunes incluyen derivados del petróleo, solventes, pesticidas y otros metales pesados. Este fenómeno está estrechamente relacionado con el grado de industrialización e intensidad del uso de productos químicos (Eswaran, 2001).

2.28. DEGRADACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO

Según el Programa de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la degradación del suelo es el proceso que rebaja la capacidad actual y potencial de la tierra para producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios.

La degradación del suelo es un proceso que afecta negativamente las características físicas, químicas y biológicas del suelo incluyendo el almacenaje y reciclaje de agua, materia orgánica o nutrientes. Ocurre cuando el suelo pierde importantes propiedades como consecuencia de una inadecuada utilización, o por la presencia de un agente contaminante. El suelo puede ser degradado por los siguientes fenómenos:

- Degradación por Erosión: arrastre de materiales del suelo por el agua y el viento, lo cual genera la improductividad del suelo.
- Degradación por Desertificación: es suelo fértil en zonas semiáridas pierde total o parcialmente su capacidad de producción, se pierde la cubierta vegetal y la tierra se vuelve árida e incapaz de retener agua y nutrientes.
- Degradación por Salinización y encostramiento de los suelos: acumulación excesiva de sales.
- Degradación por Compactación: se manifiesta con el aumento de la densidad aparente del suelo, en las capas superficiales, causa el deterioro de la materia orgánica y la actividad biológica.

- Degradación por Contaminación química: uso de grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas, por encima de los requerimientos de los cultivos.
- Degradación por Lavado de nutrientes: empobrecimiento del suelo por sobre explotación o monocultivos.
- Degradación por Conflicto de usos del suelo: las tierras para obras de construcción perdiendo su capacidad agrícola (López, 2002).

2.29. INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO

Los indicadores de calidad del suelo son parámetros medidos con valores numéricos y que han sido escogidos de las propiedades físicas, químicas, biológicas o procesos que ocurren en el suelo, los mismos que son cuantificados y se comparan con una tabla de valores comunes de acuerdo a cada tipo de suelo y a sus características intrínsecas. Estos indicadores permiten determinar el estado del suelo que vamos a estudiar comparado con los valores obtenidos en suelos que no tienen alteraciones y que prácticamente se encuentran en condiciones naturales, de esta manera establecer los mecanismos más adecuados para su cuidado y aprovechamiento.

En este estudio se escogieron 14 parámetros físicos, químicos y biológicos que brinden evidencias claras del estado actual del suelo, considerando las actividades que se desarrollan en estas tierras (Tabla 4.) (Alonso, Pérez, & Lantinga, 2004).

Tabla 4. Índice de Calidad del Suelo

PARÁMETRO	UNIDAD	PESO ICS
Materia Orgánica	%	1.00
Humedad	%	0.40
Capacidad de Intercambio Catiónico	meq/100g.	0.80
Azufre	ppm	0.30
Calcio	meq/100g.	0.30
Magnesio	meq/100g.	0.30
Hierro	ppm	0.30
Cobre	ppm	0.30
Zinc	ppm	0.30
Manganeso	ppm	0.30
Boro	ppm	0.20
Nitrógeno (NH ₄)	ppm	1.00
Fósforo	ppm	0.90
Potasio	meq/100g.	0.90
Bases	meq/100g.	0.40
pH	-	0.90
Conductividad Eléctrica	dS/m	0.90
Textura	% arena, limo y arcilla	0.50

CALIDAD DE SUELO	
Valoración	Rango
Muy alta calidad	8 a 10
Alta calidad	6 a 7.9
Moderada Calidad	4 a 5.9
Baja Calidad	2 a 3.9
Muy baja calidad	0 a 1.9

(Alonso, Pérez, & Lantinga, 2004)

2.30. MARCO LEGAL

2.30.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

La conservación del ambiente es un asunto de interés nacional, especialmente cuando hablamos de conservar la calidad del suelo, ya que este elemento conforma la matriz en donde cultivamos la mayoría de nuestros alimentos. En la Constitución del Ecuador se mencionan artículos que promueven el cuidado y la conservación del suelo, estos artículos son:

Artículo 276, numeral 4: Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Artículo 409: Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

Artículo 410: El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.

2.30.2. LEY ORGÁNICA DEL RÉGIMEN DE LA SOBERANÍA ALIMENTARIA

La soberanía alimentaria del país depende de la calidad y preservación de los recursos utilizados para el cultivo de alimentos. La utilización excesiva de fertilizantes, la expansión poblacional, el uso equivocado del suelo o la sobreexplotación por cultivos intensivos degradan la calidad del suelo y

ponen en riesgo la capacidad de seguir produciendo alimentos, por este motivo en la Ley Orgánica de la Soberanía Alimentaria busca proteger este recurso a través de los artículos:

Artículo 2: Carácter y ámbito de aplicación.- Las disposiciones de esta Ley son de orden público, interés social y carácter integral e intersectorial. Regularán el ejercicio de los derechos del buen vivir -sumak kawsay- concernientes a la soberanía alimentaria, en sus múltiples dimensiones.

Su ámbito comprende los factores de la producción agroalimentaria; la agrobiodiversidad y semillas; la investigación y diálogo de saberes; la producción, transformación, conservación, almacenamiento, intercambio, comercialización y consumo; así como la sanidad, calidad, inocuidad y nutrición; la participación social; el ordenamiento territorial; la frontera agrícola; los recursos hídricos; el desarrollo rural y agroalimentario; la agroindustria, empleo rural y agrícola; las formas asociativas y comunitarias de los microempresarios, microempresa o micro, pequeños y medianos productores, las formas de financiamiento; y, aquéllas que defina el régimen de soberanía alimentaria.

Artículo 3: Deberes del Estado.- Para el ejercicio de la soberanía alimentaria, además de las responsabilidades establecidas en el Art. 281 de la Constitución, el Estado deberá:

- a) Fomentar la producción sostenible y sustentable de alimentos, reorientando el modelo de desarrollo agroalimentario, que en el enfoque multisectorial de esta ley hace referencia a los recursos alimentarios provenientes de la agricultura, actividad pecuaria, pesca, acuicultura y de la recolección de productos de medios ecológicos naturales.

2.30.3. CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN

Un aspecto importante que contribuye a degradación del suelo es la mala utilización de este recurso, por ejemplo terrenos que pueden ser muy productivos están siendo utilizados para proyectos inmobiliarios. Mediante el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial se busca tener una mejor distribución del espacio y una adecuada utilización de los recursos, especialmente del suelo. Las competencias de los gobiernos autónomos en cuanto a la preservación de los recursos se establecen en el siguiente artículo:

Artículo 136: Los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales promoverán actividades de preservación de la biodiversidad y protección del ambiente para lo cual impulsarán en su circunscripción territorial programas y/o proyectos de manejo sustentable de los recursos naturales y recuperación de ecosistemas frágiles; protección de las fuentes y cursos de agua; prevención y recuperación de suelos degradados por contaminación, desertificación y erosión; forestación y reforestación con la utilización preferente de especies nativas y adaptadas a la zona; y, educación ambiental, organización y vigilancia ciudadana de los derechos ambientales y de la naturaleza. Estas actividades serán coordinadas con las políticas, programas y proyectos ambientales de todos los demás niveles de gobierno, sobre conservación y uso sustentable de los recursos naturales.

2.30.4. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DE AMBIENTE (TULSMA)

En el Libro VI Anexo II: Norma De Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados se encuentran los

parámetros y conceptos aplicables a la prevención de la contaminación y a la restauración y conservación de la calidad del suelo.

2.31. MARCO TEMPORO-ESPACIAL

2.31.1. CANTÓN MEJÍA

El cantón Mejía se encuentra ubicado al suroriente del cantón Quito (Figura 1.), tiene una superficie de 1 459 km² y es parte de la provincia de Pichincha.

Su cabecera cantonal es Machachi, lugar donde se concentra la mayoría de sus 62 888 habitantes, el resto de parroquias Alóag, Aloasí, Manuel Cornejo Astorga (Tandapi), Cutuglagua, El Chaupi, Tambillo, Uyumbicho son consideradas rurales. Los límites del cantón son: Norte: Distrito Metropolitano de Quito, Cantón Rumiñahui y Santo Domingo de los Colorados. Sur: Provincia Cotopaxi. Este: Provincia del Napo. Oeste: Santo Domingo de los Tsáchilas. (Gobierno de la Provincia de Pichincha, 2000)



Figura 2. Ubicación del Cantón Mejía

(Gobierno de la Provincia de Pichincha, 2000)

2.31.2. HACIENDA CHIGCHICOCHA

La hacienda Chigchicocha se encuentra ubicada en la parroquia El Chaupi, Cantón Mejía, provincia de Pichincha, en las coordenadas 17 M 697781 9933035 a 3320 metros de altura sobre el nivel del mar. La hacienda está dedicada a la crianza de ganado vacuno para la obtención de leche, cuenta con 40 vacas y su principal cultivo es el pasto, cuenta con 20 hectáreas de cultivos forrajeros y 10 hectáreas de cultivos de papas. La hacienda se encuentra dentro de la zona de Bosque Montano comprendido entre los 2500 y 3600 msnm, con temperaturas de entre 5°C a 19°C. La zona recibe precipitaciones anuales de 500 a 1000 mm, por lo cual el cultivo cuenta con

sistemas de riego por aspersión para las épocas menos lluviosas, además se realiza fertilización del terreno cada 3 meses y la cosecha se realiza en periodos de 45 días.

2.32. MARCO CONTEXTUAL

2.32.1. CLIMA

En promedio el Cantón Mejía presenta temperaturas que varían de 3,3 °C en las zonas altas, hasta los 20,9°C en las zonas más bajas; El promedio de precipitaciones al año es de 131 mm, con humedad diaria promedio de 77,6%. Las variaciones climáticas por mes, a lo largo del año se pueden observar de forma detallada en la Tabla 5.

Tabla 5. Datos Climáticos del Cantón Mejía

VARIACIONES DE TEMPERATURA POR MESES DEL AÑO (°C)													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	DATOS Promedio
MÁXIMA DIARIA (Prom. Mensual)	20.8	21.0	21.0	20.6	21.2	20.3	20.8	21.2	21.5	21.3	20.4	20.9	20.9
DIARIA PROMEDIO	12.0	11.6	12.0	12.2	12.1	11.9	11.7	11.9	12.1	12.0	11.8	11.8	11.9
MÍNIMA DIARIA (Prom. Mensual)	4.0	3.7	4.3	4.7	4.2	3.5	3.1	2.5	3.4	2.6	2.3	1.8	3.3
PRECIPITACIONES (mm)													
PRECIPITACIONES	126.4	159.8	228.3	214.9	185.5	97.7	27.5	49.7	78.4	131.7	155.1	116.9	131.0
VARIACIÓN DIARIA DE LA HUMEDAD RELATIVA POR MESES DEL AÑO (%)													
MÁXIMA DIARIA (Prom. Mensual)	85.0	86.0	85.0	86.0	82.0	82.0	74.0	72.0	79.0	79.0	87.0	88.0	82.1
DIARIA PROMEDIO	81.0	82.0	82.0	83.0	80.0	77.0	69.0	68.0	71.0	78.0	81.0	79.0	77.6
MÍNIMA DIARIA (Prom. Mensual)	77.0	79.0	80.0	82.0	76.0	73.0	63.0	61.0	66.0	77.0	69.0	75.0	73.2
VIENTOS: INTENSIDAD Y DIRECCIÓN POR MESES DEL AÑO (m/s)													
VELOCIDAD MÁXIMA	6.0	7.0	6.0	7.0	6.0	6.0	10.0	10.0	9.0	12.0	5.5	6.5	7.6
VELOCIDAD MÍNIMA	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.2	6.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
DIRECCIÓN PROMEDIO	SW	NE	S	SW	SW	E	SE	E	E	E	NE	SW	E
NUBOSIDAD SEGÚN MESES DEL AÑO (octavos)													
OCTAVO DE CIELO CUBIERTO	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	4.0	4.0	5.0	6.0	6.0	5.0	5.4
HELIOFANÍA SEGÚN MESES DEL AÑO (horas)													
HORAS DE SOL	146.3	120.9	123.4	126.2	149.5	158.1	208.7	208.9	171.1	157.6	156.7	178.1	158.8

Datos Promedio: Años 1995 al 2000

(INAMHI, 2001)

2.32.2. OROGRAFÍA

La hoya Machachi incluye parte del callejón interandino y parte de la cordillera occidental. La topografía del valle interandino es suave desde la parte central relativamente plana, el terreno empieza a levantarse hacia los volcanes extinguidos Pasochoa y Rumiñahui al este; Atacazo, Corazón e Ilinizas, al oeste. (Gobierno de la Provincia de Pichincha, 2000)

2.32.3. HIDROGRAFÍA

Al este se ubica la microcuenca del río San Pedro perteneciente a la subcuenca del río Guayllabamba que es alimentado por deshielos y vertientes de los volcanes Rucu Pichincha, Atacazo, Corazón, Ilinizas, Rumiñahui, Sincholagua, Pasochoa, Ilaló, Cotopaxi, con patrones de drenaje rectangular, subparalelo, paralelo, radial, con curso alineado y cambios de dirección; el área de la microcuenca cubre 1.512 km², longitud del río 99 km, densidad de drenaje 0,37 (unidad permeable), pendiente media del 4%.

Al oeste el curso superior de la microcuenca del río Toachi, su cauce principal el río Pilatón, pertenece a la subcuenca del río Blanco, alimentado por diversos nevados y vertientes que recargan el curso superior (Atacazo, Corazón, Iliniza, Quilotoa, cordillera Leila), con patrones de drenaje angular, paralelo, radial; pendiente media del río 7,11% en el curso superior. (Gobierno de la Provincia de Pichincha, 2000)

2.32.4. GEOLOGÍA

Rocas volcano-sedimentarias marinas de composición andesita- basáltica con intercalaciones de meta sedimentos de edad cretácica, caracterizan a la formación Macuchi, la cual se encuentra parcialmente recubierta por rocas

volcano clásticas, conglomerados, lutitas, tobas, de la formación Silante (carretera Alóag - Santo Domingo) y rocas sedimentarias marinas tipo flish - caliza de la formación Yunguilla y al este rocas volcánicas continentales del pleistoceno oloceno de composición andesita-liparítico. Pequeños cuerpos sin foliación de cuarzo-diorita de hornblenda han sido instruidos dentro de las formaciones Silante y Macuchi. (Gobierno de la Provincia de Pichincha, 2000)

2.32.5. GEOMORFOLOGÍA

La franja oriental en general es plana, con una pendiente promedio del 3%, interrumpido por rasgos geomorfológicos destacados (volcanes), al oeste su morfología es abrupta, predominan pendientes mayores de 30%. (Gobierno de la Provincia de Pichincha, 2000)

2.32.6. SUELOS

Suelos arenosos derivados de materiales piroclásticos poco meteorizados, sin evidencia de limo, baja retención de humedad, con más de 1% de matriz orgánica, en el perfil superior y de colores oscuros. Suelos negros, profundos, limosos o limo arenosos derivados de materiales piroclásticos, con presencia de arena muy fina y a veces con incremento de arcilla en profundidad.

Suelos alofánicos derivados de materiales piroclásticos, de texturas pseudo limosas, con gran capacidad de retención de agua, saturación de bases < 50%, generalmente de color negro, profundos, suelos limosos de áreas de humedad moderadas y húmedas. (Gobierno de la Provincia de Pichincha, 2000)

2.32.7. FLORA

La zona donde se la Hacienda Chigchicocha pertenece al Bosque húmedo Montano, en el cual no existe una cubierta vegetal natural original, predominan

los pajonales con las especies de los géneros *Estipa*, *Calamagrostis* y *Festuca*, en asociación con el romerillo, mortiño, orejuela, sachachocho, chuquiragua, valeriana. Dentro de este paisaje se encuentra vegetación secundaria, en la que predominan la sachaperal o chachacoma, quishuar, y sobre morrenas provenientes de los glaciales, o a lo largo de los riachuelos, se encuentran los quichuares, polylepis formando macizos compactos. Con el incremento de altitud, los árboles y arbustos se vuelven cada vez más escasos, sin embargo el arbusto que más se encuentra es el *Lorocaria thuyoides*. En los límites inferiores se ve un aumento progresivo en el tamaño y densidad de la vegetación leñosa, mientras los pajonales, como las especies propias del páramo, van desapareciendo.

En el Cantón Mejía también podemos encontrar las siguientes zonas de vida: Bosque muy húmedo Pre Montano, Bosque muy húmedo Montano Bajo, Bosque húmedo Montano Bajo, Bosque húmedo pre Montano, Bosque pluvial Sub Alpino (páramo pluvial), Bosque seco Montano Bajo, Bosque húmedo Montano, Bosque muy húmedo Montano, Bosque muy húmedo Sub Alpino o Páramo (Gobierno de la Provincia de Pichincha, 2000).

2.32.8. ACTIVIDADES ECONÓMICAS

En el cantón Mejía las principales actividades son agrícolas, ganaderas e industriales, cuenta con diversos cultivos de papas, cebada, trigo, maíz, habas y hortalizas, fréjol, arveja, nabo, rábano, col, coliflor, zanahoria, camote, remolacha, ají, ajo, orégano, pastos y cebolla; la ganadería y la producción de lácteos se encuentran en crecimiento; existen industrias como acerías y procesadoras de alimento. Según datos del MAGAP en el año 2000 la superficie destinada a la agricultura ocupaba 10.5% de la superficie total del cantón; el 13% estaba destinado a la ganadería y el 34.8 % era tenido por área forestal. (Gobierno de la provincia de Pichincha, 2002)

3. METODOLOGÍA

3.1. MÉTODOS

La investigación para determinar los efectos de la utilización de fertilizantes químicos en cultivos de pastos sobre la calidad del suelo, se realizó en los cultivos forrajeros de la hacienda Chigchicocha, ubicada en el Catón Mejía, Provincia de Pichincha. Estos cultivos están compuestos por 2 especies de pastos, Bisón (*Lolium hybridum*) y Tetraverde (*Lolium perenne*), Avena forrajera (*Avena sativa*) y Tréboles Blancos (*Trifolium repens*) y Rojos (*Trifolium pratense*).

3.1.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO

Se analizó los parámetros físicos, químicos y biológicos del índice de calidad del suelo, para lo que se estableció 40 puntos de muestreo (Anexo I), 20 puntos se ubicados en 2 terrenos con cultivos de pastos, el primero fue nombrado Terreno 1 (Figura 3.), mientras que el segundo Terreno 2 (Figura 4.). Los terrenos cultivados han sido ocupados por pastos durante al menos dos años, tiempo durante el cual se realizaron varias cosechas y fertilizaciones.



Figura 3. Terreno 1



Figura 4. Terreno 2

Además se escogió 20 puntos de muestreo en terrenos que se encontraban junto a los cultivos, los cuales no cuentan con ningún tipo de cultivo y únicamente tenían vegetación silvestre, el primer terreno fue denominado Terreno Blanco 1 (Figura 5.), mientras que el segundo Terreno Blanco 2 (Figura 6.).



Figura 5. Terreno Blanco 1



Figura 6. Terreno Blanco 2

3.1.2. INFLUENCIA DE LA PENDIENTE EN LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

La zona de estudio presentó dos tipos predominantes de inclinación, la primera con pendientes muy pronunciadas, en promedio 18% y la segunda menos inclinada con un promedio de 6%; cada uno de los terrenos tiene una extensión de 1 hectárea; las parcelas fueron escogidas de forma aleatoria, y en busca de que representen los dos tipos de pendiente predominante. Dentro de cada uno de los terrenos se diferenciaron 2 zonas tomando como referencia su pendiente, la Zona Alta y la Zona Baja, en cada zona se extrajo 5 submuestras a la profundidad 1, comprendida entre 0 y 10 cm., y 5 a la profundidad 2, de 10 a 20 cm.

El muestreo se realizó en forma de zig-zag (Figura 3.) se recolectaron 5 submuestras en la parte superior del terreno y 5 en la parte inferior. Cada submuestra se encontraba a 26 metros una de otra, este procedimiento fue establecido en base a la Norma Técnica Colombiana NTC 3656, de Gestión

Ambiental y Toma de Muestras de Suelo para Determinación de Contaminación de 1994.

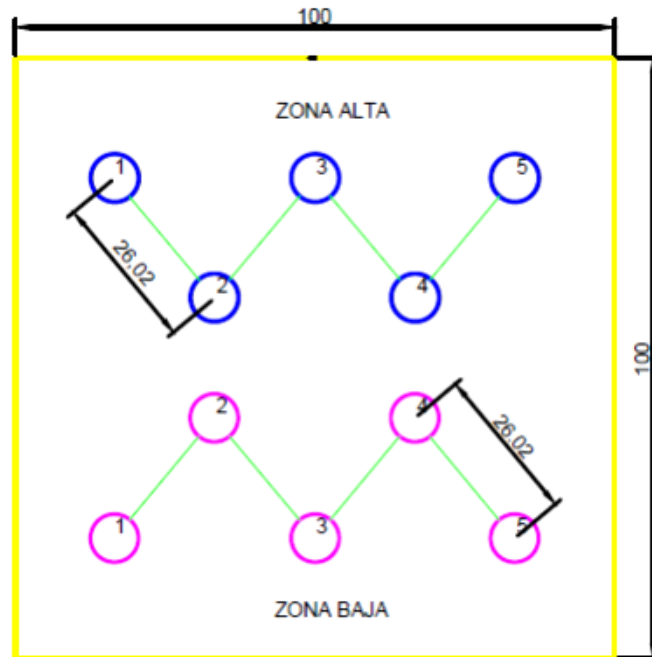


Figura 7. Ubicación de Puntos de Muestreo en el Terreno

3.1.3. DIFERENCIA DE MACRONUTRIENTES ENTRE TERRENOS CON CULTIVOS DE PASTO Y TERRENOS SIN CULTIVOS

Se tomó 20 submuestras en cada terreno, cada grupo de 5 submuestras se mezcló y homogenizó para conformar una muestra compuesta que sea representativa, a cada muestra se le realizaron pruebas de laboratorio para determinar el valor de los parámetros propuestos por el Índice de Calidad del Suelo (ICS), El procedimiento en los terrenos no cultivados fue el mismo, la muestra compuesta se conformó por 5 submuestras.

Los procesos realizados en la fase de laboratorio para cada parámetro se enumeran en la Tabla 6, estos análisis de laboratorio fueron realizados por el

Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (Anexo II) y por el el Laboratorio de Suelos AGROBIOLAB (Anexo III).

Tabla 6. Métodos de Análisis de muestras de Suelo

PARÁMETRO	MÉTODO
Textura	Bouyoucos modificado (hidrómetro), la clase textural se determinó por medio del Triángulo de Texturas del Suelo
Capacidad de Intercambio Catiónico	Acetato de amonio pH 7 / cloruro de bario
Conductividad Eléctrica	Conductométrico en extracto de pasta saturada
Potencial de hidrogeno	Potenciométrico, relación suelo: agua (1: 2.5)
Nitrógeno	Fotocolorimétrico azul, indofenol en extracto Olsen modificado pH 8.5
Fósforo	Fotocolimétrico azul de fosfomolibdato en extracto Olsen modificado pH 8.5
Materia Orgánica	Combustión seca
Azufre	Turbidimétrico cloruro de bario 10% en extracto de fosfato monobásico de calcio
Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeseo, Zinc.	Espectroscopia de absorción atómica en extracto Olsen modificado pH 8.5
Boro	Fotocolorimétrico curcumina en extracto de fosfato de calcio
Bases	Espectroscopia de absorción atómica en sustrato saturado
Humedad	Gravimétrico
Velocidad de Infiltración	Medición de la velocidad de infiltración de agua en campo.

(INIAP, 2013)

Para la interpretación de los resultados, se utilizó los valores descritos en la Tabla 7, en la cual se establecen los rangos de concentraciones altas, medias y bajas de los parámetros analizados.

Tabla 7. Criterios para la Interpretación de Resultados del Análisis de Suelos

PARÁMETRO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN					
		ALTO	MEDIO	BAJO			
Materia Orgánica ¹	%	>5	2 a 5	<2			
Humedad ²	%	>20	10 a 20	<10			
Capacidad de Intercambio Catiónico ¹⁰	meq/100g.	>25	12 a 25	<12			
Azufre ⁶	ppm	>20	10 a 20	<10			
Calcio ⁶	meq/100g.	>7	3.0 a 7.0	<3			
Magnesio ⁶	meq/100g.	>2.5	1.0 a 2.5	<1.5			
Hierro ⁶	ppm	>50	25 a 50	<25			
Cobre ⁶	ppm	>4	2 a 4	<2			
Zinc ⁶	ppm	>6	2 a 6	<2			
Manganeso ⁶	ppm	>10	5 a 10	<5			
Boro ³	ppm	>1.4	1.4 a 0.9	<0.9			
Nitrógeno (NH ₄) ⁶	ppm	>60	30 a 60	<30			
Fósforo ⁶	ppm	>20	10 a 20	<10			
Potasio ⁶	meq/100g.	>0.4	0.2 a 0.4	<0.2			
Bases ⁴	meq/100g.	>12	5 a 12	<5			
pH ⁵	-	ACIDO	LIGERAMENTE ACIDO	NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO	
		<6.0	6.0 a 6.5	6.6 a 7.3	7.4 a 8.0	>8.0	
Conductividad Eléctrica ⁶	dS/m	NO SALINO	LIGERAMENTE SALINO	SALINO	MUY SALINO		
		0 a 2	3 a 4	4 a 8	>8		
Textura ⁸	% arena, limo y arcilla	ARENA	LIMO	ARCILLA			
		40	40	20			
Velocidad de Infiltración ⁷	cm/hora	MUY RÁPIDO	RÁPIDO	MODERADO	MODERADAMENTE LENTO	LENTO	MUY LENTO
		>50.80	50.80 a 15.24	15.24 a 5.08	5.08 a 1.52	1.52 a 0.51	<0.51

¹ (INIAP, 2013)

² (Ministerio de Agricultura de Perú, 2011)

³ (Garrido, 1994)

⁴ (Departamento de Agricultura de Estados Unidos USDA, 1999)

⁵ (Ministerio de Agricultura de Perú, 2011)

⁶ (INIAP, 2013)

⁷ (Ministerio de Agricultura de Perú, 2011)

⁸ (Garrido, 1994)

⁹ (Departamento de Agricultura de Estados Unidos USDA, 1999)

¹⁰ (Rioja, 2002)

3.1.4. RELACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL SUELO CON LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

Se realizó la toma de muestras de dos capas de suelo, la primera superficial comprendida entre 0 y 10 centímetros, la segunda capa con una profundidad entre 10 y 20 centímetros. Se recolectaron 20 submuestras en cada terreno, 10 en cada capa seleccionada, en total se obtuvo 2 muestras compuestas por capa de suelo. El peso de cada submuestra fue de 500 gramos y el de las muestras compuestas 2,5 kilogramos.

3.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Para la realización de este trabajo se utilizó los siguientes métodos de investigación:

- Bibliográfica: Fue necesario recurrir a normativa, textos, artículos científicos, estudios de calidad de suelos e internet para obtener datos generales, procedimientos de investigación e información científica. Las fuentes de información edafológica fueron escasas por lo que fue necesario recurrir a información con más de 10 años de antigüedad, pero que todavía se encontraba vigente.
- De campo: Se tomó muestras de suelo en forma de zig-zag basados en la Norma Técnica Colombiana NTC 3656 de Gestión Ambiental del Suelo y Toma de Muestras de Suelo para Determinación de Contaminación de 1994, para determinar los efectos de los fertilizantes químicos en cultivos de pasto en la calidad del suelo.
- De laboratorio: Se realizó ensayos de laboratorio de acuerdo a los procesos establecidos por el INIAP, para determinar los valores de los parámetros del Índice de Calidad del Suelo (ICS).

3.3. MATERIALES

- 80 submuestras de suelo
- 16 muestras de suelo
- Barreno
- Tubo de PVC de 6"
- Pala
- Fundas Plásticas Ziploc
- Guantes de nitrilo
- Marcador permanente
- Baldes de plástico
- Cronometro
- GPS
- Vehículo
- Etiquetas para muestras
- Marcador indeleble
- Combo de goma
- Espátula

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

En total se recolectaron 80 submuestras de suelo las cuales conformaron 16 muestras compuestas, 8 muestras fueron tomadas a 10 cm de profundidad y 8 a 20 cm, en cada grupo de terrenos se realizó una distinción por pendiente, el grupo 1 con inclinación de 18% y el grupo 2 con 6 %; se delimito la zona alta y la zona baja. Estas muestras se tomaron en los cuatro terrenos seleccionados, dos terrenos que sin cultivos, y dos terrenos con cultivos forrajeros permanentes. Se analizaron todos los parámetros establecidos en el ICS para cada uno de los terrenos (Anexo IV). Los resultados del análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos de estas muestras son los siguientes:

4.1.1. TEXTURA

Las muestras analizadas permitieron determinar la clase textural del suelo, luego de cuantificar los porcentajes de arena, limo y arcilla (Tabla 8.), se determinó que todos los terrenos estudiados tenían textura Franco Arenosa, este tipo de textura resulta especialmente adecuada para los cultivos y la agricultura, ya que no se anegan fácilmente, y su textura suelta facilita el crecimiento inicial de las raíces.

Tabla 8. Clase Textural de los Terrenos Estudiados

TERRENO	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE TEXTURAL
Terreno 1	58,00%	36,00%	6,00%	Franco Arenoso
Terreno Blanco 1	58,00%	36,50%	5,50%	Franco Arenoso
Terreno 2	59,00%	33,50%	7,50%	Franco Arenoso
Terreno Blanco 2	59,00%	33,92%	7,00%	Franco Arenoso

El Terreno 1 comparado con el Terreno Blanco 1 presentó valores casi idénticos, de la misma manera el Terreno 2 y el Terreno Blanco 2 (Figura 8.). En base a los resultados se pudo determinar que los cultivos de pastos no tienen ningún tipo de incidencia en la cantidad de arena, limo o arcilla del suelo, por lo tanto la clase textural no se ha afectado por esta actividad.

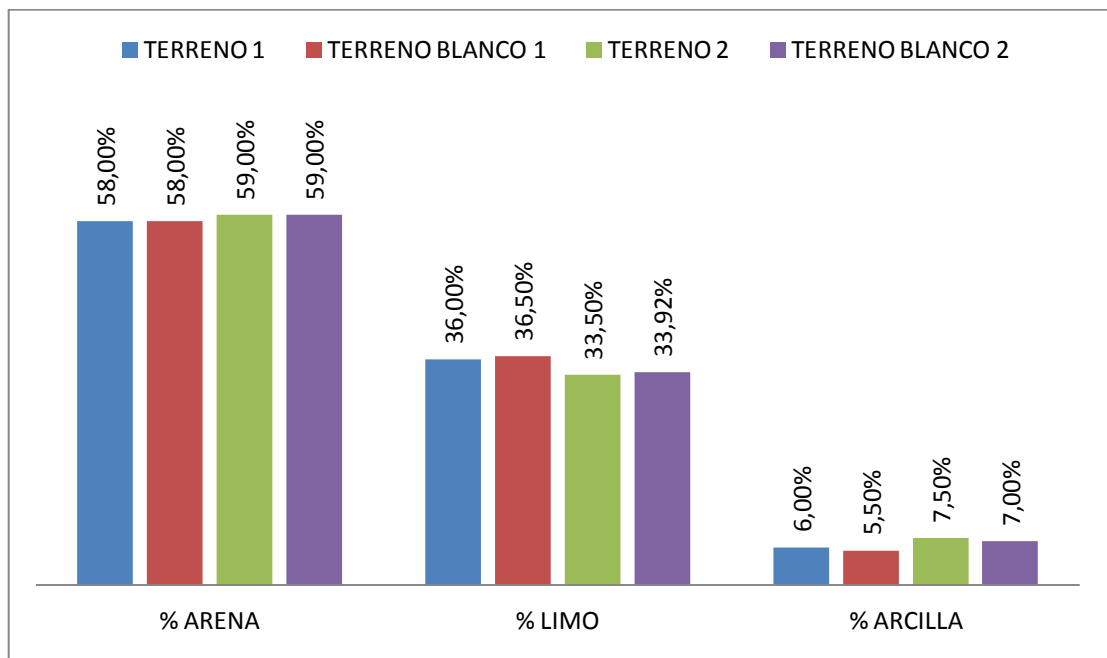


Figura 8. Componentes Texturales de los Terrenos Estudiados

4.1.2. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) presentó valores medios en tres de los cuatro terrenos estudiados, el Terreno Blanco 2 obtuvo el valor más alto de CIC, 18.25 meq/100g., mientras que el resto de terrenos alcanzó un promedio de 14.50 meq/100g. (Figura 9.). Los valores de CIC se mantuvieron relativamente constantes, esto significa que el cultivo de pastos no tuvo incidencia sobre la concentración de este parámetro en los suelos estudiados.

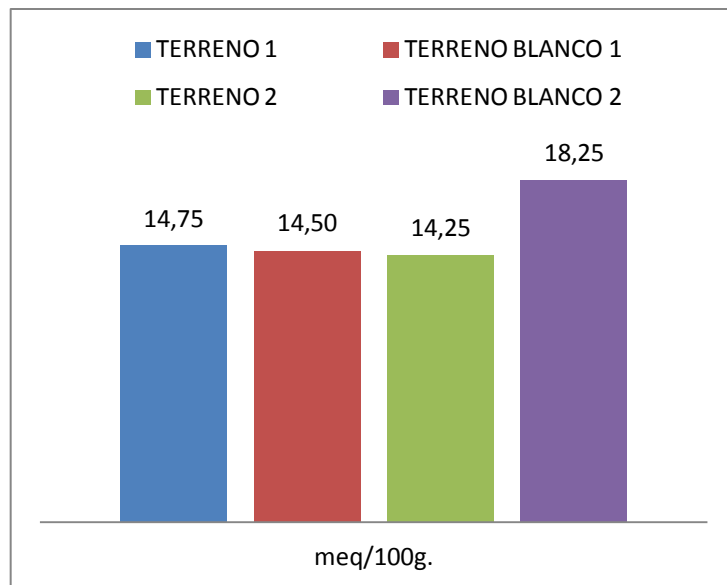


Figura 9. Capacidad de Intercambio Catiónico del Suelo

La diferencia de CIC de acuerdo a la pendiente se observa en la Figura 10. En el Terreno 1 se encuentra una diferencia de 0.50 meq/100g., entre la zona alta y la zona baja del terreno, siendo esta ultima la de menor concentración. En el Terreno Blanco 1 la diferencia es de 2.00 meq/100g., la mayor concentración se encuentra en la zona baja. En el Terreno 2 se presenta menor concentración en la zona baja, la diferencia entre zonas es de 2.50 meq/100g. La zona alta del Terreno Blanco 2 presenta un valor mayor de CIC, la diferencia con respecto a la zona baja es de 5.50 meq/100g. No se encontró una relación entre la inclinación del terreno y la capacidad de intercambio catiónico, en los terrenos de mayor pendiente este valor fue superior en la zona baja mientras que en terrenos con pendiente baja ocurrió lo contrario.

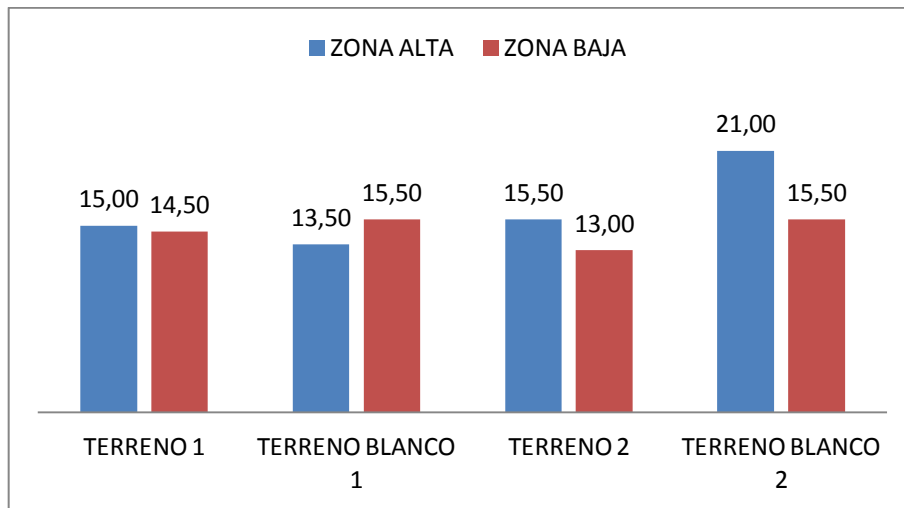


Figura 10. Diferencia de CIC entre Zonas Altas y Bajas

4.1.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica es un parámetro que permite determinar la salinidad del suelo, un valor alto de conductividad eléctrica significa que el suelo tiene mayor cantidad de sales. Todos los resultados de los terrenos estudiados indicaron que los suelos no eran salinos ya que la medida de conductividad de todas las muestras fue menor a 1 dS/m (Figura 11.).

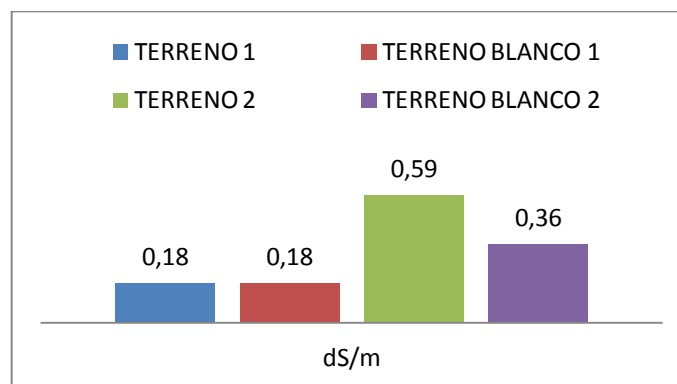


Figura 11. Conductividad Eléctrica del Suelo

La salinidad con respecto a la pendiente se observa en el Figura 12. En el Terreno 1 se encuentra una diferencia de 0.11 dS/m, entre la zona alta y la zona baja del terreno, siendo la parte alta la de menor concentración. En el Terreno Blanco 1 la diferencia es de 0.09 dS/m., la mayor concentración se encuentra en la zona alta. De la misma forma en el Terreno 2 se presenta menor concentración en la zona baja, la diferencia entre zonas es de 0.46 dS/m. La zona alta del Terreno Blanco 2 presenta un valor mayor de conductividad, la diferencia con respecto a la zona baja es de 0.10 dS/m. Estos resultados indican que las sales solubles en agua pueden ser arrastradas y acumularse en las zonas bajas de los terrenos causando que tengan valores más altos de conductividad eléctrica.

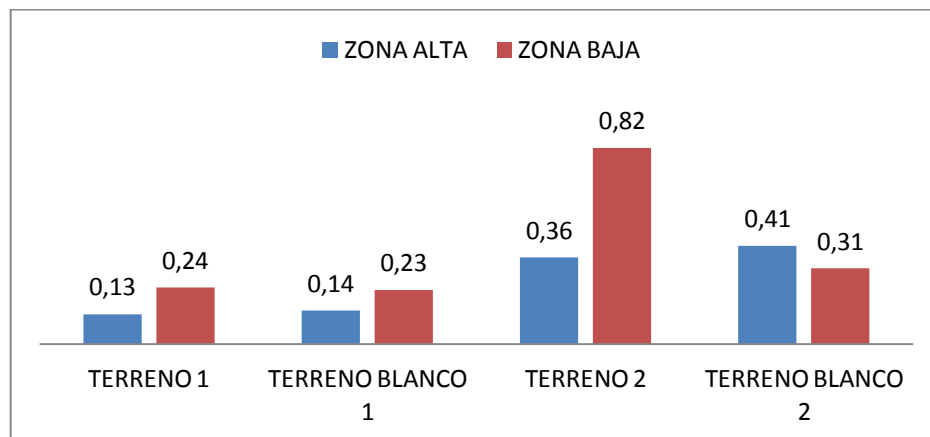


Figura 12. Diferencia de Conductividad Eléctrica entre Zonas Altas y Bajas

4.1.4. POTENCIAL DE HIDROGENO

El potencial de hidrogeno adecuado para cultivos forrajeros en general es de 6.5, todas las muestras revelaron que el pH de los terrenos estudiados es ligeramente ácido con valores entre 6.22 y 6.28 (Figura 13.), los terrenos con cultivos forrajeros presentan valores más cercanos a 7 en comparación a los

terrenos no cultivados. Si bien los valores de la muestras no alcanzan el valor optimo para el crecimiento de este tipo de plantas, su acidez no representa un peligro para el cultivo, para la disponibilidad de nutrientes, ni para las propiedades del suelo.

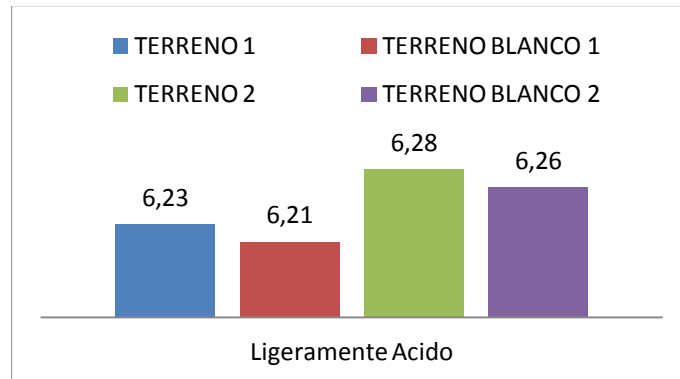


Figura 13. Potencial de Hidrógeno del Suelo

Los terrenos cultivados presentan valores de pH mayores en las zona alta que la baja, por el contrario en los terrenos sin cultivos las zonas altas presentan valores inferiores de pH (Figura 14.).

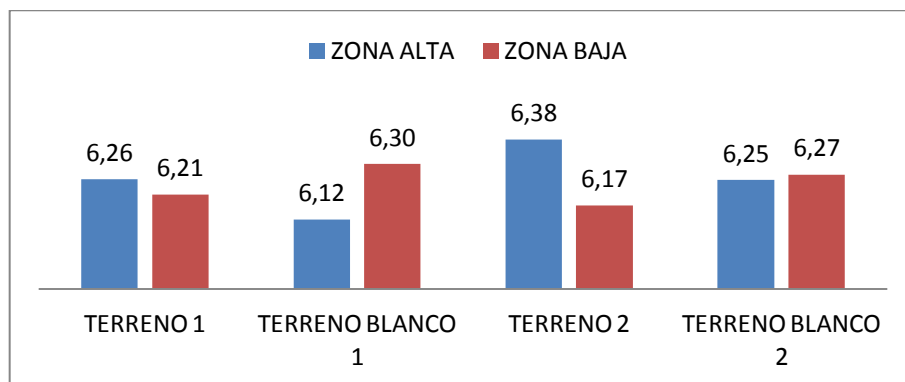


Figura 14. Diferencia de pH entre Zonas Altas y Bajas

4.1.5. MACRONUTRIENTES PRIMARIOS

Los terrenos estudiados que se encontraban ocupados con cultivos de pastos presentaron cantidades medias de nitrógeno, fósforo y potasio. Los terrenos no cultivados presentaron resultados distintos, cantidad media de nitrógeno, alto contenido fósforo y poca cantidad de potasio. Los valores obtenidos fueron muy similares entre el Terreno 1 y el Terreno 2, y entre el Terreno Blanco 1 y el Terreno Blanco 2 (Tabla 9.).

Tabla 9. Concentración de Macronutrientes Primarios

TERRENO	NITRÓGENO		FÓSFORO		POTASIO	
	ppm	Valor	ppm	Valor	ppm	Valor
Terreno 1	43,000	Medio	20,000	Medio	0,238	Medio
Terreno Blanco 1	59,250	Medio	57,000	Alto	0,073	Bajo
Terreno 2	45,250	Medio	19,750	Medio	0,293	Medio
Terreno Blanco 2	54,500	Medio	57,147	Alto	0,087	Bajo

Todos los terrenos presentaron valores medios de nitrógeno en forma de Amonio (Figura 15.), los terrenos no cultivados presentaron valores más altos que los que si tenían cultivos de pastos, esto se debe al consumo de nutrientes que tiene el cultivo puesto que en los terrenos blanco la densidad de plantas es mucho menor.

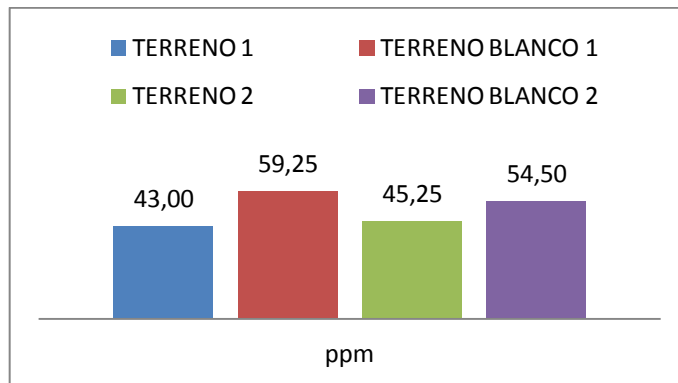


Figura 15. Cantidad de Nitrógeno (NH₄) en el Suelo

Se pudo observar que las zonas bajas tenían mayor contenido de amonio (Figura 16.), la diferencia en la concentración de este nutriente entre las zonas altas y bajas fue mayor en los terrenos no cultivados, esto se debe a que la fertilización de los terrenos cultivado se realiza de manera uniforme en toda la superficie.

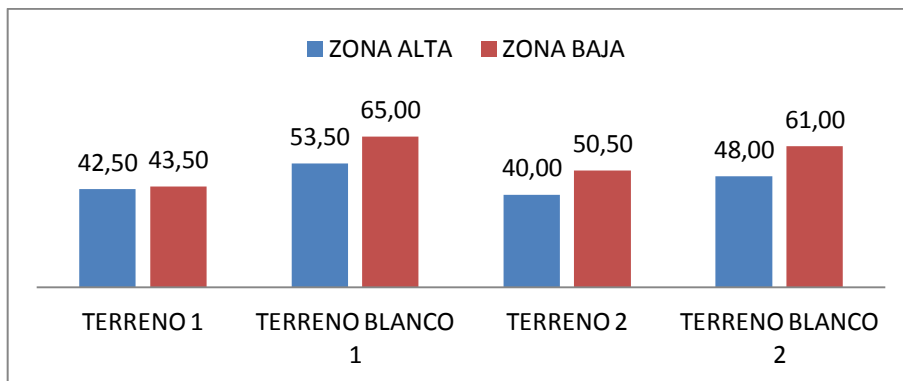


Figura 16. Diferencia en la Cantidad de Nitrógeno (NH₄) entre Zonas Altas y Bajas

Los terrenos cultivados tuvieron concentraciones medias de fósforo, 20 ppm el Terreno 1 y 19.75 ppm el Terreno 2. Mientras que los no cultivados presentaron concentraciones considerablemente más altas (Figura 17.). En el primer caso la

diferencia entre el terreno cultivado y el no cultivado es de 27.00 ppm, es decir más del doble de valor que presento el Terreno 1, en el segundo caso la diferencia es de 27.40 ppm al igual que en primer caso el terreno blanco 2 tiene más del doble de fósforo que el terreno 2.

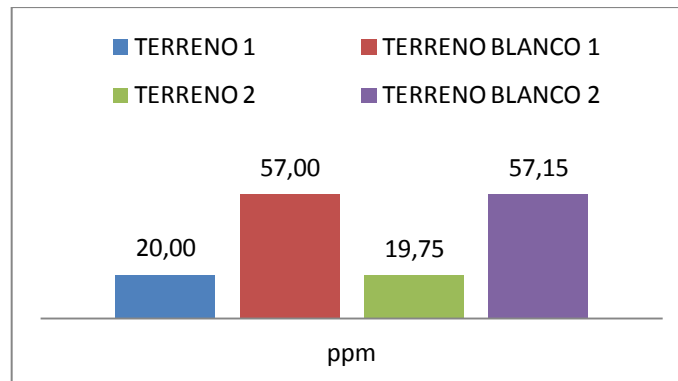


Figura 17. Cantidad de Fósforo en el Suelo

En el Terreno 1 y Terreno Blanco 1 se pudo observar que las zonas bajas tenían mayor cantidad de fósforo. En el Terreno 2 la concentración de este elemento fue mayor en la zona alta, y en el Terreno Blanco 2 se presentó el mismo caso que en los primeros, la zona baja tuvo mayor cantidad de fósforo (Figura 18.).

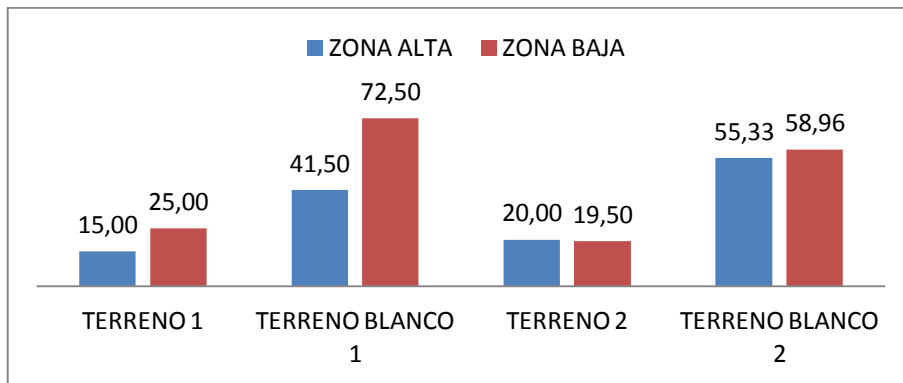


Figura 18. Diferencia en la Cantidad de Fósforo entre Zonas Altas y Bajas

Los resultados de los Terrenos 1 y 2 revelaron concentraciones medias de potasio, en cambio en los Terrenos Blanco 1 y 2 la concentración de este elemento fue baja (Figura 19.). En el caso de los terrenos no cultivados los valores de potasio fueron muy bajos, el Terreno Blanco 1 tuvo 0.07 ppm y el Terreno Blanco 2 0.09 ppm. Los terrenos cultivados 1 y 2 presentaron 0.24 ppm y 0.29 ppm respectivamente.

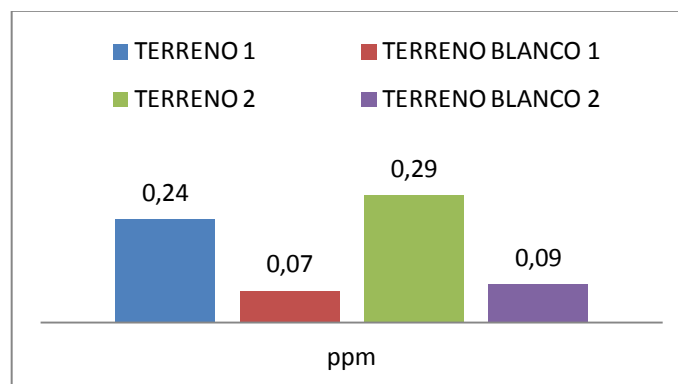


Figura 19. Cantidad de Potasio en el Suelo

En el Terreno 1 y el Terreno Blanco 1 se pudo observar que las zonas bajas tienen mayor cantidad de Potasio. En el Terreno 2 y el Terreno Blanco 2 la concentración de este elemento es mayor en la zona alta (Figura 20.).

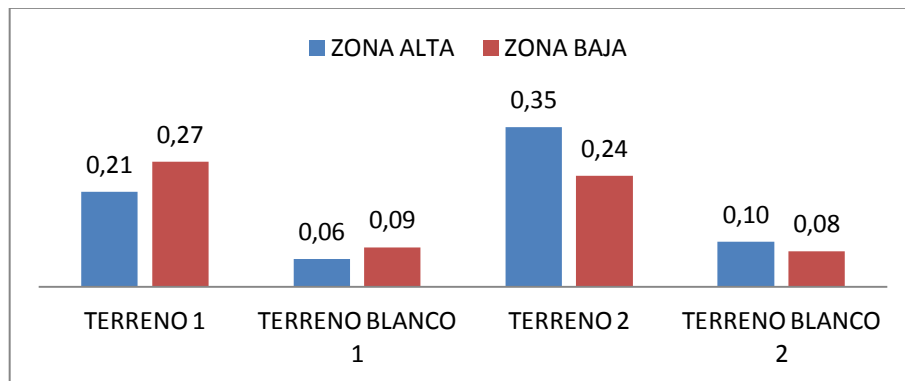


Figura 20. Diferencia en la Cantidad de Potasio entre Zonas Altas y Bajas

4.1.6. MACRONUTRIENTES SECUNDARIOS

Los terrenos estudiados que se encontraban ocupados con cultivos de pastos presentaron cantidades medias de calcio y magnesio. La concentración de azufre fue baja en todos los terrenos menos en el Terreno 2 que alcanzó un valor medio. La concentración de calcio, magnesio y azufre fue muy desigual en comparación con la de los macronutrientes primarios, entre cada una de las muestras analizadas (Tabla 10.).

Tabla 10. Concentración de Macronutrientes Secundarios

TERRENO	CALCIO		MAGNESIO		AZUFRE	
	meq/100ml	Valor	meq/100ml	Valor	ppm	Valor
Terreno 1	5,030	Medio	1,550	Medio	6,750	Bajo
Terreno Blanco 1	6,550	Medio	3,050	Alto	7,650	Bajo
Terreno 2	4,425	Medio	1,425	Medio	17,100	Medio
Terreno Blanco 2	5,838	Medio	2,650	Alto	5,592	Bajo

La cantidad de calcio es mayor en los terrenos sin cultivos, la diferencia en cada uno de los terrenos cultivado y sus respectivos blancos es similar. En el primer grupo correspondiente a los terreno número 1, la diferencia es de 1.52 meq/100 ml. Mientras que el segundo grupo de terrenos numero 2, la diferencia es de 1.41 meq/100 ml. (Figura 21.)

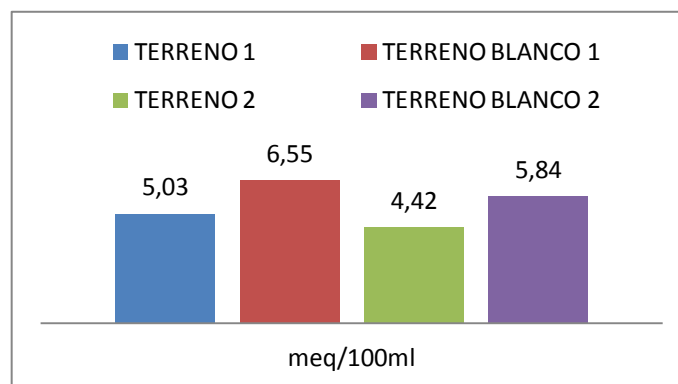


Figura 21. Cantidad de Calcio en el Suelo

Únicamente en el Terreno 1 se pudo observar una mayor cantidad de calcio en la zona baja, en el resto de terrenos analizados la zona alta presentó mayor concentración de calcio (Figura 22.).

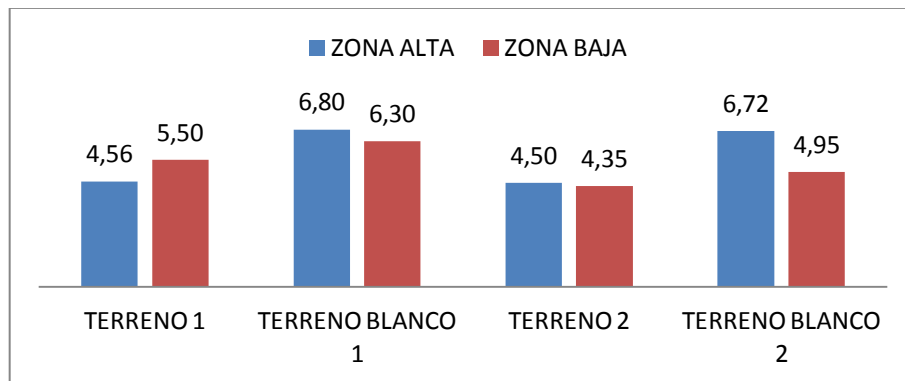


Figura 22. Diferencia en la Cantidad de Calcio entre Zonas Altas y Bajas

Los terrenos con pastos presentaron menor concentración de magnesio que los no explotados, entre el Terreno 1 y el Terreno Blanco 1 se presentó una diferencia de 1.60 meq/100 ml. y entre el Terreno 2 y el Terreno Blanco 2 la diferencia fue de 1.22 meq/100 ml. (Figura 23.)

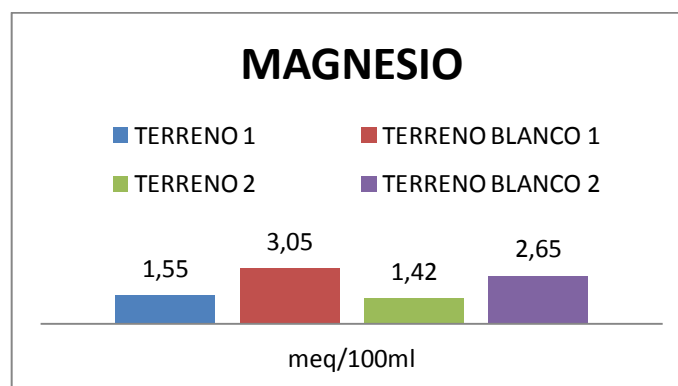


Figura 23. Cantidad de Magnesio en el Suelo

En el Terreno 1 y en el Terreno Blanco 1 la concentración de magnesio fue mayor en las zonas bajas, en el Terreno 2 la zona alta tuvo mayor cantidad del nutriente, y, en el Terreno Blanco 2 zona baja presentó mayor cantidad de magnesio que la zona alta (Figura 24.).

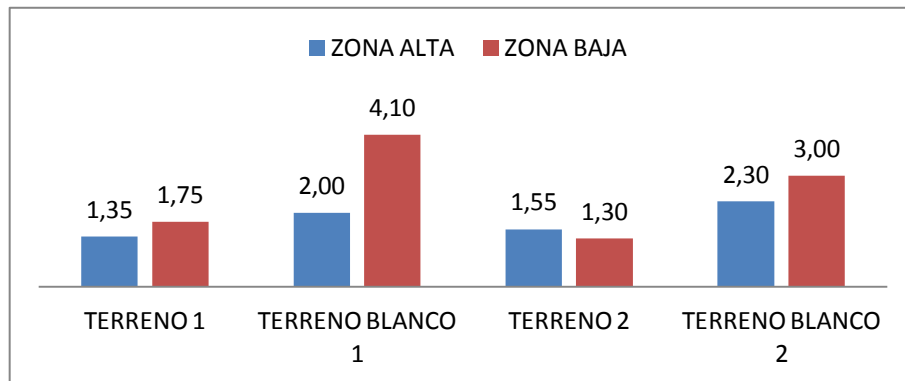


Figura 24. Diferencia en la Cantidad de Magnesio entre Zonas Altas y Bajas

Todos los terrenos presentaron concentraciones bajas de azufre, excepto el Terreno 2 que tuvo un valor medio.

La diferencia entre el Terreno 1 y el Terreno Blanco 1 fue de 0.90 ppm, siendo este ultimo el de mayor concentración. El Terreno 2 presento la mayor cantidad de azufre entre todos los terrenos estudiados, alcanzó 17.10 ppm mientras que el Terreno Blanco 2 apenas llegó a 5.59 ppm (Figura 25.).

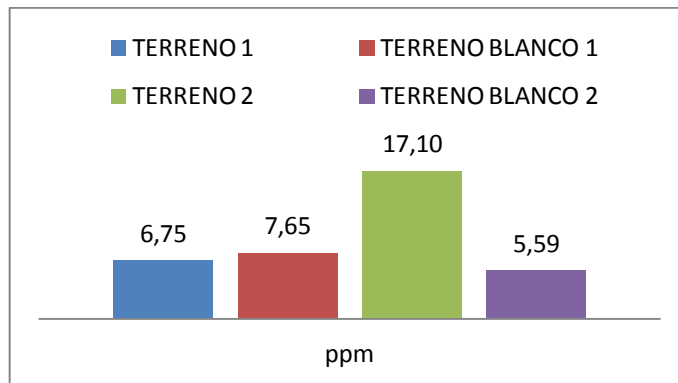


Figura 25. Cantidad de Azufre en el Suelo

El Terreno 2 presentó la mayor diferencia de concentración entre su zona alta y baja, en la parte inferior se contabilizó 26.20 ppm mientras en la parte superior 8.00 ppm. En el Terreno 1 y Terreno Blanco 1 la zona alta tuvo mayor cantidad de azufre, mientras que en el Terreno Blanco 2 la zona con menor cantidad fue la baja (Figura 26.).

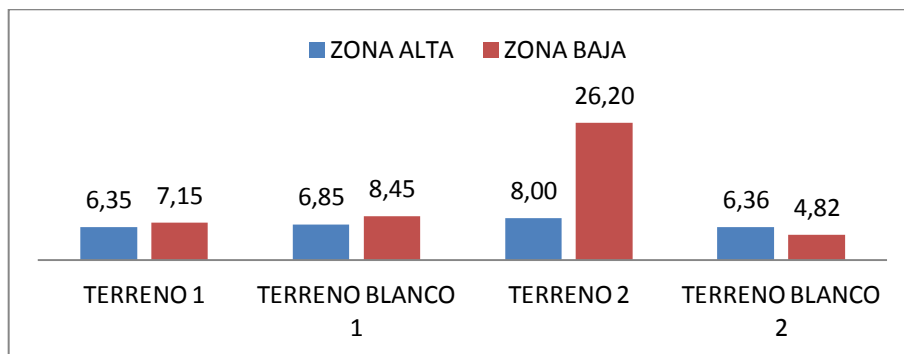


Figura 26. Diferencia en la Cantidad de Azufre entre Zonas Altas y Bajas

4.1.7. MICRONUTRIENTES

Los terrenos estudiados presentaron un gran contenido de hierro, especialmente los terrenos no cultivados los cuales tuvieron concentraciones por sobre 700 ppm (Tabla 11.) por el contrario los terrenos cultivados

presentaron concentraciones más bajas, pero todavía se puede considera como alto contenido de hierro.

Con respecto al cobre presente en el suelo, terrenos con cultivos de pastos presentaron concentraciones altas, mientras que los no cultivados presentaron valores medios (Tabla 11.).

Las concentraciones de Manganeso, Zinc y Boro al igual que las de hierro fueron mayores en los terrenos no cultivados (Tabla 11.), en general el suelo estudiado presento poco contenido de Manganeso. Los terrenos blanco tuvieron contenido medio de Zinc, mientras que los cultivados presentaron concentraciones bajas. Todos los terrenos estudias contaron con concentraciones altas de Boro.

Tabla 11. Micronutrientes en el Suelo

TERRENO	HIERRO		COBRE		MANGANESO		ZINC		BORO	
	ppm	Valor	ppm	Valor	ppm	Valor	ppm	Valor	ppm	Valor
Terreno 1	201,500	Alto	5,425	Alto	3,475	Bajo	1,375	Bajo	0,588	Alto
Terreno Blanco 1	715,000	Alto	3,675	Medio	4,425	Bajo	4,275	Medio	0,708	Alto
Terreno 2	221,500	Alto	5,825	Alto	3,675	Bajo	1,250	Bajo	0,513	Alto
Terreno Blanco 2	760,000	Alto	3,945	Medio	5,117	Medio	3,854	Medio	0,625	Alto

La cantidad de micronutrientes en el suelo no se vio afectada por la pendiente, la diferencia entre zonas altas y bajas de cada terreno fue mínima (Tabla 12.), por lo que no se pudo establecer una relación directa con la pendiente, que sugiera que los nutrientes se concentran en mayor cantidad en las zonas altas o

bajas o que son movilizados por el agua. El hierro y el zinc presentaron mayor diferencia entre zonas, pero estos resultados no se pueden atribuir a la inclinación del terreno debido a que varían en forma aleatoria.

Tabla 12. Diferencia de Micronutrientes entre Zonas Altas y Bajas

TERRENO	ZONA	HIERRO		COBRE		MANGANESO		ZINC		BORO	
		ppm	Valor	ppm	Valor	ppm	Valor	ppm	Valor	ppm	Valor
Terreno 1	Zona Alta	186,500	Alto	6,050	Alto	3,300	Bajo	0,850	Bajo	0,510	Alto
	Zona Baja	216,500	Alto	4,800	Alto	3,650	Bajo	1,900	Bajo	0,665	Alto
Terreno Blanco 1	Zona Alta	720,500	Alto	4,100	Alto	4,950	Bajo	3,300	Medio	0,580	Alto
	Zona Baja	709,500	Alto	3,250	Medio	3,900	Bajo	5,250	Medio	0,835	Alto
Terreno 2	Zona Alta	183,500	Alto	5,650	Alto	3,850	Bajo	1,300	Bajo	0,530	Alto
	Zona Baja	259,500	Alto	6,000	Alto	3,500	Bajo	1,200	Bajo	0,495	Medio
Terreno Blanco 2	Zona Alta	692,000	Alto	3,828	Medio	6,557	Medio	4,408	Medio	0,609	Alto
	Zona Baja	828,000	Alto	4,063	Alto	3,677	Bajo	3,300	Medio	0,641	Alto

4.1.8. BASES

La concentración de sales en los terrenos estudiados fue baja, los terrenos con cultivos de pastos presentan menor cantidad de este elemento en comparación con los terrenos blanco (Figura 27.). La diferencia en el primer grupo fue de 2.88 meq/100 ml, mientras que en el segundo fue de 2.43 meq/100 ml.

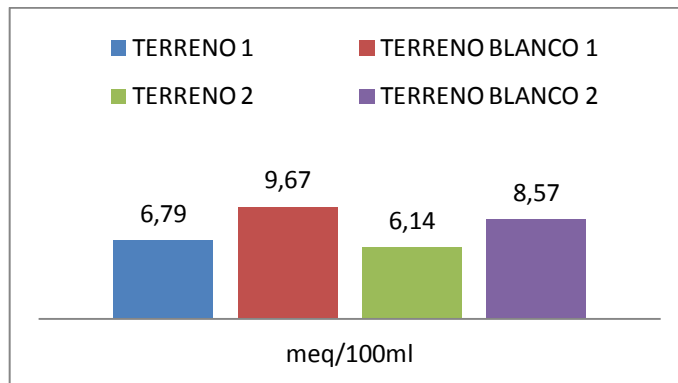


Figura 27. Cantidad de Bases en el Suelo

En el grupo 1 las zonas bajas presentaron mayor cantidad de bases, por el contrario en el grupo 2 las zonas bajas fueron las de menor concentración (Figura 28.). La diferencia de concentración de bases entre zonas altas y bajas fue muy reducida, los valores estuvieron comprendidos entre 5.89 meq/100 ml y 10.49 meq/100 ml, los 2 terrenos blanco y los 2 cultivados presentan valores similares entre sí.

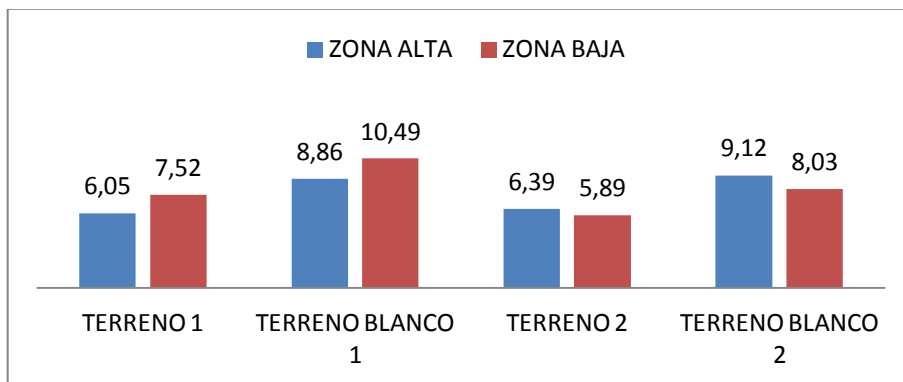


Figura 28. Diferencia en la Cantidad de Bases entre Zonas Altas y Bajas

4.1.9. HUMEDAD

En los terrenos cultivados y en el Terreno Blanco 1 cantidad de agua fue media, en el Terreno Blanco 2 se encontró poca humedad, este terreno tuvo el valor más bajo de humedad, 3.75% (Figura 29.). El Terreno 2 también presento un porcentaje de humedad menor a los terrenos del grupo 1. En el Terreno 1 y Terreno Blanco 1 el porcentaje de humedad fue mayor que en el resto de terrenos, pero no paso de una cantidad media, a pesar de que estos terrenos tenían mayor inclinación que el grupo 2.

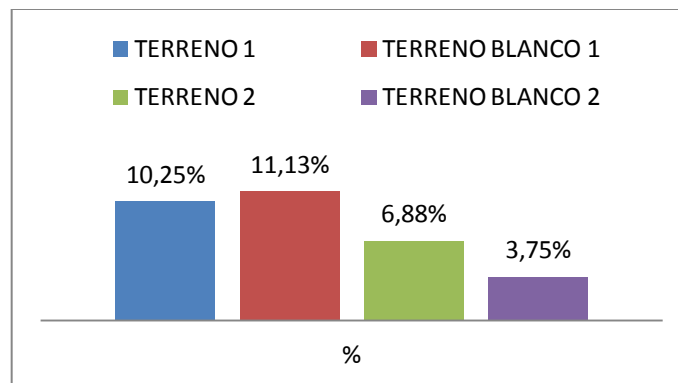


Figura 29. Humedad del Suelo

En el Terreno 1 la zona al tuvo mayor cantidad de agua, al contrario en el Terreno Blanco 1 el lugar de mayor concentración de agua fue la zona baja. El Terreno 2 presentó menor cantidad de agua en la zona alta, y finalmente el Terreno Blanco 2 Presento la misma cantidad de agua en ambas zonas (Figura 30.).

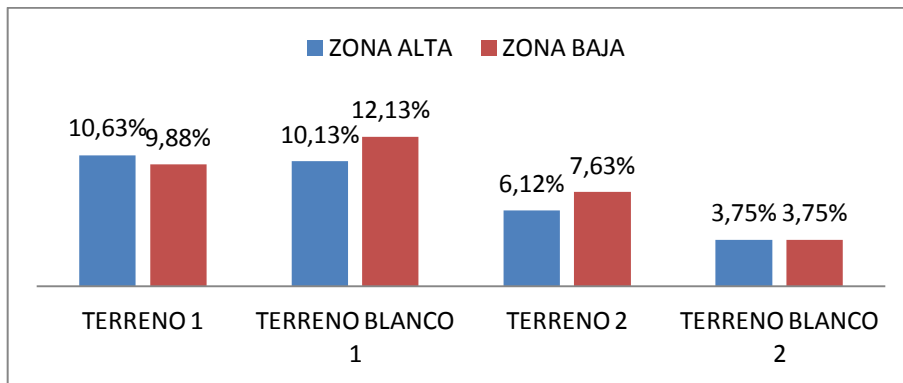


Figura 30. Diferencia de Humedad del Suelo entre Zonas Altas y Bajas

4.1.10. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

El suelo de los terrenos no cultivados presentó velocidades de infiltración mucho más lentas que en los terrenos cultivados, los cuales se encontraban mas sueltos debido a los trabajos de labranza que se han realizado antes de la siembra del pasto. El Terreno 2 presentó la mayor velocidad de infiltración, esta fue de 15.7 cm/hora, seguido del Terreno 1 con 3.93 cm/hora. Los Terrenos Blanco 1 y 2 presentaron 7.29 cm/hora y 7.56 cm/hora respectivamente (Figura 31.).

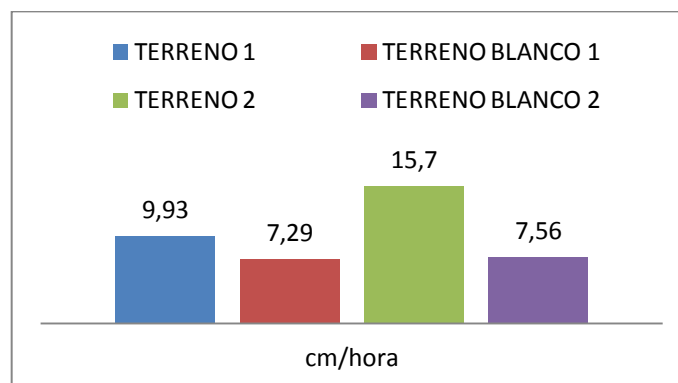


Figura 31. Velocidad de Infiltración del Suelo

En el grupo 1 la velocidad de infiltración más alta se registró en las zonas altas de cada terreno, en el terreno 2 la zona baja presento mayor velocidad, en el Terreno Blanco 2 fue la zona baja la de menor velocidad. Las diferencias entre las zonas de los terrenos estudiados fueron mínimas considerando que la unidad de tiempo fue una hora, en cambio se presentaron diferencias de velocidad de infiltración con respecto a la inclinación del terreno, los terrenos con mayor pendiente tuvieron menor velocidad (Figura 32).

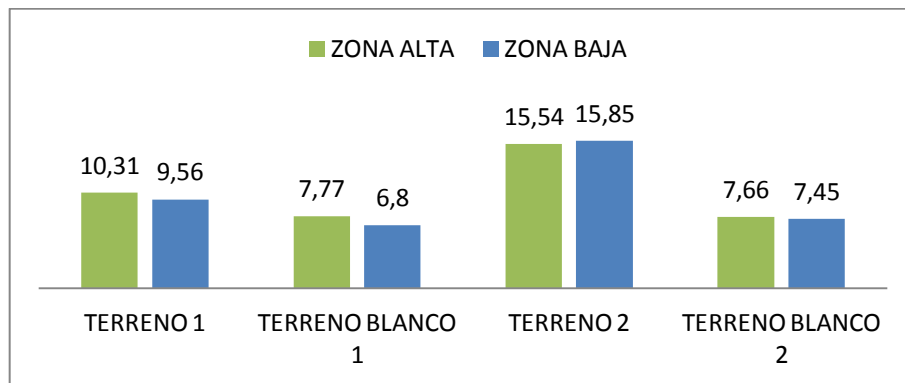


Figura 32. Diferencia en la Velocidad de Infiltración entre Zonas Altas y Bajas

4.1.11. MATERIA ORGÁNICA

El porcentaje de materia orgánica en el suelo fue mayor en los terrenos no cultivados, el Terreno 1 y el Terreno Blanco 1 presentaron valores más altos que el Terreno 2 y Terreno Blanco 2 respectivamente (Figura 33.).

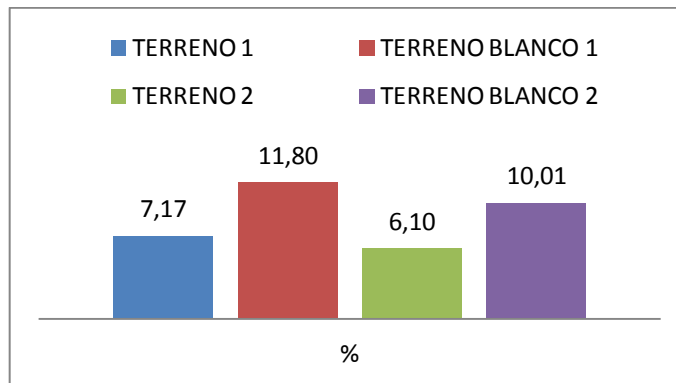


Figura 33. Cantidad de Materia Orgánica del Suelo

Todas las zonas bajas de los terrenos estudiados presentaron concentración más alta de materia orgánica que las zonas altas, la diferencia de pendiente no fue relevante ya que ambos grupos presentaron una diferencia similar entre sus dos zonas (Figura 34.).

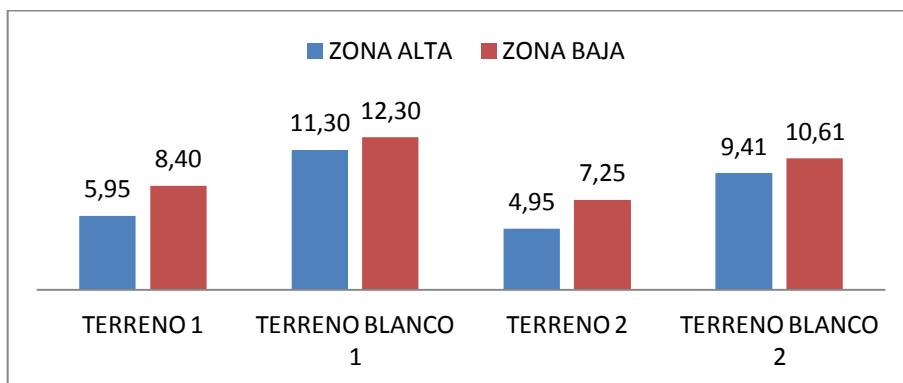


Figura 34. Diferencia en la Cantidad de Materia Orgánica entre Zonas Altas y Bajas

4.1.12. INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO

Todos los terrenos estudiados obtuvieron valores altos en el índice de calidad de suelos (Figura 35.). De un total de 10 puntos posibles el Terreno 1 obtuvo

8.088, este valor fue el menor entre todas las muestras. El Terreno Blanco 1 obtuvo 8.315 puntos, y fue el valor más alto. El Terreno 2 obtuvo el segundo valor más alto, este fue de 8.251 puntos. Finalmente el Terreno Blanco 2 alcanzó 8.171 puntos en el ICS.

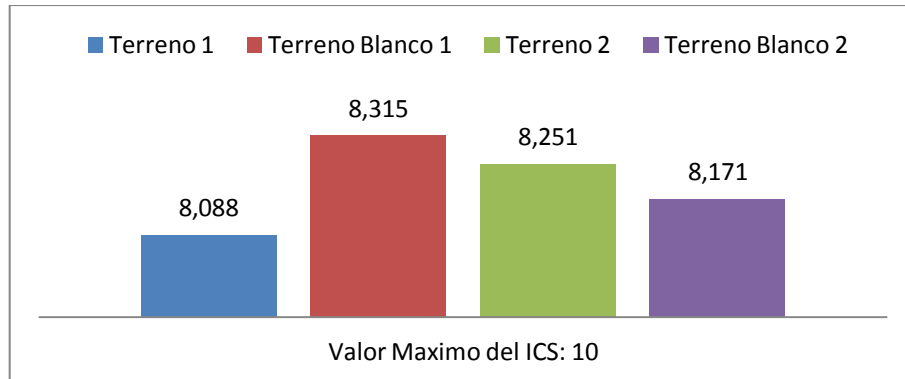


Figura 35. Índice de Calidad del Suelo

Todos los terrenos estudiados alcanzaron valores altos en el Índice de Calidad del Suelo, todos sobre 8 puntos de 10 posibles, de acuerdo a los resultados obtenidos se pudo clasificar los terrenos como de calidad muy alta (Tabla 13.)

Tabla 13. Valoración del Índice de Calidad del Suelo

TERRENO	VALOR	INTERPRETACIÓN
Terreno 1	8,088	Muy Alta Calidad
Terreno Blanco 1	8,315	Muy Alta Calidad
Terreno 2	8,251	Muy Alta Calidad
Terreno Blanco 2	8,171	Muy Alta Calidad

4.2. INCIDENCIA DE LA PENDIENTE EN LA CALIDAD DEL SUELO DE CULTIVOS DE PASTOS

En base a los resultados de los análisis de laboratorio que se realizaron a las muestras de suelo se demostró que la pendiente del terreno no tiene incidencia en la composición textural del suelo, todos los terrenos presentaron textura franco-arenosa.

La capacidad de intercambio catiónico, fue menor en las zonas bajas de los terrenos cultivados, mientras que en los terrenos no cultivados no se observó ninguna variación. En los terrenos cultivados la conductividad eléctrica fue mayor en las zonas bajas, mientras que el pH fue menor en las zonas bajas de todos los terrenos. Los macronutrientes primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) se encontraron en concentraciones mayores en las zonas bajas de los terrenos estudiados.

En el caso de los macronutrientes secundarios (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (hierro, cobre, manganeso, zinc y boro) no se presentaron variaciones en la concentración de estos elementos relacionadas con la pendiente del terreno.

4.3. INCIDENCIA DE LA PROFUNDIDAD EN LA CALIDAD DEL SUELO DE CULTIVOS DE PASTOS

En todos los terrenos estudiados la textura del suelo fue constante, todas las muestras de suelo, tomadas a 10 cm y a 20 cm de profundidad revelaron que la composición de limo, arena y arcilla era prácticamente la misma.

En las muestras de mayor profundidad, tomadas en los terrenos cultivados se pudo observar valores inferiores en la capacidad de intercambio catiónico, el potencial de hidrogeno y la conductividad eléctrica, mientras que en los terrenos no cultivados la CIC y la CE mantuvieron valores constantes, y el pH fue mayor en las muestras de 20 cm de profundidad.

Los macronutrientes primarios (nitrógeno, fosforo y potasio) alcanzaron la mayor concentración a 20 cm de profundidad, mientras que los resultados obtenidos en el análisis de macronutrientes secundarios (calcio, magnesio y azufre), micronutrientes (hierro, cobre, manganeso, zinc y boro) y las bases no permitieron establecer una relación entre su concentración y la profundidad del suelo, las concentraciones de estos elementos fueron demasiado variadas en las muestras de suelo estudiadas.

La humedad del suelo presento valores mayores en las muestras tomadas a 20 cm de profundidad, esto debido la evaporación de agua que afecta principalmente a la capa superior del suelo. Por el contrario la materia orgánica presento mayores concentraciones en la parte superior del suelo es decir en las muestras de 10 cm de profundidad.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Al analizar los parámetros físicos, químicos y biológicos de los suelos estudiados, se comprobó que en los terrenos con mayor inclinación, los suelos explotados alcanzaron un valor más bajo en el Índice de Calidad del Suelo (ICS). Mientras que en los terrenos con pendiente moderada sucedió lo contrario, y fue el terreno con cultivo de pastos el que obtuvo la mejor puntuación.
2. La textura ligeramente arenosa, como en los terrenos estudiados, contribuye que el suelo pueda retener agua y nutrientes de forma uniforme sin que este se sature fácilmente, y sin que la pendiente provoque que estos elementos se pierdan por arrastre o lavado.
3. Los terrenos no cultivados presentan menor velocidad de infiltración que aquellos en donde se cultiva pastos, esto los hace más vulnerables a la erosión hídrica, ya que se saturan de agua mucho más rápido.
4. El cultivo de pastos provoca un desgaste gradual del suelo, esto se evidencio por la menor concentración de nutrientes en los terrenos cultivados.
5. Los macro y micronutrientes se encontraron distribuidos de manera uniforme en cada terreno, sin embargo los terrenos con menor pendiente presentaron valores ligeramente más altos en las zonas bajas.
6. Los macronutrientes primarios se encuentran en mayores concentraciones en los terrenos cultivados, esto se debe a que se utiliza fertilizantes químicos simples, que contienen únicamente nitrógeno, fósforo y potasio.
7. Las mejores condiciones en cuanto a calidad del suelo se encuentra en la zona comprendida entre los 10 cm y 20 cm de profundidad, existe la mejor combinación de factores físicos y químicos, necesarios para el desarrollo del cultivo.

8. La adición de fertilizantes químicos en los cultivos de pastos no presento efectos negativos sobre la calidad del suelo, los terrenos sin cultivos presentaron valores más altos en los parámetros analizados, pero en general y de acuerdo a los parámetros establecidos en el ICS, todos los terrenos estudiados fueron de muy alta calidad, el criterio más alto en el Índice de Calidad del Suelo.

5.2. RECOMENDACIONES

1. En terrenos con pendientes muy pronunciadas se debe tomar en cuenta que los nutrientes del suelo son fácilmente arrastrados, esto especialmente al momento de realiza la fertilización ya que será necesario adicionar una cantidad que contemple está perdida.
2. Para evitar el lavado de nutrientes en terrenos con pendientes pronunciadas la mejor opción de riego son los sistemas micro irrigación o riego por goteo.
3. En terrenos sin cultivos, que se encuentren en zonas lluviosas es aconsejable realizar zanjas cortacorrientes que transporten el agua de lluvia para evitar la erosión hídrica y el arrastre de nutrientes, evitando así que la calidad de estos suelos decrezca y puedan ser utilizados en el futuro.
4. Realizar fertilización de manera mixta, es decir adicionar tanto fertilizantes químicos como fertilizantes orgánicos, de tal forma que se aporte una mayor variedad de nutrientes, para cumplir con los requerimientos de los cultivos de pastos y reducir el uso de químicos.
5. En suelos francos o arcillosos con poco porcentaje de arena es necesario evitar sistemas de riego de alto caudal que puedan saturar el suelo con agua y provocar erosión hídrica.

6. Después de realizar el análisis de suelos, puede ser necesario adicionar fertilizantes complejos que aporten los nutrientes que se encuentran desgastados, para que así estos elementos se encuentren a disposición de los cultivos.
7. Durante las labores de labranza es recomendable remover y mezclar el suelo de hasta 20 cm de profundidad para que así los nutrientes acumulados en la zona profunda puedan estar disponibles para las raíces poco profundas de las plantas de pastos.
8. Realizar un estudio físico-químico de suelo al menos una vez cada dos años, para determinar cualquier deficiencia de macronutrientes secundarios y micronutrientes, provocada por los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, M. (1991). *Introduction to Soil Microbiology*. Nueva York: Wiley.
- Alonso, M., Pérez, J., & Lantinga, E. (2004). *Método para evaluar la calidad del suelo: estudio de cuatro praderas asturianas*. Almería: VI Congreso de SEAE y II Congreso.
- Barrios, I. (1985). *La Edafología: Orígen, Desarrollo y Conceptos*. Donostia: Eusko Ikaskuntza.
- Berlijn, J., & Bernardon, A. (1991). *Cultivos Forrajeros*. Mexico: Trillas.
- Casanova, M., Vera, W., Luzio, W., & Salazar, O. (2004). *Edafología*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos USDA. (1999). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. USDA.
- Domenech, X. (2001). *Química Ambiental*. Barcelona: Reverté.
- Dorronsoro, C. (20 de 11 de 2012). *Introducción a la Edafología*. Recuperado el 25 de 07 de 2013, de Edafología: www.edafologia.net
- Eswaran, H. R. (2001). *Land degradation: an overview*. Recuperado el 13 de 09 de 2013, de Natural Resources Conservation Services (USDA): <http://soils.usda.gov/use/worldsoils/papers/land-degradation-overview.html>
- Fertisa. (2010). *Fertilizantes, Terminales y Servicios S.A*. Recuperado el 25 de 08 de 2013, de <http://www.fertisa.com/>
- Garrido, M. (1994). *Interpretación de Análisis de Suelos*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España.
- Gobierno de la Provincia de Pichincha. (2000). Caracterización Cantonal y Parroquial. *Plan General de Desarrollo Provincial de Pichincha*, 105-127.
- INAMHI. (2001). *Datos Climáticos del Cantón Mejía*. Machachi, Pichincha, Ecuador: INAMHI.
- INIAP. (2013). *Resultados de Análisis de Suelos en Cultivos de Pastos, Hacienda Chigchicocha*. Quito.
- Jordan, A. (2006). *Manual de Edafología*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

- López, R. (2002). *Degradación del Suelo: Causas, Procesos, Evaluación e Investigación*. Merida: CIDIAT (Centro de Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la Universidad de Los Andes).
- Ministerio de Agricultura de Perú. (2011). *Guía Técnica de Orientación al Productor. Manejo y Fertilidad de Suelos*. Lima: Dirección General de Competitividad Agraria.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2000). *Datos de Uso del Suelo del Cantón Mejía*. Quito: MAGAP.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador. (2009). *Censo de Superficies Cultivadas en el Ecuador*. Quito: MAGAP.
- Molina, E., & Meléndez, G. (2002). *Tabla de Interpretación de Análisis de Suelos*. . Mimeo: Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.
- Navarro, S. (2003). *Química Agrícola*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Norma Técnica Colombiana NTC 3656. (1994). *Gestión Ambiental. Suelo. Toma de Muestras de Suelo para Determinación de Contaminación*. Bogotá: ICONTEC.
- Núñez, J. (2000). *Fundamentos de Edafología*. San Jose: EUNED.
- Porta, J., Lopez-Acevedo, M., & Poch, R. (2010). *Introducción a la Edafología: Uso y Protección de Suelos (2° Edición ed.)*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Porta, J., López-Acevedo, M., & Roquero, C. (2003). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Rioja, A. (2002). *Apuntes de Fitotecnia General*. Ciudad Real: EUITA.
- Tamayo, C. (2009). *Metodología para calcular el índice de calidad del suelo. Caso de Estudio*. Guayaquil: ESPOL.
- Whitehead, D. (2000). *Nutrient Elements in Grassland: Soil-plant-animal Relationships*. Cambridge: CABI.

ANEXOS

ANEXO I: Datos Generales de Muestras de Suelo.

#	CÓDIGO	MUESTRA	FECHA	HORA	UTM	TERRENO	PENDIENTE	PROFUNDIDAD
1	SM1	T1M1P1	04/08/2013	13:30	17 M 764030 9933105	1	18%	10
2	SM2		04/08/2013	13:35	17 M 764065 9933094	1	18%	10
3	SM3		04/08/2013	13:37	17 M 764108 9933083	1	18%	10
4	SM4		04/08/2013	13:39	17 M 764083 9933062	1	18%	10
5	SM5		04/08/2013	13:41	17 M 764057 9933066	1	18%	10
6	SM6	T1M1P2	04/08/2013	13:30	17 M 764030 9933105	1	18%	20
7	SM7		04/08/2013	13:35	17 M 764065 9933094	1	18%	20
8	SM8		04/08/2013	13:37	17 M 764108 9933083	1	18%	20
9	SM9		04/08/2013	13:39	17 M 764083 9933062	1	18%	20
10	SM10		04/08/2013	13:41	17 M 764057 9933066	1	18%	20
11	SM1	T1M2P1	04/08/2013	13:50	17 M 764048 9933014	1	18%	10
12	SM2		04/08/2013	13:55	17 M 764069 9933011	1	18%	10
13	SM3		04/08/2013	13:59	17 M 764085 9933013	1	18%	10
14	SM4		04/08/2013	14:03	17 M 764091 9933027	1	18%	10
15	SM5		04/08/2013	14:10	17 M 764076 9933025	1	18%	10
16	SM6	T1M2P2	04/08/2013	13:50	17 M 764048 9933014	1	18%	20
17	SM7		04/08/2013	13:55	17 M 764069 9933011	1	18%	20
18	SM8		04/08/2013	13:59	17 M 764085 9933013	1	18%	20
19	SM9		04/08/2013	14:03	17 M 764091 9933027	1	18%	20
20	SM10		04/08/2013	14:10	17 M 764076 9933025	1	18%	20
21	SM1	TB1M1P1	04/08/2013	14:21	17 M 764065 9933206	B1	18%	10
22	SM2		04/08/2013	14:27	17 M 764095 9933178	B1	18%	10
23	SM3		04/08/2013	14:34	17 M 764109 9933121	B1	18%	10
24	SM4		04/08/2013	14:40	17 M 764084 9933160	B1	18%	10

25	SM5		04/08/2013	14:43	17 M 764059 9933173	B1	18%	10
26	SM6		04/08/2013	14:21	17 M 764065 9933206	B1	18%	20
27	SM7		04/08/2013	14:27	17 M 764095 9933178	B1	18%	20
28	SM8	TB1M1P2	04/08/2013	14:34	17 M 764109 9933121	B1	18%	20
29	SM9		04/08/2013	14:40	17 M 764084 9933160	B1	18%	20
30	SM10		04/08/2013	14:43	17 M 764059 9933173	B1	18%	20
31	SM1		04/08/2013	14:50	17 M 764067 9933138	B1	18%	10
32	SM2		04/08/2013	14:57	17 M 764085 9933125	B1	18%	10
33	SM3	TB1M2P1	04/08/2013	15:01	17 M 764098 9933103	B1	18%	10
34	SM4		04/08/2013	15:07	17 M 764000 9933101	B1	18%	10
35	SM5		04/08/2013	15:15	17 M 764054 9933118	B1	18%	10
36	SM6		04/08/2013	14:50	17 M 764067 9933138	B1	18%	20
37	SM7		04/08/2013	14:57	17 M 764085 9933125	B1	18%	20
38	SM8	TB1M2P2	04/08/2013	15:01	17 M 764098 9933103	B1	18%	20
39	SM9		04/08/2013	15:07	17 M 764000 9933101	B1	18%	20
40	SM10		04/08/2013	15:15	17 M 764054 9933118	B1	18%	20
41	SM1		04/08/2013	15:23	17 M 764288 9933016	2	6%	10
42	SM2		04/08/2013	15:31	17 M 764289 9933001	2	6%	10
43	SM3	T2M1P1	04/08/2013	15:39	17 M 764304 9933011	2	6%	10
44	SM4		04/08/2013	15:47	17 M 764319 9933000	2	6%	10
45	SM5		04/08/2013	15:55	17 M 764347 9933001	2	6%	10
46	SM6		04/08/2013	15:23	17 M 764288 9933016	2	6%	20
47	SM7		04/08/2013	15:31	17 M 764289 9933001	2	6%	20
48	SM8	T2M1P2	04/08/2013	15:39	17 M 764304 9933011	2	6%	20
49	SM9		04/08/2013	15:47	17 M 764319 9933000	2	6%	20
50	SM10		04/08/2013	15:55	17 M 764347 9933001	2	6%	20
51	SM1		04/08/2013	16:03	17 M 764340 9933007	2	6%	10
52	SM2	T2M2P1	04/08/2013	16:11	17 M 764306 9932998	2	6%	10
53	SM3		04/08/2013	16:19	17 M 764286 9932979	2	6%	10

54	SM4		04/08/2013	16:27	17 M 764310 9932964	2	6%	10
55	SM5		04/08/2013	16:35	17 M 764343 9932964	2	6%	10
56	SM6		04/08/2013	16:03	17 M 764340 9933007	2	6%	20
57	SM7		04/08/2013	16:11	17 M 764306 9932998	2	6%	20
58	SM8	T2M2P2	04/08/2013	16:19	17 M 764286 9932979	2	6%	20
59	SM9		04/08/2013	16:27	17 M 764310 9932964	2	6%	20
60	SM10		04/08/2013	16:35	17 M 764343 9932964	2	6%	20
61	SM1		04/08/2013	16:43	17 M 764308 9932946	B2	6%	10
62	SM2		04/08/2013	16:51	17 M 764337 9932946	B2	6%	10
63	SM3	TB2M1P1	04/08/2013	16:59	17 M 764314 9932921	B2	6%	10
64	SM4		04/08/2013	17:07	17 M 764336 9932920	B2	6%	10
65	SM5		04/08/2013	17:15	17 M 764326 9932933	B2	6%	10
66	SM6		04/08/2013	16:43	17 M 764308 9932946	B2	6%	20
67	SM7		04/08/2013	16:51	17 M 764337 9932946	B2	6%	20
68	SM8	TB2M1P2	04/08/2013	16:59	17 M 764314 9932921	B2	6%	20
69	SM9		04/08/2013	17:07	17 M 764336 9932920	B2	6%	20
70	SM10		04/08/2013	17:15	17 M 764326 9932933	B2	6%	20
71	SM1		04/08/2013	17:23	17 M 764338 9932912	B2	6%	10
72	SM2		04/08/2013	17:31	17 M 764317 9932911	B2	6%	10
73	SM3	TB2M2P1	04/08/2013	17:39	17 M 764329 9932906	B2	6%	10
74	SM4		04/08/2013	17:47	17 M 764318 9932898	B2	6%	10
75	SM5		04/08/2013	17:55	17 M 764338 9932898	B2	6%	10
76	SM6		04/08/2013	17:23	17 M 764338 9932912	B2	6%	20
77	SM7		04/08/2013	17:31	17 M 764317 9932911	B2	6%	20
78	SM8	TB2M2P2	04/08/2013	17:39	17 M 764329 9932906	B2	6%	20
79	SM9		04/08/2013	17:47	17 M 764318 9932898	B2	6%	20
80	SM10		04/08/2013	17:55	17 M 764338 9932898	B2	6%	20

ANEXO II: Resultados de Análisis de Laboratorio del INIAP

 INIAP INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

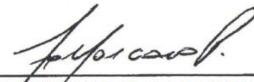
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> <p>Nombre : DIEGO ÁVILA Dirección : MEJÍA Ciudad : Teléfono : Fax :</p>	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> <p>Nombre : HDA. CHIGCHICOCA Provincia : PICHINCHA Cantón : MEJÍA Parroquia : CHAUPI Ubicación :</p>	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> <p>Cultivo Actual : PASTO Fecha de Muestreo : 04/08/2013 Fecha de Ingreso : 05/08/2013 Fecha de Salida : 16/08/2013</p>
---	--	---

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH ₄	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
93710	T1 M1 P1	6,33LAc	46,00 M	18,00 M	7,40 B	0,23 M	4,80 M	1,50 M	1,3 B	5,7 A	183,0 A	3,7 B	0,55 B
93711	T1 M1 P2	6,18LAc	39,00 M	12,00 M	5,30 B	0,18 B	4,20 M	1,20 M	0,4 B	6,4 A	190,0 A	2,9 B	0,47 B
93712	T1 M2 P1	6,27LAc	44,00 M	24,00 A	6,20 B	0,25 M	5,70 M	1,90 M	2,1 M	4,7 A	210,0 A	3,7 B	0,58 B
93713	T1 M2 P2	6,14LAc	43,00 M	26,00 A	8,10 B	0,29 M	5,30 M	1,60 M	1,7 B	4,9 A	223,0 A	3,6 B	0,75 B
93714	T2 M1 P1	6,09LAc	62,00 A	59,00 A	7,00 B	0,08 B	6,60 M	2,00 M	4,0 M	4,1 A	975,0 A	6,1 M	0,57 B
93715	T2 M1 P2	6,16LAc	45,00 M	24,00 A	6,70 B	0,04 B	7,00 M	2,00 M	2,6 M	4,1 A	466,0 A	3,8 B	0,59 B
93716	T2 M2 P1	6,33LAc	61,00 A	81,00 A	8,90 B	0,09 B	6,40 M	4,30 A	5,4 M	3,2 M	519,0 A	3,6 B	0,86 B
93717	T2 M2 P2	6,28LAc	69,00 A	64,00 A	8,00 B	0,08 B	6,20 M	3,90 A	5,1 M	3,3 M	900,0 A	4,2 B	0,81 B
93718	TB1 M1 P1	6,42LAc	45,00 M	24,00 A	7,00 B	0,33 M	4,40 M	1,60 M	1,5 B	5,3 A	203,0 A	4,8 B	0,51 B
93719	TB1 M1 P2	6,35LAc	35,00 M	16,00 M	9,00 B	0,36 M	4,60 M	1,50 M	1,1 B	6,0 A	164,0 A	2,9 B	0,55 B
93720	TB1 M2 P1	6,05LAc	54,00 M	25,00 A	48,00 A	0,26 M	4,50 M	1,50 M	1,4 B	6,0 A	281,0 A	4,2 B	0,53 B
93721	TB1 M2 P2	6,29LAc	47,00 M	15,00 M	4,40 B	0,22 M	4,20 M	1,10 M	1,0 B	6,0 A	238,0 A	2,8 B	0,46 B

INTERPRETACION			
pH		Elementos	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo	
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	M = Medio	
PN = Prac. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto	
	RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Boro)	

METODOLOGIA USADA			
pH = Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado		
S, B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado		
	B = Curcumina		


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA



ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"

LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	: DIEGO ÁVILA
Dirección	: MEJÍA
Ciudad	:
Teléfono	:
Fax	:

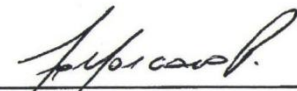
DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	: HDA. CHIGCHICOCA
Provincia	: PICHINCHA
Cantón	: MEJÍA
Parroquia	: CHAUPI
Ubicación	:

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual	: PASTO
Fecha de Muestreo	: 04/08/2013
Fecha de Ingreso	: 05/08/2013
Fecha de Salida	: 16/08/2013

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH ₄	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
93722	TB2 M1 P1	6,18LAc	54,00 M	79,00 A	6,62 B	0,11 B	6,05 M	2,10 M	4,6 M	3,8 A	981,0 A	7,9 M	0,53 B
93723	TB2 M1 P2	6,33LAc	42,00 M	32,00 A	6,10 B	0,08 B	7,40 M	2,50 M	4,2 M	3,8 A	403,0 A	5,2 M	0,69 B
93724	TB2 M2 P1	6,11LAc	59,00 M	81,00 A	5,30 B	0,09 B	5,00 M	3,40 A	3,6 M	4,1 A	695,0 A	4,1 B	0,79 B
93725	TB2 M2 P2	6,43LAc	63,00 A	37,00 A	4,35 B	0,06 B	4,90 M	2,60 M	3,0 M	4,0 A	961,0 A	3,3 B	0,50 B

INTERPRETACION		
pH		Elementos
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAl = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	Al = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal		T = Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA	
pH = Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado
S, B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado
	B = Curcumina


RESPONSABLE LABORATORIO


LABORATORISTA



ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : DIEGO ÁVILA
 Dirección : MEJÍA
 Ciudad :
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : HDA. CHIGCHICOCA
 Provincia : PICHINCHA
 Cantón : MEJÍA
 Parroquia : CHAUPÍ
 Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual : PASTO
 Fecha de Muestreo : 04/08/2013
 Fecha de Ingreso : 05/08/2013
 Fecha de Salida : 16/08/2013

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m C.E.	(%) M.O.	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml Σ Bases	%	ppm Cl	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na			Mg	K	K				Arena	Limo	Arcilla	
93710				0,14 NS	6,00 A	3,20	6,52	27,39	6,53			58	36	6	Franco-Arenoso
93711				0,11 NS	5,90 A	3,50	6,67	30,00	5,58			58	36	6	Franco-Arenoso
93712				0,23 NS	8,50 A	3,00	7,60	30,40	7,85			58	36	6	Franco-Arenoso
93713				0,24 NS	8,30 A	3,31	5,52	23,79	7,19			58	36	6	Franco-Arenoso
93714				0,14 NS	12,10 A	3,30	25,00	107,50	8,68			58	36	6	Franco-Arenoso
93715				0,14 NS	10,50 A	3,50	50,00	225,00	9,04			58	36	6	Franco-Arenoso
93716				0,26 NS	12,30 A	1,49	47,78	118,89	10,79			58	38	4	Franco-Arenoso
93717				0,19 NS	12,30 A	1,59	48,75	126,25	10,18			58	36	6	Franco-Arenoso
93718				0,37 NS	5,10 A	2,75	4,85	18,18	6,33			58	36	6	Franco-Arenoso
93719				0,35 NS	4,80 M	3,07	4,17	16,94	6,46			58	36	6	Franco-Arenoso
93720				1,48 NS	7,40 A	3,00	5,77	23,08	6,26			60	30	10	Franco-Arenoso
93721				0,12 NS	7,10 A	3,82	5,00	24,09	5,52			60	32	8	Franco-Arenoso

INTERPRETACION		
Al+H, Al y Na	C.E.	M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	M = Medio
T = Tóxico	S = Salino	A = Alto
	MS = Muy Salino	

ABREVIATURAS
C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica
RAS = Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA
C.E. = Pasta Saturada
M.O. = Dicromato de Potasio
Al+H = Titulación NaOH

[Firma]
 RESPONSABLE LABORATORIO

[Firma]
 LABORATORISTA



ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"

LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	: DIEGO ÁVILA
Dirección	: MEJÍA
Ciudad	:
Teléfono	:
Fax	:

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	: HDA. CHIGCHICOCA
Provincia	: PICHINCHA
Cantón	: MEJÍA
Parroquia	: CHAUPI
Ubicación	:

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual	: PASTO
Fecha de Muestreo	: 04/08/2013
Fecha de Ingreso	: 05/08/2013
Fecha de Salida	: 16/08/2013

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)		Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Laborat.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.							Mg	K	K	
93722				0,37	NS	10,29	2,88	18,30	71,00	8,26			58	36	6	Franco-Arenoso
93723				0,45	NS	8,54	2,96	31,25	123,75	9,98			58	36	6	Franco-Arenoso
93724				0,51	NS	10,71	1,47	36,32	89,75	8,49			60	32	8	Franco-Arenoso
93725				0,12	NS	10,52	1,88	42,84	123,58	7,56			60	32	8	Franco-Arenoso

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

ABREVIATURAS	
C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Pasta Saturada
M.O.	= Dicromato de Potasio
Al+H	= Titulación NaOH

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

ANEXO IV: Resumen de Resultados Obtenidos en los Análisis de Laboratorio de los Terrenos Estudiados.

CÓDIGO DE MUESTRA		TEXTURA			CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO		
UNIDADES		% Arena	% limo	% Arcilla	Clase Textural	Meq/100g.	Interpretación
1	T1M1P1	58	36	6	Franco Arenoso	15.00	Medio
2	T1M1P2	58	36	6	Franco Arenoso	15.00	Medio
3	T1M2P1	58	36	6	Franco Arenoso	13.00	Medio
4	T1M2P2	58	36	6	Franco Arenoso	16.00	Medio
5	TB1M1P1	58	36	6	Franco Arenoso	16.00	Medio
6	TB1M1P2	58	36	6	Franco Arenoso	11.00	bajo
7	TB1M2P1	58	38	4	Franco Arenoso	14.00	Medio
8	TB1M2P2	58	36	6	Franco Arenoso	17.00	Medio
9	T2M1P1	58	36	6	Franco Arenoso	16.00	Medio
10	T2M1P2	58	36	6	Franco Arenoso	15.00	Medio
11	T2M2P1	60	30	10	Franco Arenoso	15.00	Medio
12	T2M2P2	60	32	8	Franco Arenoso	11.00	bajo
13	TB2M1P1	58	36	6	Franco Arenoso	13.00	Medio
14	TB2M1P2	58	36	6	Franco Arenoso	29.00	Alto
15	TB2M2P1	60	32	8	Franco Arenoso	15.00	Medio
16	TB2M2P2	60	32	8	Franco Arenoso	16.00	Medio

(Continúa ANEXO IV)

CÓDIGO DE MUESTRA	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA		POTENCIAL DE HIDRÓGENO		
	UNIDADES	dS/m	Interpretación	-	Interpretación
1	T1M1P1	0.14	No Salino	6.33	Ligeramente Ácido
2	T1M1P2	0.11	No Salino	6.18	Ligeramente Ácido
3	T1M2P1	0.23	No Salino	6.27	Ligeramente Ácido
4	T1M2P2	0.24	No Salino	6.14	Ligeramente Ácido
5	TB1M1P1	0.14	No Salino	6.09	Ligeramente Ácido
6	TB1M1P2	0.14	No Salino	6.16	Ligeramente Ácido
7	TB1M2P1	0.26	No Salino	6.33	Ligeramente Ácido
8	TB1M2P2	0.19	No Salino	6.28	Ligeramente Ácido
9	T2M1P1	0.37	No Salino	6.42	Ligeramente Ácido
10	T2M1P2	0.35	No Salino	6.35	Ligeramente Ácido
11	T2M2P1	1.48	No Salino	6.05	Ligeramente Ácido
12	T2M2P2	0.15	No Salino	6.29	Ligeramente Ácido
13	TB2M1P1	0.37	No Salino	6.18	Ligeramente Ácido
14	TB2M1P2	0.45	No Salino	6.33	Ligeramente Ácido
15	TB2M2P1	0.51	No Salino	6.11	Ligeramente Ácido
16	TB2M2P2	0.12	No Salino	6.43	Ligeramente Ácido

(Continúa ANEXO IV)

	CÓDIGO DE MUESTRA	NITRÓGENO (NH4)		FOSFORO		POTASIO		MATERIA ORGÁNICA	
		UNIDADES	ppm	Interpretación	Ppm	Interpretación	meq/100ml	Interpretación	%
1	T1M1P1	46.00	Medio	18.00	Medio	0.23	Medio	6.00	Alto
2	T1M1P2	39.00	Medio	12.00	Medio	0.18	Bajo	5.90	Alto
3	T1M2P1	44.00	Medio	24.00	Alto	0.25	Medio	8.50	Alto
4	T1M2P2	43.00	Medio	26.00	Alto	0.29	Medio	8.30	Alto
5	TB1M1P1	62.00	Alto	59.00	Alto	0.08	Bajo	12.10	Alto
6	TB1M1P2	45.00	Medio	24.00	Alto	0.04	Bajo	10.50	Alto
7	TB1M2P1	61.00	Alto	81.00	Alto	0.09	Bajo	12.30	Alto
8	TB1M2P2	69.00	Alto	64.00	Alto	0.08	Bajo	12.30	Alto
9	T2M1P1	45.00	Medio	24.00	Alto	0.33	Medio	5.10	Alto
10	T2M1P2	35.00	Medio	16.00	Medio	0.36	Medio	4.80	Medio
11	T2M2P1	54.00	Medio	24.00	Alto	0.26	Medio	7.40	Alto
12	T2M2P2	47.00	Medio	15.00	Medio	0.22	Medio	7.10	Alto
13	TB2M1P1	54.00	Medio	79.00	Alto	0.11	Bajo	10.29	Alto
14	TB2M1P2	42.00	Medio	32.00	Alto	0.08	Bajo	8.54	Alto
15	TB2M2P1	59.00	Medio	81.00	Alto	0.09	Bajo	10.71	Alto
16	TB2M2P2	63.00	Alto	37.00	Alto	0.06	Bajo	10.52	Alto

(Continúa ANEXO IV)

CÓDIGO DE MUESTRA		CALCIO		MAGNESIO		AZUFRE		HIERRO	
UNIDADES		meq/100ml	Interpretación	meq/100ml	Interpretación	ppm	Interpretación	ppm	Interpretación
1	T1M1P1	4.80	Medio	1.50	Medio	7.40	Bajo	183.00	Alto
2	T1M1P2	4.32	Medio	1.20	Medio	5.30	Bajo	190.00	Alto
3	T1M2P1	5.70	Medio	1.90	Medio	6.20	Bajo	210.00	Alto
4	T1M2P2	5.30	Medio	1.60	Medio	8.10	Bajo	223.00	Alto
5	TB1M1P1	6.60	Medio	2.00	Medio	7.00	Bajo	975.00	Alto
6	TB1M1P2	7.00	Medio	2.00	Medio	6.70	Bajo	466.00	Alto
7	TB1M2P1	6.40	Medio	4.30	Alto	8.90	Bajo	519.00	Alto
8	TB1M2P2	6.20	Medio	3.90	Alto	8.00	Bajo	900.00	Alto
9	T2M1P1	4.40	Medio	1.60	Medio	7.00	Bajo	203.00	Alto
10	T2M1P2	4.60	Medio	1.50	Medio	9.00	Bajo	164.00	Alto
11	T2M2P1	4.50	Medio	1.50	Medio	48.00	Alto	281.00	Alto
12	T2M2P2	4.20	Medio	1.10	Medio	4.40	Bajo	238.00	Alto
13	TB2M1P1	6.05	Medio	2.10	Medio	6.62	Bajo	981.00	Alto
14	TB2M1P2	7.40	Medio	2.50	Medio	6.10	Bajo	403.00	Alto
15	TB2M2P1	5.00	Medio	3.40	Alto	5.30	Bajo	695.00	Alto
16	TB2M2P2	4.90	Medio	2.60	Medio	4.35	Bajo	961.00	Alto

(Continúa ANEXO IV)

CÓDIGO DE MUESTRA	UNIDADES	COBRE		MANGANESO		ZINC		BORO	
		ppm	Interpretación	ppm	Interpretación	ppm	Interpretación	ppm	Interpretación
1	T1M1P1	5.70	Alto	3.70	Bajo	1.30	Bajo	0.55	Bajo
2	T1M1P2	6.40	Alto	2.90	Bajo	0.40	Bajo	0.47	Bajo
3	T1M2P1	4.70	Alto	3.70	Bajo	2.10	Medio	0.58	Bajo
4	T1M2P2	4.90	Alto	3.60	Bajo	1.70	Bajo	0.75	Bajo
5	TB1M1P1	4.10	Alto	6.10	Medio	4.00	Medio	0.57	Bajo
6	TB1M1P2	4.10	Alto	3.80	Bajo	2.60	Medio	0.59	Bajo
7	TB1M2P1	3.20	Alto	3.60	Bajo	5.40	Medio	0.86	Bajo
8	TB1M2P2	3.30	Alto	4.20	Bajo	5.10	Medio	0.81	Bajo
9	T2M1P1	5.30	Alto	4.80	Bajo	1.50	Bajo	0.51	Bajo
10	T2M1P2	6.00	Alto	2.90	Bajo	1.10	Bajo	0.55	Bajo
11	T2M2P1	6.00	Alto	4.20	Bajo	1.40	Bajo	0.53	Bajo
12	T2M2P2	6.00	Alto	2.80	Bajo	1.00	Bajo	0.46	Bajo
13	TB2M1P1	3.80	Alto	7.90	Medio	4.60	Medio	0.53	Bajo
14	TB2M1P2	3.80	Alto	5.20	Medio	4.20	Medio	0.69	Bajo
15	TB2M2P1	4.10	Alto	4.10	Bajo	3.60	Medio	0.79	Bajo
16	TB2M2P2	4.00	Alto	3.30	Bajo	3.00	Medio	0.50	Bajo

(Continúa ANEXO IV)

CÓDIGO DE MUESTRA		BASES				Interpretación
UNIDADES		Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases (meq/100ml)	
1	T1M1P1	3.20	6.52	27.39	6.53	Bajo
2	T1M1P2	3.50	6.67	30.00	5.58	Bajo
3	T1M2P1	3.00	7.60	30.40	7.85	Bajo
4	T1M2P2	3.31	5.52	23.79	7.19	Bajo
5	TB1M1P1	3.30	25.00	107.50	8.68	Bajo
6	TB1M1P2	3.50	50.00	225.00	9.04	Bajo
7	TB1M2P1	1.49	47.78	118.89	10.79	Medio
8	TB1M2P2	1.59	48.75	126.25	10.18	Medio
9	T2M1P1	2.75	4.85	18.18	6.33	Bajo
10	T2M1P2	3.07	4.17	16.94	6.46	Bajo
11	T2M2P1	3.00	5.77	23.08	6.26	Bajo
12	T2M2P2	3.82	5.00	24.09	5.52	Bajo
13	TB2M1P1	2.88	18.30	71.00	8.26	Bajo
14	TB2M1P2	2.96	31.25	123.75	9.98	Bajo
15	TB2M2P1	1.47	36.32	89.74	8.49	Bajo
16	TB2M2P2	1.88	42.84	123.58	7.56	Bajo

(Continúa ANEXO IV)

CÓDIGO DE MUESTRA	HUMEDAD		VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN		
	UNIDADES	%	Interpretación	cm/hora	Interpretación
1	T1M1P1	9.25%	Bajo	10.31	Moderado
2	T1M1P2	12.00%	Medio	10.31	Moderado
3	T1M2P1	9.50%	Bajo	9.56	Moderado
4	T1M2P2	10.25%	Medio	9.56	Moderado
5	TB1M1P1	9.00%	Bajo	7.77	Moderado
6	TB1M1P2	11.25%	Medio	7.77	Moderado
7	TB1M2P1	11.50%	Medio	6.80	Moderado
8	TB1M2P2	12.75%	Medio	6.80	Moderado
9	T2M1P1	5.75%	Bajo	15.54	Moderadamente Rápido
10	T2M1P2	6.50%	Bajo	15.54	Moderadamente Rápido
11	T2M2P1	6.75%	Bajo	15.85	Moderadamente Rápido
12	T2M2P2	8.50%	Bajo	15.85	Moderadamente Rápido
13	TB2M1P1	4.75%	Bajo	7.66	Moderado
14	TB2M1P2	2.75%	Bajo	7.66	Moderado
15	TB2M2P1	4.25%	Bajo	7.45	Moderado
16	TB2M2P2	3.25%	Bajo	7.45	Moderado