



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA MEDIO AMBIENTE

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**VARIABILIDAD ENTRE LOS SUELOS DE USO FORESTAL Y
GANADERO DEL SITIO ZAPOTE, CANTÓN BOLÍVAR,
PROVINCIA DE MANABÍ**

AUTORES:

**DIEGO JAIR MONTANO CAÑOLA
JONATHAN WLADIMIR SOLÓRZANO RODRÍGUEZ**

TUTOR:

ING. FRANCISCO JAVIER VELÁSQUEZ INTRIAGO, M.Sc.

CALCETA, DICIEMBRE 2015

DERECHOS DE AUTORÍA

Diego Jair Montaña Cañola y Jonathan Wladimir Solórzano Rodríguez, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

Diego J. Montaña Cañola

Jonathan W. Solórzano Rodríguez

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Francisco Velásquez Intriago certifica haber tutelado la tesis **VARIABILIDAD ENTRE LOS SUELOS DE USO FORESTAL Y GANADERO DEL SITIO ZAPOTE, CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ**, que ha sido desarrollada por Diego Jair Montaña Cañola y Jonathan Wladimir Solórzano Rodríguez, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Francisco Velásquez Intriago, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **VARIABILIDAD ENTRE LOS SUELOS DE USO FORESTAL Y GANADERO DEL SITIO ZAPOTE, CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Diego Jair Montaña Cañola y Jonathan Wladimir Solórzano Rodríguez, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Verónica Espinel, M.Sc
MIEMBRO

Arq. Francisco Solórzano, M.Sc
MIEMBRO

Ing. Joffre Andrade Candell, M.Sc
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios en primer lugar, el pilar fundamental en nuestras vidas; por brindarnos sabiduría, salud y fuerza para lograr nuestras metas; lo que somos y hasta donde hemos llegado, es gracias a él. Por iluminarnos y proveernos los recursos necesarios para realizar este trabajo.

A nuestros familiares y a cada una de las personas que, durante nuestra estadía en esta hermosa ciudad que nos ha acogido, nos han brindado su apoyo de manera incondicional.

A nuestros padres, por apoyarnos en cada una de las decisiones tomadas en nuestra vida, en especial en esta gran decisión que fue la de realizar nuestros estudios superiores.

A esta honorable institución, la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, por la acogida que nos dio, y por permitirnos formarnos como profesionales y lograr esta meta.

A cada uno de los docentes que, sin reservas, y con responsabilidad y compromiso, nos brindaron sus conocimientos en las aulas contribuyendo con nuestra formación, tanto personal como profesional.

A las personas, docentes y compañeros que de alguna forma contribuyeron con la realización de esta investigación.

***“El principio de la sabiduría, es el temor de Jehová”
Proverbios 1:17***

Los autores

DEDICATORIA

A Dios, sin él en mi vida, creo que no lo hubiera podido lograr;

A mis padres, Williams Montaña Jaén y Doris Cañola de Montaña, por el esfuerzo que han hecho en brindarme su apoyo, no solo económico, sino moral. Por inculcarme buenos valores y principios, esperando que este logro les llene de satisfacción;

A mi hermana Sabdy Montaña Cañola, por sus consejos, su apoyo y por haber sido en mi vida un ejemplo a seguir no tan solo como persona, sino como profesional, demostrándome que si es posible alcanzar nuestras metas de vida;

A la Escuela Superior Politécnica de Manabí, a aquellos docentes que nos apoyaron en este trabajo, y a quienes nos impartieron sus conocimientos que sirvieron como base para poder culminar exitosamente.

Diego Montaña C.

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios por prestarme vida, salud y ganas para lograr los objetivos propuestos en esta fase de mi vida.

A mis padres por su apoyo incondicional, confianza y consejos que me han servido en gran manera para el cumplimiento de mis metas.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por los conocimientos ingenieriles que me ha brindado para de esta forma profesionalizarme y realizar un trabajo de excelencia en mi accionar.

Jonathan Solórzano R.

CONTENIDO GENERAL

	Página
CARATULA.....	i
DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi-vii
CONTENIDOS GENERALES.....	viii
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.4. HIPÓTESIS.....	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1. GENERALIDADES SOBRE EL SUELO.....	19
2.2. REPERCUSIONES DE LA GANADERÍA EN EL SUELO.....	20
2.3. MARCO REFERENCIAL.....	21
2.4. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	22
2.5. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.....	26
2.6. VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO.....	28
2.7. CALIDAD DEL SUELO.....	29
2.8. ANÁLISIS DE SUELOS Y SU INTERPRETACIÓN.....	30
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	
3.1. UBICACIÓN.....	32
3.2. DURACIÓN.....	32
3.3. VARIABLES EN ESTUDIO.....	33
3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	33

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE	33
3.4. INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO	33
3.5. TIPO DE INVESTIGACIÓN	34
3.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS	34
3.7. PROCEDIMIENTO	34
3.7.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE USO FORESTAL Y GANADERO	35
FASE 1: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y ESTUDIOS DE CAMPO	35
FASE 2: ANÁLISIS EN LABORATORIO	42
3.7.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO	42
3.7.3. ESTABLECIMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS DEL SITIO	43

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE USO FORESTAL Y GANADERO	45
FASE 1: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	45
FASE 2: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS	46
4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO	48
4.3. ESTABLECER LA CALIDAD DE LOS SUELOS DEL SITIO	56

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES	60
4.2. RECOMENDACIONES	61

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

CONTENIDO DE CUADROS

	Página
CUADRO 2.1 CLASES Y RANGOS DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁUICA	26
CUADRO 2.2 NIVELES DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO, SEGÚN MOLINA (2002)	27
CUADRO 2.3 GUÍA GENERAL PARA INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS (PARÁMETROS QUÍMICOS)	30

CUADRO 3.1 HOJA DE CAMPO MODELO PARA LA TOMA DE DATOS DE INFILTRACIÓN.....	36
CUADRO 3.2 VELOCIDAD INSTANTÁNEA DE INFILTRACIÓN EN SUELOS DE USO FORESTAL.....	36
CUADRO 3.3 CÁLCULO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS CON BASE EN LA ACUMULACION DEL TIEMPO Y LA LAMINA DE INFILTRACIÓN EN SUELO DE USO FORESTAL.....	37
CUADRO 3.4 VELOCIDAD INSTANTÁNEA DE INFILTRACIÓN EN SUELOS DE USO GANADERO.....	38
CUADRO 3.5 CÁLCULO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS CON BASE EN LA ACUMULACION DEL TIEMPO Y LA LÁMINA DE INFILTRACIÓN EN SUELOS DE USO GANADERO.....	38
CUADRO 3.6 DATOS DE CAMPO Y LABORATORIO. SUELOS DE USO FORESTAL.....	39
CUADRO 3.7 DATOS DE CAMPO Y LABORATORIO. SUELO DE USO GANADERO.....	40
CUADRO 3.8 DATOS DE CAMPO PARA ESTIMACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (K).....	40
CUADRO 3.9 MATERIALES UTILIZADOS EN LA FASE DE CAMPO.....	42
CUADRO 4.1 NIVELES DE REFERENCIA DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS SEGÚN LA INIAP.....	46
CUADRO 4.2 INTERPRETACIÓN PARA LA SALINIDAD SEGÚN LA INIAP.....	46
CUADRO 4.3 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO DE USO FORESTAL.....	47
CUADRO 4.4 PROPIEDADES FÍSICAS IDENTIFICADAS EN LOS SUELOS DE USO FORESTALE DEL SITIO ZAPOTE.....	47
CUADRO 4.5 PROPIEDADES QUÍMICAS IDENTIFICADAS EN LOS SUELOS DE USO GANADERO.....	48
CUADRO 4.6 PROPIEDADES FÍSICAS IDENTIFICADAS EN LOS SUELOS DE USO GANADERO.....	48
CUADRO 4.7 COMPARACION ENTRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS.....	49
CUADRO 4.8 COMPARACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS.....	55
CUADRO 4.9 INDICADORES DE CALIDAD DE SUELOS, UNIDADES MEDIDAS, VALORES MAXIMOS Y MINIMOS DEFINIDOS PARA LOS SUELOS ESTUDIADOS DEL SITIO ZAPOTE.....	57
CUADRO 4.10 INDICADORES E INDICE DE CALIDAD DEL SUELO DE USO GANADERO, SITIO ZAPOTE.....	57

CUADRO 4.11 INDICADORES E INDICE DE CALIDAD DEL SUELO DE USO GANADERO, SITIO ZAPOTE.....	58
---	----

CONTENIDO DE FIGURAS

	Página
FIGURA 2.1 CLASES TEXTURALES SEGÚN EL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS DE ACUERDO AL USDA.....	23
FIGURA 3.1 UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CARRIZAL.....	32

CONTENIDO DE GRÁFICOS

	Página
GRÁFICO 4.1 COMPARACIÓN DE MACRONUTRIENTES ENTRE LOS SUELOS DE USO FORESTAL Y GANADERO.....	50
GRÁFICO 4.2 COMPARACIÓN DE MICRONUTRIENTES ENTRE SUELOS DE USO FORESTAL Y GANADERO.....	52
GRÁFICO 4.3 COMPARACIÓN DE LA M.O, CIC Y pH ENTRE LOS SUELOS DE USO FORESTAL Y GANADERO.....	53
GRAFICO 4.4 VARIABILIDAD DE PROPIEDADES FÍSICAS ENTRE LOS SUELOS ESTUDIADOS.....	55

RESUMEN

El objetivo de la investigación, fue determinar la variabilidad de las propiedades físicas y químicas entre los suelos de uso forestal y ganadero en el sitio Zapote del cantón Bolívar. La ganadería, está entre las principales actividades productivas más representativas de Manabí, y en la zona de estudio se ha venido practicando durante años, por lo cual se presume que ha ocasionado modificaciones en los suelos de la zona. Se identificaron dos unidades de muestreo y por cada unidad se obtuvo una muestra compuesta por 10 submuestras de suelo mediante un recorrido en zigzag. Se realizaron mediciones directas *in situ*. Se evaluó y se estableció la calidad de los suelos, mediante la aplicación de un índice de calidad. En comparación con el suelo patrón, se evidenció un aumento de 0,38 gr/cm³ en la densidad aparente del suelo y 2,5% en la materia orgánica, al igual que en macronutrientes como Fósforo (P) 17 ug/ml y Calcio 56 ug/ml (Ca). Otro dato importante fue una disminución considerable en parámetros como la velocidad de infiltración de 10,01 cm/H a 0,51 cm/H, conductividad hidráulica de 3,71E-05 m/s a 2,20E-05 m/s y el pH de 7 a 6,1. Así, se comprobó que existe variación en cuanto a parámetros medidos y estos afectan directamente a la calidad del suelo, mostrando una diferencia de 0,77 en el suelo de uso forestal y 0,30 en el suelo de uso ganadero, lo que equivale a una variabilidad de 43,53% entre ellas. La investigación concluye en que la variabilidad existente entre estos dos tipos de suelo, se debe a las malas prácticas ganaderas como el sobrepastoreo.

Palabras clave: propiedades físico-químicas del suelo, índice de calidad del suelo.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the variability of the physical and chemical properties of soil between the forest and livestock use in the site of El Zapote Bolivar canton. Livestock is among the main productive activities being more representative in Manabí, and in the study area has been practiced for years, reason why it is assumed that has caused changes in the soils of the area. We identified two sampling units and by each unit is obtained a composite of 10 samples of soil using a zigzag path. Direct measurements were made on the spot. It was evaluated and established the quality of the soil, through the implementation of a quality index. In comparison with the ground pattern, there was a rise of 0.38 gr/cm³ in the soil bulk density and 2.5 % in the organic matter, as in nutrients such as phosphorus (P) 17 ug/ml and 56 ug/ml (Ca) calcium. Another important finding was a significant decrease in parameters such as the infiltration rate of 10.01 cm/H to 0.51 cm/H, hydraulic conductivity of 3.71 E-05 m/s 2.20E-05 m/s and the pH of 7 to 6.1. As well, it was found that there is a variation in measured parameters and these directly affect the quality of the soil, showing a difference of 0.77 in the soil of forest and 0.30 in the soil of cattle, which is equivalent to a variability of 43.53% between them. The research concludes that the variability that exists between these two types of soil, is due to poor farming practices such as overgrazing.

Key words: Physic-chemical properties of the soil, index of soil quality

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Seoáñez (1998) menciona que el suelo debe mantener una buena relación con la biomasa, ya que ambos se benefician mutuamente. Así, un suelo es vulnerable de sufrir degradación en su estructura físico-química, cuando la biomasa contenida en el mismo es insuficiente. No es el caso de aquellos suelos en los que la vegetación es abundante, de manera que tienen la capacidad de mantener el equilibrio ecológico-ambiental, y prevenir todo tipo de degradación que este recurso pueda sufrir.

Según la FAO (2006) citado por Matthews (2008), la ganadería es una de las principales causas de la degradación del suelo y de los recursos hídricos. “El ganado es uno de los principales responsables de graves problemas medioambientales de hoy en día. Se requiere una acción urgente para hacer frente a esta situación”, asegura Henning Steinfeld, Jefe de la Subdirección de Información Ganadera y de Análisis y Política del Sector de la FAO, y uno de los autores del estudio.

Desde una perspectiva global, según Steinfeld *et al.*, (2006) citado por FAO (2010) la ganadería como actividad productiva, en comparación con otras actividades, es la que tiene mayor participación en el uso del suelo. Tan solo el 26% de superficie terrestre, sin incluir las zonas polares, representa el área total dedicada al pastoreo de animales. Por otra parte, un 33% del suelo total destinado para cultivos, está dedicado para la producción de alimentos forrajeros; así, el total de superficie agropecuaria dedicada a la producción ganadera en conjunto, es de un 70% lo que representa el 30% de la superficie terrestre del mundo.

El sector pecuario es el principal usuario antropogénico de tierras. La expansión de las tierras de pastoreo es un factor decisivo de la deforestación, sobre todo en América Latina: un 70% de los bosques amazónicos se usan como pastizales, y los cultivos forrajeros cubren una gran parte de la superficie restante. Cerca del 70% de las tierras de pastoreo en las zonas áridas están degradadas,

principalmente a causa del exceso de pastoreo, las compactaciones de la tierra y la erosión causadas por el ganado (FAO, 2006).

Esto puede incrementar los niveles de deforestación en la región, la degradación de los suelos, la pérdida de biodiversidad y la disminución del recurso hídrico, si no se toman medidas para evitarlo. Se deben tomar acciones decididas para que el crecimiento del sector se lleve a cabo de modo ambientalmente sostenible y que contribuya, al mismo tiempo, a la mitigación del cambio climático, de la pobreza y a la mejora de la salud humana (FAO, 2012).

Los rebaños provocan al mismo tiempo daños en el suelo a gran escala, con cerca del 20 por ciento de los pastizales degradados a causa del sobrepastoreo, la compactación y la erosión. Esta cifra es aún mayor en las tierras áridas, en donde las políticas erróneas y una gestión ganadera inadecuada, han contribuido al avance de la desertificación (Matthews, 2008).

Martha (2009) citada por FAO (2010) menciona que un suelo con pastizales bajo explotación, debido al pastoreo de ganado, hace que disminuya la cobertura vegetal. Este proceso continuo se traduce a su vez, al transcurrir el tiempo, en la detección de síntomas de disminución de la materia orgánica del suelo, y signos de compactación, por lo que la filtración del agua disminuye. Posteriormente el suelo se erosiona, debido a que se imposibilita la penetración del agua, indispensable dentro de los procesos que se dan en este sistema, corriendo esta superficialmente. De no corregir esta situación, se incrementará progresivamente los costos de recuperación y los impactos ambientales negativos.

La actividad ganadera figura entre los sectores más perjudiciales para los cada día más escasos recursos hídricos, contribuyendo entre otros aspectos a la contaminación del agua, la eutrofización (proliferación de biomasa vegetal debido a la excesiva presencia de nutrientes) y la destrucción de los arrecifes de coral. Los principales agentes contaminantes son los desechos animales, los antibióticos y las hormonas, los productos químicos utilizados para teñir las pieles, los fertilizantes y pesticidas que se usan para fumigar los cultivos forrajeros. Esto indica que cada vez habrá mayores disposiciones de tierras para

esta actividad productiva, siendo este tipo de uso de suelo muy predominante a nivel no solo mundial, sino nacional, regional y local. Así mismo se podrá evidenciar un aumento de las afectaciones en el ambiente, no solo en el suelo, sino también en los recursos de agua y hasta en el aire (Matthews, 2008).

SENPLADES (2013) indica que en el Ecuador, pese a los esfuerzos realizados por alcanzar la protección del patrimonio natural, la deforestación ocasionada principalmente por la expansión de la frontera agrícola, sobre todo para monocultivos agroindustriales y ganadería, continúa siendo una de las principales preocupaciones para el país. De acuerdo con el Ministerio del Ambiente, la tasa anual de cambio de cobertura boscosa en el Ecuador continental para el periodo 2008-2012 fue de $-0,6\%$, lo que significa que el país ha registrado una deforestación anual promedio de 74 400 ha. Los bosques más afectados son los ubicados en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Orellana y Pastaza.

La ESPAC (2013) manifiesta que Manabí está entre las provincias con mayor cantidad de ganado, junto a Azuay, Loja, Pichincha y Guayas. En el 2011, la provincia de Manabí fue una de las que registró mayor cantidad de cabezas de ganado vacuno llegando a los 5,3 millones, lo que representa un 18,3% del total del país. El cantón Bolívar, está entre las zonas ganaderas más importantes de la provincia, junto con el cantón Chone, Rocafuerte y la zona norte del Cantón Sucre.

Estos datos ofrecen un panorama más claro de la intensidad con la que se lleva a cabo esta actividad en la provincia, y a su vez, en el sitio Zapote ubicado en la zona rural del cantón Bolívar. De allí que surge la necesidad de realizar estudios relacionados con este tipo de actividades productivas, inherentes al uso del recurso suelo.

El sitio Zapote, ubicado en la parroquia Quiroga del cantón Bolívar, presenta una expansión de suelos dedicados a la actividad ganadera (cría de ganado vacuno y pastos cultivados) que se extienden a áreas boscosas, lo que supone una modificación en las propiedades físicas y químicas de estos suelos.

Por lo expuesto se formula la siguiente interrogante:

¿Qué variabilidad en las propiedades físico-químicas, existe entre los suelos de uso forestal y ganadero del sitio Zapote del cantón Bolívar?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El suelo debido a su fragilidad y lenta recuperación, es considerado como un recurso no renovable, aunque es un componente esencial para el desarrollo humano, pero para lograr este “desarrollo”, se realizan innumerables actividades que son las responsables de degradar parcialmente e incluso causar una degradación irreparable de este valioso recurso natural. La calidad ambiental de los suelos enfoca en forma integral los efectos que pueden tener sobre el mismo los diferentes usos y las actividades tecnológicas.

Este trabajo investigativo, es de suma importancia ya que pretende generar información fiable, que permitirá crear conciencia en lo que respecta a la degradación del suelo, realizando la comparación entre el suelo dedicado a las prácticas ganaderas con el suelo de uso forestal del sitio Zapote del cantón Bolívar, permitiendo así conocer la degradación que ha sufrido debido al cambio de uso al que este ha sido sometido. El mal uso de este recurso afecta directamente a la economía del agricultor y ganadero, por lo cual, a través de este estudio, se logrará establecer la calidad de este suelo mediante la identificación de sus características físicas y químicas. Este estudio podrá utilizarse como referencia en futuras investigaciones, y a partir de los resultados obtenidos, será posible aplicar nuevos métodos y técnicas de labranza y pastoreo.

La metodología aplicada en esta investigación, es reproducible a otros proyectos que implique muestreo de suelos, debido a que facilita la toma de datos en campo y provee una muestra en buen estado, teniendo así resultados precisos y exactos para la fácil interpretación de los mismos, generando información verídica que certifica excelencia en la investigación. Esta metodología es realizada tomando en cuenta las características geomorfológicas, climáticas y uso de suelo del sitio de estudio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Determinar la variabilidad de las propiedades físico-químicas entre los suelos de uso forestal y ganadero del sitio Zapote, cantón Bolívar, provincia de Manabí.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las propiedades físicas y químicas de los suelos de uso forestal y ganadero.
- Analizar los resultados obtenidos de las muestras de suelo.
- Establecer la calidad de los suelos del sitio.

1.4. HIPÓTESIS

La variabilidad de las propiedades físico-químicas entre los suelos de uso forestal y ganadero es alta en el sitio Zapote.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES SOBRE EL SUELO

El suelo es un sistema estructurado, heterogéneo y discontinuo, fundamental e irremplazable, desarrollado a partir de una mezcla de materia orgánica, minerales y nutrientes capaces de sostener el crecimiento de los organismos y los microorganismos (Atlas y Bartha, 2001; Nannipieri *et al.*, 2003).

Ortega (2013) lo define como la capa superficial de espesor variable que recubre la corteza terrestre, procedente de la meteorización física y química de la roca preexistente y sobre la que se asienta la vida. Los tres elementos del sistema suelo como son la materia orgánica, los minerales y nutrientes, que son muy importantes para mantener la actividad biológica de este recurso, son los que actualmente se están alterando por actividades como la cría de ganado vacuno y a su vez, el cultivo de pastos, que en la mayoría de los casos por su mal manejo, desenvuelven otros aspectos ambientales que traen deterioro de su calidad, estas son el sobrepastoreo, la deforestación, reciclaje de materia orgánica, entre otros.

Estos autores concuerdan en que los elementos fundamentales del suelo son la materia orgánica, los minerales y los nutrientes, que a su vez, son esenciales para mantener y promover la actividad biológica de mismo. Cada uno de estos elementos, cumplen funciones vitales haciendo que este recurso, en su estado natural, posea características que le atribuyen una buena calidad siendo óptima para el desarrollo de las actividades productivas de un entorno, que en su mayoría están relacionadas con este valioso recurso.

Para Bustamante (2013) cuando se habla de suelos o terreno forestal, hay que partir del concepto de lo que es la vegetación forestal para tener un mejor entendimiento. Se entiende por vegetación forestal, al conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando así, bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales. Por lo tanto, un suelo de uso forestal es aquel que está cubierto por vegetación forestal.

Según la reforma de la LGDFS (2013) de los Estados Unidos Mexicanos, en el capítulo II referente a la terminología empleada en dicha ley, se diferencian dos tipos de suelo o terreno forestal:

Terreno preferentemente forestal: “Aquel que habiendo estado, en la actualidad no se encuentra cubierto por vegetación forestal, pero por sus condiciones de clima, suelo y topografía resulte más apto para el uso forestal que para otros usos alternativos, excluyendo aquéllos ya urbanizados;”.

Terreno temporalmente forestal: “Las superficies agropecuarias que se dediquen temporalmente al cultivo forestal mediante plantaciones forestales comerciales. La consideración de terreno forestal temporal se mantendrá durante un periodo de tiempo no inferior al turno de la plantación;”.

2.2. REPERCUSIONES DE LA GANADERÍA EN EL SUELO

El término ganadería, manifiesta Orozco (2006), hace referencia a aquella actividad en la que se crían y/o domestican animales que, en muchas ocasiones, son destinados para el consumo humano. A su vez, es considerada como una actividad económica del sector primario.

Los sistemas de producción pecuaria, son considerados como la estrategia social, económica y cultural más apropiada para mantener el bienestar de las comunidades, debido a que es la única actividad que puede simultáneamente proveer seguridad en el sustento diario, conservar ecosistemas, promover la conservación de la vida silvestre y satisfacer los valores culturales y tradiciones (FAO, 2006).

Las actividades que se desarrollan en la ganadería, como lo son la deforestación y los cambios en el uso de suelo, son responsables de cambios drásticos en las propiedades físicas e hidrológicas del suelo. Así lo demostró Lal (1996) al determinar los efectos de la deforestación, la labranza de post desmonte y sistemas de cultivos sobre las propiedades del suelo en sur oeste Nigeriano. Este autor encontró que las mismas propiedades, habrían tenido características favorables bajo el sistema boscoso antes de la tala. También halló que, debido al pisoteo del ganado (3 cabezas por hectárea), se redujo la capacidad de

infiltración del suelo, mientras que la densidad aparente y la resistencia a la penetración, indicadores de la compactación, mostraron un incremento significativo. Lanfranco (2014) menciona que la compactación disminuye la porosidad del suelo. En consecuencia, los suelos pierden la capacidad de permeabilidad y afecta el intercambio de agua y aire a través del sistema poroso del suelo.

Pinzón y Amézquita (1991) realizaron una investigación en Caquetá-Colombia, que consistió en medir los cambios que ocasiona la compactación por el pisoteo de animales en pasturas del piedemonte en este sitio. Como resultados, obtuvieron que los animales en pastoreo modifican substancialmente las propiedades físicas de los suelos del piedemonte amazónico. Con ello, encontraron una disminución severa en la porosidad y alteraciones en la relación suelo-agua-aire, lo cual afecta el desarrollo de las raíces de las plantas y su productividad, debido a que la compactación fue mayor en los primeros 15 cm de suelo.

Estos autores conciertan, según los resultados obtenidos de las investigaciones que realizaron, en que una de las principales alteraciones que sufre el suelo, debido a la actividad ganadera, es la compactación, que es ocasionado por el pisoteo del ganado. Este debido a su peso y a la cantidad de animales distribuidos en una determinada área, hacen que haya una disminución en los poros del suelo, aumentando así su densidad aparente y a su vez, reduciendo el agua y aire en el mismo. Así es como se altera la calidad de este recurso, volviéndose cada vez menos productivo.

2.3. MARCO REFERENCIAL

El sector pecuario en América Latina, ha crecido a una tasa anual (3,7%) superior a la tasa promedio de crecimiento global (2,1%). Durante el último tiempo, la demanda total de carne se incrementó en 2,45%, siendo mayor la demanda por carne de ave (4,1%), seguida por la carne de cerdo (2,67%), mientras que la demanda por carne vacuna se redujo levemente (-0,2%). Las exportaciones de carne crecieron a una tasa de 3,2%, superior al crecimiento de la tasa de producción que fue de 2,75% (FAO, 2012).

La provincia de Manabí, posee una gran diversidad de pisos climáticos que van desde zonas tropicales semiáridas a tropicales semi-húmedas, lo que permite un variado desarrollo productivo. Manabí cuenta con 1.583.000 hectáreas de tierra utilizada, lo cual equivale al 84% del total de la región 4 y el 13% del total del país. Existe un predominio de pastos cultivados que representan poco más de la mitad de la superficie provincial utilizada. Los montes y bosques (21,5%) y los cultivos permanentes (13, 2%) sumados a las zonas de pastizales dejan ver la existencia de zonas protegidas así como zonas aptas para la ganadería.

En cuanto a la producción pecuaria, predomina la ganadería bovina de doble propósito, cuya raza con mayor presencia es la mestiza sin registro, ya que de acuerdo al III Censo Agropecuario, existen 507,769 cabezas de la misma, seguida por la criolla con 255,588 animales y en menores proporciones el ganado mestizo con registro y el Brahman o Cebú, con cantidades de 7,428 y 8,240 respectivamente. La mayor cantidad de UPAS (Unidades de Producción Agropecuaria) se dedica a la cría de ganado criollo y posteriormente al ganado mestizo sin registro (MIPRO, 2011).

2.4. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes (Ruck *et al.*, 2004). Estos autores sostienen que existe la necesidad de conocer dichas propiedades por parte de las personas involucradas con el uso de este recurso, de esta manera se puede entender la magnitud y de qué forma influyen en el crecimiento de plantas y el papel de la actividad humana en la modificación de estas propiedades.

Orsag (2010) define a la textura como el porcentaje de limo, arena y arcilla contenido en un suelo. También sostiene que, debido a la combinación, en proporciones disímiles, entre sí de estas fracciones, dan una variada fertilidad al suelo, ya que a su vez, cada una de estas posee una cualidad distinta para

transmitir agua, aire, nutrientes, entre otros o bien, retenerlos. Para tener un suelo con una buena fertilidad, este debe tener equilibradas las proporciones de arena, limo y arcilla ya que en su dependencia, puede existir una relación óptima entre los poros capilares, encargados de la retención del agua, y los no capilares, cuya función es permitir el paso del agua y aire eficientemente.

Un desequilibrio en estos factores, puede ocasionar que el suelo tenga poca capacidad de retener agua y mayor aire (suelos arenosos con poros gruesos) o mayor retención de agua y poco aire, debido que es esencial en la respiración de las raíces de las plantas (suelos arcillosos con mayor % de poros finos). Una vez conocidos el porcentaje de arcilla, arena y limo de un suelo, se puede obtener la clase textural mediante el triángulo de textura (fig. 2.1).

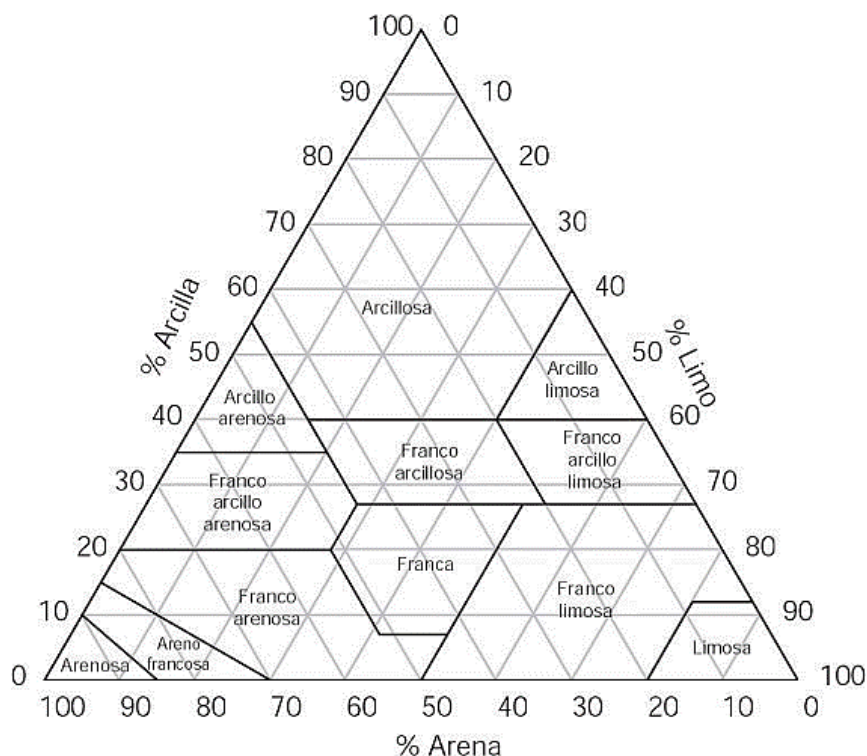


Figura 2.1 Clases texturales según el tamaño de las partículas, según el USDA.

El espacio poroso, es el espacio del suelo que no está ocupado por sólidos. Sus propiedades tanto cuantitativas como cualitativas, precisa Ruck *et al.*, (2004), son las que determinan el crecimiento radicular y la dinámica aire-agua en el suelo. Es una característica que está intrínsecamente relacionada con la textura y la estructura, siendo la primera dominante de las fracciones de partículas del suelo.

En el espacio poroso se distinguen los macroporos, responsables de la aireación, el crecimiento de las raíces y el drenaje, ya que en este último carecen de aptitud para retener agua contra la fuerza de la gravedad, y los microporos que retienen el agua necesaria para las plantas. La suma de estos constituye la porosidad total en el suelo. A continuación se detalla la metodología utilizada en este estudio para determinar esta característica del suelo, mediante sus densidades real y aparente.

La densidad aparente del suelo, precisan Ruck *et al.*, (2004), es la relación existente entre el peso seco de una muestra de suelo a 105°C y el volumen que esta ocupe en el suelo. Reyes (2010) argumentan que, como consecuencia de aplicar una carga o presión sobre el suelo, se genera un aumento en la densidad aparente del mismo, lo cual produce el efecto de compactación. Esta hipótesis coincide con lo que manifiesta Orsag (2010) respecto que la compactación surge como consecuencia del aumento de la densidad aparente, que a su vez es provocada por fuerzas o presiones ejercidas sobre el suelo como el uso intensivo de maquinaria agrícola en suelos húmedos, y el sobrepastoreo de animales. Rubio (2010) cita que los cambios de densidad aparente, se traducen en cambios de la estructura del suelo por la relación que existe entre esta y la porosidad total. También menciona que es un indicador de la compactación y la capacidad de infiltración, estos influyen en la circulación de agua y aire en el suelo y en el crecimiento de las plantas.

La densidad aparente se expresa comúnmente en gr/cm^3 , y se la calcula por medio de la siguiente ecuación.

$$Dap = \frac{W_{ss}}{V_t} \quad [2.1]$$

Donde:

Dap = Densidad aparente (gr/cm^3)

Wss = Peso del suelo seco (gr)

Vt = Volumen total (cm^3)

USDA (1999) indica que la densidad aparente del suelo puede servir como un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento radicular (Anexo 3).

Reyes (2010) define a la densidad real como la relación entre la masa total de las partículas sólidas y el volumen total de las mismas, descartando el volumen ocupado por los poros entre las partículas. Se suele expresar en gr/cm^3 . A pesar de que tiene sus métodos de estimación, algunos autores como Plaster (2004), consideran que la mayoría de suelos poseen un valor promedio de aproximadamente $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ ya que este parámetro es menos variable que la densidad aparente. Esta teoría concuerda con los autores De Leenheer (1967) y De Boodt (1965) citados por Rucks *et al.*, (2004) quienes mencionan que la densidad real está alrededor del mismo valor en suelos donde los minerales pesados no se encuentran en cantidades anormales.

Finalmente se puede calcular la porosidad total del suelo a partir de la densidad aparente y la real empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Poros} = 100 - \frac{D_{ap} (\text{gr/cm}^3)}{D_r (\text{gr/cm}^3)} \times 100 \quad [2.2]$$

La conductividad hidráulica según Forsythe (1985), es la habilidad que posee el suelo para permitir el flujo del agua en condiciones de saturación y su determinación en el suelo se considera la forma más exacta de evaluar la clase de permeabilidad. Es una de las características físicas más importantes del suelo, ya que es un indicador de la capacidad para transmitir agua e indirectamente oxígeno en el suelo. También es llamada permeabilidad del suelo y depende principalmente de tres factores responsables de que esta sea baja o alta: un bajo contenido de materia orgánica, una elevada concentración de sodio (más de 5%) y particularmente suelo de textura fina tendrá una CH baja.

Estos suelos con baja permeabilidad no van a mejorar su productividad con la adición de fertilizantes solamente, sino que requieren de un tratamiento más técnico, por ejemplo aplicar un mejorador como fuente de calcio (de 1 a 10 ton/ha) y/o abonos orgánicos (de 10 a 20 ton/ha).

Cuadro 2.1 Clases y rangos de conductividad hidráulica

CLASE	CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA	
	cm/h	m/día
Muy lento	0,1	0,03
Lenta	0,1 - 0,5	0,03 - 0,12
Moderadamente lenta	0,5 - 2,0	0,12 - 0,50
Moderada	2,0 - 6,0	0,50 - 1,50
Moderadamente rápida	6,0 - 12,0	1,50 - 3,00
Rápida	12,0 - 18,0	3,00 - 4,50
Muy rápida	>18,0	>4,50

Fuente: Soil Conservation Service. (2008)

La infiltración según Martínez *et al.*, (2006) es la máxima cantidad de agua de lluvia que puede absorber el suelo en un determinado tiempo. La velocidad con la que el agua es absorbida depende de factores como el espesor, humedad, cobertura vegetal, textura y pendiente del suelo. Además esta propiedad física del suelo es uno de los principales componentes del ciclo hidrológico. Si los suelos están degradados, es decir: si tienen su capacidad de infiltración mermada, estos suelos están abocados a desertificarse.

El contenido de humedad es la relación que existe entre el peso de agua contenida en la muestra en estado de humedad es decir, sin alterar y el peso de la muestra seca después de haber pasado por el horno a una temperatura de entre 105°-110°C. Al resultado del cociente se lo multiplica por 100, obteniendo así un valor en porcentaje, por esta razón a esta propiedad física se la conoce como porcentaje de humedad.

2.5. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Estas se refieren a condiciones que influyen en las relaciones suelo-planta, calidad del agua, capacidad amortiguadora del suelo, disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos Bautista *et al.*, (2004). Entre las más comunes que sirven como indicadores están el pH, la Materia orgánica, nutrientes del suelo, salinidad y capacidad de intercambio catiónico.

El pH del suelo se mide o se determina con el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrogeno que se encuentran en el suelo, por lo general haciendo una solución con el mismo.

$$pH = -\log[H^+]$$

Según Dorronsoro *et al.*, (2004) cuando el pH es de 6-7,5, se dan las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas. Los factores que hacen que el suelo tenga un determinado valor de pH son diversos, fundamentalmente. Este parámetro sirve como un indicador de la acidez del suelo.

La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C), Manifiesta la FAO (2015), es la medida de todas las cargas existentes en la parte superficial de los minerales, estas de tipo negativa, y en los componentes orgánicos del suelo como arcilla, sustancias húmicas y materia orgánica. Su valor, nos revela la aptitud de un suelo en cuanto a la retención de cationes, cuán disponible, y en qué cantidad, están los nutrientes a las plantas, pH entre otras.

Cuadro 2.2 Niveles de capacidad de intercambio catiónico

NIVEL	CLASE
<6	Muy bajo
6 – 12	Bajo
12 – 25	Medio
25 – 40	Alto
>40	Muy alto

Fuente: Molina (2002)

La FAO (2015) señala que son 16 los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas, catalogados como macro y micro nutrientes. La cantidad de estos en el suelo, determinan el potencial que este tiene para la alimentación de organismos vivos.

Molina (2002) menciona que la Materia orgánica del suelo, es el resultado de residuo de plantas y animales agregados al suelo. Las plantas se benefician de esta propiedad ya que influye en su crecimiento al optimizar algunas otras propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Reyes *et al.*, (2010) lo describen como un componente coloidal del suelo, y mencionan que el humus, es una fracción, la más fina, de la materia orgánica que ha pasado por un proceso de

transformación. El concepto de Carrasco (1981) citado por Reyes *et al.*, (2010) coincide en que esta se origina a partir de la continua transformación de residuos animales y vegetales, involucrando a los microorganismos que se alimentan de dichos residuos para su desarrollo.

Los suelos con valores por debajo del 2% de materia orgánica, dice Molina (2002), tienen un bajo contenido, los que están en un rango de 2 a 5% poseen un contenido medio, por lo que expresa que el valor de esta sea por encima del 5%.

Según USDA (1999), la conductividad eléctrica (C.E) indica la presencia de sales en el suelo, cabe recalcar que todos los suelos poseen sales y que estas son esenciales para el desarrollo de las plantas, las mediciones de conductividad eléctrica detectan los aniones o cationes (sales) realizando una solución del suelo estudiado. El exceso de sales se puede dar de forma natural y también como resultado del uso y mal manejo del suelo.

2.6. VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Se entiende por variabilidad a *“la cualidad de las cosas que tienden a variar o transformarse”* (Diccionario Manual de la Lengua Española, 2007). Barrios y Florentino (2009) señalan que como consecuencia de los procesos formativos del suelo en campos agrícolas, a más de las prácticas de manejo de cultivos, surge una variabilidad de tipo espacial en las propiedades físicas del suelo.

Esta perspectiva se fundamenta en lo señalado por Iqbal *et al.*, (2005) citado por Barrios y Florentino (2009) añadiendo que la labranza así como otras prácticas de manejo del suelo pueden originar la variabilidad en sus características; también menciona que en estos factores en conjunto con la naturaleza geológica del suelo, interactúan en un tiempo y espacio causando modificaciones a nivel local debido a procesos de erosión y deposición. Dafonte *et al.*, (s.f) expresan lo contrario mencionando que el suelo de por sí, como un cuerpo natural, posee variabilidad en función del espacio, siendo está influenciado por las variaciones del material de origen y de vegetación dentro de un paisaje.

Estos autores convienen en que la variabilidad de las propiedades de un suelo puede darse a cortas distancias en una superficie de tierra debido a los procesos naturales de formación del suelo. Esta variable también es inherente a las actividades que productivas que hacen uso de este recurso. En este estudio se tomó al uso de suelo como factor determinante de la variabilidad física y química existente entre dos tipos de suelo.

2.7. CALIDAD DEL SUELO

USDA (1999) menciona que la calidad del suelo comprende sus elementos físico-químicos y biológicos, por lo que deben ser medidos todos sus parámetros para apreciar holísticamente la calidad o salud del suelo. Carter *et al.*, (1997) citado por Bautista (2004) señala que la calidad del suelo debe interpretarse como su utilidad para un propósito específico en una escala amplia de tiempo mientras que Romig *et al.*, (1995) citado por Bautista (2004) menciona que el estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo.

Cuando en un ecosistema tropical existen alteraciones locales, argumenta Hilderbrand *et al.*, (1994) citado por USDA (1999), aunque estas parezcan tenues, hay que considerar que pueden producir reacciones en cadena o red, las mismas que son capaces de alterar, en proporción exponencial, todo el ecosistema. Un dato importante que no se debe pasar por alto, es que la fertilidad de un bosque tropical se encuentra, en promedio, un 30% en el suelo y de la misma manera, un 70% en la biomasa del bosque mismo, o dicho de otra manera, en las interacciones entre especies que conforman esta biomasa.

El conservar la calidad del suelo, es una medida muy importante con la que el ser humano está comprometido, ya que en el mismo, se realizan multitud de actividades productivas y que son, no solo el sustento económico de una región, sino social y hasta cultural. Por esta razón se debe hacer uso de este recurso de una manera sustentable, ya que mientras más sea este intervenido, y por ende alterado por el hombre, es reducida su disponibilidad para el mismo.

2.8. ANÁLISIS DE SUELOS Y SU INTERPRETACIÓN

Meléndez (2002) señala que, al momento de diagnosticar los problemas nutricionales que sufre el suelo, ya sean por condiciones naturales o antrópicas, el análisis de estos es una herramienta muy útil ya que a partir de los resultados que se obtengan, se pueden establecer medidas y recomendaciones para lograr un manejo sustentable de este recurso. Los procedimientos analíticos de suelos, han sido desarrollados en función de las condiciones específicas de cada suelo.

Según Infopos (1997) citado por Meléndez (2002), por medio de los análisis de suelo es posible conocer los niveles nutricionales del suelo (Cantidad y disponibilidad) y realizar monitorear de forma regular los cambios en la fertilidad de un suelo como consecuencia de la explotación agrícola.

Cuadro 2.3 Guía general para la interpretación de análisis de suelos (parámetros químicos)

PARÁMETRO	UNIDAD	BAJO	MEDIO	ÓPTIMO	ALTO
pH	cmol/L	< 5	5 – 6	6 - 7	> 7
Ca	cmol/L	< 4	4 – 6	6 - 15	> 15
Mg	cmol/L	< 2	1 – 3	3 - 6	> 6
K	cmol/L	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 0.8	> 0.8
Acidez	cmol/L	---	0.3 – 1	< 0.3	> 1
S.A	%	---	10 - 30	< 10	> 30
P	mg/L	< 12	12 - 20	20 - 50	> 50
Fe	mg/L	< 5	5 - 10	10 - 50	> 50
Cu	mg/L	< 0.5	0.5 - 1	1 - 20	> 20
Zn	mg/L	< 0.2	2 - 3	3 - 10	> 10
Mn	mg/L	< 5	5 - 10	10 - 50	> 50
B	mg/L	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1	> 1
S	mg/L	< 12	12 - 20	20 - 50	> 50
M.O	%	< 2	2 - 5	5 - 10	> 10
RELACIONES CATIÓNICAS		Ca/Mg 2 - 5	Ca/K 5 - 25	Mg/K 2.5 - 15	(Ca+Mg)/K 10 - 40

Autores: Molina y Meléndez 2002

Modificada por: Montaña y Solórzano 2015

CATIE (1978) y el Ministerio de Agricultura (1986) citados por Molina, (2002) desarrollaron una guía para hacer posible la interpretación de análisis de suelos. Esta guía (Cuadro 2.3) contiene valores referenciales de los nutrientes basados en el concepto del nivel crítico y fue desarrollada por investigadores con experiencia y especialistas en el tema.

Este Cuadro clasifica el contenido de los nutrientes en categorías como: bajo o deficiente, medio o suficiente, óptimo o adecuado, y alto o excesivo. Algunas modificaciones fueron realizadas por Molina y Meléndez (2002).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El sitio Zapote, lugar donde se realizó este estudio, se encuentra ubicado al Este del cantón Bolívar, en la provincia de Manabí, específicamente en la parroquia Quiroga. Este cantón se encuentra ubicado al norte de la provincia de Manabí, geográficamente a 0° , 50 minutos, 39 S de latitud Sur y a 80° 9 minutos y 33 S de longitud Oeste. Limita al Norte con el cantón Chone, al Sur con los cantones Portoviejo, Junín y Santa Ana, al este con el Cantón Pichincha y al Oeste con Tosagua.

En el cantón Bolívar se puede apreciar una geografía irregular, por la presencia de colinas y cerros, la montaña de Camote, Bejuco, Membrillo y Quiroga; también se encuentra atravesado por el río Carrizal y Mosca.



Figura 3.1 Ubicación del sitio de estudio en la microcuenca del río carrizal

3.2. DURACIÓN

De acuerdo a lo estipulado y los objetivos planteados, el estudio tuvo una duración de 9 meses.

3.3. VARIABLES EN ESTUDIO

3.3.1. Variable independiente

Suelos de uso forestal y ganadero

3.3.2. Variable dependiente

Propiedades físico-químicas

3.4. INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO

Según Navarrete (2011) existen dos posiciones de tipo conceptual para la selección de los indicadores de calidad de un suelo, la cual debe estar relacionada con sus atributos de sustentabilidad (productividad, estabilidad y resiliencia) y depende de recursos humanos, económicos, técnicos y de tiempo: a) una selección unificada y globalizada y b) una selección basada en que cada circunstancia de un entorno responde a condiciones particulares. Cantú *et al.*, (2007) comparten la primera posición y señalan que, los principales indicadores para evaluar el estado de un suelo son el pH, C orgánico, saturación de bases, infiltración, densidad aparente, espesor del horizonte A y agregados estables en agua.

Bautista *et al.*, (2004) y Navarrete *et al.*, (2011) defienden la segunda posición, y en su lista añaden la porosidad, capacidad de retención hídrica, materia orgánica, conductividad eléctrica, CIC y nutrientes (N, P y K). Esta tesis, es respaldada por Pulido (2014) en su tesis doctoral sobre INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO EN ÁREAS DE PASTOREO, y hace mucho énfasis en los nutrientes del suelo (N, P, K, Ca y Mg) y se respalda en lo que argumentan Schnabel *et al.*, (2009) quienes atribuyen la pérdida de nutrientes al exceso de ganado por procesos de erosión.

Basados en los argumentos expuestos anteriormente, en este estudio se comparte la segunda perspectiva. Así, los indicadores físicos y químicos del suelo seleccionados fueron los siguientes:

Físicos: Densidad aparente, infiltración.

Químicos: Materia orgánica, pH.

3.5. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es bibliográfica y de campo ya que Instituye un proceso sistemático, riguroso y racional de recolección, tratamiento, análisis y presentación de datos, basado en una estrategia de recolección directa de la realidad de las informaciones necesarias para la investigación.

3.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Este estudio se desarrolló con base a los métodos inductivo-deductivo, que consiste en la obtención, a través del razonamiento, de conclusiones que, en sus inicios, estudian hechos particulares de forma individual, para generar conclusiones con una aplicación de naturaleza global. En el otro sentido este método se basa en teorías y principios de aplicación universal, con validez comprobada, para su aplicación a contextos o situaciones particulares; y el analítico-sintético, que se caracteriza por estudiar, de forma minuciosa, cada uno de los elementos que conforman el objeto de estudio, y así ser estudiado y descrito en su naturaleza holística.

Métodos utilizados en la fase de laboratorio y de campo

- ❖ **Potenciometría**, para la determinación de pH
- ❖ **Colorimetría**, para determinar N, P
- ❖ **Absorción atómica**, para determinar nutrientes del suelo
- ❖ **Método del cilindro de volumen conocido**, para determinar la densidad del suelo
- ❖ **Método del cilindro**, para medir la velocidad de infiltración en el suelo

Las técnicas utilizadas en la investigación fueron las siguientes: Guía de observación, Muestreo, Geo-referenciación y entrevista.

3.7. PROCEDIMIENTO

Para el desarrollo de este estudio, se siguió el siguiente procedimiento basado en los objetivos planteados.

3.7.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE USO FORESTAL Y GANADERO

Este objetivo estuvo comprendido en dos fases, una de campo y una de laboratorio que se describen a continuación.

FASE 1: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y ESTUDIOS DE CAMPO

Se realizó una descripción del sitio de estudio, para lo cual se efectuó una entrevista a los trabajadores de la hacienda sobre la actividad ganadera que se desarrolla en esta. Se revisó información secundaria para obtener datos de referencia sobre el tipo el tipo de suelo, textura, clima, usos y conflictos por sobreutilización, datos obtenidos del MAGAP (2012). Posteriormente se elaboró un mapa para geo-referenciar el sitio de estudio y los puntos de muestreo, utilizando el programa AutoCAD 2007 y google earth.

Para la etapa de muestreo de suelo, se siguió los lineamientos recomendados por el INTA (2012) que se describen a continuación.

Se llevó a efecto una inspección *in situ* para seleccionar las parcelas de muestreo en cada tipo de suelo, previo la revisión del mapa de la zona para identificar y delimitar las zonas dedicadas a la ganadería y las áreas sin intervención y forestales. En esta actividad se comprobó que el suelo de cada parcela se encontrara en condiciones homogéneas (pendiente, textura, humedad, pastizales o bosque). Para la toma de muestras, se hizo un recorrido en zigzag por el terreno, en el que se tomó un total de 10 submuestras por cada parcela.

Posteriormente, se mezclaron estas para homogenizarlas y obtener una muestra compuesta, la misma que se seleccionó por el cuarteo. Esta técnica consistió en echar sobre una superficie plástica la tierra mezclada, luego dividirla en cruz y eliminar las partes opuestas. Esto se hizo hasta obtener la cantidad deseada de muestra (1kg). Las muestras fueron tomadas a una profundidad de 25cm en el suelo de uso ganadero y 45cm en el suelo de uso forestal (Anexo 4), que está dentro de los rangos recomendados por la metodología.

Para la determinación de parámetros físicos, se realizaron mediciones directas en campo como se explica a continuación:

Velocidad de infiltración: este parámetro se determinó aplicando el método del cilindro simple, utilizando un cilindro metálico. Este fue enterrado a una profundidad de 8 cm atravesando el perfil del suelo. Seguidamente se vertió agua dentro del cilindro (444 ml) hasta alcanzar una altura predefinida previa la colocación de una funda plástica para evitar que el agua golpee directamente el suelo. Se vertió el agua y, posteriormente al retirar la funda, se tomó lectura del tiempo de infiltración y lámina de agua infiltrada. Este procedimiento se realizó repetidas ocasiones hasta la saturación del suelo (Anexo 4).

En el cuadro 3.1 se observa el modelo de hoja de campo que se utilizó para la recolección de datos durante el ensayo de infiltración.

Cuadro 3.1 Hoja de campo modelo para la toma de datos de infiltración

Datos de infiltración			
Tiempo/Hora	Tiempo de infiltración (min)	Altura leída (cm)	Observación

○ **Cálculo de la infiltración en suelo de uso forestal**

El primer paso fue calcular la velocidad instantánea de infiltración del suelo, utilizando la siguiente fórmula:

$$Vi = 60 \frac{\Delta L}{\Delta T} = \frac{cm}{H} \quad [3.1]$$

Donde ΔL es la lámina parcial de agua infiltrada que se midió en cm, y ΔT es intervalo de tiempo que transcurrió para cada lámina de agua en min. Con los resultados obtenidos, se elaboró una tabla como se observa a continuación:

Cuadro 3.2 Velocidad Instantánea de infiltración en suelos de uso forestal. Sitio Zapote

Intervalo de Tiempo $\Delta T = \text{min.}$	Tiempo acumulado $T = \text{min.}$	Lamina parcial infiltrada $\Delta L = \text{cm.}$	Lamina infiltrada Acumulada $L = \text{cm.}$	Velocidad Instantánea de Infiltración $Vi = \text{cm/H}$
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,33	0,33	4,76	4,76	865,45
0,80	1,13	5,30	10,06	397,50
0,63	1,76	7,60	17,66	723,81
1,37	3,13	8,00	25,66	350,36
2,33	5,46	9,40	35,06	242,06

El siguiente paso fue realizar el cálculo de los mínimos cuadrados a partir del logaritmo de la acumulación de los intervalos de tiempo (T) transcurridos en cada lámina de agua infiltrada (L) y la acumulación de esta última:

Cuadro 3.3 Cálculo de los mínimos cuadrados con base en la acumulación del tiempo y la lámina de infiltración en suelos de uso forestal.

Tiempo acumulado T = min.	Lamina infiltrada Acumulada L= cm.	X = Log T	Y = Log L	X*Y	X ²
0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,33	4,76	-0,4815	0,6776	-0,3263	0,2318
1,13	10,60	0,0531	1,0253	0,0544	0,0028
1,76	17,66	0,2455	1,2470	0,3062	0,0603
3,13	25,66	0,4955	1,4093	0,6983	0,2456
5,46	35,06	0,7372	1,5448	1,1388	0,5435
		1,0498	5,9040	1,8715	1,0839
		ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX^2

Se determinó el valor de A y de B que son los parámetros principales en la fórmula para calcular la infiltración básica, por lo que se calculó la varianza de xy (δxy) y de x^2 (δx^2) utilizando las siguientes fórmulas:

$$\delta xy = \Sigma XY - \frac{\Sigma x * \Sigma y}{N} \quad [3.2]$$

$$\delta x^2 = \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N} \quad [3.3]$$

Dando como resultado que, Varianza de xy: $\delta xy = 0,631840872$ y la varianza de X^2 : $\delta x^2 = 0,863506142$. Con estos valores se determinó A y B utilizando las siguientes fórmulas:

$$B = \frac{\delta xy}{\delta x^2} \quad [3.4] \quad A = \frac{\Sigma y - B \Sigma x}{N} \quad [3.5]$$

Así, el resultado obtenido fue: $B = 0,7317$ y $A = 1,027157268$. Siendo $B = N$ y $A = C$ se calculó la infiltración básica a través de la siguiente fórmula:

$$IB = 60CN \left(\frac{0.01}{60CN(N-1)} \right)^{\frac{N-1}{N-2}} \quad [3.6]$$

$$IB = 60 * 1,0271573 * 0,7317 \left(\frac{0.01}{60 * 1,0271573 * 0,7317 (0,7317 - 1)} \right)^{\frac{0,7317-1}{0,7317-2}}$$

Dando como resultado:

$$IB = 10,05 \text{ cm/H}$$

○ **Cálculo de la infiltración en los suelo uso ganadero**

Cuadro 3.4 Velocidad Instantánea de infiltración en suelos de uso ganadero.

Intervalo de Tiempo $\Delta T = \text{min.}$	Tiempo acumulado $T = \text{min.}$	Lamina parcial infiltrada $\Delta L = \text{cm.}$	Lamina infiltrada Acumulada $L = \text{cm.}$	Velocidad Instantánea de Infiltración $V_i = \text{cm/H}$
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5,19	5,19	6,00	6,00	69,36
5,00	10,19	0,90	6,90	10,80
10,00	20,19	0,80	7,70	4,80
16,00	36,19	0,30	8,00	1,13

Cuadro 3.5 Cálculo de los mínimos cuadrados con base en la acumulación del tiempo y la lámina de infiltración en suelo de uso ganadero.

Tiempo acumulado $T = \text{min.}$	Lamina infiltrada Acumulada $L = \text{cm.}$	$X = \text{Log } T$	$Y = \text{Log } L$	$X*Y$	X^2
0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5,19	3,95	0,7152	0,5966	0,4267	0,5115
10,19	5,80	1,0082	0,7634	0,7697	1,0164
20,19	6,20	1,3051	0,7924	1,0342	1,7034
36,19	6,90	1,5586	0,8388	1,3074	2,4292
		4,5871	2,9913	3,5379	5,6605
		ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX^2

Se calculó la varianza utilizando las fórmulas 3.2 y 3.3, dando como resultado:

$$\delta_{xy} = 0,107651128 \text{ y } \delta_{x^2} = 0,400164077.$$

Luego se determinó A y B por medio de las fórmulas 3.4 y 3.5, y el resultado fue:

B = 0,269017471 y A = 0,439316214. Así, se calculó la infiltración básica para los suelos de uso ganadero utilizando la fórmula 3.6:

$$IB = 60 * 0,4393 * 0,2690 \left(\frac{0.01}{60 * 0,4394 * 0,2690 (0,2690 - 1)} \right)^{\frac{0,2690-1}{0,2690-2}}$$

Dando como resultado:

$$IB = 0,51 \text{ cm/H}$$

Densidad aparente del suelo: se siguió la metodología de Rucks *et al.*, (2004) iniciado con un muestreo de suelo por el método del cilindro de volumétrico, el mismo que permitió extraer las muestras de suelo sin disturbar y con volumen conocido (Anexo 3). Este se realizó en el primer horizonte del suelo. Se tomó un total de cuatro muestras, dos en cada parcela (Cuadro 3.6 y 3.7). Posteriormente, fueron llevadas al laboratorio para su respectivo análisis. Estas se pesaron en una balanza de precisión y luego fueron llevadas a la estufa a 105°C por 24 horas. Transcurrido el tiempo, se retiró las muestras de la estufa, se llevaron al desecador por 30 minutos y se volvió a tomar el peso de cada muestra.

Con los resultados obtenidos, se aplicó la fórmula 2.1 para determinar la densidad aparente de los suelos de la siguiente forma:

- **Cálculo de la Densidad aparente en los suelos de uso forestal**

Cuadro 3.6 Datos de campo y laboratorio. Suelos de uso forestal

TIPO DE SUELO	CODIGO MUESTRA	VOLUMEN DE SUELO (cm ³)	PESO DEL SUELO SECO (gr)
SUELO DE USO FORESTAL	SSF1	125,00	97,70
	SSF2	125,00	128,9

$$Dap_{SSF1} = \frac{W_{ss}}{V_t} = \frac{97,70 \text{ gr}}{125 \text{ cm}^3} = 0,78 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$Dap_{SSF2} = \frac{128,9 \text{ gr}}{125 \text{ cm}^3} = 1,03 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$Dap_{promedio} = \frac{(0,78 + 1,03) \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}}{2} = 0,91 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

○ **Cálculo de la Densidad aparente en los suelos de uso ganadero**

Cuadro 3.7 Datos de campo y laboratorio. Suelo de uso ganadero

TIPO DE SUELO	CODIGO MUESTRA	VOLUMEN DE SUELO (cm ³)	PESO DEL SUELO SECO (gr)
SUELO DE USO GANADERO	SSG1	125,00	150,1
	SSG2	125,00	173,4

$$Dap_{SSG1} = \frac{W_{ss}}{V_t} = \frac{150,1 \text{ gr}}{125 \text{ cm}^3} = 1,20 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$Dap_{SSG2} = \frac{173,4 \text{ gr}}{125 \text{ cm}^3} = 1,39 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$Dap_{promedio} = \frac{(1,20 + 1,39) \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}}{2} = 1,30 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Conductividad Hidráulica: Para determinar este parámetro físico, se excavó un hoyo en el suelo hasta la profundidad de 30 cm y con un diámetro de 10 pulgadas (25,4 cm). Se enrasó con agua hasta una altura de 25 cm y se tomó el tiempo hasta que esta bajara a una altura de 20 cm. Luego se tomó el tiempo de infiltración hasta una profundidad de cinco centímetros (Anexo 4). Se ordenó en una tabla la información recabada del ensayo (Cuadro 3.8).

Cuadro 3.8 Datos de campo para estimación de la conductividad hidráulica (K)

ÁREA DE ENSAYO	Medidas					
	Profundidad del hoyo (H)	Radio del hoyo (m)	Tiempo inicial (T1)	Tiempo final (T2)	Altura inicial (H1)	Altura final (H2)
Suelo de uso forestal	0,30 m	0,127 m	0 seg.	1017 seg.	0,25 m	0,05 m
Suelo de uso ganadero	0,30 m	0,127 m	0 seg.	2040 seg.	0,23 m	0,04 m

Para el cálculo de la conductividad hidráulica (K) se aplicó la siguiente fórmula:

$$K = R \left[-\ln \left(\frac{H_2}{H_2 + \frac{R}{2}} \right) + \ln \left(\frac{H_1}{H_1 + \frac{R}{2}} \right) \right] / 2T_2$$

[3.7]

Donde:

K = Conductividad hidráulica

Ln = Logaritmo natural

R = Radio m

H1 = Altura inicial **H2** = Altura final

T2 = Tiempo final

El cálculo se realizó de la siguiente forma:

○ **Conductividad hidráulica en el suelo de uso forestal**

$$K_{SSF} = 0,127 \text{ m} \left\{ -\ln \left(\frac{0,05 \text{ m}}{0,05 \text{ m} + \frac{0,127 \text{ m}}{2}} \right) + \ln \left(\frac{0,25 \text{ m}}{0,25 \text{ m} + \frac{0,127 \text{ m}}{2}} \right) \right\} / 2 (1017 \text{ seg})$$

$$K_{SSF} = 0,127 \text{ m} \left\{ -\ln \left(\frac{0,05 \text{ m}}{0,1135 \text{ m}} \right) + \ln \left(\frac{0,25 \text{ m}}{0,3135 \text{ m}} \right) \right\} / 2034 \text{ seg}$$

$$K_{SSF} = 0,127 \text{ m} \{ -\ln(0,4405) + \ln(0,7974) \} / 2034 \text{ seg}$$

$$K_{SSF} = 0,127 \text{ m} \{ 0,5934 \} / 2034 \text{ seg}$$

$$K_{SSF} = 0,0000371 \text{ m/seg}$$

○ **Conductividad hidráulica en el suelo de uso ganadero**

$$K_{SSF} = 0,127 \text{ m} \left\{ -\ln \left(\frac{0,04 \text{ m}}{0,04 \text{ m} + \frac{0,127 \text{ m}}{2}} \right) + \ln \left(\frac{0,23 \text{ m}}{0,23 \text{ m} + \frac{0,127 \text{ m}}{2}} \right) \right\} / 2 (2040 \text{ seg})$$

$$K_{SSF} = 0,127 \text{ m} \left\{ -\ln \left(\frac{0,04 \text{ m}}{0,1035 \text{ m}} \right) + \ln \left(\frac{0,23 \text{ m}}{0,2935 \text{ m}} \right) \right\} / 4080 \text{ seg}$$

$$K_{SSF} = 0,127 \text{ m} \{ -\ln(0,3865) + \ln(0,7836) \} / 4080 \text{ seg}$$

$$K_{SSF} = 0,127 \text{ m} \{ 0,7067 \} / 4080 \text{ seg}$$

$$K_{SSF} = 0,0000220 \text{ m/seg}$$

A continuación se detallan los materiales utilizados en la fase de campo:

Cuadro 3.9 Materiales utilizados en la fase de campo

MATERIALES	EQUIPOS
Pala	GPS
Machete, cuchillo	Cilindro metálico de 4.5" de diámetro para la prueba de infiltración
Fundas plásticas (2 lb)	Cilindros metálicos pequeños para toma de muestras de suelo
Saco	Estufa
Libreta de anotaciones	Balanza
Cinta métrica	
Etiquetas de identificación	
Mapa del sitio	

FASE 2: ANÁLISIS EN LABORATORIO

En esta etapa las muestras de suelo, obtenidas en la fase de campo, fueron enviadas al laboratorio de suelos y tejido vegetal del INIAP (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS), estación experimental boliche litoral sur, ubicado en la provincia de Guayas, para su respectivo análisis. Este laboratorio está acreditado con la norma ISO 17025. Cumplida la fecha establecida de los análisis, el laboratorio remitió los resultados obtenidos lo cual permitió continuar con la etapa final de la investigación (Anexo 2).

3.7.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO

Para la interpretación de los resultados obtenidos en la fase de campo y laboratorio, de los parámetros físico-químicos de las muestras de suelo, se utilizó la guía general propuesta por Molina y Meléndez (2002) desarrollada por CATIE (1978) y el Ministerio de Agricultura (1986), con valores de referencia establecidos sobre la fertilidad del suelo (Cuadro 2.3). Para algunos parámetros físicos como la densidad aparente y la velocidad de infiltración, se tomó como referencia las tablas propuestas en la guía del USDA (1999) y Forsythe (1985) que contiene valores de rangos establecidos para la conductividad hidráulica del suelo (Anexo 3).

3.7.3. ESTABLECIMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS DEL SITIO

Para determinar la calidad de los suelo de uso forestal y ganaderos, se realizaron las siguientes actividades:

- **Selección de los Indicadores de Calidad del Suelo:** Basado en el criterio teórico y el razonamiento de autores que han realizado estudios sobre los ICS, apoyados en investigaciones realizadas sobre el tema, y que han expuesto sus razones para la elección de ICS, se eligió los parámetros no tan solo desde la perspectiva de ser representativo, sino de ser aplicable a esta investigación, al contexto y al objeto de estudio como una situación particular. Estos indicadores y las bases teóricas para su elección, se detallan en el inciso 3.4 de este capítulo.
- **Evaluación de la calidad de los suelos mediante índices de calidad:** Este índice de calidad del suelo, fue desarrollado por Cantú *et al.*, (2007) y consiste en obtener un solo valor que es obtenido a través de una tabla; esta indica las clases de calidad de suelos (Anexo 3). Este valor es el promedio de los valores de cada parámetro en particular. A continuación se describe el método:

Se estableció un valor máximo y mínimo para cada parámetro seleccionado, utilizando criterios teóricos y valores medidos en el suelo de referencia (suelo de uso forestal). Posteriormente, los indicadores fueron normalizados utilizando una escala 0 – 1 en representación de la peor y la mejor situación respecto al valor máximo, desde la perspectiva de calidad, independiente del valor absoluto medido para cada indicador. En efecto, las dos situaciones posibles son:

- Cuando el valor máximo del indicador (I_{max}) corresponde a la mejor situación de calidad de suelo ($V_n = 1$: Valor normalizado del indicador):

$$V_n = \frac{(I_m - I_{min})}{(I_{max} - I_{min})} \quad [3.8]$$

- Cuando el valor máximo corresponde a la peor situación de calidad del suelo ($V_n = 0$):

$$Vn = 1 - \frac{(Im - Imin)}{(Imax - Imin)} \quad [3.9]$$

Como último paso, se promedió los valores de todos los indicadores, para así establecer un índice de calidad del suelo (ICS). Se utilizó una escala de transformación (Anexo 3) que contiene cinco clases de calidad del suelo para interpretar el valor del ICS.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos, se presentan a continuación conforme a los objetivos propuestos en esta investigación.

4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELO DE USO FORESTAL Y GANADEROS

FASE 1: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El sitio Zapote pertenece a la parroquia Quiroga del cantón Bolívar, provincia de Manabí. El propietario de la hacienda, cuya extensión aproximada es de 1000 ha, según datos que proporcionó uno de los trabajadores de la misma, es el Dr. Velásquez. La zona presenta un clima semi-húmedo tropical con áreas montañosas y pequeños parches de bosques intervenidos. Actualmente, los pastos cultivados ocupan una mayor área debido a que la ganadería, es la principal actividad productiva en la hacienda.

La agricultura, limitada por las elevadas pendientes y la dificultad para el riego, se practica en menor grado con la siembra de especies de ciclo corto y perenne como el maíz y el plátano. En cuanto a la taxonomía, predominan la clase Inceptisol y Mollisol + Entisol, presentando texturas que van de media hasta fina y poseen una predominancia (MAGAP, 2012).

En algunas partes, altas y bajas del relieve, se observó un color amarillento, propio de rocas sedimentarias del Mioceno, conocido como formación geológica onzole. Estos suelos, están compuestos por lutitas (rocas sedimentarias, por lo general ricas en sodio y magnesio) y limolitas, estas últimas, en su composición mineralógica, poseen principalmente óxido de hierro, cuarzo, calcita, entre otros. Son de textura clástica con un grano muy fino de diversos minerales. Los usos de suelo en el sitio corresponden a cultivos de especies frutales y a pastos cultivados. La microcuenca presenta vertientes regulares y colinas medianas (Anexo 1).

En el mapa se puede observar las coordenadas que corresponden a los puntos donde se realizó el muestreo (Anexo 1); en el suelo de uso forestal, el muestreo se realizó dentro de un área de 35 469,37 m² con una pendiente promedio de 52,5 % y de 41 274,04 m² en el suelo de uso ganadero con pastos cultivados y una pendiente promedio de 31,6 %.

FASE 2: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Una vez analizada las muestras de suelo en el laboratorio, y luego de haber realizado los ensayos de campo respectivos, se identificaron las propiedades fisicoquímicas de los suelos del sitio Zapote, por lo que se presenta a continuación el resultado de los valores obtenidos de cada parámetro. La interpretación se realizó con base en los niveles de referencia utilizados por INIAP (Cuadro 4.1), la guía general de Molina y Melendez (2002) (Cuadro 2.3) y criterios teóricos.

Cuadro 4.1 Niveles de referencia de los parámetros químicos, según la INIAP

Valores de referencia óptimos			
Medio (ug/ml)			
Nh4	20	-	40
P	10	-	20
K	78	-	156
Ca	800	-	1600
Mg	121,5	-	243
S	10	-	20
Zn	2	-	7
Cu	1	-	4
Fe	20	-	40
Mn	5	-	15
B	0,5	-	1
Cl	17	-	34

Cuadro 4.2 Interpretación para la salinidad, según la INIAP

C.E	INTERPRETACIÓN
0 - 2,0	Suelo no salino Suelo ligeramente salino
2,1 - 4,0	Suelo salino
4,1 - 8,0	Suelo muy salino
Más de 8	Suelo muy salino

○ **Características químicas de los suelos de uso forestal del sitio Zapote**

Cuadro 4.3 Propiedades químicas del suelo de uso forestal

Parámetro	Valores obtenidos (ug/ml)	Interpretación según niveles de referencias INIAP
pH	7	Neutro
NH4	28	Media
P	11	Media
K	210	Alta
Ca	3544	Alta
Mg	444	Alta
S	4	Baja
Zn	0,7	Baja
Cu	3,3	Media
Fe	47	Alta
Mn	9	Media
B	0,19	Baja
CIC (meq/100gr)	32	---
% MO	2,5	Baja

Cuadro 4.4 Propiedades físicas identificadas en los suelos de uso forestal del sitio Zapote

Parámetro	Resultado			Unidad	Rango	Observación
Textura	Arena	Limo	Arcilla	%		Suelo Franco
	40	36	25			
Densidad aparente	0,91			g/cm ³	<1,40	Baja
Densidad real	2,47			g/cm ³		
Porosidad	62,93			%	55 - 65	Óptima
Humedad	19,10			%		
Conductividad Hidráulica	0,0000371			m/s	> 5x10 ⁻⁰⁵	Permeable
Velocidad de Infiltración	10,05			cm/h	15,24 – 5,08	Moderada

En el Cuadro 4.4 se muestra el resultado de los parámetros físicos identificados en los suelos de uso forestales siendo estos un total de siete, cada uno con su unidad, rango o niveles de referencia y su debida interpretación. La Densidad aparente en estos suelos es algo baja (0,91 g/cc). Este valor se refleja en la porosidad del suelo que dio como resultado 62,93%, siendo esta muy buena. Para Reyes (2010) los valores de porosidad excelente en un suelo oscilan entre el 55-65%.

A su vez estos valores se relacionan con la Conductividad hidráulica del suelo que con un valor de 0,0000371 m/s se considera un suelo permeable apto para el riego ya que está por debajo del valor de referencia (Anexo 3).

La infiltración en estos suelos se encuentra dentro del rango de moderada (15,24-5,08 cm/h) siendo esta 10,05 cm/h. Este resultado guarda mucha relación con los valores de la porosidad y es muy bueno tomando en cuenta que la humedad del suelo.

○ **Características físicas de los suelos de uso ganadero del sitio Zapote**

Cuadro 4.5 Propiedades químicas identificadas en los suelos de uso ganadero

Parámetros	Valores obtenidos (ug/ml)	Interpretación según niveles de referencia INIAP
pH	6,1	Ligeramente ácido
NH ₄	40	Media
P	28	Alta
K	210	Alta
Ca	3600	Alta
Mg	274	Alta
S	5	Baja
Zn	5	Media
Cu	4,2	Alta
Fe	189	Alta
Mn	22	Media
B	0,09	Baja
CIC (meq/100gr)	30	
% MO	5	Media

Cuadro 4.6 Propiedades físicas identificadas en los suelos de uso ganadero

Parámetro	Resultado	Unidad	Rango	Observación
Textura	ARENA	%		Suelo Franco
	LIMO			
	ARCILLA			
Densidad aparente	38	g/cm ³	< 1,40	Media
Densidad real	42	g/cm ³		
Porosidad	21	%	55 - 65	Algo baja
Humedad	1,29	%		
Conductividad Hidráulica	2,27	m/s	> 5x10 ⁻⁰⁵	Permeable
Velocidad de Infiltración	0,000220	cm/h	1,52 – 0,51	Lento

La Densidad aparente en este suelo es de 1,29 g/cc. A pesar de que ha aumentado, se considera media ya que su valor está por debajo del rango establecido (Cuadro 4.6).

Lanfranco (2014) menciona que esto tiene como consecuencia la disminución de la porosidad, que en este suelo es de 43,03% mientras que Rubio (2010) menciona que esto puede afectar la capacidad de infiltración, grado de aireación y establecimientos de las plantas ya que crea una resistencia en el suelo sobre las raíces. Para Reyes (2010) un suelo con una porosidad menor al 50%, tiene una porosidad no satisfactoria para la capa arable.

La infiltración dio como resultado 0,51 cm/H, valor que se encuentra dentro del rango de lento. Esto se debe a la reducción del espacio poroso del suelo. Uno de los efectos que esto puede causar es el anegamiento según Donoso (1992) citado por Rubio (2010). En el sitio estudiado, los suelos poseen áreas con pendientes, lo que puede ocasionar una erosión por escurrimiento.

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO.

- **Comparación de propiedades químicas entre los suelos de uso forestal y ganadero**

Cuadro 4.7 Comparación entre las propiedades químicas de los suelos estudiados

Parámetros	Suelo de uso ganadero		Suelo de uso forestal	
	Valores obtenidos (ug/ml)	Interpretación	Valores obtenidos (ug/ml)	Interpretación
pH	6,1	Ligeramente ácido)	7	Neutro
NH4	40	Media	28	Media
P	28	Alta	11	Media
K	210	Alta	210	Alta
Ca	3600	Alta	3544	Alta
Mg	274	Alta	444	Alta
S	5	Baja	4	Baja
Zn	5	Media	0,7	Baja
Cu	4,2	Alta	3,3	Media
Fe	189	Alta	47	Alta
Mn	22	Alta	9	Alta
B	0,09	Baja	0,19	Baja
CIC (meq/100gr)	32		30	
% MO	5	Media	2,5	Baja

Una vez culminada la fase de campo, donde se logró identificar las propiedades físicas y químicas de los suelos de uso forestal y ganadero, se muestra el análisis de los resultados obtenidos, iniciando con una comparación de los parámetros químicos entre los suelos de estudio, con base en los niveles de referencia del INIAP (Cuadro 4.1) y la Guía general para la interpretación de análisis de suelos (Cuadro 2.3) según Molina y Meléndez (2002).

La concentración de iones de amonio (NH_4) es de 40 $\mu\text{g/ml}$ en el suelo de uso ganadero estando dentro del rango de un suelo óptimo según la INIAP (20 – 40 $\mu\text{g/ml}$), mientras que en el suelo de referencia es de 28 $\mu\text{g/ml}$, por lo tanto la variabilidad entre estos es de 17,6%.

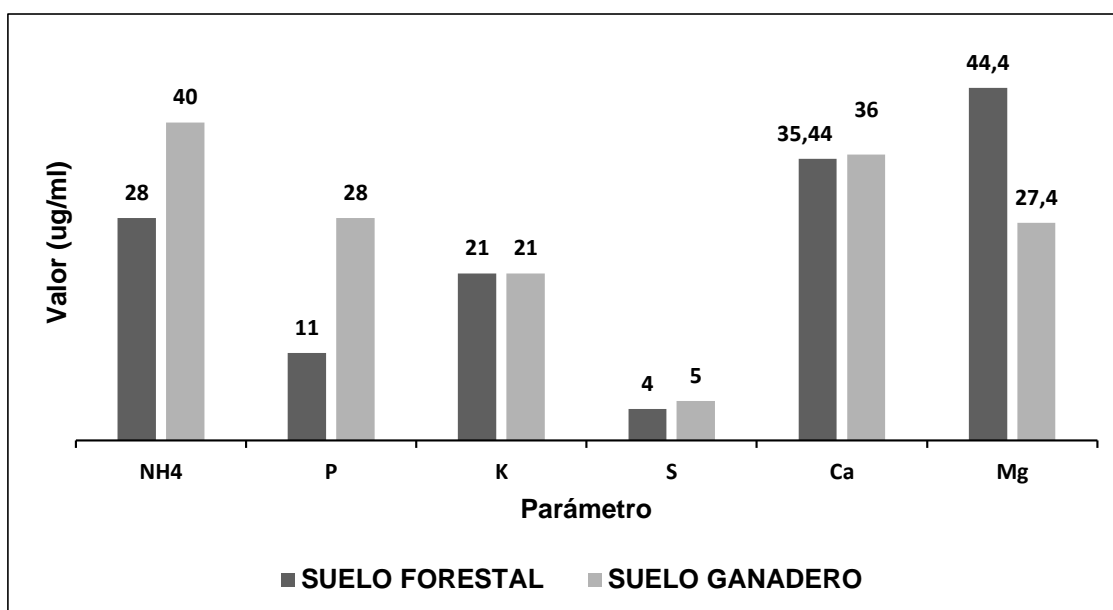


Gráfico 4.1 Comparación de macronutrientes entre los suelos de uso forestal y ganadero

El fósforo (P) en los suelos estudiados, muestra una variabilidad de 43,58%. El suelo de uso ganadero tiene una concentración de 28 $\mu\text{g/ml}$ y el suelo de uso forestal de 11 $\mu\text{g/ml}$. Según los niveles de referencia del INIAP, el suelo de uso ganadero supera el rango de un suelo óptimo, visto que está por encima de 10 – 20 $\mu\text{g/ml}$, a diferencia del suelo de uso forestal. Sin embargo para Molina y Meléndez (2002), el rango idóneo para este parámetro debe estar de entre 20 – 50 $\mu\text{g/ml}$, es decir que para estos autores el suelo de uso ganadero tiene una concentración de fósforo apropiada a diferencia del suelo de referencia.

El Potasio (K) no mostro variabilidad. Esto se debe a que los dos suelos presentaron una concentración de 210 ug/ml. Esto indica que las actividades ganaderas no han afectado la disponibilidad de este nutriente en el suelo. Los valores de referencia del INIAP nos indican que este valor excede la concentración ideal que debe tener un suelo en óptimas condiciones que es de 78 – 156 ug/ml. El Calcio por su parte (Ca) mostró una variabilidad fue de 0,78% entre los dos suelos, con una concentración de 3544 ug/ml en el suelo patrón y de 3600 ug/m en el suelo de uso ganadero teniendo este un aumento, pero ambos exceden el rango de referencia que establece el INIAP (800 – 1600 ug/ml) (Gráfico 4.1).

La variabilidad que presentó el magnesio (Mg) entre los suelos fue de 23,68% con un valor de 274 ug/ml en el suelo de uso ganadero y de 444 ug/ml el suelo de uso forestal mostrando una disminución considerable de 170 ug/ml (Gráfico 4.1). Ambas exceden el límite establecido según la guía de referencia del INIAP que establece una concentración dentro del rango de 121,5 – 243 ug/ml para que sea un suelo óptimo. El Azufre (S) presentó una variabilidad de 11,12%.

El suelo de uso ganadero tuvo una concentración de 5 ug/ml mientras que en el suelo patrón fue de 4 ug/ml ha, por lo que se aprecia que hubo un aumento leve, sin embargo el INIAP indica que ambas concentraciones son muy bajas para ser un suelo óptimo, según los niveles de referencia (10 – 20 ug/ml). Molina y Meléndez (2002) señalan que un suelo ideal debe tener entre 20 – 50 ug/ml de azufre, es decir que la concentración de azufre en ambos suelos es baja.

La concentración de Zinc (Zn) en los suelos de uso ganadero es de 5 ug/ml, está en un nivel apropiado mientras que el suelo de uso forestal (0,7 ug/ml) tiene una baja concentración según los rangos de referencia que proponen el INIAP (2,0 – 7,0 ug/ml); Molina y Melendez (2002) entre 3 – 10 ug/ml para un suelo de buena calidad. La variabilidad que existe entre estos dos valores es de 75,44% (Gráfico 4.2).

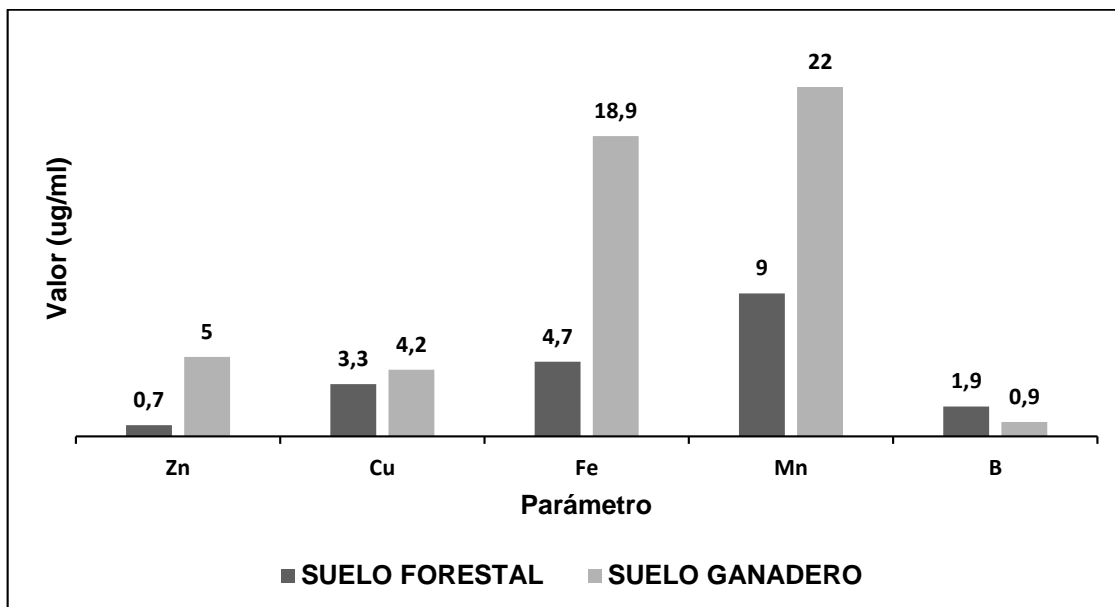


Gráfico 4.2 Comparación de micronutrientes entre suelos de uso forestal y ganadero

El cobre (Cu) en los suelos estudiados muestra una variabilidad de 12% como se muestra en el Gráfico 4.4. La concentración de este elemento en el suelo de uso ganadero es de 4,2 ug/ml que en comparación al suelo de uso forestal (3,3 ug/ml) ha aumentado 0,9 ug/ml, excediendo el nivel de referencia del INIAP (1,0 – 4,0 ug/ml). Por el contrario, en el suelo de uso forestal este nutriente tiene una concentración apropiada que está dentro del rango establecido. Sin embargo para Molina y Melendez (2002), el nivel que debe tener un suelo debe estar entre 1 – 20 ug/ml, por lo que de acuerdo con esta referencia, ambos suelos tienen concentraciones normales.

El hierro (Fe) en la muestra de suelo de uso ganadero es de 189 ug/ml y en el suelo de uso forestal es de 47 ug/ml por lo que se aprecia un aumento significativo, es decir existe una variabilidad de 60,16%. Ambos valores exceden los niveles de referencia del INIAP (20 – 40 ug/ml). Sin embargo, según la guía de Molina y Meléndez (2002) el suelo de uso forestal se encuentra en un nivel normal debido a que la concentración de hierro está entre 10 – 50 ug/ml a diferencia del suelo de uso ganadero en donde dicha concentración excede este rango.

La concentración de manganeso (Mn) entre ambos suelos tiene una variabilidad de 41,94%. El suelo de uso ganadero posee una concentración de 22 ug/ml que

excede el nivel de referencia del INIAP (5 – 15 ug/ml), que en comparación con el suelo de referencia que tiene una concentración de 9 ug/mml, ha aumentado significativamente (Gráfico 4.2). Así, se tiene que el valor del manganeso en el suelo de uso forestal, está dentro del rango de un suelo en buenas condiciones. Sin embargo según la guía de Molina y Meléndez (2002), un suelo de buena calidad, debe tener una concentración de entre 10 – 50 ug/ml. En este caso, el suelo de uso ganadero posee un nivel ideal a diferencia del suelo de uso forestal que sería muy bajo.

El Boro (B) tiene una concentración de 0,09 ug/ml en el suelo de uso ganadero que comparado con el suelo de uso forestal, ha aumentado a 0,19 ug/ml (cabe mencionar que para una mejor visualización en el gráfico, estos dos valores fueron llevados a unidades de 10) mostrando una variabilidad de 35,72% (Gráfico 4.2). Sin embargo ambos suelos tienen una concentración que está por debajo del límite inferior del rango de referencia del INIAP (0,5 – 1,0 ug/ml). Esto lo respalda la guía de Molina y Meléndez (2002).

La materia orgánica (M.O) mostró una variabilidad del 50%, ya que su valor (en el suelo de uso ganadero fue de 5% y en el suelo de uso forestal fue de 2,5% (Gráfico 4.3).

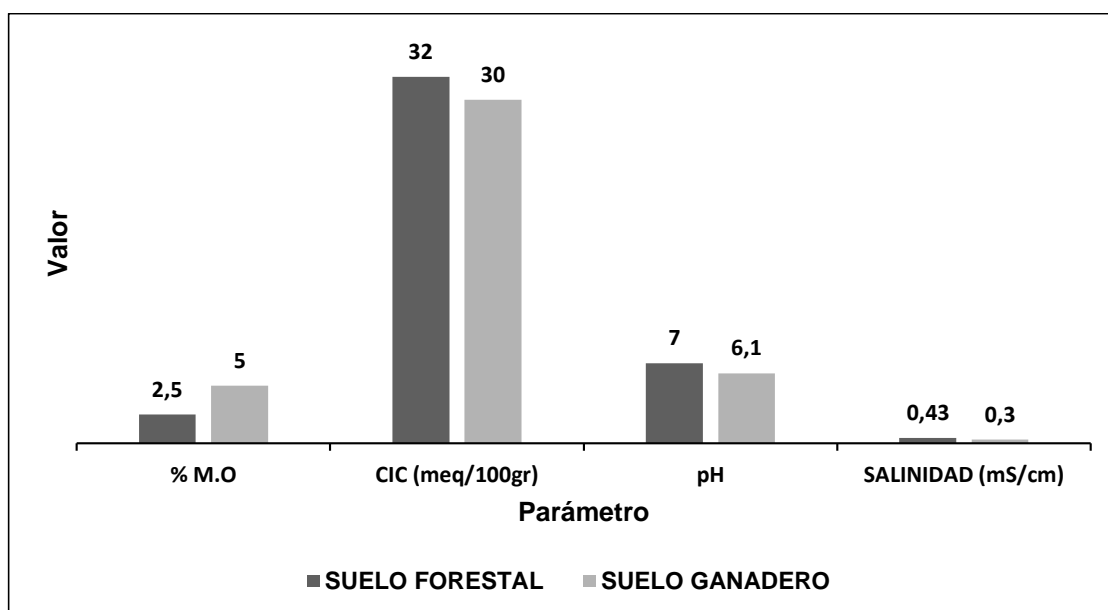


Gráfico 4.3 Comparación de M.O, CIC y pH entre los suelos de uso forestal y ganadero

La conductividad eléctrica (C.E) tanto del suelo de uso ganadero como la del suelo de referencia (suelo de uso forestal) está dentro del rango establecido por el INIAP para un suelo en buenas condiciones (0 – 2,0 mS/cm). El suelo de uso ganadero tuvo un valor de 0,30 mS/cm y el suelo de uso forestal de 0,43 mS/cm por lo que ambos se consideran como no salinos. Según el INIAP, un suelo que posea una conductividad eléctrica entre, es un suelo no salino, con una presencia de sales despreciable; Según la guía de referencia para la interpretación de la conductividad eléctrica utilizada por el USDA (1999), los suelos son no salinos cuando la concentración de iones de sales está entre 0 – 0,98 mS/cm.

La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C) en el suelo de uso ganadero es de 30 meq/100gr, que en comparación con el suelo de uso forestal (32 meq/100gr) ha disminuido levemente, mostrando una variabilidad de 6,25%. Ambos suelos tienen alta C.I.C según la guía de interpretación utilizada por Molina y Meléndez (2002), debido a que esta está dentro del rango de 25 – 40 meq/100gr.

El pH en el suelo de uso ganadero de 6,1 en comparación con el suelo de uso forestal que fue de 7, ha mostrado una variabilidad de 12,86% debido a las actividades realizadas con el cambio de uso de suelo al que este fue sometido; es decir las prácticas pecuarias (ganado vacuno) con el pasar del tiempo han provocado que este se acidifique; sin embargo según la guía general para la interpretación de análisis de suelo de Molina y Meléndez (2002) el pH del suelo es óptimo. Según Dorronsoro *et al.*, (2004), las mejores condiciones para que las plantas se desarrollen es cuando el pH es de entre 6 – 7,5.

- **Comparación de propiedades físicas entre suelos de uso forestal y ganadero del sitio Zapote.**

Según el triángulo de textura (figura 2.1), los dos suelos estudiados son franco. El suelo de uso ganadero posee 38% de arena, 42% de limo y 21% de arcilla y el suelo de uso forestal 40% de arena, 36% de limo y 25% de arcilla (Cuadro 4.8). Hillel (1982) citado por USDA (1999) menciona que la textura perturba el

régimen de infiltración. Por lo general suelos arenosos exhiben un régimen de infiltración veloz.

Cuadro 4.8 Comparación de propiedades físicas entre los suelos estudiados

TIPO DE SUELO	Suelo de uso forestal			Suelo de uso ganadero			
	Unidad	Resultados obtenidos					
Textura	%	Arena	Limo	Arcilla	Arena	Limo	Arcilla
		40	36	25	38	42	21
Densidad aparente	g/cm ³	0,91			1,29		
Densidad real	g/cm ³	2,47			2,27		
Porosidad	%	62,93			43,03		
Humedad	%	19,10			15,50		
Conductividad Hidráulica	m/s	0,0000371			0,0000220		
Velocidad de Infiltración	cm/h	10,05			0,51		

La densidad aparente del suelo de uso ganadero es de 1,29 g/cc que en comparación con el suelo de referencia (suelo de uso forestal) es ligeramente más elevada siendo de 0,91 g/cc, mostrando una variabilidad de 17,28%. Estos valores según el USDA (1999), corresponden a los de un suelo ideal para el crecimiento radicular y el desarrollo de la vegetación debido a que la densidad aparente de ambas muestras es menor de 1,40 g/cc.

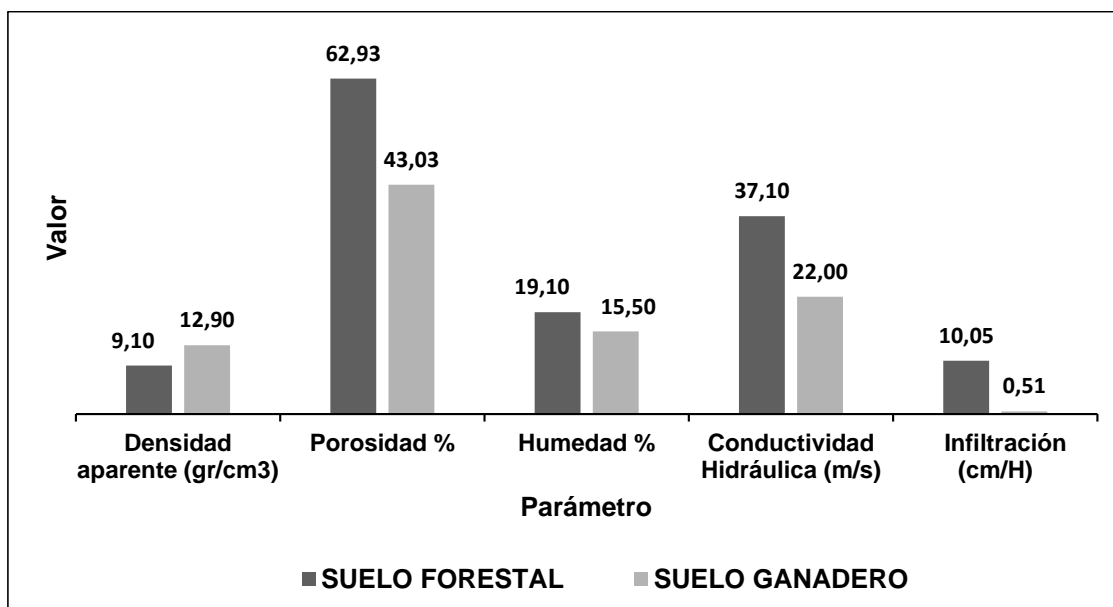


Gráfico 4.4 Variabilidad de propiedades físicas entre los suelos estudiados

La porosidad del suelo de uso ganadero dio como resultado 43,03% que comparado con el suelo de uso forestal (62,93%) es muy baja, presentando una

variabilidad de 18,78%. Este valor indica que las actividades ganaderas reducen el espacio poroso, lo que provocaría menor drenaje y flujo del agua y con el pasar del tiempo las plantas (pastos) no podrán desarrollar correctamente sus raíces lo que repercutirá en el desarrollo de la actividad afectando la producción.

La velocidad de infiltración en el suelo de uso ganadero fue 0,51 cm/h, valor sumamente bajo en comparación con el suelo de uso forestal que fue 10,05 cm/h, presentado una variabilidad de 94,92%. La degradación de la estructura de la capa superficial del suelo, conlleva a una carencia de capacidad para el aire, y esto a su vez disminuye la capacidad de infiltración (Rucks *et al.*, 2004)

La conductividad hidráulica (K_s) del suelo de uso ganadero es de 0,0000220 m/s (1,94 m/día), valor que indica que esta es moderadamente rápida; mientras que la del suelo de uso forestal es de 0,0000371 m/s (3,32 m/día), es decir que es rápida. Algunos factores como la materia orgánica, textura y estructura, influyen en la capacidad de aire y permeabilidad de los suelos. Otros factores que condicionan la permeabilidad son la profundidad del suelo, aumento del contenido de agua, cantidad y tamaño de los poros (Rucks *et al.*, 2004). La variabilidad que existe entre ambas es de 41,67%. Se determinó la K_s con la guía para la interpretación de la permeabilidad de Forsythe (1985) (Anexo 3).

4.3. ESTABLECER LA CALIDAD DE LOS SUELOS DEL SITIO

Teniendo en cuenta, con base en la metodología aplicada, que el número de indicadores debe ser mínimo, se eligieron las propiedades físicas y químicas que, para el tipo de suelo, uso y ubicación en la zona, cumplieron con los criterios considerados como más relevantes (Cuadro 4.12).

Se establecieron los valores máximos y mínimos de diferentes formas para cada indicador. En el caso del pH, el valor mínimo escogido fue 5,5 que representa el nivel más bajo que un suelo puede tener, ya que la actividad microbiana y el desarrollo de vegetación empiezan a decrecer mientras que se tomó como valor máximo 7 que es el nivel óptimo para un suelo según Molina y Melendez (2002). Para la infiltración, se tomó como índice máximo 10,05 cm/H que es el valor del suelo de referencia y corresponde a una infiltración moderada (Anexo 3).

El índice mínimo establecido fue 0. En cuanto al porcentaje de materia orgánica, se tomó el valor promedio del rango establecido para un suelo óptimo (5-10%) propuesto por Molina y Melendez (2002). El valor mínimo establecido fue de 2% ya que por debajo de ese porcentaje los suelos presentan una fertilidad natural baja según mencionan Swift y Woomer (1991) citados por Orsag (2010). Finalmente, los valores de la densidad aparente se obtuvieron de la guía USDA (1999), en donde se encuentra clasificada según la textura del suelo (Anexo 3); I_{\max} es el valor límite de densidad para un suelo franco ($1,40 \text{ g/cm}^3$), mientras que I_{\min} es el valor promedio que se obtuvo en el suelo de referencia ($0,9 \text{ g/cm}^3$).

De esta manera, se logró establecer el índice de calidad para los dos tipos de suelo (ICS) al promediar los valores de los indicadores seleccionados (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.9 Indicadores de calidad de suelos, unidades de medida, valores máximos y mínimos definidos para los suelos estudiados sitio Zapote.

Indicador	Unidad de medida	I max Valor máximo	I min Valor mínimo
pH		7	5,5
Materia orgánica	%	7,5	2
Velocidad de infiltración	cm/hora	10,05	0
Densidad aparente	gr/cm ³	1,4	0,9

Para su respectiva interpretación, se utilizó la escala de transformación que contiene 5 clases de calidad de suelo propuesta por Cantú *et al.*, (2007) (Anexo 3).

Cuadro 4.10 Indicadores e índice de calidad del suelo de uso forestal, sitio Zapote.

Indicador	Valor Indicador
pH	1,00
Materia orgánica	0,09
Velocidad de infiltración	1,00
Densidad aparente	1,00
Índice de calidad del suelo	0,77

Cuadro 4.11 Indicadores e índice de calidad del suelo de uso ganadero, sitio Zapote.

Indicador	Valor Indicador
pH	0,40
Materia orgánica	0,55
Velocidad de infiltración	0,05
Densidad aparente	0,22
Índice de calidad del suelo	0,30

En el cuadro 4.10 se puede apreciar los valores normalizados de los indicadores para el suelo de uso forestal. Todos presentan una alta calidad con excepción de la materia orgánica (0,09) que en este caso es de baja calidad con respecto a la que presenta el suelo de uso ganadero. Este valor puede atribuirse a la profundidad a la que fue tomada la muestra de suelo, ya que la variabilidad también se presenta en forma espacial. El índice de calidad resultante indica que este suelo tiene una alta calidad, según la tabla de las clases de calidad de suelo (Anexo 3).

Se puede observar en el cuadro 4.11 que el indicador más bajo en cuanto a calidad se refiere, es la velocidad de infiltración, con una disminución que supera un 90% respecto a la calidad del suelo de referencia. Según lo expuesto por Martínez *et al.*, (2006) este tipo de suelo tiene poca capacidad para permitir el paso del agua a través del perfil del suelo, por lo que puede sufrir problemas de pérdida de nutrientes por arrastre y erosión del suelo. Por otra parte este autor señala que factores como la cobertura vegetal, textura y pendiente del suelo, pueden condicionar este problema. Estos tres factores identificados en el área de estudio son claves, por lo que pueden contribuir con la minimización del problema ayudando a retener el agua y que esta pueda ser adsorbida por el suelo. Este dato obtenido, guarda una estrecha relación con la densidad aparente, ya que su aumento, disminuye la capacidad del suelo para permitir el paso del agua, lo que cual empobrece y la calidad del suelo. En consecuencia, este es el segundo indicador en el que se notó una variabilidad en su calidad, siendo esta baja.

Esto se debe a la carga animal que ejerce presión sobre el suelo, generando un aumento en su densidad y produciendo la compactación, menciona Reyes (2010). Otro de los problemas que puede sufrir el suelo, según la guía del USDA (1999) está relacionado con el crecimiento radicular de las plantas, ya que la densidad aparente está relacionada con el sistema poroso del suelo, de la misma manera, no habrá un flujo normal del agua a través del perfil del suelo y por consiguiente, merma la capacidad de aprovechamiento de los nutrientes del suelo.

Con base a estos resultados, se puede apreciar que existe una variabilidad de 43,53% entre la calidad de los dos tipos de suelo con una disminución muy notoria por parte del suelo de uso ganadero. La erosión acelerada, es ocasionada por varios factores naturales o antrópicos, entre los que se encuentra el sobrepastoreo, práctica que contribuye a la remoción de la cubierta vegetal protectora y ocasiona una pérdida de la calidad del suelo (USDA, 1999).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Los métodos y técnicas empleadas en este estudio, permitieron la identificación de las propiedades físicas y químicas de los suelos del sitio Zapote, permitiendo así obtener resultados confiables y representativos una vez culminada la investigación.
- La variabilidad de las propiedades químicas entre los suelos de uso forestal y ganadero en el sitio Zapote, es la siguiente: Amonio (NH₄) 17,6%; Fósforo (P) 43,58%; Magnesio (Mg) 23,68%; Zinc (Zn) 75,44%; Hierro (Fe) 60,16%; Manganeso (Mn) 41,94. Elementos como el potasio, calcio, azufre, cobre y boro no mostraron una variabilidad representativa. La materia orgánica mostró por su parte una variabilidad de 50% entre los dos suelos. La ganadería ha influenciado negativamente en la concentración de los nutrientes (macro y micro) y en la incorporación de materia orgánica al suelo.
- La variabilidad que mostraron los parámetros físicos fue la siguiente: Densidad aparente 17,28%; porosidad 18,78; Infiltración 94,92%; Conductividad hidráulica 41,67%, siendo la velocidad de infiltración uno de los parámetros que mostró mayor variabilidad seguido de la conductividad hidráulica. Se concluye que la ganadería en el sitio Zapote, ha producido la compactación del suelo, y esto a su vez ha reducido la capacidad del suelo para el flujo de agua y de aire en el mismo.
- El índice de calidad del suelo (ICS) de uso forestal (0,77) se encuentra en el rango de clase 2 que corresponde a una alta calidad, mientras que el IC del suelo de uso ganadero (0,30) se encuentra en el rango de clase 4 que representa una baja calidad, valor influenciado principalmente por los indicadores velocidad de infiltración (0,05) y Densidad aparente (0,22). La variabilidad de la calidad entre ambos suelos es de 43,53%. Las actividades ganaderas en el sitio Zapote, han ocasionado una degradación en la calidad de los suelos.

4.2. RECOMENDACIONES

- Si no se aplican métodos ganaderos sostenibles o tecnificados, es recomendable mantener la cantidad de ganado según el área de pastizales que se posea, es decir una cabeza de ganado por hectárea, método tradicional. Solo de esta forma puede evitarse el sobrepastoreo, que ocasiona la compactación del suelo.
- Es necesario realizar técnicas de recuperación a suelos que han estado sometidos por mucho tiempo a la ganadería, como el labrado para airear y oxigenar el suelo, cambio de uso de suelo con cultivos de ciclo corto, entre otros.
- Realizar estudios que contribuyan con el manejo sustentable del suelo en cuanto a las actividades productivas que hacen uso del mismo, a fin de no alterar la naturaleza de este recurso y minimizar los impactos ocasionados.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J; Dorronsoro, C; Fernández, E; Fernández, J; García, I; Martín, F y Simón, M. 2004. Soil pollution by a pyrite mine spill in Spain: evolution in time. Granada, ES. Environmental Pollution, Vol. 132. N° 3. p 395 – 401.
- Amézquita, E; Pinzón A. 1991. Compactación de suelos por pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia. Macagual-Caquetá, COL. Forrajes Tropicales. Vol. 13. N° 2. 21 - 26 p.
- Atlas, R. y Bartha, R. 2001. Ecología microbiana y microbiología ambiental. Madrid, Es. Addison Wesley. 4 ed. p 677.
- Barrios, R y Florentino, A. 2009. Variabilidad espacial de las propiedades físicas de dos suelos cultivados con palma aceitera en el estado Monagas, VEN. Revista UDO Agrícola. Vol. 9. N° 4. p 912-924.
- Bautista, A; Etchevers, J; Castillo, R; Gutiérrez, C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. ES. Ecosistemas; Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente. Vol. 13, N° 2.
- Bustamante, R. 2013. 7 preguntas frecuentes sobre el cambio de uso de suelo de uso forestal. ¿Qué es la vegetación forestal y los terrenos forestales? (En línea). Consultado el 2 de feb. 2015. Formato HTML. Disponible en <http://www.expoknews.com/>
- Cantú, M; Becker, A; Bedano, J; Schiavo, H y Parra, J. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. Río cuarto-Córdoba, ARG. Ciencia del Suelo. Vol. 25. N° 2. p 173-178.
- _____. 2009. Evaluación del impacto del cambio del uso y manejo de la tierra mediante Indicadores de Calidad de Suelo. Córdoba, ARG. Revista de xeología galega e do hercínico peninsular. Vol. 34. p 203-214.
- Dafonte, D; García, M; Taboada, M; Paz, A. s.f. VARIABILIDAD ESPACIAL DE LAS PROPIEDADES GENERALES DEL SUELO EN UNA CUENCA AGRÍCOLA. (En línea). Consultado, 13 de jul. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://ruc.udc.es/>
- Diccionario Manual de la Lengua Española Vox. 2007. Larousse Editorial, S.L.
- ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agrícola Continua). 2013. Características de uso de suelo. (En línea). EC. Consultado el 7 de may. de 2015. Formato HTML. Disponible en <http://www.inec.gob.ec/>
- E.U.A. Soil Conservation Service. (2008). Drainage Surveys. U.S. Soil Conservation Service, Section 16.

- FAO (Food and Agriculture Organization). 2006. Las repercusiones del ganado en el medio ambiente. (En línea). Consultado, 06 de nov. 2014. Formato HTML. Disponible en <http://www.fao.org>.
- _____. 2010. Ganadería bovina en América Latina. La ganadería bovina y el medio ambiente. Ebrary. IT. p 79 -84.
- _____. 2012. Ganadería. Ganadería sostenible y cambio climático. (En línea). Consultado, 08 de nov. 2014. Formato HTML. Disponible en <http://www.fao.org>.
- _____. 2015. Propiedades del suelo. Propiedades Químicas. (En línea). Consultado, 19 de jul. 2015. Disponible en <http://www.fao.org>.
- Forsythe, W. 1985. Manual de laboratorio: Física de suelos. 1 ed. N° 25. San José, CR. p 212.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2012. METODOLOGÍA DE MUESTREO DE SUELO Y ENSAYOS A CAMPO. Protocolos básicos comunes. 1 ed. Paraná. 70 p.
- LGDFS (LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE). 2013. Capítulo II: De la Terminología empleada en esta Ley. (En línea). Formato PDF. Consultado el 2 de feb. 2015. Disponible en <http://www.diputados.gob>.
- Lal, R. 1996. Deforestation and land - use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. I. Soil physical and hydrological Properties. Land Degradation & Development. Vol. 7. p 19 - 45.
- Lanfranco, J; Pellegrini, A; Cattani, V. 2014. Contenidos de edafología. Génesis, evolución y propiedades físico químicas del suelo. 1 ed. La Plata-Buenos Aires, AR. Editorial EDULP. p 259.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuicultura y Pesca). 2012. Provincia de Manabí. Mapa de suelos – Taxonomía. (En línea). EC. Formato PDF. Consultado 12 de nov. De 2014. Disponible en <http://geoportal.magap.gob.ec/>
- Martínez, A; Pando, V; Del Río, J y Navarro, J. 2006. Aproximación al conocimiento de la infiltración a través del análisis dimensional. La Yutera-Palencia, ES. Ecología. N 20. p 471 – 491.
- Matthews, C. 2008. La ganadería amenaza el medio ambiente. (En línea). Consultado, 06 de nov. 2014. Formato HTML. Disponible en <http://www.cambioclimatico.org>.

- MIPRO (Ministerio de Coordinación de la Producción Empleo y Competitividad). 2011. Agendas para la transformación productiva territorial: Provincia de Manabí, EC.
- Molina, E. y Meléndez, G. 2002. Cuadro de interpretación de análisis de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Mimeo.
- Nannipieri, P; Ascher, J; Ceccherini, M; Landi, L; Pietramellara, G and Renella, G. 2003. Microbial diversity and soil functions. European Journal of Soil Science. Vol. 54. p 655 – 670
- Navarrete, A; Vela, G; López, J; Rodríguez, M. 2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. DF, MEX. p 29 - 37
- Orozco, D. 2006. Definición de ganadería. (En línea). Consultado, 17 de oct. 2014. Formato HTML. Disponible en <http://conceptodefinicion.de/ganaderia/>.
- Orsag, V. 2010. El recurso suelo. Principios para su manejo y conservación. 1 ed. Bol. Editorial Zeus. p 489.
- Ortega, L. 2013. El suelo. Edafología. (En línea). Consultado, 6 de nov. 2014. Formato PDF. Disponible en <http://roble.pntic.mec.es/>
- Plaster, E. 2004. La ciencia del suelo y su manejo. Ed. Paraninfo, MÉX.
- Pulido, F. (2014). Indicadores de calidad del suelo en áreas de pastoreo. Departamento de arte y ciencias del territorio.
- Reyes, O. 2010. Caracterización del estado actual de los suelos del departamento de León, en base a sus características físicas y sistemas de producción. En el período abril 2009 a junio 2010. Tesis. Ing. Agroecología Tropical. UNAN. Leon, Ni. p 73.
- Rubio, A. 2010. LA DENSIDAD APARENTE EN SUELOS FORESTALES DEL PARQUE NATURAL LOS ALCORNOCALES. (En línea). Sevilla, ES. Consultado, 15 de jul. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://digital.csic.es/>
- Rucks, L; García, F; Kaplán, A; Ponce, A y Hill, M. 2004. Propiedades físicas del suelo. Montevideo, UR. p 68.
- Schnabel, S; Lavado, F. 2009. Grazing and sil erosion in dehesas of SW Spain. Murcia, ESP. P 725 – 728.
- SENPLADES (Secretaría Nacional De Planificación y Desarrollo). 2013. Plan Nacional de Desarrollo. Plan Nacional Para el Buen Vivir 2013-2017. 1ed.

(En línea). EC. Consultado, 17 de oct. 2014. Formato PDF. Disponible en <http://documentos.senplades.gob.ec/>

Seoáñez, M. 1998. CONTAMINACIÓN DEL SUELO: estudios, tratamiento y gestión. Mundi Prensa. Madrid, ESP.

E.U.A. Soil Conservation Service. (2008). Drainage Surveys. U.S. Soil Conservation Service

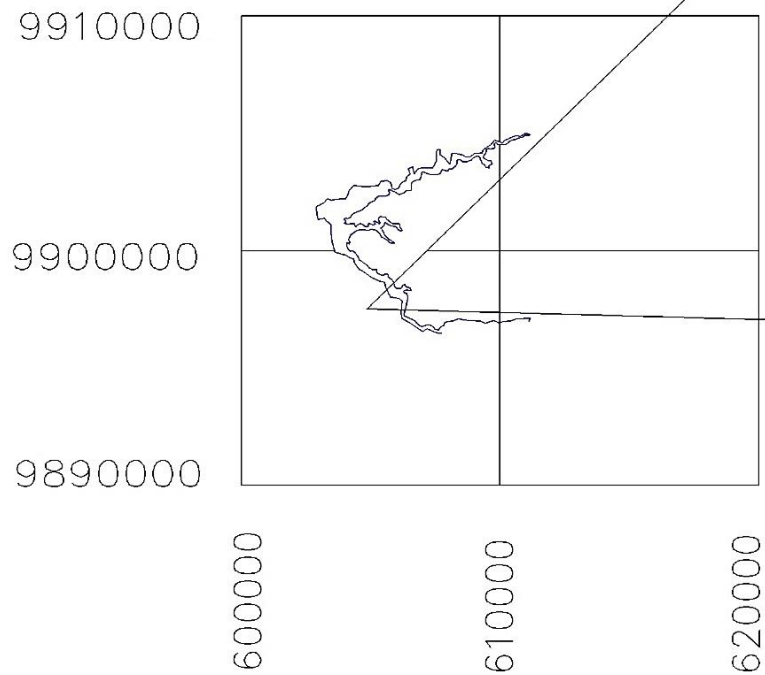
USDA (DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS). 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo.

ANEXOS

ANEXO 1

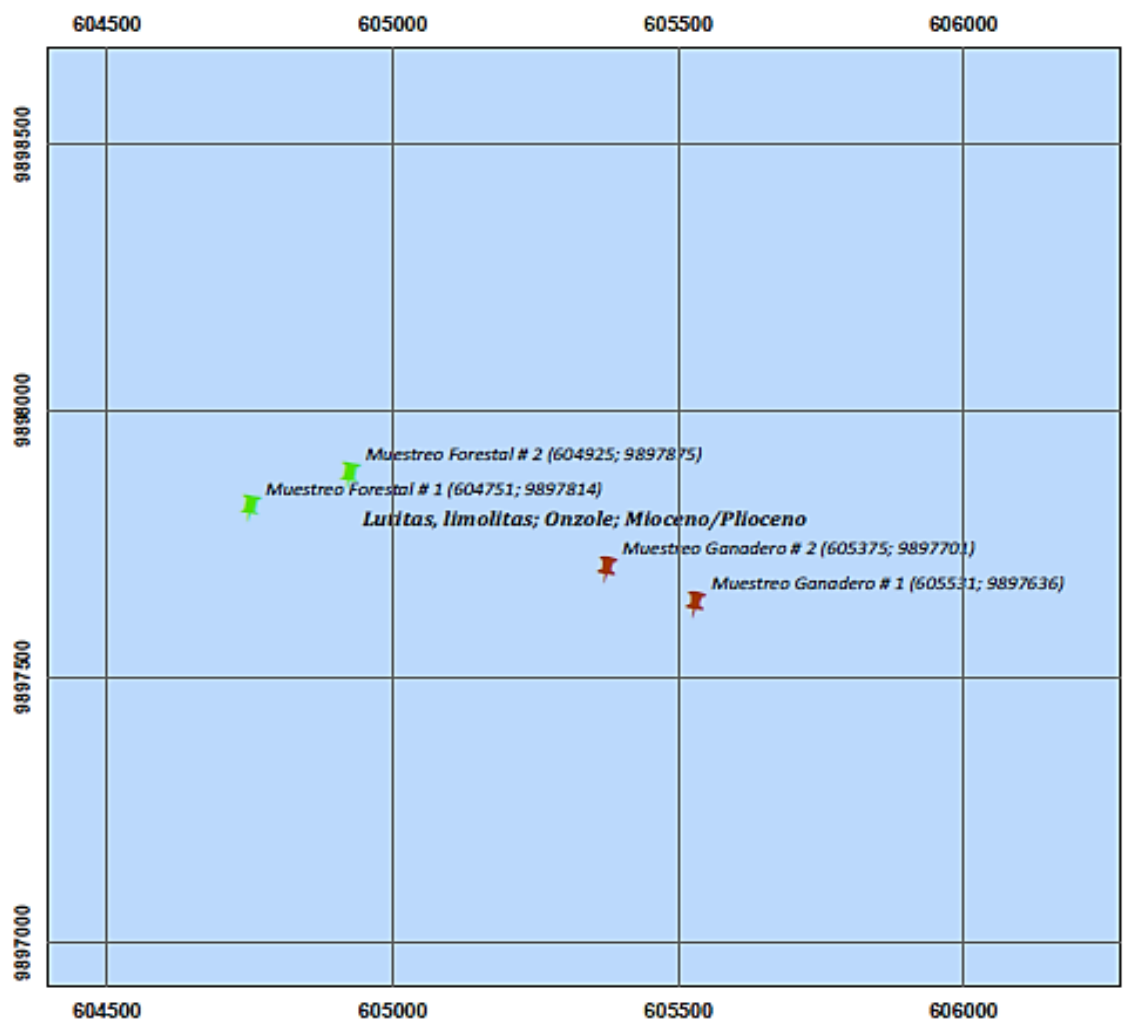
MAPAS TEMÁTICOS

COORDENADAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO

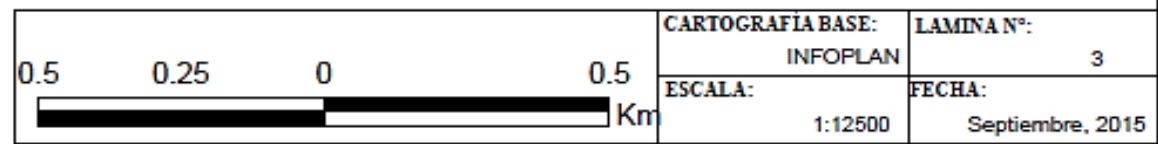


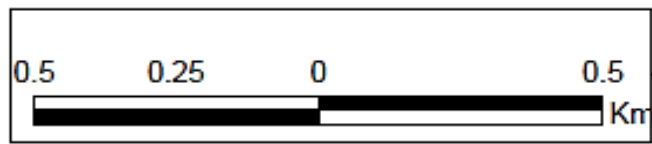
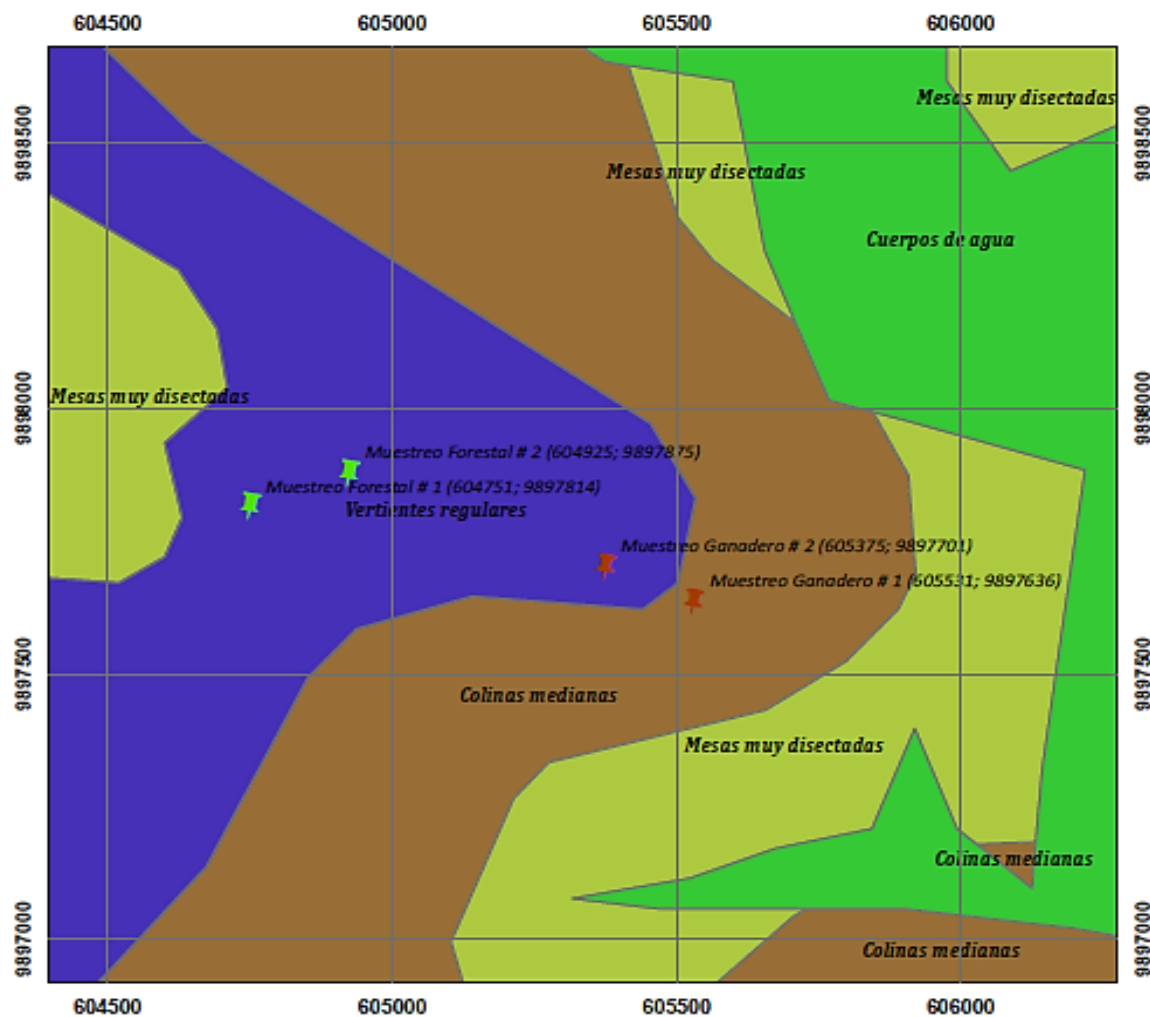
PM-S/GANADERO
N: 9897636
E: 605531

PM-S/FORESTAL
N: 9897814
E: 604751



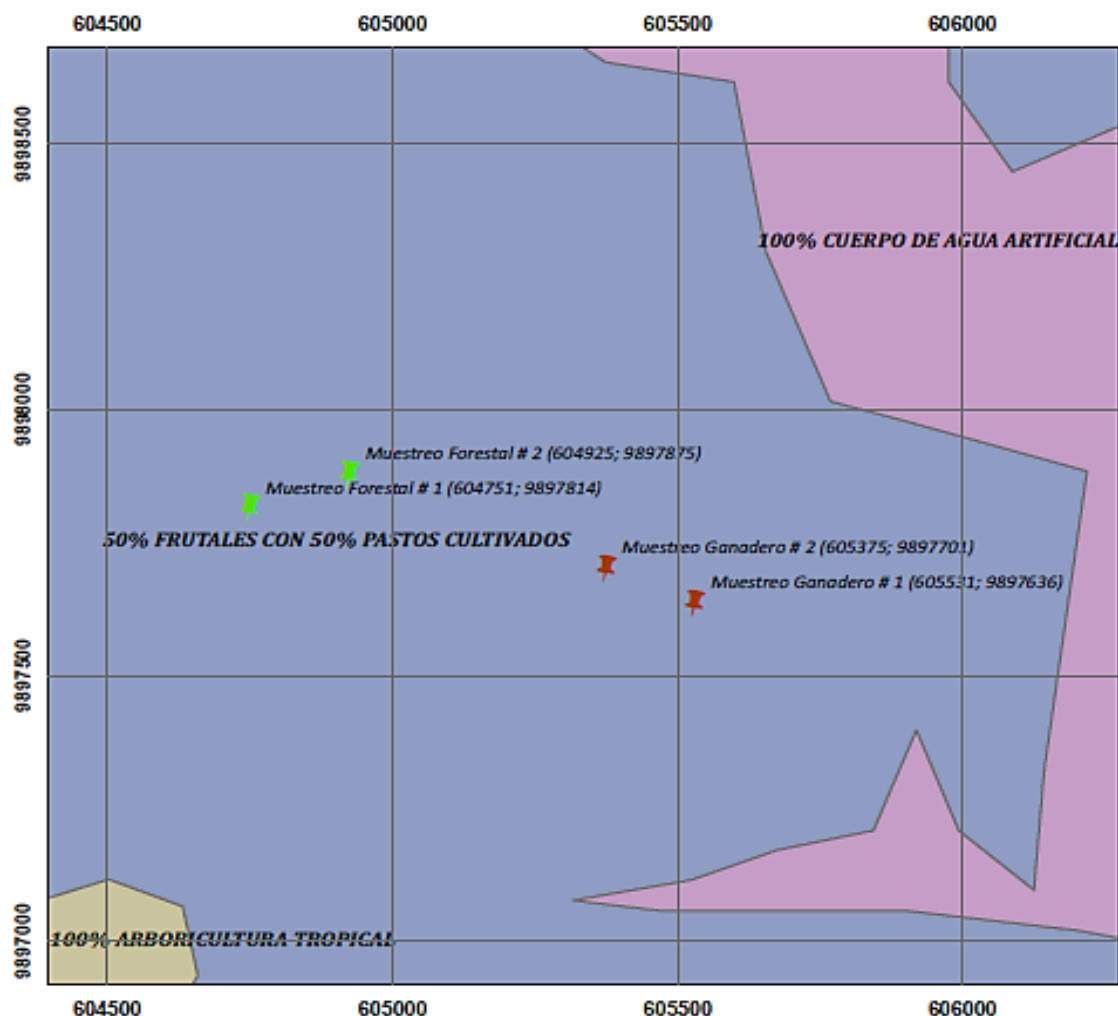
MAPA GEOLÓGICO		
UBICACIÓN REGIONAL		UBICACIÓN DE ESTUDIO
UBICACIÓN PAIS: Ecuador CANTÓN: Bolívar		PROVINCIA: Manabí PARROQUIA: Quiroga
CONTIENE:		
LITOLOGÍA; FORMACIÓN Y PERIODO		
DATUM: W.G.S. 84	CUADRICULA: U.T.M.	ZONA GEOGRÁFICA: 17 S
SONDEO EN: METROS	FORMATO PAPEL: A4	ESCALA GRÁFICA: 1:12500
LEYENDA Puntos de Muestreo Forestal (2) Ganadero(2) LITOLOGÍA; FORMACIÓN; PERIODO Lujitas, Imolitas; Onzole; Mioceno/Plioceno(1)		
PROYECTO DE TESIS: VARIABILIDAD ENTRE LOS SUELOS FORESTALES Y GANADEROS DEL SITIO ZAPOTE, CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ		
INSTITUCION: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López"		
AUTORES: MONTAÑO CAÑOLA DIEGO SOLÓRZANO RODRÍGUEZ JONATHAN		
TUTOR: ING. FRANCICO VELÁSQUEZ INTRIAGO M.Sc.		





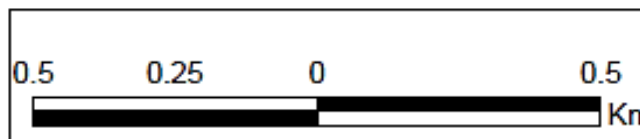
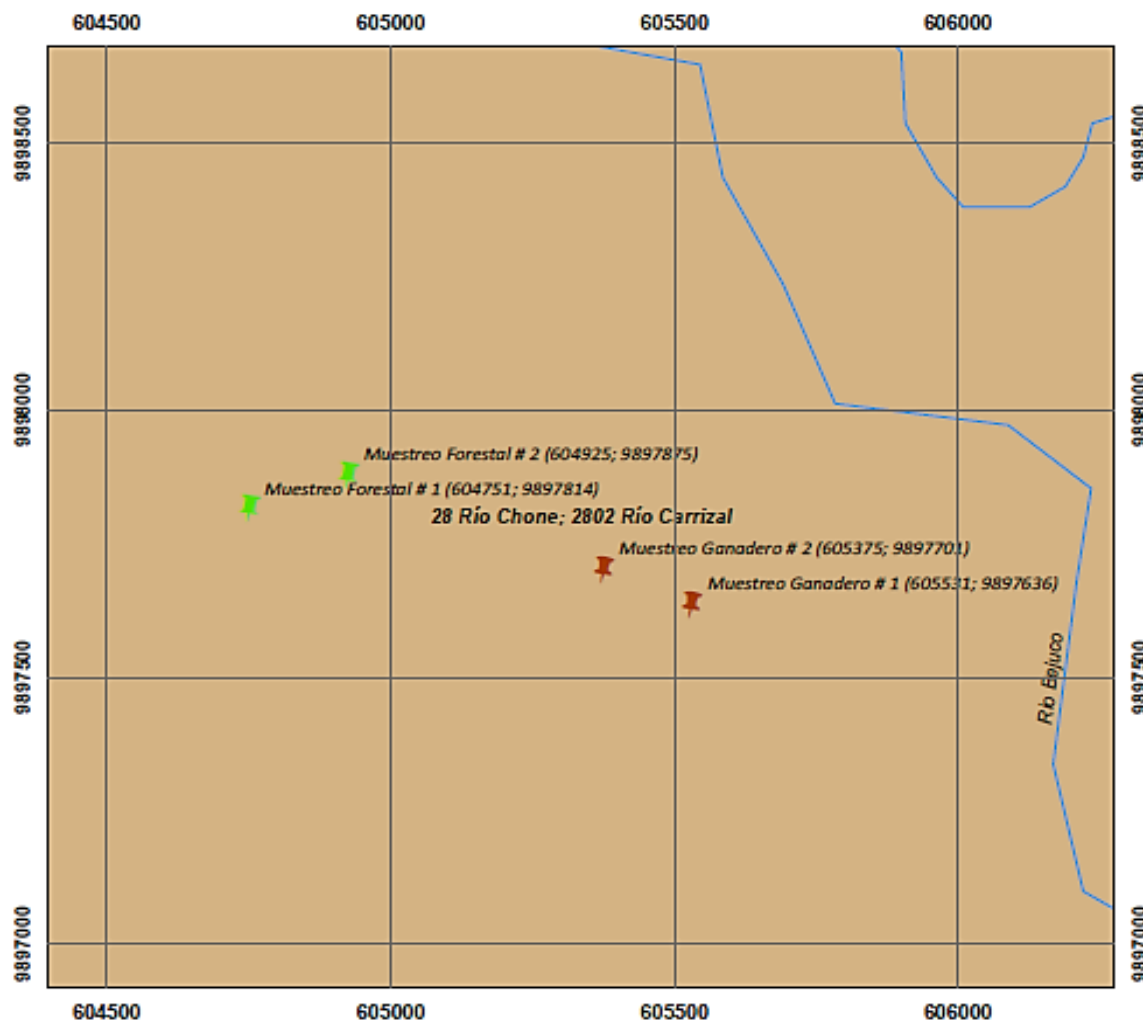
CARTOGRAFÍA BASE: INFOPLAN	LAMINA N°: 2
ESCALA: 1:12500	FECHA: Septiembre, 2015

MAPA GEOMORFOLÓGICO		
UBICACIÓN REGIONAL		UBICACIÓN DE ESTUDIO
UBICACIÓN PAIS: Ecuador	PROVINCIA: Manabí	
CANTÓN: Bolívar	PARROQUIA: Quiroga	
CONTIENE: GEOMORFOLOGÍA		
DATUM: W.G.S. 84	CUADRICULA: U.T.M.	ZONA GEOGRÁFICA: 17 S
SONDEO EN: METROS	FORMATO PAPEL: A4	ESCALA GRÁFICA: 1:12500
LEYENDA		
Puntos de Muestreo		Geomorfología
Forestal (2)	Colinas medianas(2)	Cuerpos de agua(1)
Ganadero(2)	Mesas muy disectadas(4)	Vertientes regulares(1)
PROYECTO DE TESIS: VARIABILIDAD ENTRE LOS SUELOS FORESTALES Y GANADEROS DEL SITIO ZAPOTE, CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ		
INSTITUCIÓN: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López"		
AUTORES:		
MONTAÑO CAÑOLA DIEGO		SOLÓRZANO RODRÍGUEZ JONATHAN
TUTOR:		
ING. FRANCISCO VELÁSQUEZ INTRIAGO M.Sc.		



CARTOGRAFÍA BASE:	LAMINA N°:
INFOPLAN	4
ESCALA:	FECHA:
1:12500	Septiembre, 2015

MAPA DE USO DE SUELO		
UBICACIÓN REGIONAL		UBICACIÓN DE ESTUDIO
UBICACIÓN PAIS: Ecuador CANTÓN: Bolívar		PROVINCIA: Manabí PARROQUIA: Quiroga
CONTIENE:		
USOS DE SUELO		
DATUM:	CUADRICULA:	ZONA GEOGRÁFICA:
W.G.S. 84	U.T.M.	17 S
SONDEO EN:	FORMATO PAPEL:	ESCALA GRÁFICA:
METROS	A4	1:12500
LEYENDA		
Puntos de Muestreo		
Forestal (2) Ganadero(2)		
Usos del Suelo		
100% ARBORICULTURA TROPICAL(1) 100% CUERPO DE AGUA ARTIFICIAL(1) 50% FRUTALES CON 50% PASTOS CULTIVADOS(1)		
PROYECTO DE TESIS:		
VARIABILIDAD ENTRE LOS SUELOS FORESTALES Y GANADEROS DEL SITIO ZAPOTE, CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ		
INSTITUCIÓN:		
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López"		
AUTORES:		
MONTAÑO CAROLA DIEGO		SOLÓRZANO RODRÍGUEZ JONATHAN
TUTOR:		
ING. FRANCISCO VELÁSQUEZ INTRIAGO M.Sc.		



CARTOGRAFÍA BASE: INFOPLAN	LAMINA N°: 1
ESCALA: 1:12500	FECHA: Septiembre, 2015

MAPA HIDROLÓGICO		
UBICACIÓN REGIONAL		UBICACIÓN DE ESTUDIO
UBICACIÓN PAIS: Ecuador		PROVINCIA: Manabí
CANTÓN: Bolívar		PARROQUIA: Quiroga
CONTIENE:		
HIDROLOGÍA		
DATUM: W.G.S. 84	CUADRICULA: U.T.M.	ZONA GEOGRÁFICA: 17 S
SONDEO EN: METROS	FORMATO PAPEL: A4	ESCALA GRÁFICA: 1:12500
LEYENDA		
— Ríos		
Puntos de Muestreo		
★ Forestal (2)		
📌 Ganadero(2)		
Cuenca; Subcuenca		
■ 28 Río Chone; 2802 Río Carrizal		
PROYECTO DE TESIS: VARIABILIDAD ENTRE LOS SUELOS FORESTALES Y GANADEROS DEL SITIO ZAPOTE, CANTÓN BOLIVAR, PROVINCIA DE MANABÍ		
INSTITUCION: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López"		
AUTORES:		
MONTAÑO CAÑOLA DIEGO		SOLÓRZANO RODRIGUEZ JONATHAN
TUTOR:		
ING. FRANCISCO VELÁSQUEZ INTRIAGO M.Sc.		

ANEXO 2

REPORTES DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre :	DIEGO JAIR MONTAÑO CANOLA	Nombre :	ZAPOTE	Informe No. :	0017332
Dirección :	CALLE SALINAS Y CDLA. DEL CHOFER	Provincia :	MANABI	Responsable Muestreo :	Cliente
Ciudad :	CALCETA	Cantón :	BOLIVAR	Fecha Muestreo :	01/07/2015
Teléfono :	N/E	Parroquia :	QUIROGA	Fecha Ingreso :	09/07/2015
Fax :	N/E	Ubicación :	NE	Condiciones Ambientales :	T°C: 25.0 %H: 64.0
				Factura No. :	00401
				Fecha Análisis :	13/07/2015
				Fecha Emisión :	21/07/2015
				Fecha Impresión :	21/07/2015
				Cultivo Actual :	FORESTAL

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Cl
57304	SUELO FORESTAL	7.0 N	28 M	11 M	210 A	3544 A	444 A	4 B	0.7 B	3.3 M	47 A	9.0 M	0.19 B	

Interpretación	pH
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	MA = Muy Acido N = Neutro
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	AO = Acido LAJ = Lp. Alcalino
	B = Bajo MAAs = Med. Acido BAsM = Mod. Alcalino
	M = Medio LA = Lp. Acido AI = Alcalino
	A = Alto PV = Pudo. Neutro RC = Requiere Cal

Determinación	Metodología	Extractante
NH ₄ , P	Coleman	Cloro
K, Ca, Mg	Atomica	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atomica	pH 5
S	Turbidimetrica	Extracción Ca
B	Coleman	Mandibato
Cl	Volometrica	Piedra Solvada
pH	Determinación	Suelto agua 1:2.5

Niveles de Referencia Optima	
Medio (ug/ml)	
NH ₄	20 - 40
Mg	121.5 - 240
Fe	20 - 40
P	10 - 20
S	5 - 10
Mn	5 - 15
K	70 - 100
Zn	2.0 - 7.0
B	0.5 - 1.0
Cu	0.02 - 0.05
Ca	800 - 1000
Du	1.0 - 2.0
Cl	17 - 34

NE = No entregado

<LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

Responsable Laboratorio

Página 1 de 2



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre :	DIEGO JAIR MONTAÑO CANOLA	Nombre :	ZAPOTE	Informe No. :	0017332
Dirección :	CALLE SALINAS Y CDLA. DEL CHOFER	Provincia :	MANABI	Responsable Muestreo :	Cliente
Ciudad :	CALCETA	Cantón :	BOLIVAR	Fecha Muestreo :	01/07/2015
Teléfono :	N/E	Parroquia :	QUIROGA	Fecha Ingreso :	09/07/2015
Fax :	N/E	Ubicación :	NE	Condiciones Ambientales :	T°C: 25.0 %H: 64.0
				Factura No. :	00401
				Fecha Análisis :	13/07/2015
				Fecha Emisión :	21/07/2015
				Fecha Impresión :	21/07/2015
				Cultivo Actual :	FORESTAL

N° Laborat.	Identificación	Textura (%)			Clase Textural	mg/100ml			mS/cm	%			mg/100ml			Ca	Mg	Ca+Mg						
		Arena	Limo	Arcilla		AH+H	AI	Na		C.E.	M.O.	K	Ca	Mg	Σ Bases				Mg	K	K			
57304	SUELO FORESTAL	40	36	25	Francos					2.50	B	0.54	A	17.72	A	3.65	A	21.91	4.85	M	6.79	M	39.70	M

Interpretación	C.E.
Ad = Adecuado	LS = No Salino
LT = Ligero Salino	S = Salino
T = Toxicos	MS = Muy Salino

Abreviaturas
C.E. Conductividad Eléctrica
M.O. Materia Orgánica
CDC Capacidad de Intercambio Catiónico

Determinación	Metodología	Extractante
CDC	Vanemática	Acetato de Amonio
Na		Cloruro de Bario
C.E.	Estándar de pared solvado	Agua

Niveles de Referencia		Medio		Medio Intero (UG/L)	
Lp. (mg/mg D.V.M.)	Lp. Solución (ug)	Ca	Mg	K	Ca
Al+H 0.51 - 1.5	C.E. 2.0 - 4.0	CaMg	2.0 - 3.0	K	0.2 - 0.4
Al 0.31 - 1.0	Medio (L)	MgK	2.5 - 10.0	Ga	4 - 8
Na 0.5 - 1.0	M.C. 3.1 - 4.0	Ca+MgK	62.5 - 50.0	Mg	1 - 2

NE = No entregado

<LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al OVE.

Las opiniones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al OVE.

* Ensayo subcontratado.

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

Responsable Laboratorio

Página 2 de 2



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Via Duran - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 2717161 Fax: 2717119 Celular: 094535163 - 084535163 - 099351760 e-mail: iniap_ls_lab@yahoo.es



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre :	DIEGO JAIR MONTANO CANOLA	Nombre :	ZAPOTE	Informe No. :	0017333
Dirección :	CALLE SALINAS Y CDLA. DEL CHOFRER	Provincia :	MANABI	Factura No. :	00401
Ciudad :	CALCETA	Cantón :	BOLIVAR	Responsable Muestreo :	Cliente
Teléfono :	N/E	Parroquia :	QUIROGA	Fecha Muestreo :	01/07/2015
Fax :	N/E	Ubicación :	NE	Fecha Ingreso :	09/07/2015
				Fecha Emisión :	21/07/2015
				Fecha Impresión :	21/07/2015
				Condiciones Ambientales :	T°C: 25.0 %H: 64.0 Cultivo Actual : PASTO

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Cl
57305	SUELO GANADERO	6.1 LAc	40 M	26 A	210 A	3600 A	274 A	5 B	5.0 M	4.2 A	189 A	22.0 A	0.09 B	

Interpretación	pH	
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	WAc = Muy Acido	N = Neutro
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	Ac = Acido	LAl = Lig. Alcalino
D = Bajo	MdAc = Med. Acido	MdAl = Med. Alcalino
M = Medio	LAc = Lig. Acido	Al = Alcalino
A = Alto	PH = Phos. Neutro	NC = Resquezo Cal

Determinación	Metodología	Extractante
NH ₄ , P	Cobresista	Cloro
K, Ca, Mg	Absorción	Metilcelulo
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8.5
S	Turbidimetría	Fuclorato de Ca
B	Cromimetría	Mandibato
Cl	Volúmetría	Fluor. Selenio
pH	Potenciométrica	Suero agua (1:2.5)

Niveles de Referencia Optimos			
Medio (ug/ml)			
NH ₄	20 - 40	Mg	121.5 - 243
P	10 - 20	Fe	28 - 48
K	10 - 20	Mn	5 - 10
Ca	100 - 1000	Cu	1.0 - 4.4
		Zn	0.5 - 1.0

N/E = No entregado
 <LC = Menor al Límite de Cuantificación
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

Responsable Laboratorio

Página 1 de 2



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Via Duran - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 2717161 Fax: 2717119 Celular: 094535163 - 084535163 - 099351760 e-mail: iniap_ls_lab@yahoo.es



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre :	DIEGO JAIR MONTANO CANOLA	Nombre :	ZAPOTE	Informe No. :	0017333
Dirección :	CALLE SALINAS Y CDLA. DEL CHOFRER	Provincia :	MANABI	Factura No. :	00401
Ciudad :	CALCETA	Cantón :	BOLIVAR	Responsable Muestreo :	Cliente
Teléfono :	N/E	Parroquia :	QUIROGA	Fecha Muestreo :	01/07/2015
Fax :	N/E	Ubicación :	NE	Fecha Ingreso :	09/07/2015
				Fecha Emisión :	21/07/2015
				Fecha Impresión :	21/07/2015
				Condiciones Ambientales :	T°C: 25.0 %H: 64.0 Cultivo Actual : PASTO

N° Laborat.	Identificación	Textura (%)			Clase Textural	mg/100ml			mS/cm (%)			mg/100ml			Ca	Mg	Ca+Mg
		Arenal	Limo	Arcilla		Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	K	Ca	Mg	Σ Bases			
57305	SUELO GANADERO	38	42	21	Francos	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	K <td>Ca <td>Mg <td>Σ Bases</td> <td>Mg</td> <td>K</td> <td>K</td> </td></td>	Ca <td>Mg <td>Σ Bases</td> <td>Mg</td> <td>K</td> <td>K</td> </td>	Mg <td>Σ Bases</td> <td>Mg</td> <td>K</td> <td>K</td>	Σ Bases	Mg	K	K
										5.00 M	0.54 A	18.00 A	2.26 A	20.79	7.98 M	4.19 M	37.62 M

Interpretación	C.E.	
Al = Alto	NS = No Salino	
LT = Ligero, Trazo	LS = Lig. Salino	
T = Trazo	S = Salino	
	MS = Muy Salino	

Abreviatura
C.E. Conductividad Eléctrica
M.O. Nitro. Orgánica
C.E. Capacidad de Intercambio Catiónico

Determinación	Metodología	Extractante
M.O.	Way black	Glicerato de K
OC		Acido de Anilina
		Corrosión de Boro
C.E.	Extrato de jacto salazada	Agua

Niveles de Referencia			
Medio			
Liq. Vélico mg/100ml	Liq. Salmo (dS/m)	Medio (dS/m)	Medio (mg/100ml)
Al+H 0.51 - 1.5	C.E. 2.0 - 4.8	Ca/Mg 2.0 - 6.0	K 0.2 - 6.4
M 0.31 - 1.0		Mg/K 2.1 - 9.2	Ca 4 - 8
NS 0.5 - 1.0	M.O. 3.1 - 3.4	(Ca+Mg)/K 12.5 - 32.0	Mg 1 - 2

N/E = No entregado
 <LC = Menor al Límite de Cuantificación
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al OAE.
 Las abreviaturas, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al OAE.
 ** Ensayo subcontratado.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

Responsable Laboratorio

Página 2 de 2



ESTACION EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
 "DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
 LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Vía Duran - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 042724260 fax: 042724261 e-mail: labsuelos.ecs@iniap.gob.ec

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA				
Nombre :	SR. DIEGO MONTAÑO CAÑOLA	Nombre :	ZAPOTE	Informe Nº. :	00 17332	Factura Nº :	00 401	
Dirección :	CALLE SALINAS Y CDLA. DEL CHOFER	Provincia :	MANABI	Resp/ Muestreo :	CLIENTE	Fecha/Análisis :	03/08/2015	
Ciudad :	CALCETA, BOLIVAR, MANABI	Cantón :	BOLIVAR	Fecha/ Muestreo :	01/07/2015	Fecha/Emisión :	05/08/2015	
Teléfono :	NE	Parroquia :	QUIROGA	Fecha/ Ingreso :	09/07/2015	Fecha/Impresión :	05/08/2015	
Fax :	NE	Ubicación :	NE	Cond. Ambientales : T°C:	26.1 %H:	68	Cultivo Actual :	FORESTAL

REPORTE DE ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTO DE PASTA DE SUELOS

Nº Laboratorio	Identificación del Lote	pH	mS/cm C.E.	mg/L					Suma	meq/L				RAS	PSI(°)
				Na	K	Ca	Mg	CO ₃ H*		CO ₃ *	SO ₄ *	Cl*			
57304	SUELO FORESTAL	8.2	0.43	23.1	7.3	48.1	11.4	89.9	0.80	0.4	1	2.0	1	<1	
C.E.		INTERPRETACIÓN							Determinación		Metodología				
0 - 2.0		Suelo no salino, efecto de sales despreciables.							pH, CE		Electrométrica				
2.1 - 4.0		Suelo ligeramente salino, puede reducirse las cosechas de cultivos sensibles.							K, Ca, Na, Mg		Absorción Atómica				
4.1 - 8.0		Suelo salino, se reducen las cosechas de numerosos cultivos.													
Más de 8		Suelo muy salino.													

*LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

(*) Cálculo efectuado según nomograma de suelos salinos y sódicos manual No. 60

Responsable Laboratorio

Página 1 de 1



ESTACION EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
 "DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
 LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Vía Duran - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 042724260 fax: 042724261 e-mail: labsuelos.ecs@iniap.gob.ec

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA				
Nombre :	SR. DIEGO MONTAÑO CAÑOLA	Nombre :	ZAPOTE	Informe Nº. :	00 17333	Factura Nº :	00 401	
Dirección :	CALLE SALINAS Y CDLA. DEL CHOFER	Provincia :	MANABI	Resp/ Muestreo :	CLIENTE	Fecha/Análisis :	03/08/2015	
Ciudad :	CALCETA, BOLIVAR, MANABI	Cantón :	BOLIVAR	Fecha/ Muestreo :	01/07/2015	Fecha/Emisión :	05/08/2015	
Teléfono :	NE	Parroquia :	QUIROGA	Fecha/ Ingreso :	09/07/2015	Fecha/Impresión :	05/08/2015	
Fax :	NE	Ubicación :	NE	Cond. Ambientales : T°C:	26.1 %H:	68	Cultivo Actual :	PASTO

REPORTE DE ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTO DE PASTA DE SUELOS

Nº Laboratorio	Identificación del Lote	pH	mS/cm C.E.	mg/L					Suma	meq/L				RAS	PSI(°)
				Na	K	Ca	Mg	CO ₃ H*		CO ₃ *	SO ₄ *	Cl*			
57305	SUELO GANADERO	8.1	0.30	19.7	7.7	29.6	6.4	63.4	0.80	0.3	1	1.2	1	<1	
C.E.		INTERPRETACIÓN							Determinación		Metodología				
0 - 2.0		Suelo no salino, efecto de sales despreciables.							pH, CE		Electrométrica				
2.1 - 4.0		Suelo ligeramente salino, puede reducirse las cosechas de cultivos sensibles.							K, Ca, Na, Mg		Absorción Atómica				
4.1 - 8.0		Suelo salino, se reducen las cosechas de numerosos cultivos.													
Más de 8		Suelo muy salino.													

*LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

(*) Cálculo efectuado según nomograma de suelos salinos y sódicos manual No. 60

Responsable Laboratorio

Página 1 de 1



LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS


PROPIETARIO: SR. DIEGO JAIR MONTAÑO CAÑOLA FACTURA: 00 401
REMITENTE: SR. DIEGO JAIR MONTAÑO CAÑOLA FECHA DE MUESTREO: 01/07/2015
HACIENDA: ZAPOTE FECHA DE INGRESO: 09/07/2015
LOCALIZACIÓN: QUIROGA, BOLÍVAR, MANABÍ FECHA DE SALIDA: 11/06/2015

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

No. Laboratorio	Identificación Muestras	meq/100 gramos					
		Na	K	Ca	Mg	Suma	CIC
57304	SUELO FORESTAL	0.26	0.89	20.90	5.00	27.00	32.00

NOTA: El Laboratorio no es responsable de la toma de muestras

EXTRACTANTE: ACETATO DE AMONIO



DRA. GLORIA CARRERA
RESP. LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km. 26 vía Durán - Tambo,
Cantón Yaguachi, Provincia del Guayas
Telf.: - (593 4) 2724260 | 2724261
www.iniap.gob.ec





**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS, TEJIDO VEGETALES Y AGUAS
REPORTE DE ANALISIS QUIMICO**

Nombre: SR. DIEGO MONTAÑO CAÑOLA **Factura #:** 00401
Remitente: SR. DIEGO MONTAÑO CAÑOLA **F/Muestreo:** 01/07/2015
Hacienda: ZAPOTE **F/Ingreso:** 09/07/2015
Localización: QUIROGA, BOLIVAR, MANABI

#	Identificación	%
Laboratorio	de muestras	Humedad
57305	SUELO GANADERO	15.50

Nota: El Laboratorio no se responsabiliza por la toma de las muestras

Atentamente,

Dra. Gloria Carrera
**Responsable del Laboratorio Suelos,
Tejidos Vegetales y Aguas**





LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS

PROPIETARIO: SR. DIEGO JAIR MONTAÑO CAÑOLA **FACTURA:** 00 401
REMITENTE: SR. DIEGO JAIR MONTAÑO CAÑOLA **FECHA DE MUESTREO:** 01/07/2015
HACIENDA: ZAPOTE **FECHA DE INGRESO:** 09/07/2015
LOCALIZACIÓN: QUIROGA, BOLÍVAR, MANABÍ **FECHA DE SALIDA:** 11/08/2015

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

No. Laboratorio	Identificación Muestras	meq/100 gramos					
		Na	K	Ca	Mg	Suma	CIC
57305	SUELO GANADERO	0.35	0.84	20.40	4.40	26.00	30.00

NOTA: El Laboratorio no es responsable de la toma de muestras

EXTRACTANTE: ACETATO DE AMONIO

.....
DRA. GLORIA CARRERA
RESP. LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS



**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS, TEJIDO VEGETALES Y AGUAS
REPORTE DE ANALISIS QUIMICO**

Nombre: SR. DIEGO MONTAÑO CAÑOLA Factura #: 00401
Remitente: SR. DIEGO MONTAÑO CAÑOLA F/Muestreo: 01-07-2015
Hacienda: ZAPOTE F/Ingreso: 09-07-2015
Localización: QUIROGA, BOLIVAR, MANABI

# Laboratorio	Identificación de muestras	% Humedad
57304	SUELO FORESTAL	19.10

Nota: El Laboratorio no se responsabiliza por la toma de las muestras

Atentamente,

Dra. Gloria Carrera
**Responsable del Laboratorio Suelos,
Tejidos Vegetales y Aguas**



ANEXO 3

TABLAS DE INTERPRETACIÓN DE SUELOS

Velocidad de infiltración (minutos por centímetro)	Velocidad de infiltración (centímetros por hora)	Clases de infiltración
<1.18	> 50.80	Muy rápido
1.18 – 3.94	15.24 – 50.80	Rápido
3.94 – 11.81	50.80 – 15.24	Moderadamente rápido
11.81 – 39.37	15.24 – 5.08	Moderado
39.37 – 118.11	5.08 – 1.52	Moderadamente lento
118.11 – 393.70	1.52 – 0.51	Lento
393.70 – 15,748.03	0.51 – 0.0038	Muy lento
> 15,748.03	< 0.0038	Impermeable

Velocidades y clases de Infiltración, USDA (1999)

Textura del suelo	Densidades aparentes ideales (g/cm ³)	Densidades aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular (g/cm ³)	Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular (g/cm ³)
Arena, areno-franco	< 1.60	1.69	>1.80
Franco-arenosa, franco	< 1.40	1.63	>1.80
Franco-arcilla-arenosa, franco, franco-arcillosa	< 1.40	1.60	> 1.75
Limosa, franco-limosa	< 1.30	1.60	> 1.75
Franco-limosa, franco- arcillo-limosa	< 1.40	1.55	> 1.65
Arcillo-arenosa, arcillo-limosa, algunas franco-arcillosas (35- 45% de arcilla)	< 1.10	1.39	> 1.58
Arcillosa (>45% de arcilla)	< 1.10	1.39	> 1.47

Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.

USDA (1999)

Conductividad Eléctrica (dS/m a 25°C)	Clase de salinidad	Respuesta de Cultivo	Respuesta Microbiana
0-0.98	No salino	Efectos casi despreciables	Pocos organismos afectados
0.98 – 1.71	Muy ligeramente salino	Se restringen los rindes de cultivos muy sensibles	Se alteran procesos microbianos seleccionados, (nitrificación /de nitrificación)
1.71 – 3.16	Ligeramente salino	Se restringen los rindes de la mayoría de los cultivos	Son influenciados los principales procesos microbianos (respiración/ amonificación)
3.16 – 6.07	Moderadamente salino	Sólo cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente	Predominan microorganismos tolerantes (hongos, actinomicetes, algunas bacterias)
> 6.07	Fuertemente salino	Sólo cultivos muy tolerantes rinden satisfactoriamente	Unos pocos organismos halofílicos seleccionados se mantienen activos

Adaptado de: Soil Survey Staff (1993), Janzen (1993); y Smith y Doran (1996).
 Las conversiones del extracto de pasta de saturación a una suspensión suelo: agua de 1:1 fueron realizadas empleando la ecuación de regresión ($y = 2.75 x - 0.69$) desarrollada por Hogg and Henry (1984).

Mediciones de conductividad eléctrica y clases de salinidad para una suspensión de suelo, USDA (1999)

Índice de calidad de suelos	Escala	Clases
Muy alta calidad	0,80 - 1,00	1
Alta calidad	0,60 - 0,79	2
Moderada calidad	0,40 - 0,59	3
Baja calidad	0,20 - 0,39	4
Muy baja calidad	0,00 - 0,19	5

Clases de calidad de suelos
 Autor: Cantú et al., 2007

ESCALA DE PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS	
Conductividad Hidraulica (K) m/s	Aptitud para Riego
$K < 1 * 10^{-6}$	Tierras Impermeables no aptas para Riego
$1 * 10^{-6} < K < 5 * 10^{-6}$	Tierras bastante Impermeables hay que regar con cuidado.
$5 * 10^{-6} < K < 5 * 10^{-5}$	Tierras Permeables Aptas para Riego.
$K > 5 * 10^{-5}$	Tierras demasiadao Permeables que el Riego puede erosionar se recomienda regar por Aspersión

Clases de permeabilidad de los suelos
 Autor: Forsythe (1985)

ANEXO 4

CRONOLOGÍA FOTOGRÁFICA



Relieve del sitio Zapote



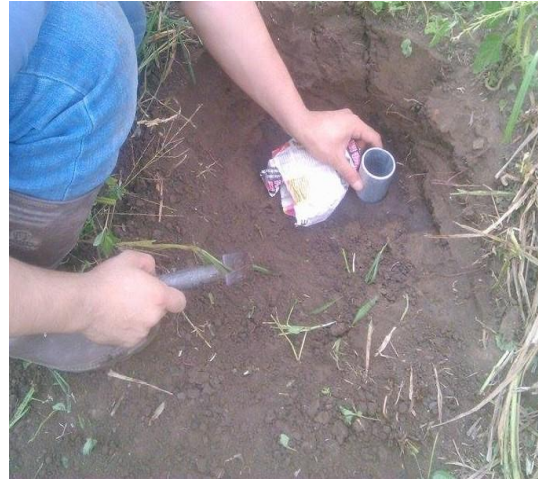
Muestreo de suelos en el sitio de estudio



Técnica del cuarteo para selección de la muestra compuesta



Ensayo de infiltración *in situ*
Método del cilindro simple



Toma de muestra para densidad aparente
Cilindro de 125 cc



Análisis de densidad aparente en laboratorio



Determinación de conductividad hidráulica