

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
IASA I**

**LEVANTAMIENTO EDAFOLÓGICO Y AGROLÓGICO
CON FINES DE PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA DE
LA HACIENDA BERNABÉ
PEDRO VICENTE MALDONADO ECUADOR.**

Previa a la obtención de Grado Académico o Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

ELABORADO POR:

MARÍA JOSÉ SOLIS AULESTIA

SANGOLQUÍ, 31 de Marzo de 2011

RESUMEN

El presente tratado “Levantamiento Edafológico y Agrológico Con Fines De Planificación Agropecuaria de la Hacienda Bernabé, Pedro Vicente Maldonado, Ecuador” es un estudio realizado sobre esta propiedad, ubicada sobre la Vertiente Occidental de la Cordillera Occidental de los Andes; y comprende colinas, vertientes, planicies y quebradas distribuidas en 69,69 hectáreas. El mismo constituye una base técnica para la planificación detallada de cualquier actividad agropecuaria a realizarse en el sector.

Los suelos identificados son en su mayoría suelos derivados de cenizas volcánicas pertenecientes al Orden de los Andisoles, existiendo en menor proporción suelos recientes y poco evolucionados pertenecientes al Orden Entisoles.

El estudio agrológico demostró que el 14.09% (9.82 ha) son aptas para cultivos en forma permanente; 9.06% (6.32 ha) son aptas para cultivos de manera ocasional; 38.65% (26.94 ha) son aptas para pastos y bosques de explotación; 13.14% (9.16 ha) son aptas para pastos y bosques de explotación con mayores limitaciones; 23% (16.03 ha) no son aptas para ningún tipo de explotación agropecuaria, pero deben ser dedicadas a la conservación, vida silvestre y recreación.

La evaluación ambiental demostró que las acciones que causan un mayor impacto negativo sobre el ambiente, son la alteración de la cubierta del suelo, los claros y las talas; afectando directamente a la flora, la fauna silvestre y la composición del paisaje. En base a los resultados se elaboró un Plan de Manejo y Conservación para evitar la erosión de las tierras y garantizar una explotación responsable de los recursos naturales. Mientras los resultados finales de la investigación se presentan en 12 cartas temáticas que muestran de manera didáctica la situación de la hacienda.

ABSTRACT

The “Edaphological and Agrologic Mapping for Farm Planning in Bernabe Farm, Pedro Vicente Maldonado, Ecuador” is an study made on the Western Spring of the Andes Occidental Mountain Range, surrounded of hills, valleys, springs, rivers in an area of 69.69 ha. It is a technical support for a detailed planning of any farming activity developed in this location.

Most of the soils identified in this study have volcanic ashes origin that forms part of the Andisoles Order, also you can found recent and not evolved soil formations of the Entisoles Order.

The Agrologic study shows that 14,09% (9,82ha) are landscapes for a permanent farming, and cropping labors, 9,06% (6,32ha) are landscapes for occasional farming and cropping labors, 38,65% (26,94ha) are landscapes for pasture and wood extraction, 13,14% (16,03ha) are landscapes for pasture and wood extraction that are subject to more restricted limitations and 23% (16,03ha) are landscapes that cannot be designated to any agricultural labor and must be dedicated for recreation, and wild life and rain forest conservation.

The environmental evaluation shows that the activities that have more negative impact on the environment are the ground cover alteration, the vegetation cleaning and the wood extraction; affecting in a direct proportion wild life, native vegetation and landscape distribution.

With the results obtained, a Conservation and Management Plan was made for avoiding the erosive process and guaranteeing a responsible natural resources management. Meanwhile the final results are exposed on 12 thematic maps, which show in a didactic way the farm situation.

CERTIFICACIÓN

Ing. Msc. Guillermo del Posso

Ing. Msc. Marco Luna

Certifican:

Que el trabajo titulado LEVANTAMIENTO EDAFOLÓGICO Y AGROLÓGICO CON FINES DE PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA DE LA HACIENDA BERNABÉ PEDRO VICENTE MALDONADO ECUADOR, realizado por María José Solis Aulestia, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que el presente trabajo constituye un estudio técnico detallado de la situación agroproductiva de la zona, servirá de ejemplo y de base para la planificación agropecuaria en el sector, por esta razón, SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto, el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a María José Solis Aulestia que lo entregue al Ing. Eduardo Urrutia, en su calidad de Coordinador de Carrera.

Sangolquí, 31 de marzo de 2011

Ing. Msc. Guillermo del Posso
DIRECTOR

Ing. Msc. Marco Luna
CODIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

María José Solis Aulestia

Declaro que:

El proyecto de grado denominado LEVANTAMIENTO EDAFOLÓGICO Y AGROLÓGICO CON FINES DE PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA DE LA HACIENDA BERNABÉ PEDRO VICENTE MALDONADO ECUADOR, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 31 de marzo de 2011

María José Solis Aulestia

AUTORIZACIÓN

Yo, María José Solis Aulestia

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **LEVANTAMIENTO EDAFOLÓGICO Y AGROLÓGICO CON FINES DE PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA DE LA HACIENDA BERNABÉ PEDRO VICENTE MALDONADO ECUADOR**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 31 de marzo de 2011

María José Solis Aulestia

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida, la salud y la oportunidad de iniciar cada día con nuevos desafíos y la fortaleza para enfrentarlos.

A mi papi que me enseña que la felicidad no es una meta sino un estilo de vida y me demuestra que así debe ser.

A mi mami que ha sido padre y madre muchas veces y sin ella no hubiera podido ser la persona que hoy en día soy.

A mi ñaña que es como mi madre y mi mejor amiga.

A mis abuelitos que son mi ejemplo y me educaron, y a quienes extraño todos los días.

Al Melo, mi compañero en el camino.

A mi Albero, mi pequeño que siempre está conmigo.

A los Ingenieros Guillermo del Posso y Marco Luna que compartieron conmigo sus conocimientos y que me dieron su tiempo y ayuda incondicional para la realización de este trabajo.

A mis amigos y amigas.

María José Solis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivo General	3
1.4 Objetivos Específicos	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Estudio de Relieve o Levantamiento Topográfico	5
2.1.1 Global Position System GPS	6
2.1.2 Sistema de Información Geográfica SIG	7
2.2 Estudio Geológico y Geomorfológico	11
2.3 Estudio del Suelo o Levantamiento Edafológico	13
2.3.1 Fases del Estudio de Levantamiento de Suelos	14
2.4 Principales Características de los Suelos Volcánicos	20
2.5 Clasificación de Suelos con énfasis en Suelos Volcánicos	21
2.5.1 Cryandepts	21
2.5.2 Durandepts	22
2.5.3 Hydrandepts	22
2.5.4 Placandepts	22
2.5.5 Vitrandepts	22
2.5.6 Eutrandepts	23
2.5.7 Dystrandeps	23
2.6 Erosión de Suelos	24
2.6.1 Por origen	24
2.6.2 Por agentes causales	25

2.7 Fertilidad de Suelos	27
2.7.1 Fertilidad natural	27
2.7.2 Fertilidad adquirida	27
2.7.3 Fertilidad actual	28
2.7.4 Fertilidad potencial	28
2.8 Estudio Agrológico de la Tierra o Evaluación de Tierras	29
2.8.1 Clasificación de Suelos	30
2.8.2 Clasificación de Tierras	30
2.9 Prácticas u Obras de Manejo y Conservación	36
2.9.1 Prácticas culturales	37
2.9.2 Prácticas Agronómicas	43
2.9.3 Prácticas Mecánicas	44
2.10 Estudio de Impacto Ambiental	46
3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	49
3.1. Características Biofísicas	49
3.1.1 Definición del área de estudio	49
3.1.2 Breve historia del uso de las tierras del área de estudio	49
3.1.3 Localización Geográfica	50
3.1.4 Delimitación	52
3.1.5 Área	52
3.1.6 Altitud	52
3.1.7 Condiciones climatológicas	52
3.1.8 Ecología	57
3.1.9 Vegetación natural	57
3.1.10 Geología	58
3.1.11 Geomorfología	58
3.1.12 Suelos	58
3.1.13 Uso actual del suelo	59
3.1.14 Erosión del suelo	59
3.1.15 Fertilidad natural	60
3.1.16 Aptitud agrícola de las tierras	60
3.1.17 Hidrología	61
3.1.18 Vías de comunicación	61
4. MATERIALES Y MÉTODOS	62
4.1 Materiales y Equipos	62
4.1.1 Estudio a nivel de campo	62
4.1.2 Estudio a nivel de gabinete	65

4.2 Métodos	68
4.2.1 Estudio detallado del Relieve	68
4.2.2 Levantamiento de Suelos	72
4.2.3 Estudio detallado del Uso Actual del Suelo.....	78
4.2.4 Estudio detallado Agrológico.....	79
4.2.5 Plan de Manejo y Conservación	81
4.2.6 Cartografía Automatizada	83
4.2.7 Impacto Ambiental del Uso de la Tierra	84
5. RESULTADOS	87
5.1 Caracterización del Relieve de la Hacienda Bernabé	87
5.2 Caracterización Geológica y Geomorfológica de la Hacienda Bernabé	88
5.2.1 Caracterización Geológica	88
5.2.2 Caracterización Geomorfológica	89
5.3 Caracterización Fisiográfica de la Hacienda Bernabé	90
5.4 Caracterización Cartográfica de la Hacienda Bernabé	91
5.5 Caracterización Taxonómica de los Suelos de la Hacienda Bernabé	92
5.6 Caracterización Técnico – Sistemática detallada de las Series de Suelos ...	95
5.6.1.1 Serie San José (CabJ)	96
5.6.1.2 Serie Sta. Susana (VlbS)	105
5.6.1.3 Serie Melo (VImM)	115
5.6.1.4 Serie Sta. María (VIfM)	124
5.6.1.5 Serie Albero (PcdeA)	133
5.7 Clasificación Taxonómica de los Suelos de la Hacienda Bernabé	142
5.7.1 Orden de Suelos “Andisol”	143
5.7.2 Orden de Suelos “Entisol”	146
5.8 Evaluación Agrologica de las Tierras de la Hacienda Bernabé	149
5.8.1 Levantamiento de la Capacidad Agrológica de las Tierras con fines Agropecuarios y Forestales.....	149
5.8.2 Levantamiento de la Capacidad Agrológica de las tierras de la Hacienda Bernabé	150

5.9 Prácticas u Obras de Manejo y Conservación recomendadas	156
5.9.1 Prácticas recomendadas para la Clase de Tierra 3/ C2, S	156
5.9.2 Prácticas recomendadas para la Clase de Tierra 4/ T2, S	158
5.9.3 Prácticas recomendadas para la Clase de Tierra 6/ T2, S	159
5.9.4 Prácticas recomendadas para la Clase de Tierra 7/ T2, S	161
5.10 Evaluación de Impacto Ambiental de la Hacienda Bernabé	165
5.10.1 Diagnóstico de Impacto Ambiental de la Hacienda Bernabé	165
5.10.2 Impactos con efectos negativos en la Hacienda Bernabé	166
5.10.3 Impactos con efectos positivos en la Hacienda Bernabé	167
5.10.4 Plan de Manejo Ambiental	169
5.11 Mapas Temáticos de la Hacienda Bernabé	171
5.11.1 Mapa Topográfico de la Hacienda Bernabé	171
5.11.2 Mapa de Pendientes de la Hacienda Bernabé	171
5.11.3 Mapa de Observaciones de campo de la Hacienda Bernabé	172
5.11.4 Mapa Fisiográfico de la Hacienda Bernabé	172
5.11.5 Mapa de Tipos de Suelos de la Hacienda Bernabé	173
5.11.6 Mapa de Fertilidad de Suelos de la Hacienda Bernabé	173
5.11.7 Mapa de Uso Actual del Suelo de la Hacienda Bernabé	174
5.11.8 Mapa de Erosión del Suelo de la Hacienda Bernabé	174
5.11.9 Mapa Agrológico de la Hacienda Bernabé	175
5.11.10 Mapa de Manejo y Conservación de la Hacienda Bernabé	175
5.11.11 Mapa de Conflictos de Uso de la Tierra de la Hacienda Bernabé	175
5.11.12 Mapa de Impacto Ambiental de la Hacienda Bernabé	176
6. CONCLUSIONES	177
7. RECOMENDACIONES	181
8. BIBLIOGRAFÍA	183
9. ANEXOS	189

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Datos Metereológicos de la Estación La Concordia	53
Tabla 3.2 Datos Pluviométricos de la Estación Nanegalito	55
Tabla 3.3 Datos Pluviométricos de la Estación La Concordia	55
Tabla 5.1 Unidades Fisiográficas de Mapeo y Taxonómicas de la Hacienda Bernabé	93
Tabla 5.2 Determinaciones Físicas del Perfil 4	104
Tabla 5.3 Determinaciones Químicas del Perfil 4	105
Tabla 5.4 Continuación de las Determinaciones Químicas del Perfil 4	105
Tabla 5.5 Determinaciones Físicas del Perfil 6	114
Tabla 5.6 Determinaciones Químicas del Perfil 6	114
Tabla 5.7 Continuación de las Determinaciones Químicas del Perfil 6	115
Tabla 5.8 Determinaciones Físicas del Perfil 1	123
Tabla 5.9 Determinaciones Químicas del Perfil 1	124
Tabla 5.10 Continuación de las Determinaciones Químicas del Perfil 1	124
Tabla 5.11 Determinaciones Físicas del Perfil 3	132
Tabla 5.12 Determinaciones Químicas del Perfil 3	132
Tabla 5.13 Continuación de las Determinaciones Químicas del Perfil 3	133
Tabla 5.14 Determinaciones Físicas del Perfil 2	141
Tabla 5.15 Determinaciones Químicas del Perfil 2	142
Tabla 5.16 Continuación de las Determinaciones Químicas del Perfil 2	142
Tabla 5.17 Clasificación Taxonómica de los Suelos de la Hacienda Bernabé	148
Tabla 5.18 Prácticas u Obras de Manejo y Conservación recomendadas	164
Tabla 5.19 Matriz de Leopold	168
Tabla 5.20 Plan de Manejo del Impacto Ambiental de la Hacienda Bernabé	169

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Distribución de la Heliofanía en los últimos 10 años	54
Cuadro 3.2 Distribución de la Temperatura media en los últimos 10 años	54
Cuadro 3.3 Distribución de la Humedad Relativa en los últimos 10 años	54
Cuadro 3.4 Distribución de la Precipitación en la Estación Nanegalito en los últimos 10 años	56
Cuadro 3.5 Distribución de la Precipitación en la Estación La Concordia en los últimos 10 años	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Mapa de Ubicación de la Hacienda Bernabé en el Ecuador Continental	51
Figura 3.2 Mapa de Ubicación de la Hacienda Bernabé en la Provincia de Pichincha	51
Figura 3.3 Mapa de Ubicación de la Hacienda Bernabé en el Cantón Pedro Vicente Maldonado	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Datos obtenidos de las barrenaciones del área de estudio	190
Anexo B Datos Metereológicos e Hidrológicos del área en estudio	205
Anexo C Descripción del Perfil 5	216
Anexo D Ficha técnicas de los cultivos de escarda recomendados para el área de estudio	227
Anexo E Ficha técnicas de cultivos tupidos recomendados para el área de estudio .	231
Anexo F Ficha técnicas de los pastos recomendados para el área de estudio	233
Anexo G Ficha técnicas de plantas frutales recomendadas para el área de estudio ...	236
Anexo H Ficha técnicas de especies forestales recomendadas para el área de estudio	243
Anexo I Fotografías del área de estudio	247
Anexo J Mapas temáticos del área de estudio	256

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Reyes *et al.* (1991), describen al cantón Pedro Vicente Maldonado como una región netamente ganadera y con una importante área de conservación y recreación. A pesar de que estas dos actividades constituyen la base de la economía del sector, no todos los involucrados en este medio manejan de forma técnica y sustentable los recursos naturales disponibles, siendo éste el caso de la hacienda Bernabé, la cual se dedica específicamente a la crianza de ganado vacuno lechero y a la conservación de la vegetación nativa del lugar.

En esta propiedad no se ha ejecutado ningún tipo de estudio técnico previo, por esta razón, las áreas dedicadas a la producción de forraje fueron escogidas al azar de entre las áreas menos irregulares y el resto de terreno fue destinado a mantener la vegetación natural existente; sin embargo al no conocerse la aptitud natural de las tierras, éstas pueden estar subutilizadas o sobre utilizadas en relación a su uso actual, favoreciendo de esta manera al proceso de erosión y desgaste del suelo y afectando a una producción técnica y sustentable.

Según la FAO (1988) más del 80% de la desertificación reciente se ha producido por una mala utilización de los recursos disponibles, es por esta razón que la ejecución de un estudio edafológico y agrológico de la tierra permitirá su planificación y uso técnico y sustentable (Del Posso 2007).

1.2 JUSTIFICACIÓN

La utilización de suelos sin criterio técnico trae consecuencias considerables como la degradación de los mismos, afectando a 1100 millones de hectáreas en todo el mundo. La deforestación, el pastoreo excesivo y mala gestión de las tierras de cultivo, son las principales causas de la degradación de los suelos. (FAO 1991).

Desde una perspectiva general la mayor presión sobre las tierras está dada por la expansión de la frontera agrícola y deforestación, que inciden directamente en la problemática del cambio de usos de las mismas (Guillaume *et al.* 2008).

Basándose en la información disponible, se ve imperante la necesidad de realizar un Levantamiento Edafológico y Agrológico con fines de planificación agropecuaria en la propiedad expuesta anteriormente, pues la identificación de los suelos, de sistemas de uso, de fuentes de nutrientes y de cultivos más adecuados según la aptitud natural de las tierras constituyen la base para el desarrollo y mantenimiento de una agricultura sustentable (Jiménez y Lamo 1998).

La región del nor-occidente de Pichincha es parte de un ecosistema heterogéneo, asimismo sus sistemas agrícolas y grupos étnicos son propios e irremplazables; por estas razones, no puede existir un tipo único de intervención tecnológica para su desarrollo; las soluciones deben diseñarse de acuerdo a las necesidades y aspiraciones de la zona y del predio en particular, así como a las condiciones biofísicas y socioeconómicas imperantes (Aguirre *et al.* s.f.).

El estudio también favorecerá al entorno, pues la degradación de suelos ha sido llevada a un grado alto de incompatibilidad con el medio ambiente, debido a la implantación de sistemas no adaptados a las condiciones socio-culturales, económicas y ecológicas locales (Jiménez y Lamo 1998), de tal manera que la implementación de obras de manejo y conservación de suelos y aguas reforzará el equilibrio entre la preservación del medio y la explotación agropecuaria sustentable.

De la misma manera, los dueños del predio se beneficiarán de la investigación, pues según afirman Swab *et al.* (1990), para realizar proyectos encaminados a crear un ambiente adecuado para gestionar una óptima producción agrícola y ganadera, se debe conocer el suelo, sus características físicas y químicas y tener un acertado punto de vista general sobre el uso racional de la tierra, y así se obtendrá el máximo beneficio de los recursos naturales disponibles.

Finalmente la comunidad se beneficiará, pues la hacienda Bernabé servirá de modelo al sector para que estudios similares se ejecuten en otras propiedades agropecuarias.

1.3 OBJETIVO GENERAL:

Realizar el Levantamiento Edafológico y la Evaluación Agrológica de las tierras de la Hacienda Bernabé, con el propósito de planificar el uso, el manejo y la conservación de sus recursos naturales con fines de explotación agropecuaria técnica y sustentable.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Ejecutar el Levantamiento Topográfico de la Hacienda Bernabé con el propósito de disponer de una base técnica cartográfica confiable para la ejecución de los estudios de los recursos naturales que ésta posee .
- Realizar el Levantamiento Edafológico y el Levantamiento Agrológico de la Hacienda Bernabé a fin de conocer en detalle las características de las diferentes tierras que posee para su evaluación técnica y la determinación de su aptitud natural y potencial con el fin de planificar su explotación técnica y sustentable.
- Realizar el Levantamiento del Uso Actual de la Tierra de la Hacienda Bernabé y mediante el versus con su Uso Potencial, establecer la correlación técnica que determine los conflictos de uso de la misma para su respectivo reordenamiento.
- Implementar un Plan de Manejo y Conservación para las tierras de la Hacienda Bernabé en base a la selección técnica de prácticas y obras específicas para cada clase de tierra existente.
- Determinar el Impacto Ambiental que el uso de las tierras de la Hacienda Bernabé genera y establecer las medidas técnicas para su prevención y mitigación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ESTUDIO DE RELIEVE O LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Davis y Kelly (1984) definen a la topografía como el arte de determinar distancias, diferencias de elevación, direcciones, ángulos, situaciones, áreas y volúmenes sobre o acerca de la superficie de la tierra.

El Levantamiento Topográfico comprende al trabajo de campo y de gabinete. En el primero se deben tomar en cuenta los instrumentos a utilizarse y su buen manejo, el ajuste de los mismos, las señales manuales o auditivas entre el técnico y los ayudantes y los registros de campo. En el segundo, se deben tomar en cuenta los datos recolectados que se van a procesar y el método a emplearse.

Antiguamente se empleaban teodolitos en el campo para realizar los levantamientos topográficos, sin embargo su exactitud variaba dependiendo de la habilidad del técnico para tomar las lecturas, y una vez en el gabinete, para realizar los cálculos respectivos.

En la actualidad, la herramienta más eficaz que está siendo utilizada es la estación total, la misma que consta de una computadora portátil, que registra la información de campo; un soporte para la misma y uno o varios prismas, con los que se recorre el terreno modelándolo y mostrando a la estación el punto exacto donde se debe registrar la medición.

Un mapa topográfico muestra las formas individuales del relieve y de los conjuntos de paisajes, ya que además de ser tridimensional, proporciona información cuantitativa, tanto con respecto a la forma como a la altitud.

En el caso de este estudio, se debe relacionar a la topografía con los suelos, pues se debe tomar en cuenta que las formas del terreno afectan profundamente al perfil del suelo. Si se observan pendientes pronunciadas, el perfil talvez nunca alcance la madurez porque la erosión remueve los productos de la meteorización tan rápidamente como estos se forman.

En cuanto a la acumulación de agua en el suelo, la topografía afecta la infiltración y escurrimiento de la misma, así como también, influye sobre la posición del nivel freático. La magnitud del relieve gobierna considerablemente la circulación del agua a través del suelo y de la roca madre y, por consiguiente determina si el perfil del suelo se desarrolla bajo condiciones de drenaje bueno o pobre.

2.1.1 Global Position System: GPS

El GPS es un aparato que trabaja con una veintena de satélites que están girando en todo momento alrededor del mismo; de esta manera, se puede obtener la localización geográfica de cualquier punto en el mundo, así como medir el perímetro de un área específica

Los datos obtenidos, conjuntamente con un Sistema de Información Geográfico permiten ubicar al predio dentro de un área más grande, y se le puede dar características como superficie, distancia de cada uno de sus linderos, uso actual,

pendientes, zonas de conflicto, uso potencial del suelo, fertilidad, riego y otros más.
(IGM, 2009)

Para realizar levantamiento topográficas, cuando la accesibilidad al terreno es difícil o simplemente las condiciones del momento no permiten el empleo de la estación total, el GPS es una herramienta que aunque menos exacta es útil y efectiva.

2.1.2 Sistemas de Información Geográfica SIG

Según la FAO (1997), los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas para la manipulación y análisis de grandes volúmenes de datos, estadísticos, espaciales y temporales, que son necesarios para generar, de una forma flexible, versátil e integrada, productos de información, como mapas o informes, para la posterior toma de decisiones.

Los SIG son ideales para la elaboración de cartografía automatizada, mas sus usos van más allá de un simple ordenamiento de puntos y líneas; permiten el manejo de los datos existentes y presentan los resultados en forma de mapas.

García (2001) menciona algunas áreas en las que se aplica un SIG, de acuerdo al rubro de la actividad o de acuerdo al tipo de información que se maneja:

- **AM/FM (Automated Mapping/Facilities Management):**, Administración de redes de infraestructura de servicios públicos. Dentro de este rubro se encuentra la administración gráfica y alfa numérica de redes de servicios tales como agua potable, electricidad, teléfono, transporte, etc.

- En proyectos u obras de ingeniería tales como estudios para localización de presas, irrigaciones, centrales hidroeléctricas, en las cuales se hacen estudios integrales de cuencas hídricas, drenaje, levantamientos topográficos y análisis de pendiente.

- **Agricultura / Protección Ambiental:** Administración del uso de la tierra, evaluación y monitoreo de los recursos forestales, monitoreo de la deforestación, análisis de impacto ambiental, estudios de capacidad de uso mayor de los suelos, ubicación de suelos apropiados para determinados cultivos, evaluación de cosechas, etc.

- **Ciencias de la tierra:** En la minera, geología, prospección petrolera, modelamiento 3d, evaluación de líneas sísmicas, determinación del cubrimiento sísmico, evaluación de áreas sensibles, inventario de pozos, etc

- **Meteorología:** Modelos, establecer pronósticos, registro y monitoreo de fenómenos o eventos climáticos, mapeo de comportamientos climáticos, etc.

- **Biología / Ecología:** En el estudio de comunidades, mapeo de condiciones apropiadas para el desarrollo de determinada comunidad, desastres naturales, modelos de vulnerabilidad, análisis de amenazas, evaluación del riesgo, registro histórico de desastres, evaluación de daños, registro de pérdidas, evaluación de la respuesta, etc.

- **Administración Pública: Estado y Gobiernos Locales:** Manejo de toda información con componente espacial, catastro, agricultura, gobiernos locales y municipios, turismo, educación, salud, seguridad, ordenamiento de administración municipal, administración de tasas, servicios e impuestos y gestión municipal en general, administración del territorio municipal y sus recursos, planeamiento urbano.
- **Geomarketing:** Ubicación de futuros y/o potenciales clientes, análisis de mercados, ubicación de la competencia, ubicación de sucursales, etc.
- **Transporte:** Inventarios viales, planificación de nuevas obras, conservación de obras existentes, información al transportista y usuarios en general, etc.
- **Pesca:** Monitoreo de flota, determinación de áreas de probabilidad de pesca por especie, determinación de áreas factibles para la maricultura, monitoreo de eventos que afecten a la pesca, mareas rojas, calentamiento de mar, etc

El autor antes mencionado, asegura que para que una aplicación SIG pueda ser considerado exitoso, se debe tomar en consideración que el equipo disponible hardware, software y personal debe estar relacionado con el volumen de información que se va a manejar, y que debe existir un adecuado control de calidad de la información y los resultados.

La FAO (1997), asegura que esta organización ha utilizado sistemas SIG a fin de acercarse a la problemática tierras-alimentos-personas a nivel global. Hasta ahora las aplicaciones se han dirigido fundamentalmente a relacionar productos del uso de tierras con otros objetivos de desarrollo tales como producción de alimentos, autoabastecimiento de productos, necesidades de capital o capacidad de soportar población; tomando en consideración limitaciones de fertilidad, salinidad y erosión de suelos y riesgos de degradación de tierras.

Muy buenos resultados ha obtenido la FAO en el desarrollo de herramientas SIG para la planificación de los recursos naturales, su gestión y control a diferentes escalas.

El desarrollo de estas y otras aplicaciones informáticas conlleva el análisis e interpretación de gran cantidad de datos bio-físicos y socio-económicos, estadísticos, espaciales y temporales, con objeto de producir diversas clases de productos informáticos en forma de imágenes, mapas y otros informes necesarios en la toma de decisiones, como se mencionó anteriormente.

2.2 ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO

Griem W y Griem S. (1999) afirman que la geología es la ciencia que estudia la composición, estructura y evolución de la Tierra a lo largo de los tiempos geológicos hasta su situación actual, especialmente los procesos del interior de la tierra y las transformaciones que afectan a los minerales y las rocas en la superficie

Los procesos morfogenéticos o geomorfológicos son los hechos por los cuales la superficie terrestre va cambiando su forma de manera lenta, pero permanente por efecto de diferentes procesos. Los procesos de degradación que son los de carácter erosivo (deslizamientos, cárcavas, surcos, erosión laminar) y los procesos de agradación o sedimentación, que agregan material al paisaje (inundaciones, avenidas torrenciales, crecimiento de playas).

Por otra parte, pero estrechamente ligada a la geología, la geomorfología analiza los diferentes eventos geomórficos que han configurado, a lo largo del tiempo el relieve actual. (Gutiérrez, 2008).

Según el mismo autor, el relieve de la superficie terrestre es el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. Las primeras actúan como creadoras de las grandes elevaciones y depresiones, producidas principalmente por movimientos de componente vertical, y las segundas como desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado.

Estos procesos de dinámica externa se agrupan en la cadena de meteorización-erosión, transporte y sedimentación. El resultado se manifiesta en la creación de un conjunto de modelados erosivos y deposicionales, que suelen presentar rasgos específicos, en relación con los procesos actuantes en los diferentes ambientes morfogenéticos.

Para realizar un estudio geomorfológico se deben observar, interpretar y clasificar las formas del terreno, tomando en cuenta su aspecto exterior o el origen que explica su existencia. Para esto, se emplean los mapas topográficos de la zona en estudio y se toman en cuenta los diseños de drenaje, pues en la mayoría de casos, éstos muestran la estructura geológica e historia geomórfica del área.

Los mapas geológicos permiten determinar si los caracteres geomórficos reflejan el predominio de la litología y de la estructura, o son el reflejo de los procesos e historia geomórfica. Con un conocimiento de la geología de la región, se puede prever, en el mapa topográfico o en las fotografías aéreas, cambios significativos de la topografía en relación con las variaciones geológicas.

Las fotografías aéreas son un instrumento esencial en un estudio geomórfico debido al grado de detalle que muestran. Si bien no eliminan la necesidad de los mapas topográficos o del trabajo de campo, son un medio suplementario que puede simplificarlo y permitir un empleo mucho más efectivo del mapa topográfico

2.3 ESTUDIO DEL SUELO O LEVANTAMIENTO EDAFOLÓGICO

El IGAC (2009) define a un Levantamiento Edafológico como una investigación científica que examina detallada y sistemáticamente los suelos en el campo y laboratorio, para clasificarlos de acuerdo a un sistema taxonómico definido; cartografiar las diferentes clases de suelos, e interpretar el uso y manejo de los mismos de acuerdo con su comportamiento.

Zavaleta (1992) menciona que el Estudio de Suelos es el proceso orientado al conocimiento del suelo, esto implica colección de información del suelo con dos principales objetivos: el primero es mostrar la distribución espacial de los suelos sobre un mapa; y el segundo es proveer información acerca de los suelos en el área mapeada tecnificando la planificación del uso de la tierra.

El conocer cuáles son los diferentes tipos de suelos, su ubicación, su distribución geo-espacial, sus características, sus limitaciones, su potencial, es uno de los pre-requisitos de la planificación técnica, eficiente y sustentable para el desarrollo del agro. La única forma técnica de cumplir con cada propósito es mediante la ejecución de un estudio o levantamiento de suelos Del Posso (1996)

2.3.1 Fases del Estudio de Levantamiento de Suelos:

2.3.1.1 Fase preparatoria:

Consiste en reunir, analizar y seleccionar toda la información sobre los suelos existente y disponible en la zona donde se realizará el estudio.

2.3.1.2 Fotointerpretación preliminar:

Consiste en una revisión previa de fotografías aéreas, de la zona para ubicar al lugar en estudio y analizar las formas topográficas

2.3.1.3 Trabajo de campo:

Con la ayuda del mapa base o fotografía aérea, se realiza la caracterización física de la información contenida en los mismos, así como la identificación de las unidades fisiográficas del área en estudio y las condiciones de accesibilidad del terreno.

Con el objeto de realizar el levantamiento de suelos, se deben realizar observaciones de campo, las cuales, según el IGAC (2009) son de varios tipos:

1. Observación de caracterización:

Se utiliza para describir en forma muy completa las características internas y externas de los suelos que conforman el contenido pedológico de las unidades cartográficas.

2. Observación de comprobación:

Se realiza para identificar las clases de suelos caracterizadas y definidas durante el reconocimiento de campo mediante observaciones detalladas y/o descripciones de perfiles de suelos en calicatas.

3. Observación de identificación:

Se realiza para establecer las características necesarias para clasificar un suelo y para establecer el límite de variación de las unidades taxonómicas al nivel considerado.

4. Observación en mapeo libre:

Aquella ubicada en sitios estratégicos de las geformas o en los cambios de pendiente, de acuerdo con el criterio del edafólogo.

5. Observación en red rígida:

Aquella localizada a una distancia predeterminada, dependiendo de la escala, formando en su conjunto una cuadrícula o un tres bolillo.

6. Observación en red flexible:

Variación de la red rígida, donde las observaciones se distribuyen según criterio del edafólogo.

7. Observación orientada:

Observación localizada previamente durante la fase de fotointerpretación, de acuerdo con los rasgos de las diferentes geoformas.

8. Observaciones de campo:

Permiten identificar las características de los suelos de una zona, teniendo como objetivos: determinar las propiedades de los suelos, clasificar para determinar el contenido pedológico de las unidades de mapeo, verificar la validez de los límites, y trazar los límites definitivos de suelos en levantamientos detallados y semidetallados. (Del Posso 2007).

9. Barrenaciones simples:

Son perforaciones que se realizan con un barreno tipo Edelman hasta una profundidad de 1,0m o más hasta encontrar material parental u otro material que no sea suelo como rocas o piedras, y que permitan conocer el rango de variabilidad de la unidad en estudio en cuanto a las características que posea el suelo previamente definidas (Del Posso 2007).

10. Barrenaciones detalladas:

Consiste en la apertura de un orificio en el terreno de 50cm de largo, ancho ó hasta descubrir el horizonte B, seguidamente se utiliza el barreno como en el caso anterior para obtener información a mayor profundidad. El mismo autor indica que en estas observaciones se anotan todas las características necesarias para definir límites entre unidades que en forma natural y topográfica no son fáciles de determinar.

11. Descripción de perfiles del suelo:

Cuando se forma un perfil del suelo, se encuentra que muestra una serie de capas o zonas diferentes, las cuales, aunque difieren en sus características químicas y físicas, están relacionadas genéticamente la una con la otra. Estas capas verticales sucesivas constituyen el perfil del suelo.

La descripción de perfiles se realiza en calicatas de 2,00m de largo, 1,50 de ancho y 1,50m de profundidad, de tal manera que se puedan observar, de ser posible, los horizontes A, B y C, o hasta el contacto lítico o paralítico.

La descripción detallada de un perfil, se realiza en una calicata representativa, que tenga características comunes con la mayoría de las observaciones realizadas dentro de la unidad previamente identificada, caracterizada y delimitada que sirva para representar a toda la unidad estudiada.

Una vez realizadas las calicatas, éstas se ubican en el área de estudio y se observan los cortes de suelo, se establecen horizontes, se los identifica, nomina, se mide su espesor y se determina la textura, estructura, consistencia, color y la presencia de calcáreo.

Adicionalmente, se toman en cuenta las características que no se pueden ver desde la superficie, tales como capas que interfieran con el movimiento del agua y las raíces de las plantas; lo mismo que permitirá estimar la rapidez con que se mueve el agua a través del suelo y cuánto tiempo podría permanecer allí.

Con la finalidad de medir el grado de erosión, se mide el grado de pendiente y se estima la cantidad de suelo que se pierde. También se toma en consideración la cantidad de materia orgánica y la acidez o alcalinidad del suelo, finalmente se toman muestras de cada suelo y bien identificadas se las envía al laboratorio. (Zavaleta, 1992)

2.3.1.4 Fotointerpretación definitiva:

Una vez que se posea a un conocimiento más objetivo de las condiciones de campo, se deberá proceder a la fotointerpretación más intensiva y definitiva del área de estudio.

Las fotografías aéreas muestran en gran detalle el área de estudio, sin embargo se deben tomar en cuenta los errores que se pueden presentar en el momento en que la fotografía es tomada. Por esta razón, las fotografías aéreas deben estar respaldadas por su respectivo mapa topográfico.

2.3.1.5 Verificación final:

Del Posso (2007) asegura que se deben verificar los límites de los suelos y determinar cuáles son los perfiles modales de cada unidad para su muestreo y descripción. La cantidad de verificaciones en el campo y el muestreo se definirá previamente en base a la intensidad del levantamiento, a la complejidad de la distribución de los suelos y a problemas fortuitos relacionados con el tiempo disponible, el personal, el transporte, el costo y la accesibilidad del área.

2.3.1.6 Análisis de laboratorio:

Las muestras de suelos previamente recolectadas durante el levantamiento deben ser analizadas lo más pronto posible para que los análisis de laboratorio complementen al estudio de campo.

De las muestras recolectadas, se deben realizar análisis de determinación de tipo físico y químico específico requerido. Estos estudios cumplen varios propósitos, tales como la obtención de datos que ayuden a la clasificación, determinación de nivel de nutrientes y estudios de secciones específicas.

2.3.1.7 Elaboración de mapas:

Mediante la realización de mapas o cartas se exponen los resultados del estudio. Dichos mapas deben contener información técnica sobre la investigación realizada y descrita de manera fácil, evitando el uso de información irrelevante que complique la interpretación de los mismos.

Navarro (2005) asegura que un mapa de suelos no basta; sino que es necesario complementarlo con su relación con el relieve, con el clima y con la geología subyacente, para facilitar la comprensión de la posible evolución de la tierra en el tiempo. De la misma manera, la utilización actual del suelo debe ser tomada en cuenta para tratar de corregir errores en la misma que afecten al manejo del ecosistema.

2.3.1.8 Elaboración de informes:

Adicional a los mapas realizados, se deben detallar informes que incluyan toda la información contenida en estos. El informe incluye el grado de pendiente, grado de erosión, la descripción de los suelos mostrada en los mapas y el potencial de los mismos para varios propósitos.

De la misma manera, el informe provee información sobre clima, fisiografía, geología; sobre prácticas forestales o manejo de pasturas; así como sugerencias sobre sistemas de cultivos, prácticas de fertilización y control de erosión; características de drenaje, control de salinidad, prácticas de irrigación, etc. (Zavaleta, 1992)

2.4 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS VOLCÁNICOS

Guillaume *et al.* (2008) definen como suelos volcánicos a aquellos desarrollados sobre cenizas volcánicas, que ocupan más del 30% del territorio nacional, los cuales son considerados como suelos evolucionados y por lo tanto aptos para el desarrollo de la actividad agrícola.

En cuanto a sus características físicas y químicas, la Soil Taxonomy USDA (2006), señala, que los suelos desarrollados en materiales volcánicos tienen un complejo de cambio dominado por compuestos amorfos de Al, Si, y humus, densidad baja, carga permanente baja, carga variable alta, fijación de fósforo alta, retención de agua alta, porcentaje de carbono alto, inusual toxicidad del aluminio, límites líquidos altos y límites plásticos altos.

De la misma manera, López et al (1992), afirman que estos suelos en general presentan una muy alta retención de humedad, muy baja densidad aparente, alto pH en FNa, alta retención de fosfatos, pH moderadamente ácido, muy ricos en materia orgánica.

2.5 CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON ÉNFASIS EN SUELOS VOLCÁNICOS

Zavaleta (1992), menciona que cuando se diseña un sistema de clasificación, los diferentes suelos son agrupados de acuerdo a criterios de diagnóstico en categorías.

La USDA (2006) y Besoain (1985), los Andosoles pertenecen, dentro del Orden Inceptisols al suborden Andepts.

Los Andepts se subdividen en los siguientes grupos:

2.5.1 Cryandepts:

Andepts de las regiones frías, con temperatura media anual del suelo inferior a 8°C. Poseen una o algunas de las siguientes características: densidad aparente de la fracción tierra fina del suelo inferior a 0,85g/cm³ en el epipedón u horizonte cámbico, o ambos, y el complejo de cambio está dominado por constituyentes amorfos; más del 60% de cenizas volcánicas vítreas u otros materiales piroclásticos vítreos se encuentran en las fracciones limo, arena y gravas; no están saturados con

agua ningún período, o faltan las características de humedad definidas para los Aquepts; falta un epipedón plágeno.

2.5.2 Durandepts:

Andepts de regiones cálidas, con temperatura media anual del suelo superior a 8°C, tienen un horizonte endurecido.

2.5.3 Hydrandepts:

Andepts que tienen arcillas que se deshidratan irreversiblemente en agregados del tamaño de la grava y temperaturas del suelo superiores a los cryandepts.

2.5.4 Placandepts:

Andepts que tienen un horizonte plácico, dentro de 1 m de la superficie del suelo, en la mitad o más de cada pedón.

2.5.5 Vitrandepts:

Andepts que no son tixotrópicos y la retención a 15 bares es inferior a 20% basado en el promedio para el conjunto del suelo entre 25 cm y 100 cm; contacto lítico o paralítico el cual es aún más delgado; tienen temperaturas del suelo superior a la de los cryandepts; carecen de arcillas que se deshidraten irreversiblemente en agregados del tamaño de la grava y carecen de un duripan dentro de 1 m. Se forman a partir de

piroclastitas gruesas poco alteradas, son suelos poco evolucionados, situados generalmente cerca de los volcanes activos.

2.5.6 Eutrandepts:

Se caracterizan por tener un epipedón mólico, algunos horizontes tixotrópicos o porque la retención de agua a 15 bares es de 20% o más, tomando el promedio para el suelo entre 25 cm y 100 cm de profundidad. El horizonte mólico se distingue del húmbrico en que la saturación de bases es superior a 50%. Tienen temperaturas del suelo superiores a las de los cryandepts (8°C), carecen de arcillas que se deshidraten irreversiblemente en agregados del tamaño de la grava y falta un duripan dentro del metro o un fragipan.

2.5.7 Dystrandepts:

Andepts de países cálidos, caracterizados por un horizonte húmbrico y ócrico; son tixotrópicos (en algunos horizontes); con capacidad de retención de agua superior a 20% a pF 4,2 para el suelo entre 25 cm y 100 cm de profundidad, carecen de arcillas que se deshidraten irreversiblemente en forma de agregados duros del tamaño de la grava.

Según del Posso (2007), actualmente existe un nuevo orden de suelos en la Soil Taxonomy USDA que es el de los Andisoles donde se encuentran todos los suelos de origen volcánico.

2.6 EROSIÓN DE SUELOS

De León (2006) define al proceso de erosión como el arrastre de las partículas constituyentes del suelo por la acción del agua en movimiento o por la acción del viento. La erosión se presenta en función de la erosividad que es la capacidad potencial de la lluvia para erosionar y la erodabilidad, que es la vulnerabilidad del suelo ante la erosión.

Menciona también que de la lluvia se debe considerar la cantidad, intensidad y tamaño de gota, y del suelo se debe tomar en cuenta la textura, la estabilidad estructural y la capacidad de infiltración frente a la erosión, para lo que se consideran las características del suelo y el tratamiento que se le dé, así como la cobertura vegetal y las condiciones de superficie.

En cuanto a las clases de erosión, propone una clasificación, en base al origen de la erosión y al agente causante, es así que encontramos:

2.6.1 Por Origen:

1. **Natural:** Ocurre por acción de las fuerzas de la naturaleza: gravedad, precipitación, corriente fluvial, corriente marina, temperatura, sin la intervención del hombre. (Del Posso, 2006).
2. **Antrópica:** Causada por el hombre y sus malas prácticas agrícolas, desestabilizando el equilibrio suelo-vegetación-agua. (Del Posso, 2006)

2.6.2 Por Agentes Causantes:

1. **Eólica:** Ocasionada por acción del viento.
2. **Hídrica:** Ocasionada por acción del agua, ya sea por el impacto de la gota de lluvia, percolación o deslizamiento. A su vez, existen diversos tipos de erosión hídrica:
 3. **Laminar:** Es una erosión superficial. Después de una lluvia es posible que se pierda una capa fina y uniforme de toda la superficie del suelo como si fuera una lámina. Representa una pérdida imperceptible que sólo se nota cuando el tiempo ha aumentado su intensidad. Este proceso da origen a la erosión en surcos y posteriormente en cárcavas.
 4. **Surcos:** Es fácilmente perceptible debido a la formación de surcos irregulares favoreciendo la remoción de la parte superficial del suelo. Si el proceso de erosión avanza puede convertirse en cárcavas.
 5. **Zanjas o cárcavas:** Consiste en pérdidas de grandes masas de suelo formando surcos de grandes dimensiones y profundidad, que traen como consecuencia la pérdida de suelo, el cambio en el régimen térmico, la pérdida en la calidad del relieve y pérdidas en la capacidad de reserva de agua. El proceso se ve favorecido por presión de pastoreo y malas prácticas de manejo.

En cuanto a las clases de erosión, y su grado de incidencia, se clasifican de la siguiente manera:

Clase 1: Erosión eólica.

Clase 2: Erosión hídrica laminar

Clase 3: Erosión hídrica en surcos

Clase 4. Erosión hídrica en cárcavas

Grado 1: Leve (laminar, pequeños surcos)

Grado 2: Moderada (surcos grandes asociados a zanjas o cárcavas)

Grado 3: Fuerte (zanjas o cárcavas).

Para calcular la pérdida del suelo, (Wisheimeier & Smith, 1958), citados por De León (2006), crearon la Fórmula Universal de pérdida de suelo, la cual estima la cantidad de suelo perdido a causa de la erosión.

$E=RKLSCP$; donde,

E: Pérdida de suelo estimada como promedio anual.

R: Factor de erosividad.

K: Factor de erodabilidad de suelo.

L y S: Longitud y pendiente.

C: Factor cultivo.

P: Prácticas de manejo.

2.7 FERTILIDAD DE SUELOS

Sánchez (2007), define a la fertilidad del suelo como una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar las condiciones necesarias para el mantenimiento de una cubierta vegetal.

Si bien en el suelo se encuentran cientos de minerales, en las plantas solo se han encontrado alrededor de 50 elementos y de ellos solamente 16 han sido reconocidos como esenciales para el crecimiento de las plantas. (Zavaleta 1992).

Para comprender mejor la relación entre el suelo y las plantas, Navarro (2005), propone algunos conceptos asociados a los estados de la fertilidad y a la capacidad de mantenerla:

2.7.1 Fertilidad Natural

Por tal se entiende a la fertilidad propia de los suelos vírgenes en los que existe un equilibrio dinámico entre el suelo y la vegetación que soporta.

2.7.2 Fertilidad Adquirida

Es un término asociado a los suelos cultivados o a los que han sufrido algún tipo de intervención humana. El uso de abonos, enmiendas o labores, puede modificar el estado de la fertilidad natural del suelo.

2.7.3 Fertilidad Actual

Es la que posee el suelo en un momento determinado, ya sea natural o adquirida.

2.7.4 Fertilidad Potencial

Es la capacidad del suelo para mantener su fertilidad natural. En la evaluación de este tipo de fertilidad intervienen parámetros que no se utilizan de forma habitual en el establecimiento de la fertilidad natural.

Uno de los más influyentes es la naturaleza de las fracciones granulométricas gruesas. Las arenas están constituidas fundamentalmente por minerales primarios susceptibles de alterarse y generar minerales secundarios con pérdida de componentes, algunos de los cuales pueden constituir nutrientes para las plantas, con lo que se incrementa la fertilidad.

Cuando un suelo posee una alta cantidad de minerales alterables su fertilidad potencial está asegurada, mientras que la ausencia de ellos pone en riesgo el mantenimiento de la misma. En general, los suelos jóvenes tienen una baja fertilidad actual y una elevada fertilidad potencial, lo que asegura el mantenimiento de la vegetación e incluso su incremento, mientras que en los suelos viejos ocurre todo lo contrario.

2.8 ESTUDIO AGROLÓGICO DE LA TIERRA O EVALUACIÓN DE TIERRAS

El término Evaluación de Suelos, es utilizado para el estudio de la evaluación de las propiedades del suelo como una fase previa en la Evaluación de Tierras, en la que además se estudian las características extrínsecas del área de estudio como de la superficie del suelo: topografía, clima, hidrología, vegetación y uso, etcétera.

McRae y Burnham (1981) citados por Dorronsoro (s/f). definen a la Evaluación de Tierras como un sistema de clasificación aplicado que evalúa la capacidad del suelo para su utilización óptima, es decir, para obtener máximos beneficios con mínima degradación. En síntesis, puede ser cualquier método que mida, o sea capaz de predecir, el uso potencial de una tierra.

Los autores mencionados, aseguran que los distintos tipos de suelos presentan propiedades muy diferentes por lo que su respuesta frente a cada tipo de utilización es muy diferente y la Evaluación de Tierras se basa en que esta respuesta está en función de estas propiedades y por tanto conociéndolas se puede predecir el comportamiento del suelo frente a una determinada utilización.

Por otra parte, la Evaluación de Tierras trata de establecer el grado de idoneidad de un suelo para un uso, tanto desde el punto de vista de los rendimientos actuales como el de la degradación soportada por el suelo; que representará una pérdida de productividad futura.

2.8.1 Clasificación de Suelos:

Según Del Posso (2006), es el ordenamiento sistemático de los distintos tipos de suelos en base a sus características físicas, químicas, morfológicas, y biológicas, tomando como base el Sistema de Clasificación Soil Taxonomy USDA, el Sistema de Clasificación de Suelos FAO o el Sistema de Clasificación de Suelos Francés, etc.

2.8.2 Clasificación de Tierras:

El mismo autor define a la Clasificación de Tierras como el proceso de interpretación sistemático de los estudios de clima, suelo, relieve, hidrología, vegetación, etc. El cual permite ordenar y agrupar en clases a la tierra según su aptitud y capacidad de uso de acuerdo al grado de limitaciones que posea la misma; permitiendo de esta manera definir su uso potencial, el Sistema de Clasificación de Tierras Americano o de las Ocho Clases de Tierras por su Capacidad de Uso.

Al clasificar las tierras se trata de buscar la idoneidad de los suelos para usos generales: cultivos, pastos y bosques

2.8.2.1 Sistema Agrológico de Capacidad de Uso de la Tierra de las Ocho Clases o Americano.

El objetivo del sistema es el de interpretar el medio biofísico natural que es la tierra, para agrupar parte de ella en base a la aptitud natural o capacidad de uso, y así determinar si es idónea para producir cultivos, pastos o bosques por períodos de tiempo significativos, con el menor deterioro en base a su uso técnico y sustentable.

Consta de tres categorías:

1. Clase agrológica o de capacidad de uso:

Esta es la primera interpretación integral de la tierra, la misma que permite agrupar a partes de la misma en ocho clases de tierra en base a sus limitaciones y a su aptitud natural.

2. Subclase agrológica o de capacidad de uso:

Comprende las subdivisiones de las clases de tierras las cuales poseen limitaciones y riesgos similares que se agrupan en base a cuatro factores: Clima, suelos, topografía y la erosión.

3. Unidad agrológica o de capacidad de uso:

Es el agrupamiento de tierras similares en aptitud para el crecimiento de plantas y en respuesta al mismo uso, manejo y conservación.

2.8.2.2 Clases de tierra por su capacidad de uso:

1. Clases de tierras aptas para la agricultura:

- Tierras de primera clase o clase 1:

Los suelos de la clase I no tienen, o sólo tienen ligeras, limitaciones permanentes o riesgos de erosión.

Pueden cultivarse con toda seguridad empleando métodos ordinarios. Estos suelos son profundos, productivos, de fácil laboreo y casi llanos. No presentan riesgo de encharcamiento, pero tras un uso continuo pueden perder fertilidad.

Cuando los suelos de esta clase se emplean para cultivo, necesitan labores que mantengan su fertilidad y preserven su estructura. Entre ellas se cuentan el abonado, la aplicación de la caliza, las cubiertas vegetales o el abonado en verde, la aplicación de restos de la cosecha y la rotación de cultivos.

- Tierras de segunda clase o clase 2:

Esta clase la integran suelos con limitaciones moderadas para su uso. Son suelos buenos que pueden cultivarse mediante labores adecuadas de fácil aplicación.

La principal diferencia entre estos suelos y los de clase I es que presentan pendiente

suave, están sujetos a erosión moderada, su profundidad es mediana, y son susceptibles a inundarse ocasionalmente por lo que pueden necesitar drenaje.

Los suelos pueden necesitar prácticas comunes, como cultivo a nivel, fajas, rotaciones encaminadas a la conservación de los mismos, mecanismos de control del agua o métodos de labranza específicos, ya sean solos o combinados entre sí.

- **Tierras de tercera clase o clase 3:**

Los suelos de esta clase tienen importantes limitaciones en su cultivo. Son suelos medianamente buenos. Pueden cultivarse de manera regular, siempre que se les aplique un tratamiento adecuado.

Sus pendientes son moderadas, el riesgo de erosión es más severo en ellos y su fertilidad es más baja. Sus limitaciones con frecuencia restringen las posibilidades de elección de los cultivos o el calendario de laboreo y siembra.

Los suelos pertenecientes a esta clase requieren sistemas de cultivo que proporcionen una adecuada protección vegetal, necesaria para defenderlos de la erosión y para preservar su estructura (fajas, terrazas, bancales, etc). Pueden ser utilizados para el cultivo de pastos u otros cultivos herbáceos en lugar de los cultivos de surco.

- **Tierras de cuarta clase o clase 4:**

Esta clase está compuesta por suelos con limitaciones permanentes y severas para el cultivo. Son suelos malos. Pueden cultivarse ocasionalmente si se les trata con gran cuidado. Generalmente deben limitarse a cultivos herbáceos.

Los suelos de esta clase con frecuencia se hallan en pendientes fuertes sometidos a erosión intensa; pueden ser suelos superficiales o moderadamente profundos y de fertilidad baja. Su uso para la agricultura es muy limitado. Generalmente deben ser dedicados a pastos. En otros casos puede tratarse de suelos superficiales o moderadamente profundos, de fertilidad baja, o localizados en pendientes.

2. Clases de tierras aptas para pastos y bosques de explotación:

- **Tierras de quinta clase o clase 5:**

Los suelos de esta clase deben mantener una vegetación permanente. Pueden dedicarse a pastos o a bosques. La tierra es casi horizontal. Tienen escasa o ninguna erosión. Sin embargo, no permiten el cultivo, por su carácter encharcado, pedregoso, o por otras causas. El pastoreo debe ser regulado para evitar la destrucción de la cubierta vegetal.

- **Tierras de sexta clase o clase 6:**

Los suelos de esta clase deben emplearse para el pastoreo o la silvicultura y su uso entraña riesgos moderados. Se hallan sujetos a limitaciones permanentes, pero moderadas, y no son adecuados para el cultivo. Su pendiente es fuerte o son muy superficiales. No se debe permitir que el pastoreo destruya su cubierta vegetal.

La tierra de la clase VI es capaz de producir forraje o madera cuando se administra correctamente. Si se destruye la cubierta vegetal, el uso del suelo debe restringirse hasta que dicha cubierta se regenere.

- **Tierras de séptima clase o clase 7:**

Los suelos de esta clase poseen limitaciones permanentes y severas cuando se emplean para pastos o silvicultura. Son suelos situados en pendientes fuertes, erosionados, accidentados, superficiales, áridos o inundados. Su valor para soportar algún aprovechamiento es mediano o pobre y deben manejarse con cuidado.

En zonas de pluviosidad fuerte estos suelos deben usarse para sostener bosques. En otras áreas, se pueden usar para pastoreo siempre y cuando se maneje con cuidado y siguiendo las prácticas y obras de manejo y conservación pertinentes.

3. Clases de tierras no aptas para agricultura, pastos y bosques de producción:

- Tierras de octava clase o clase 8:

Los suelos de esta clase no son aptos ni para silvicultura ni para pastos. Deben emplearse para uso de la fauna silvestre, para recreación o para usos hidrológicos. Pertenecen a esta clase los suelos esqueléticos, pedregosos, rocas desnudas, en pendientes extremas, etc.

2.9 PRÁCTICAS Y OBRAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN

Guillaume *et al.* (2008) aseguran que el crecimiento de la actividad agrícola se viene dando históricamente y la misma ha rebasado el umbral de las tierras con potencial de uso, adentrándose la actividad en tierras poco aptas o no aptas para actividades de ese tipo.

Según Bennet (1965), el suelo debe ser tratado y utilizado acorde con sus necesidades individuales y capacidades del área, para evitar de esta manera la erosión del suelo y asegurar la conservación del agua.

El mismo autor asegura que se debe elaborar un plan basado en las necesidades de la conservación del suelo y del agua, para el cual, se deben tomar en cuenta todos los factores pertinentes: la clase de suelo y sus necesidades en relación con la prevención

de la erosión, el mantenimiento de la fertilidad del suelo mientras siga en producción, la conservación del agua de lluvia etcétera.

Asimismo, afirma que no existen dos parcelas de tierra que sean idénticas. Por esta razón, todo campo requiere su propio conjunto particular de medidas de conservación, las cuales han de adaptarse no solo a las necesidades y adaptabilidades de la tierra, sino también a las disponibilidades y la adaptabilidad del agricultor.

Del Posso (2005), define a las prácticas de manejo y conservación como métodos y obras de campo que buscan disminuir el efecto de la erosión sobre el suelo; y las clasifica en tres grupos bien definidos:

2.9.1 Prácticas Culturales

Son métodos de campo que buscan la protección del suelo y el agua mediante sistemas de manejo de cultivos.

Se debe seleccionar la más adecuada en función de la aptitud de la tierra, el uso del suelo y el agente erosivo. Las más utilizadas son:

2.9.1.1 La rotación de cultivos

La rotación de cultivos se define como una sucesión, recurrente con mayor o menor regularidad de diversas cosechas en un área determinada de tierra. Generalmente se practica para mantener la productividad, pero además sistematiza el trabajo agrícola,

ahorra labor y ayuda a controlar malezas, insectos y enfermedades de las plantas. Contribuye a mantener en el suelo materia orgánica y nitrógeno y reduce la pérdida de suelo debido a la erosión.

Ciertos estudios experimentales muestran que cuando se cultiva con un buen sistema de rotación, las pérdidas de suelo, así como la pérdida de agua por escurrimiento son considerablemente menores que en un cultivo de laboreo limpio Bennet (1965).

2.9.1.2 Cultivos en franjas

El cultivo en franjas divide una pendiente en varias pendientes más cortas, reduciendo el escurrimiento y la pérdida de suelo. Además, sedimenta la tierra del agua fangosa que corre a través de ellas, procedente de las franjas de cultivo que están arriba y reduce la velocidad de la corriente, protegiendo de modo considerable la próxima franja cultivada que queda más abajo.

El cultivo en franjas de contorno consiste en líneas de nivel a través de la pendiente, en lugar de hacerlo en el sentido de ésta, con objeto de interrumpir la corriente del agua y de obligarla a penetrar en el suelo.

El cultivo en franjas alternas es un sistema según el cual las distintas cosechas de la hacienda están plantadas en franjas angostas a través de la pendiente del terreno y dispuestas de tal modo que las franjas de cosechas de laboreo simultáneo, susceptibles a la erosión, queden siempre separadas unas de otras por franjas de vegetación densa, resistente a la erosión.

Las rotaciones de cultivos pueden emplearse más eficazmente para el control de la erosión en un sistema de cultivo en franjas que en grandes áreas. Como práctica general, dos franjas de cultivo, lo mismo que dos franjas de la misma planta o de fecha de recolección igual, no deberían ser adyacentes Bennet (1965).

2.9.1.3 Abonos verdes

Según el CEDAU (s/f), los abonos verdes son cultivos que se realizan en el lugar que se quiere mejorar o proteger, y en determinado estado de desarrollo se corta para dejarlo sobre la superficie de la tierra o para su incorporación en el suelo.

Los abonos verdes aportan con nutrientes al suelo, que serán gradualmente liberados después de su descomposición y puestos a disposición para los cultivos. Por otra parte, evitan la pérdida de humedad del suelo, pues las pérdidas de agua por evaporación se ven significativamente reducidas y a la vez ayudan a la infiltración de la misma en el suelo, reduciendo el escurrimiento superficial y la erosión laminar y evitando el lavado de nutrientes.

El autor también menciona, que la descomposición de los abonos verdes por los microorganismos del suelo, es responsable de la formación y estabilidad de los agregados. El humus forma complejos con las arcillas posibilitando la formación de agregados estables que facilitan la penetración de raíces y el intercambio gaseoso en los suelos.

2.9.1.4 Cultivos de cobertera

El papel que desempeña la vegetación protectora, es proteger el suelo contra la erosión y facilitar la absorción de nutrientes, así como añadir materia orgánica al suelo y, en el caso de las leguminosas, nitrógeno.

La elección del manto protector depende de las condiciones locales, de los costos, los fines a que se destinen los cultivos, etc. Dicha vegetación puede destinarse a abono verde, a manto protector, o se la puede utilizar como plantas de retención que se intercalen entre la recolección de una cosecha principal y la siembra de otra.

En términos generales, el pasto es la mejor cultivo protector del suelo ante la erosión, además, es una de los mejores cuando se desea obtener un rápido aumento de materia orgánica del suelo. Un suelo rico en materia orgánica absorbe el agua de lluvia más fácilmente que en un suelo deficiente de ella. Bennet (1965)

2.9.1.5 Cortinas rompevientos

Ávila (s/f) define a las cortinas rompevientos como una o más hileras de árboles o arbustos dispuestos en dirección perpendicular al viento dominante, de tal manera que lo obligue a elevarse sobre sus copas, para así, disminuir su velocidad.

Según el autor, las cortinas rompevientos generan un microclima propicio para el desarrollo vegetal, reducen la erosión eólica, modifican la temperatura del aire y del

suelo, reducen la evapotranspiración, mejoran la distribución de la humedad en el suelo, reducen los daños mecánicos y por marchitamiento de los cultivos.

Entre las características de las cortinas rompevientos se pueden enumerar:

- Permeabilidad: La cortina debe dejar pasar entre un 50 a un 60% del viento para obtener el máximo beneficio de la cortina.
- Perfil: Es la forma que tiene un corte transversal de la barrera. La forma de este perfil influye notablemente en el ancho de la zona protegida.
- Ancho: Está dado por la superficie de terreno que se pueda dedicar a la plantación y el número mínimo de hileras necesarias para lograr una buena permeabilidad.
- Altura: La distancia de protección de una cortina rompevientos es directamente proporcional a su altura e inversamente proporcional a la velocidad del viento.
- Orientación: La cortina rompevientos debe estar orientada en forma perpendicular a la dirección de los vientos predominantes, de esta forma se obtiene el mayor efecto protector.
- Longitud y su continuidad. La longitud no debe sobrepasar 24 veces la altura ni ser menor de 10 veces. En cuanto a la continuidad, es importante ya que no deben existir espacios por donde el viento forme túneles e incremente su velocidad.

Muchos efectos de los árboles a largo plazo se expresan a través de las propiedades

del suelo. El mantenimiento de niveles altos de materia orgánica es uno de los factores principales, tanto en su rol de mantener la estructura del suelo, como por su importancia como fuente y sustrato de nutrientes. (Muschler, 1999) citado por Palomeque E (2009).

2.9.1.6 Reforestación

Consiste en plantar árboles en terrenos en los que antes había bosques pero que han sido reconvertidos para otros usos. Se deben tomar en cuenta las especies que serán utilizadas para este fin. Éstas deben tener alta tasa de sobrevivencia y rápido crecimiento, deben producir abundante hojarasca y un sistema radicular robusto, y para mejores resultados, las especies deben mejorar y proteger al suelo.

2.9.1.7 Manejo de pastos:

Los pastizales son el mejor cultivo protector del suelo, inclusive si están instaurados en pendientes fuertes, el suelo puede estar a salvo de la erosión grave; siempre y cuando que se eviten las acumulaciones de agua.

El manejo de pastos es una opción para lugares en que resulte económicamente rentable dedicar la tierra a la producción de hierba permanente, ya sea para pastoreo o para producción de forraje de corte. Se debe también tomar en consideración que,

en caso de producción de forraje para pastoreo no se debe exceder la carga animal, manteniendo un rango de 1,5-2 UBA/ha.

2.9.1.8 Manejo forestal:

Del Posso (2005), sostiene que se deben aplicar todos los cuidados que los árboles requieren durante todo su desarrollo, dentro de límites técnicos y económicos.

Las labores recomendadas según el autor, para un buen manejo forestal son:

- Replante, que consiste en reponer las plantas muertas.
- Deshierba, para el control de malezas, especialmente en los primeros meses.
- Podas técnicas de ramas bajas, para obtener troncos rectos y sin nudos.
- Raleos, para eliminar técnicamente los árboles en malas condiciones.
- Riego en épocas secas y en los primeros meses de desarrollo del árbol
- Protección de los árboles contra el hombre, animales, plagas, enfermedades, etc.

2.9.2 Prácticas Agronómicas:

Son el conjunto de prácticas o técnicas de campo que tienen como objetivo el incrementar la producción para obtener beneficios económicos y cubrir los costos de manejo y conservación. Entre las principales se pueden enumerar:

- Formas de preparación de suelo.
- Uso de variedades recomendadas.

- Sistemas y densidades de siembra apropiadas.
- Tipos y cantidades de fertilizantes.
- Abonos y/o enmiendas requeridas en base al análisis de suelos y los requerimientos de los cultivos a sembrarse.
- Control técnico y oportuno de malezas, de plagas y enfermedades.
- Calendario agrícola de siembras y cosechas.
- El piso altitudinal.

2.9.3 Prácticas Mecánicas:

Son obras de ingeniería que sirven para manejar y encauzar las aguas de escorrentía y controlar las remociones en masa del suelo. Entre las más utilizadas se encuentran las terrazas, que según Bennett (1965), son esencialmente terraplenes adaptados al suelo y a la pendiente para el control del desagüe. Su objeto es controlar el escurrimiento en áreas de precipitación pluvial elevada y en la conservación del agua en las zonas de lluvia escasa, así como el control de la erosión en todo tipo de suelo.

Del Posso (2005) menciona los siguientes tipos de prácticas mecánicas:

2.9.3.1 Terrazas de banco de base ancha: Se construyen sobre terrenos que poseen pendientes ligeras.

2.9.3.2 Terrazas de banco de base angosta: Se construyen sobre terrenos con pendientes fuertes.

2.9.3.3 Terrazas de bancos alternos: Se construyen sobre pendientes ligeras o fuertes, pero dejando un espacio empastado entre ellas, el cual corresponde a áreas erosionadas.

2.9.3.4 Terraza de formación lenta: Se construyen sobre terrenos que poseen pendientes no muy fuertes pero bastante largas en longitud. Las terrazas se van formando solas y con el tiempo en base a la construcción de un muro de 1-1,5m de alto, perpendicular a la pendiente del terreno y siguiendo las curvas de nivel.

2.9.3.5 Terrazas individuales: Se construyen sobre terrenos que poseen pendientes más fuertes, donde se plantarán árboles forestales o frutales; para lo cual se construyen terrazas individuales para cada planta. La base de la terraza es circular, y el talud es en forma de media luna.

2.9.3.6 Surcado al contorno: Consiste en trazar surcos en forma perpendicular a la pendiente del terreno siguiendo las curvas de nivel, eliminando el agua de escorrentía y disminuyendo la erosión del suelo.

2.9.3.7 Surcado doble o surcado lister: Son una serie de surcos dobles separados por un tope empastado, diseñado para retener el agua de lluvia y reducir la erosión del suelo al disminuir el escurrimiento.

2.9.3.8 Sistemas de zanja y bordo: Se practica en zonas de alta y baja precipitación y consiste en construir en forma alternada zanjas y bordes de tierra perpendiculares a la pendiente siguiendo las curvas de nivel. Este sistema está recomendado para terrenos con pendientes del 5-40%

2.10 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Vásquez (2000) define el término impacto ambiental como el cambio neto positivo o negativo en el bienestar del hombre y factores ambientales debido a las acciones de un proyecto.

Un inventario ambiental, según Canter (1998) es el primer paso para la realización de un estudio de impacto ambiental, el cual, se define como una descripción completa del medio tal y como es en un área donde se plantea una determinada actuación.

El inventario se estructura a partir de una lista de control de parámetros de los medios físico-químico, biológico, cultural y socioeconómico.

El medio físico-químico incluye áreas principales como son los suelos, geología, topografía, recursos hídricos superficiales y subterráneos, calidad del agua, calidad del aire y la climatología.

El medio biótico se refiere a la flora y fauna de un área, incluyendo a cualquier especie animal o vegetal amenazada o en peligro de extinción. Los elementos del

medio cultural incluyen los lugares arqueológicos e históricos y los recursos estéticos, tales como la calidad visual.

El medio socioeconómico se refiere a aspectos relacionados con el ser humano y el medio: el bienestar humano, los sistemas educativos, las redes de transportes, el abastecimiento de agua, el saneamiento y la gestión de residuos sólidos; servicios públicos como la policía, la protección contra incendios, instalaciones médicas, etc.

El mismo autor define a La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como la identificación y valoración de los impactos o efectos potenciales de proyectos, relativos a los componentes físico-químicos, biológicos, culturales y socioeconómicos del entorno.

El propósito principal de EIA es animar a que se considere el medio ambiente en la planificación y en la toma de decisiones para acabar definiendo actuaciones que sean más compatibles con el medio ambiente.

Barret y Therivel (1991), citados por el autor, han sugerido que un sistema ideal de EIA debe ser aplicado a todos aquellos proyectos que pudieran presentar impactos contra el medio ambiente; debe comparar alternativas de los proyectos y las medidas de corrección en caso de ser necesarias; debe ser claro en cuanto a la explicación de la importancia de los impactos probables; debe proporcionar información para la toma de decisiones e incluir procedimientos de seguimiento y control.

En cuanto a los métodos de identificación de impacto, la matriz interactiva desarrollada por Leopold *et al.* (1971), citado por Canter (1998), es una manera completa para analizar los impactos en relación al medio ambiente, gracias a la lista que ésta recoge, de aproximadamente 100 acciones y 90 elementos ambientales, que pueden aumentarse o disminuirse según el estudio lo requiera.

Al utilizar la matriz de Leopold se debe considerar cada acción y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental. Cuando se prevé un impacto, la matriz aparece marcada con una línea diagonal en la correspondiente casilla de interacción.

El segundo paso en el uso de la matriz de Leopold es describir la interacción en términos de magnitud e importancia. La magnitud de una interacción es su extensión o escala y se describe mediante la asignación de un valor numérico comprendido entre 1 y 10, donde 10 representa una gran magnitud y 1 una pequeña. La asignación del valor numérico de la magnitud de una interacción debe basarse en una valoración objetiva de los hechos relacionados con el impacto previsto.

La importancia de una interacción está relacionada con lo significativa que ésta sea, o con una evaluación de las consecuencias probables del impacto previsto. La escala de la importancia también varía de 1 a 10, en la que 10 representa una interacción muy importante y 1 una interacción de relativa poca importancia. La asignación de este valor numérico de la importancia, se basa en el juicio subjetivo de la persona, o grupo que trabaja en el estudio.

3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Características Biofísicas

3.1.1 Definición del área de estudio

El presente estudio comprende el área total perteneciente a la hacienda Bernabé.

3.1.2 Breve historia del uso de las tierras del área de estudio

La hacienda Bernabé es una propiedad agro ganadera dedicada a la producción de los pastos brachiaria (*Brachiaria decumbens*), miel (*Setaria sphacelata*), saboya (*Panicum maximun*) y micay (*Axonopues micay*) para el pastoreo de ganado vacuno.

Las áreas cercanas a las construcciones han sido utilizadas con fines de agricultura de subsistencia, con cultivos temporales como arroz (*Oriza sativa*), maíz (*Zea mais*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), yuca (*Manhiot esculenta*) y árboles perennes frutales como cítricos (*Citrus spp.*), guayaba (*Psidium guajava*) (guayaba) y guaba (*Inga edulis*).

Las quebradas y pendientes fuertes conservan su vegetación natural, con lo que se ha procurado mantener la estabilidad del medio. En ciertos lugares existían especies maderables completamente desarrolladas, que en algún momento fueron explotadas, vestigios de los cuales aún pueden ser observados.

Este tipo de vegetación se ha venido manteniendo por muchos años pero sin una base técnica sólida que permita optimizar el potencial natural de los recursos naturales que esta hacienda posee.

3.1.3 Localización Geográfica

La hacienda Bernabé se encuentra ubicada en las Coordenadas Planas UTM:
10011080 N. 726900 E.

3.1.4 Delimitación

El área de estudio limita al sur con la propiedad del Señor José Ramos en 277m y con la Cooperativa Doce de Octubre en 276m y 562m. Al este, limita con la Hacienda San Xavier, propiedad del Señor Xavier Cevallos en 53m, 52m, 55m y 54m respectivamente; y con la Cooperativa Monte Olivo en 246m y 562m. Al oeste, limita con el carretero a vía Pachijal en 253m y 490m; y con el Rancho San José, propiedad del General Manuel Bayas en 218m, 94m y 137m respectivamente. Finalmente, limita al norte con el Lote de terreno número dos en 860m.

3.1.5 Área

La hacienda Bernabé comprende un área total de 69,69 hectáreas.

3.1.6 Altitud

La Hacienda Bernabé tiene 820 m de altitud máxima; 680 m de altitud mínima y 785 m de altitud promedio.

3.1.7 Condiciones Climatológicas

La estación meteorológica más cercana se encuentra en La Concordia y la estación pluviométrica más cercana está ubicada en Nanegalito, las mismas que recopilan datos para el INAMHI. Si bien la información obtenida sirve de referencia para

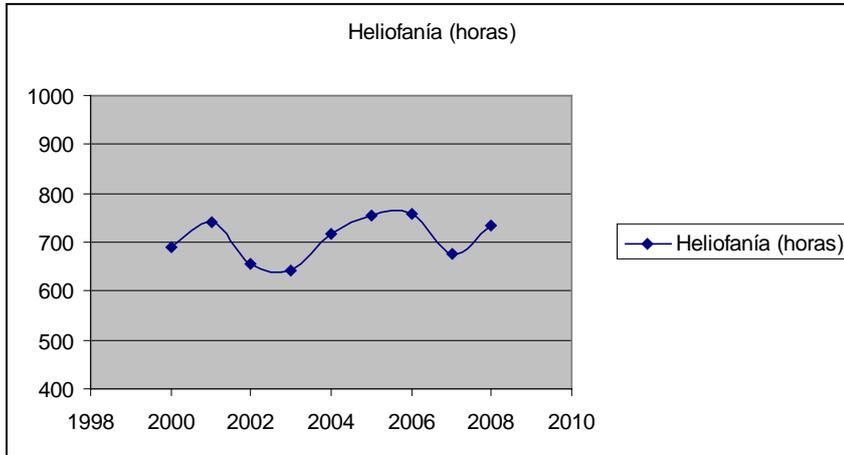
determinar las condiciones climatológicas del área de estudio, se recurrió a entrevistas personales con agricultores del sector, estudios de impacto ambiental en el cantón Los Bancos y a experiencias personales para definir las condiciones climatológicas del lugar que son explicadas a continuación.

Tabla 3.1 Datos metereológicos de la Estación La Concordia

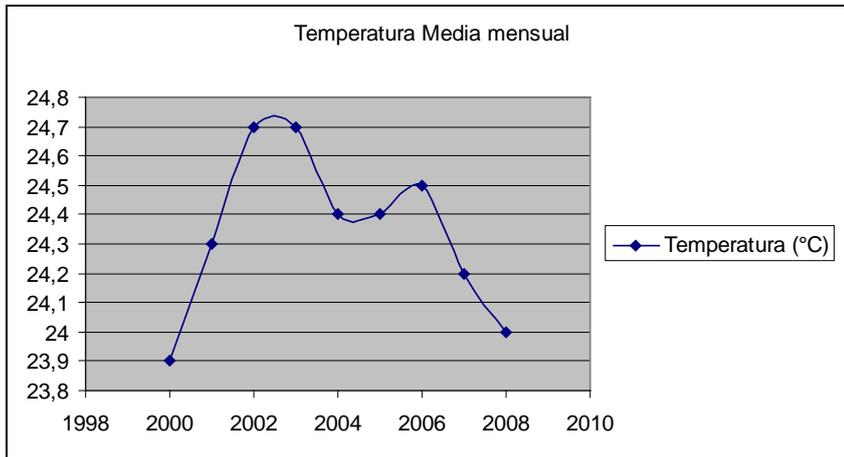
Climatología LA CONCORDIA M025									
Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Heliofanía (horas)	690,8	739,7	654,3	641,1	715,9	753,3	757,5	675,1	733,9
Temp. Max. Absoluta	33,5	33,6	—	33,5	—	33,6	33,1	34,2	—
Temp. Min. Absoluta	17,3	—	—	—	—	—	18,8	—	17
Temp. Media max.	28,4	29,5	29,1	29,0	28,9	29,2	29,1	28,4	28,4
Temp. Media min.	21,2	21,4	22,0	21,9	21,7	21,6	21,8	21,1	19,9
Temp. Media mensual	23,9	24,3	24,7	24,7	24,4	24,4	24,5	24,2	24,0
HR(%) max.	99	—	—	100	—	—	—	—	—
HR (%) min.	52	—	—	58	—	—	—	—	—
HR (%) media	86	86	91	91	88	85	86	86	87
Punto Rocío (°C)	21,5	21,8	23,1	23,1	22,3	21,6	21,9	21,7	21,7
Tensión de Vapor (hPA)	25,6	26,1	28,4	28,4	27,0	25,8	26,3	26,0	25,9
Evaporación anual (mm)	849	863,4	882,9	854,5	877,7	946,9	909,0	819,8	898,7
Velocidad media viento (Km/h)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Fuente: INAMHI, 2010

Cuadro 3.1 Distribución de la heliofanía en los últimos 10 años.



Cuadro 3.2 Distribución de la temperatura media en los últimos 10 años.



Cuadro 3.3 Distribución de la humedad relativa en los últimos 10 años.

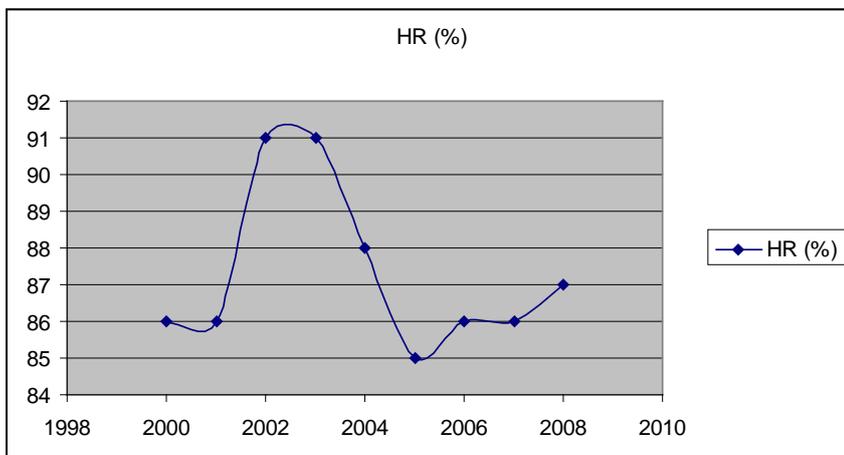


Tabla 3.2 Datos pluviométricos de la Estación Nanegalito

Pluviometría Estación NANEGALITO														
Año Mes	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Total/Año	No. días.
2000	333	334,8	361,6	427,8	341,5	155,2	24,1	58,6	117,9	61,2	28,0	125,5	2369,8	293
2001	231,4	251,2	416,3	274,5	305,9	92,4	79,7	0,3	90,9	11,2	145,6	229,8	2129,2	252
2002	223,7	288,5	394,3	498,4	156,5	750,1	32,5	6,8	10,8	177,0	172,9	262,5	2299,0	262
2003	223,9	291,6	183,1	360,9	226,8	178,1	—	—	—	—	—	—	—	—
2004	265,1	160,9	219,9	381,5	324,9	59,2	78,3	21,9	156,3	165,2	97,1	156,9	2087,2	269
2005	244	383,2	328,4	284,3	139,2	18,5	12,2	13,5	34,9	48,1	79,2	215,6	1801,1	226
2006	214,3	651,1	388,8	462,4	139,2	100,5	21,4	81,3	53,2	123,5	285,9	206,1	2727,7	—
2007	313,1	186,3	332,8	404,2	302,5	91,7	138,4	71,6	37,6	64,7	145,6	163,1	2251,6	291
2008	581,7	447,8	411,5	340,1	310,4	154,1	125,3	91,2	161,8	147,7	81,9	188,4	3041,9	317

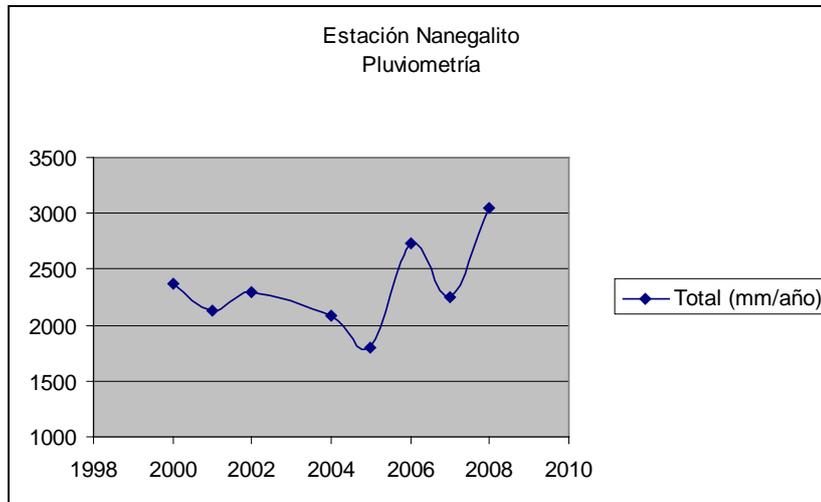
Fuente: INAMHI, 2010

Tabla 3.3 Datos pluviométricos de la Estación La Concordia

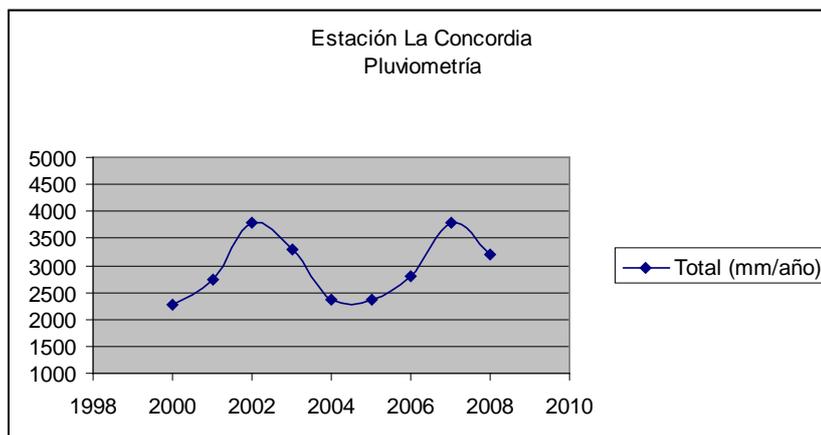
Pluviometría Estación LA CONCORDIA														
Año Mes	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Total/Año	No. días.
2000	156,7	430,3	466,2	603,6	269,9	105,3	7,8	18,5	64,4	79,1	6,2	74,3	2282,3	246
2001	449,1	376,9	717,3	808,0	198,4	11,6	31,1	0,9	33,9	4,8	7,5	82,5	2722,0	231
2002	340,5	606,2	629,0	682,4	526,6	257,3	15,8	8,2	108,0	86,1	47,1	496,1	3803,3	264
2003	660,3	539,9	498,0	660,1	327,9	85,5	58,0	35,8	3,0	130,6	21,7	287,8	3308,6	243
2004	287,9	630,1	433,9	287,9	367,0	71,0	15,5	6,0	81,7	99,0	48,7	33,9	2362,6	245
2005	177,1	322,2	796,7	778,7	26,8	4,0	2,1	4,3	24,3	33,4	22,3	167,7	2369,6	202
2006	262,2	482,7	676,0	466,0	192,0	88,7	18,4	97,0	48,9	25,1	374,9	53,2	2785,1	234
2007	563,2	633,8	774,0	620,3	665,9	238,0	90,3	19,6	33,6	17,2	32,4	95,3	3783,6	268
2008	825,7	639,7	503,2	478,9	161,4	89,5	118,4	71,8	152,0	55,4	25,8	76,5	3198,3	290

Fuente: INAMHI, 2010

Cuadro 3.4 Distribución de la precipitación en la Estación Nanegalito en los últimos 10 años



Cuadro 3.5 Distribución de la precipitación en la Estación La Concordia en los últimos 10 años



Castro (2008), en el Estudio de Impacto Ambiental del relleno sanitario en el cantón San Miguel de los Bancos, asegura que las condiciones climáticas de la zona son las siguientes:

Temperatura media multianual: 20.2 ° C

Humedad Atmosférica media: 94%

Evaporación media anual: 1017.5 mm, y el máximo medio alcanza el 99.4 mm en octubre y el mínimo medio 66.7 mm en febrero.

Velocidad del Viento multianual: 3.4 km/h y su presencia es inversa a la presencia o no de precipitación.

Precipitación media multianual: 4274.8 mm, presentando los más altos valores en el mes de marzo y los mínimos en el mes de julio.

3.1.8 Ecología

Sierra (1999) menciona que según los diferentes sistemas de clasificación de la vegetación propuestos para el Ecuador, y sus respectivos autores, la zona en donde se encuentra la Hacienda corresponde al bosque muy húmedo Pre Montano (b, mh, PM) (Cañadas, 1983); Selva ombrófila noroccidental del pie de cordillera (Acosta Solis, 1983); Bosque lluvioso montano bajo (Harling, 1979)

3.1.9 Vegetación Natural

Existe dominancia de especies arbóreas, en especial del grupo de las palmas junto a la familia Mimosaceae, Fabaceae, Burseraceae y Meliaceae. El dosel puede alcanzar

30 o más metros de altura. Los fustes de los árboles están cubiertos por orquídeas, bromelias, helechos y aráceas. El estrato herbáceo es denso, en especial con especies de las familias Marantaceae y Araceae y por Polypodiopsida.

Flora característica: Palmas: *Wettinia quinaria*, *Pholidostachys dactyloides*, *Iriartea deltoidea* (Arecaceae); *Virola dixonii*, *Otoba gordoniiifolia* (Myristicaceae); *Guarea cartaguenya* (Meliaceae); *Protium occidentales* (Burseraceae); *Vitex gigantea* (Verbenaceae); *Caryodaphnopsis theobromifolia* (Lauraceae); *Swartzia haughtii* (Fabaceae). Entre las herbáceas están: *Irbachia alata* (Gentianaceae); *Begonia glabra* (Begoniaceae) y *Costus lavéis* (Costaceae) (Sierra, 1999).

3.1.10 Geología

La zona está formada por sedimentos detríticos: arenas, areniscas, conglomerados (cuaternario reciente). (IGM, 2007)

3.1.11 Geomorfología

La zona en estudio corresponde a una zona de Relieves de Antiguos Esparcimientos Disectados (IGM, 2007)

3.1.12 Suelos

Los suelos del área de estudio corresponden a la denominación Dd/Dj, en donde Dd representa a suelos pseudo limosos, negro en la parte superior y oscuro o amarillo calro en la profundidad, leve retención de agua con 50 a 100% sobre todo el perfil a

pF 3 sobre muestra sin desecación; y donde Dj representa a suelos profundos de pseudo limo muy suave, esponjoso, tixotrópico, negros sobre 30-50cm de espesor, en su superficie y en la parte inferior amarillo; con una retención de agua a pF3 sobre muestra sin desecación de 100-200 de agua p. 100 de suelo seco a 105°C.

En cuanto a su clasificación, la designación Dd corresponde a PERUDIC – Typic Dystrandept pseudo – limoso (medial), suave, isohyperthermic y Dj corresponde a UDIC. ISOHYPERTHERMIC. Hydrandept pseudo limoso medial, isohyperthermic. (MAG/PRONAREG-ORSTOM, 1981).

3.1.13 Uso Actual del Suelo

La zona a la que pertenece el área de estudio se dedica en su mayoría a la producción de pastos para la crianza de ganado vacuno para la producción de leche y carne. La explotación avícola y porcina también son significativas en el área.

En cuanto a la agricultura, el principal producto es el palmito, caña de azúcar, café y árboles frutales y árboles maderables.

El sector turístico de igual manera, está muy desarrollado en el área, ya que extensas áreas son utilizadas con fines de recreación y conservación de la flora y fauna natural.

3.1.14 Erosión del Suelo

En el sector existe erosión hídrica en un grado leve a moderada debido a la precipitación (Del Posso, 2010), la cual se agrava con el sobrepastoreo, las malas prácticas agrícolas que utilizan los agricultores y el tipo de relieve donde se localiza.

3.1.15 Fertilidad Natural

Los suelos originales de la zona y particularmente de la propiedad tienen un buen contenido de nitrógeno y son deficientes en fósforo. Su porcentaje de materia orgánica es en general alto por la descomposición de restos vegetales y animales en las capas superficiales de estos suelos.

La precipitación provoca una lixiviación de las bases del suelo, lo que produce acidificación de los suelos.

3.1.16 Aptitud Agrícola de las Tierras

El área de estudio, según el MAGAP (2009) es un área con aptitud ganadera, y con aptitud agrícola con limitaciones, sin embargo forma parte de las áreas sometidas a sobreexplotación productiva del Ecuador.

3.1.17 Hidrología

El Río San Dimas atraviesa la propiedad y es afluente del Río Pachijal, que pertenece a la Cuenca del Río Esmeraldas.

El Río Pachijal, de igual manera, recibe a otros afluentes como los ríos Ríos Guambupe, Sune Chico, Tatala, San José, entre otros. (INAMHI, 2010).

3.1.18 Vías de Comunicación

La propiedad se encuentra en el km.5 de la Vía lastrada a Pachijal, la misma que la recorre a en 1300m en sentido sur-norte.

El extremo nor oriental está atravesado por el camino interno lastrado que conduce a la Hacienda Cali, el que permite un fácil acceso a las áreas más alejadas de la propiedad en estudio. El resto de zonas de la hacienda no poseen vías transitables para vehículos, sino pequeños caminos internos que permiten el paso de personas y animales.

Las vías lastradas que acceden a la Hacienda Bernabé permiten el tránsito de todo tipo de vehículos en cualquier época del año.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 MATERIALES Y EQUIPOS

4.1.1 Estudio a Nivel de Campo

4.1.1.1 Levantamiento Topográfico

1. Estación total
2. Prismas
3. Trípode
4. Maletín y portaprismas
5. GPS
6. Altimetro
7. Estacas
8. Clavos 1"
9. Carta topográfica de predios aledaños Escala 1:5000

4.1.1.2 Levantamiento Edafológico

1. GPS
2. Brújula
3. Altimetro

4. Flexómetro
5. Cuchillo de campo
6. Martillo geológico
7. Palín de muestreo
8. Lupa geológica 20x
9. Tabla de colores Munsell
10. Pocket Soil Taxonomy
11. Termómetro de suelos
12. Equipo de cilindros de densidad aparente
13. Determinador de humedad, luminosidad y pH en el campo
14. Penetrómetro
15. Maletín
16. Reactivos: Fluoruro de Sodio (NaF), Ácido clorhídrico (HCl) y Peróxido de Hidrógeno.
17. Fundas para muestras de suelos
18. Ligas
19. Tarjetas de identificación para las muestras de suelos
20. Barrenos
21. Palas redondas
22. Palas de desfonde
23. Mapa de la hacienda previamente elaborado
24. Mapa de observaciones de campo adaptado a la hacienda Bernabé
25. Formularios para la descripción detallada de observaciones de campo
26. Formularios para la descripción detallada de suelos
27. Cámara de fotos digital

4.1.1.3 Estudio detallado del Uso Actual de Suelos

1. GPS
2. Brújula
3. Altimetro
4. Mapa topográfico previamente elaborado de la hacienda Bernabé
5. Mapa de observaciones de campo de la hacienda Bernabé
6. Formulario para la descripción detallada de lotes

4.1.1.4 Levantamiento Agrológico de la Tierra.

1. GPS
2. Brújula
3. Altimetro
4. Cuchillo de campo
5. Flexómetro
6. Cámara de fotos digital
7. Mapa del cantón Pedro Vicente Maldonado y del cantón San Miguel de Los Bancos a escala 1:50000
8. Mapa topográfico previamente elaborado de la hacienda Bernabé
9. Mapa de unidades fisiográficas de la hacienda Bernabé
10. Mapa de suelos de la hacienda Bernabé
11. Mapa de uso actual de la hacienda Bernabé
12. Tabla de Clasificación de la Tierra por su Capacidad de Uso
13. Directrices para la clasificación de la Tierra

4.1.1.5 Plan de Prácticas y Obras de Manejo y Conservación de Suelos y Aguas

1. Mapa topográfico previamente elaborado de la hacienda Bernabé
2. Mapa de suelos de la hacienda Bernabé
3. Mapa agrológico de la hacienda Bernabé
4. Mapa de pendientes de la hacienda Bernabé
5. Mapa de erosión de la hacienda Bernabé
6. Mapa de prácticas y obras de manejo y conservación de la hacienda Bernabé
7. Mapa de vías de acceso a la hacienda Bernabé
8. Directrices para el diseño del plan de manejo y conservación de suelos y aguas

4.1.2 Estudio a Nivel de Gabinete

4.1.2.1 Levantamiento Topográfico

1. Computador
2. Software Excel
3. Software Surfer 8
4. Software AutoCad 2007
5. Mapa topográfico de los cantones Pedro Vicente Maldonado y San Miguel de Los Bancos a Escala 1:50000
6. Impresora
7. Plotter

8. Flash memory
9. Papel para impresión

4.1.2.2 Levantamiento Edafológico

1. Computador
2. Software ArcGis 9.3
3. Impresora
4. Plotter
5. Flash memory
6. Taxonomía de Suelos USDA
7. Mapa topográfico de la hacienda Bernabé
8. Mapas e información sobre geología, climatología, hidrología, etc. del lugar en estudio
9. Información obtenida durante la identificación de perfiles en el campo
10. Resultados de los análisis de las muestras enviadas al laboratorio.

4.1.2.3 Levantamiento Agrológico

1. Cartas topográficas de los cantones San Miguel de los Bancos y Pedro Vicente Maldonado a escala 1:50000
2. Mapas de uso actual del suelo y de vegetación natural existentes en el área de estudio.
3. Mapa topográfico elaborado previamente en la Hacienda Bernabé
4. Mapa de suelos elaborado en la Hacienda Bernabé

5. Altimetro
6. Clinómetro
7. GPS
8. Brújula
9. Tabla de Clasificación de las Tierras USDA
10. Directrices técnicas para la clasificación de la tierra por su capacidad de uso
11. Cámara de fotos

4.1.2.4 Estudio detallado del Uso Actual de Suelos

1. Computador
2. Software ArcGis 9.3
3. Impresora
4. Plotter
5. Flash memory
6. Mapa topográfico de la hacienda Bernabé
7. Mapa de suelos de la hacienda Bernabé
8. Mapa de unidades fisiográficas de la hacienda Bernabé
9. Información de campo sobre las clases de tierras

4.1.2.5 Plan de Prácticas u Obras de Manejo y Conservación de Suelos y Aguas

1. Computador
2. Software ArcGis 9.3
3. Impresora

4. Plotter
5. Flash Memory
6. Mapa topográfico de la hacienda Bernabé
7. Mapa de suelos de la hacienda Bernabé
8. Mapa de uso actual de la hacienda Bernabé
9. Mapa agrológico de la hacienda Bernabé
10. Mapa de pendientes de la hacienda Bernabé
11. Mapa de fertilidad de la hacienda Bernabé
12. Mapa de erosión de la hacienda Bernabé
13. Mapa de prácticas y obras de manejo y conservación de la hacienda Bernabé
14. Mapa de vías de acceso a la hacienda Bernabé
15. Información técnica sobre cultivos adaptados y recomendados para la zona.

4.2 MÉTODOS:

4.2.1 Estudio Detallado del Relieve

4.2.1.1 Fase preparatoria

Durante la fase preparatoria se recolectaron y seleccionaron datos existentes sobre la zona de estudio, para reconocer a la propiedad geográficamente y establecer y delimitar la zona del levantamiento.

Entre la información obtenida, se utilizó la más útil y representativa, entre la cual sirvieron como base el mapa planimétrico de la propiedad, mapas topográficos de predios colindantes, la cartografía a escala 1:50000 del cantón San Miguel de Los Bancos y las escrituras de la Hacienda Bernabé.

Una vez recolectados los datos, se resolvió realizar el levantamiento topográfico con estación total para las áreas abiertas y de fácil acceso y GPS para los puntos inaccesibles o cubiertos por vegetación.

4.2.1.2 Fase de identificación de la zona de estudio

Durante la fase de identificación de la zona de estudio se realizó una caminata de reconocimiento, donde se observaron los límites de la propiedad, las vías de acceso, la hidrología, topografía y vegetación existentes, las construcciones; en fin, todas las diferentes áreas de la hacienda.

Gracias a este reconocimiento se registró el área de estudio y se estableció el orden a seguir durante el levantamiento topográfico, dependiendo de la disponibilidad de tiempo, de mano de obra y de las condiciones climatológicas y del terreno para optimizar los recursos y lograr lecturas precisas.

4.2.1.3 Fase de Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con la ayuda de una estación total, con su respectivo soporte y maletín impermeable y dos prismas colocados a alturas iguales.

La estación total fue colocada en un punto desde el cual se podía observar la mayor cantidad de terreno posible, posteriormente fue calibrada, quedando lista para la recolección de datos.

Los puntos sobre los cuales se montaba a la computadora se los denominó estaciones. Cada una de éstas estaba bien señalada, de tal manera que pudieran ser encontradas e identificadas fácilmente en caso de ser necesario.

Con la ayuda de los prismas se siguió la forma del terreno, tomando en cuenta todos los accidentes topográficos que se presentaron, así como construcciones, vías, postes, cercas, etc. Mientras tanto, el operario de la computadora ubicaba la posición de los prismas y registraba la información obtenida.

Conjuntamente con el trabajo del equipo, se tomaron apuntes sobre el levantamiento como el número de estación, localización de puntos específicos y cualquier dato relevante que pudiera ser necesario al momento de procesar la información.

Se siguió este procedimiento en áreas de fácil acceso, pero en lugares con vegetación densa o quebradas, se tomaron puntos clave con GPS con una precisión de +/- 4

metros, lo que permitió complementar la información obtenida con la estación total para la elaboración del mapa topográfico.

Para la georeferenciación del mapa, se tomaron en el campo los puntos de los límites de la propiedad y de cada una de las estaciones topográficas señaladas anteriormente, con el empleo de un GPS. De esta manera se reunieron todos los datos necesarios para realizar el procesamiento de la información en el gabinete.

4.2.1.4 Fase de elaboración del Mapa Topográfico

Los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se transcribieron en el programa Excel, para posteriormente ser transferidos a los software Surfer y Autocad.

Durante la realización del mapa se definió el perímetro, se dibujaron los caminos que atraviesan la propiedad, las construcciones, se dio altura a las curvas de nivel, se corrigieron errores de edición y se logró que el mapa refleje la información más parecida a la realidad.

Una vez terminado el mapa topográfico del terreno, se prosiguió a definir una escala para el mismo y a elaborar una tarjeta con toda la información contenida en el mismo. Finalmente se lo imprimió a escala 1:2000, tomando en cuenta los colores y el ancho de líneas.

Se intercaló el mapa del Cantón San Miguel de Los Bancos a escala 1:50000 y el mapa topográfico de la propiedad, verificando de este modo la información obtenida y procesada en el trabajo de investigación.

4.2.2 Levantamiento de Suelos

4.2.2.1 Fase Preparatoria

Durante la fase preparatoria se visitó el INAMHI, MAGAP y el Ministerio de Energía Minas y Petróleos con la finalidad de recolectar información sobre suelos, clima, hidrología, ecología, vegetación, mapas de isotermas e isoyetas, mapas geomorfológicos, mapas geológicos, etc.

Se revisaron publicaciones y tesis afines al tema de investigación, que sirvieron como ejemplo y sustento para el estudio detallado de suelos de la propiedad.

Con la ayuda del mapa topográfico se definió el detalle y densidad de las observaciones a realizarse en el campo. Al ser la propiedad poco extensa, se decidió realizar un estudio a ultra detalle, que permitió estudiar a fondo la condición actual de la hacienda y su potencial.

Se estableció el método de la red rígida para determinar la localización y el número de barrenaciones necesarias para llevar a cabo la investigación.

4.2.2.2 Fase de levantamiento de suelos a nivel de campo

Con la información recopilada, se procedió a iniciar el levantamiento de suelos en el campo. Se trazó una cuadrícula o red en el mapa topográfico, siguiendo el método de la red rígida establecido con anterioridad, cuyos vértices (cada 50m) indicaron el lugar exacto donde se debía realizar cada barrenación.

Por medio de las barrenaciones se recopilaron datos de profundidad efectiva, clase textural, drenaje, presencia de gravas, piedras, rocas y cangahua para cada una de ellas.

Para la identificación de las unidades fisiográficas del lugar, se agruparon las barrenaciones con información similar y se realizó un análisis exhaustivo del mapa topográfico, permitiendo de esta manera relacionarlos entre sí, identificando las distintas unidades, y permitiendo dibujarlas en un mapa.

Para cada una de las unidades fisiográficas se realizaron dos calicatas de 1,30m x 1m x 1,50m que permitieron el estudio detallado del perfil del suelo. Se escogió una de las calicatas por cada unidad definida, la más representativa y de más fácil acceso, y se realizó el estudio detallado y sistemático del perfil del suelo, permitiendo su descripción y caracterización completa en base a la Guía Técnica de Descripción de Perfiles de Suelo.

De cada perfil, se tomaron datos como el pH, luminosidad, humedad, identificación de horizontes, límites de los horizontes, espesor de las capas, color de cada uno de

los horizontes, textura, estructura, consistencia, presencia de poros, presencia de raíces, etc.

De la zona en donde estaba ubicado el perfil, se tomó en cuenta la altitud, el drenaje, la distancia de la capa freática, la ubicación y se documentó fotográficamente el área y el paisaje en estudio.

Con la finalidad de obtener información físico-química de cada horizonte se tomaron muestras de suelos de +/- 1kg debidamente identificadas para ser enviadas al laboratorio de suelos.

Para el cálculo de densidad aparente, se utilizaron cilindros de 100cm³ cuyo contenido fue etiquetado y enviado a laboratorio conjuntamente con el resto de muestras.

4.2.2.3 Fase de laboratorio de suelos

Se enviaron las muestras de suelos, debidamente etiquetadas al laboratorio de AGROCALIDAD en Tumbaco, las mismas que una vez ordenadas e ingresadas, fueron preparadas para ser analizadas según lo requerido.

Las muestras se secaron a la temperatura y humedad del ambiente; luego fueron tamizadas, con un tamiz de 2mm de diámetro, separando cualquier partícula ajena al suelo que pudiera encontrarse y dejando listo el suelo para ser sometido a los análisis físico químicos requeridos.

1. Análisis Físicos de laboratorio:

- **Textura:** Para la determinación de la textura del suelo se utilizó el método del hidrómetro, el cual mide la densidad del medio, que varía directamente con la cantidad de partícula que tiene en suspensión. Tiene una dispersión química y una dispersión física violenta por medio de batidor. Una vez realizada la dispersión, y obtenida la individualización de partículas, se procedió a disponer la suspensión en un recipiente estandarizado colocando el hidrómetro en tiempos preestablecidos
- **Densidad aparente:** Se utilizó el método del cilindro de Coile, el cual consiste en tomar una muestra de suelo en un cilindro de volumen conocido (100 cc). Una vez la muestra se ingresa al laboratorio se la coloca en una cápsula de humedad, se la pesa y luego se la lleva a la estufa a 105°C durante 24 horas y se pesa.
- **Determinación de pH:** Se utilizó una dispersión del suelo en agua o solución salina acuosa que fue agitada constantemente por una hora. La medida de pH se tomó de la solución con un pHmetro.
- **Retención de humedad:** Se utilizó el método de las ollas de presión. Se sometió el suelo a diferentes presiones para calcular a 1/3 atm la capacidad de campo, a 15 atm el punto de marchitez y luego el agua aprovechable.

2. Análisis Químicos de laboratorio:

- **Materia orgánica:** Se basa en la oxidación de la materia orgánica mediante un agente oxidante añadido en exceso (Dicromato potásico), y posteriormente el Dicromato que no ha reaccionado se valora con la sal de Mohr.
- **Capacidad de Intercambio catiónico (CIC):** Para el intercambio catiónico se utilizó el acetato de Sodio 1N, luego el suelo fue lavado con etanol al 95% varias veces hasta que los lavados dieron una conductividad menor de 0.5mmhos/cm. Se hizo después un intercambio con acetato de amonio 1N y neutro. El Na extraído se determinó por absorción Atómica.
- **Cationes intercambiables (Ca. Mg. Na. K.):** El suelo fue mezclado con Acetato de Amonio 1N. Luego de tres extracciones, el volumen superficial fue aforado a 100ml con el mismo compuesto. Mediante un espectrofotómetro se precisó la presencia de los cationes existentes.
- **Nitrógeno total:** Se estableció por le método de Kjendahl. El cual se basa en la conversión del nitrógeno en sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, por digestión del suelo en ácido sulfúrico H_2SO_4 , en presencia de un catalizador. El amonio destilado se titula con ácido sulfúrico (0,025N).
- **Elementos asimilables:** Se utilizó una solución de Bicarbonato de Sodio al 42% con un pH de 8,5 y mediante el fotocolorímetro universal de Coleman, se determinan los elementos asimilables mediante curvas patrones.

Los resultados de laboratorio se obtuvieron después de tres semanas y los mismos fueron analizados, interpretados y tabulados a fin de correlacionarlos con los resultados obtenidos en campo.

4.2.2.4 Fase de elaboración del mapa de suelos:

Los resultados obtenidos en la investigación fueron presentados por medio de mapas temáticos, que muestran la información que se debe tomar en cuenta para la planificación técnica agropecuaria de la hacienda. Para esto, se utilizó el software ArcGis 9.3.

Los mapas fueron realizados a una escala representativa, y los mismos poseen una simbología práctica y comprensible y van acompañados de su leyenda explicativa.

Para finalizar esta fase, los mapas fueron ploteados y entregados para su uso en la propiedad.

4.2.2.5 Fase de elaboración del informe del estudio de suelos:

Se redactó un informe con todos los datos técnicos obtenidos en la investigación, el mismo que sirvió como base para el Estudio Agrológico de las tierras de la hacienda.

El informe contiene términos técnicos pero su redacción es comprensible y práctica, de manera que puede ser fácilmente interpretado.

4.2.3 Estudio detallado del Uso Actual del Suelo.

4.2.3.1 Vegetación natural existente

Se observaron las especies vegetales nativas presentes en la propiedad y con la ayuda de los habitantes de la zona se conoció su nombre común. Posteriormente se investigó el nombre científico y la familia a la que pertenecen.

Se encontraron árboles y palmas mayores a los 30 m, plantas herbáceas, epífitas, etc.

Utilizando publicaciones sobre la descripción botánica del Ecuador se complementó la información obtenida en el campo y se nombró a un gran número de especies nativas de la zona.

4.2.3.2 Uso actual del suelo

Mientras se realizaban el levantamiento topográfico y las observaciones detalladas de suelos, se fueron documentando las actividades agroproductivas de la hacienda, así se estableció el área que es utilizada para cultivos, pastizales, construcciones, áreas recreacionales y vegetación natural; así como esteros, riveras y terrenos sin uso.

Se midieron los lotes identificados y se obtuvo información de los mismos, como edad de los cultivos, usos anteriores y estado actual, para posteriormente elaborar la cartografía necesaria.

4.2.3.3 Cartografía del uso actual del suelo:

Una vez identificados todos los espacios de la hacienda y sus usos respectivos, se los cuantificó en un mapa, permitiendo apreciar las actividades productivas, vegetación natural, tramos sin uso y su distribución geográfica.

4.2.4 Estudio Detallado Agrológico

4.2.4.1 Fase preparatoria

Con la información obtenida en el estudio de suelos, más los datos climáticos, geológicos, fisiográficos, hidrológicos, topográficos, ecológicos, de uso actual de las tierras y aspectos socioeconómicos del lugar, se inició el levantamiento agrológico de la tierra.

Para la realización del Estudio detallado Agrológico se utilizó el Sistema Americano de las Ocho Clases de Tierras por su Capacidad de Uso para la evaluación de las tierras de la propiedad.

4.2.4.2 Fase de campo

Después de aplicar el Sistema de las Ocho Clases de Tierras y su Capacidad de Uso a la información obtenida sobre los recursos naturales de la propiedad, se procedió a reconocer las unidades agrológicas predefinidas.

Una vez establecidas las unidades a nivel de clase y subclase agrológica en base a sus limitaciones y aptitudes naturales, se correlacionaron los mapas de uso actual y uso potencial de las tierras, permitiendo establecer los posibles conflictos de uso de las tierras que podrían presentarse en la hacienda.

4.2.4.3 Fase de elaboración de la cartografía agrológica

Con la información obtenida en el campo se procedió a realizar el mapa Agrológico de la Tierra y el mapa de conflictos de Uso de la Tierra, donde se presentan las áreas subexplotadas, sobreexplotadas y aquellas que son correctamente utilizadas en la hacienda.

Se realizó el mapa de las clases de tierras con su leyenda explicativa y simbología empleada y de igual manera el mapa de conflictos de uso de la tierra a nivel de la hacienda.

4.2.4.4 Fase de elaboración del informe del estudio agrológico

Con la finalidad de explicar la información obtenida en la investigación, se redactó un informe técnico sobre las diferentes unidades agrológicas definidas, sus aptitudes y limitaciones, especificando las áreas que son bien utilizadas y las que presentan conflictos de uso.

Se añadieron recomendaciones para el manejo y conservación de las unidades agrológicas definidas y sobre su uso potencial; de igual manera se tabularon los datos y se explicó la información obtenida y expuesta en los mapas temáticos.

4.2.5 Plan de Manejo y Conservación

4.2.5.1 Fase de diagnóstico de Prácticas u Obras de Manejo y Conservación de Suelos y Aguas.

Previo reconocimiento detallado del terreno, se entrevistó a los dueños del predio y a los trabajadores a fin de conocer los problemas que se han presentado al momento de realizar cualquier actividad productiva y los sitios problema dentro de la hacienda Bernabé.

Se subdividió el terreno en lotes o áreas dependiendo del grado de pendiente; y se caracterizó el suelo en base a su profundidad, textura, pedregosidad y otras características, para de esta manera, definir las áreas más expuestas a erosión y a la

degradación de los recursos naturales, las cuales consta en la carta de erosión de la hacienda.

En base a la información obtenida en la investigación y a las observaciones de campo, se establecieron las obras de manejo y conservación que deberían ser utilizadas en la propiedad con la finalidad de explotar los recursos naturales acorde a su potencial y sosteniblemente en el tiempo.

4.2.5.2 Fase de diseño del Plan de Manejo y Conservación de Suelos y Aguas

Se preparó un Plan de Manejo y Conservación de Suelos y Aguas, que consta de una serie de prácticas agronómicas, culturales y mecánicas que de ser acatados en la propiedad, garantizarán una producción sostenible respetando la aptitud natural de las tierras y el potencial productivo de las mismas.

Se seleccionaron las prácticas que se llevarán a cabo dependiendo de la pendiente del sector, el cultivo, la profundidad del suelo y la pedregosidad.

Una vez definidas las prácticas, se establecieron condiciones técnicas que en éstas deben constar, para que al momento de ser ejecutadas se obtengan los resultados esperados.

El Plan de Manejo y Conservación debe ser ejecutado acorde a las especificaciones técnicas previamente descritas y debe ser mantenido durante el tiempo con la

finalidad de conservar los beneficios que brindan en el manejo de recursos naturales y productividad del predio.

4.2.5.3 Fase de elaboración del Informe Técnico sobre la Planificación y Uso de la Tierra.

Se redactó un informe técnico que contiene todos los detalles para la ejecución del plan de manejo y conservación de suelos y aguas.

Complementariamente, se elaboró un mapa que muestra el tipo de prácticas y el lugar a realizarse en el campo, con su respectiva simbología y leyenda explicativa.

Tanto el informe como la cartografía, fueron expuestas y analizadas junto con los propietarios y trabajadores de la propiedad, a fin de concienciarlos con respecto al correcto uso de las tierras y al mismo tiempo aclarar cualquier duda acerca de la implementación, mantenimiento o uso de las diferentes obras a realizarse.

4.2.6 Cartografía Automatizada

4.2.6.1 Fase de obtención de datos

Se recopilaron los datos obtenidos en la investigación, se los tabuló y se los clasificó, pues éstos sirvieron de base para la elaboración de la cartografía automática.

4.2.6.2 Fase de digitalización y elaboración de mapas temáticos

Para cada uno de los mapas temáticos, se realizó uno a mano para ser utilizado como base. Posteriormente, se digitalizó cada uno de los mismos en el Software ArcGis 9.3 utilizando polígonos y definiéndolos según los mapas lo requieran.

En el software se puede realizar el análisis de cada uno de los mapas, permitiendo medir áreas específicas, localizarlas geográficamente, crear tarjetas y leyendas de manera ágil y precisa.

4.2.6.3 Fase de impresión de mapas temáticos:

La información contenida en los mapas temáticos fue obtenida a escala 1:2000 sin embargo fueron impresos a escala 1:5000 para permitir un manejo más fácil y práctico.

Para la impresión se utilizó un plotter y papel de tamaño A3.

4.2.7 Impacto Ambiental del Uso de la Tierra

4.2.7.1 Inventario ambiental

Para iniciar con la Evaluación de Impacto ambiental, se definieron las actividades agropecuarias y humanas que se realizan en la hacienda, tomando en cuenta todas las condiciones físico-químicas, biológicas, culturales y socioeconómicas existentes.

Mediante una minuciosa clasificación de las mismas, se determinó cuáles de ellas conllevan a un cambio positivo o negativo en la vida de los habitantes y en los factores medioambientales, así como su influencia en el tiempo, es decir, si son de corto, mediano o largo plazo.

4.2.7.2 Plan de manejo ambiental

Para que se tome en cuenta al medio ambiente en la planificación y toma de decisiones en las actividades agropecuarias de la hacienda, se desarrolló un plan de manejo ambiental que garantiza el buen uso de los recursos naturales.

Se definieron objetivos claros y ejecutables, de tal manera que la hacienda tenga un manejo sustentable y amigable con el entorno.

Utilizando la matriz de doble entrada de Leopold, se consideró cada acción y su potencial efecto sobre cada elemento ambiental, previendo cualquier tipo de impacto, el mismo que posteriormente es descrito en términos de magnitud e importancia.

Finalmente, se recomendaron actividades que pudieran disminuir los impactos y su respectivo tiempo de ejecución para asegurar un equilibrio armónico entre los recursos naturales y las actividades agropecuarias a realizarse en la hacienda.

4.2.8 Informe técnico del estudio

Los resultados obtenidos en la investigación fueron presentados en mapas temáticos específicos y conjuntamente se redactó un informe técnico del estudio que explica la información contenida en los mapas, con las respectivas explicaciones y recomendaciones.

El informe servirá de ayuda en la toma de decisiones para la realización y manejo de las actividades productivas de la hacienda Bernabé.

5. RESULTADOS

5.1 CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE DE LA HACIENDA BERNABÉ

5.1.1 Identificación y Descripción Técnica de las Unidades del Relieve en el Área de Estudio

Con el fin de disponer del Mapa Base, requisito indispensable para la ejecución técnica y sistemática del presente estudio detallado ejecutado en la Hacienda Bernabé, se procedió a determinar la caracterización del relieve que posee la misma.

El Mapa Topográfico que se obtuvo del estudio del relieve, permitió definir el tipo de unidades o accidentes topográficos existentes y su distribución geoespacial, además de las vías de acceso existentes, construcciones y otros aspectos representados mediante curvas de nivel y de más signos convencionales utilizados.

Con el propósito de lograr el mayor grado de detalle de los accidentes del relieve, se realizó el respectivo levantamiento con curvas de nivel a cada metro de distancia y se tomaron puntos específicos mediante GPS para georeferenciar el estudio realizado. La escala de trabajo utilizada fue 1:2000 por las facilidades técnicas que la misma ofrece.

5.2 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA DE LA HACIENDA BERNABÉ

5.2.1 Identificación y Descripción Técnica de la Geología del Área de Estudio

La Hacienda Bernabé se encuentra localizada a nivel de la formación San Tadeo, según la Dirección de Geología y Minas (1980), la cual está conformada por conglomerados (gl) y arcillas (Ac), pertenecientes al período Cuaternario.

Se ha determinado que esta formación geológica es producto de materiales provenientes del volcán Pichincha, depositados en forma fluvial, lahárica y eólica.

En esta misma unidad se han depositado también producto de la acción de erupciones posteriores, materiales tales como tobas, piroclastos, arcillas volcánicas y arenas.

La meteorización de las tobas y arcillas ha producido el proceso de caolinización, el cual es típico de la formación de arcillas, y a medida que se va profundizando hacia la base aumenta el tamaño del grano de la matriz de los clastos del material conglomerático.

Se observan rocas y materiales que se reconocen como predominantemente sedimentarios y volcánicos, depositados en diferentes épocas y que han permanecido relativamente estables, es decir, no han sido afectados en gran escala por tectonismo regional.

5.2.2 Identificación y Descripción Técnica de la Geomorfología del Área de Estudio

La Geomorfología de toda esta gran zona a la que pertenece el área de estudio, se caracteriza por presentar áreas conjuntas de la alta llanura subtropical donde se asocian superficies y entalladuras.

Estas áreas muestran una estrecha combinación entre superficies superiores y las entalladuras elaboradas por la red hidrográfica de la zona. Las entalladuras se caracterizan por ser estrechas con vertientes empinadas y rectilíneas de 30 a 50m de desnivel relativo, en el fondo de las cuales se encajan los ríos existentes.

Es típico en estas áreas la asociación de superficies disectadas y de entalladuras fluviales.

Los principales procesos geomorfológicos que ocurren en la zona de tipo antrópico, fluvial, hidrogeológicos, diluvial y de gravedad.

Los procesos antrópicos son producto de la erosión, producto de la acción humana al explotar las tierras y modificar la morfología natural.

Los procesos fluviales se originan en el agua encauzada por los drenajes naturales.

Los procesos hidrogeológicos se producen cuando el agua se desplaza a través de materiales permeables.

Los procesos diluviales se originan en la agresividad de la lluvia que provoca la formación de surcos, barrancos y torrentes y los procesos de gravedad actúan moviendo masas de tierra que provocan daño como soliflucción, deslizamientos y hundimientos.

A nivel del área de estudio, el grado de ocurrencia de los procesos geomorfológicos es en general de carácter leve, sin embargo los procesos antrópicos, de gravedad y diluviales, van de leves a moderados en función del grado de acción humana negativa, de la agresividad de la lluvia y del relieve donde ocurren.

5.3 CARACTERIZACIÓN FISIOGRÁFICA DE LA HACIENDA BERNABÉ

5.3.1 Identificación y Descripción Técnica de las Unidades Fisiográficas

Las Unidades Fisiográficas existentes a nivel de la Hacienda Bernabé fueron definidas en base a la interpretación técnica del relieve en función de los accidentes topográficos existentes y la respectiva caracterización realizada en el campo.

Estas unidades fueron concebidas en cuatro niveles específicos para facilitar su estudio y comprensión técnico – práctico de acuerdo a su grado de generalización y detalle.

Unidades Fisiográficas consideradas:

- Gran Paisaje
- Paisaje
- Subpaisaje
- Elementos del Paisaje

5.4 CARACTERIZACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA HACIENDA BERNABÉ

5.4.1 Identificación y Descripción Técnica de las Unidades de Mapeo

En base al estudio técnico del relieve, de la fisiografía y del estudio de suelos a nivel de campo y gabinete, se definieron las Unidades de Mapeo, y en función de la predominancia de uno o más tipos de suelos en cada unidad definida.

En el presente caso solo hubo un solo tipo de suelo predominante (90%), por esta razón se le denominó consociación de suelos, cuyos nombres son específicos para cada una en particular.

5.5 CARACTERIZACIÓN TAXONÓMICA DE LOS SUELOS DE LA HACIENDA BERNABÉ

5.5.1 Identificación y Descripción Técnica de las Unidades Taxonómicas

La Clasificación Taxonómica de cada uno de los tipos de suelos existentes en el área de estudio fue definida en función de la información obtenida en detalle del Estudio Edafológico realizado en cada uno de los perfiles de suelos representativos de cada unidad previamente establecida, y complementados con los datos analíticos físico – químicos de las muestras tomadas en cada horizonte.

La clasificación se realizó utilizando el Sistema Soil Taxonomy del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), sistema oficial del Ecuador con ciertas adaptaciones y ajustes a las condiciones propias del país.

La Clasificación Taxonómica de los suelos en estudio fue realizada desde el nivel superior y general que es el Orden de Suelos hasta el nivel inferior y más detallado que es el de Serie de Suelo.

Tabla 5.1 Unidades Fisiográficas de Mapeo y Taxonómicas definidas en la Hacienda Bernabé

UNIDADES FISIOGRÁFICAS				UNIDADES DE MAPEO	UNIDADES TAXONÓMICAS	SÍMBOLO
Gran Paisaje	Paisaje	Subpaisaje	Elementos del Paisaje			
Vertiente Occidental de la Cordillera Occidental de los Andes	Abanico de Esparcimiento	Colinas (C) (relieves altitudinales)	Colinas alargadas bajas (Cab) Relieves alargados de 5 – 10 m de altura, con pendientes entre 10 – 25%	Consociación San José	Dystric Thaptic Hapludands Loamy Isohyperthermic	CabJ
		Vertientes (V) (relieves inclinados)	Vertientes de ladera baja (Vlb) Relieves ligeramente inclinados con pendientes entre 10 – 15% (pred. pen. >12%)	Consociación Sta. Susana	Dystric Aquic Hapludands Coarse Loamy Isohyperthermic	VlbS
			Vertientes de ladera media (Vlm) Relieves moderadamente inclinados con pendientes entre 15 – 30% (pred. pen. >20%)	Consociación Melo	Dystric Hapludands Loamy Sand Isohyperthermic	VlmM

			<p>Vertientes de ladera fuerte (Vif) Relieves fuertemente inclinados con pendientes entre 30 – >70% (pred. pen. >60%)</p>	<p>Consociación Sta. María</p>	<p>Andic Troporthent Loamy Isohyperthermic</p>	<p>VifM</p>
		<p>Planicies (P) (relieves planos a ligeramente ondulados)</p>	<p>Planicies colinares erosionales (Pce) Relieves casi planos a ligeramente ondulados en proceso de erosión con pendientes entre 5 – 10% (pred. pen. >7%)</p>	<p>Consociación Albera</p>	<p>Typic Hapludands Loamy Mixed Isohyperthermic</p>	<p>PcdeA</p>
			<p>Planicies depresionales erosionales (Pde) Relieves planos o casi planos en proceso de erosión con pendientes entre 0 – 5%</p>			
		<p>Quebradas (Q) (relieves estrechos irregulares)</p>	<p>Quebradas aluviales estrechas (Qae) Relieves muy irregulares y angostos hacia donde drenan las aguas de las vertientes aledañas con pendientes >70%</p>	<p>Áreas misceláneas muy irregulares sin uso</p>	<p>Áreas rocosas sin suelo</p>	<p>Qae</p>

5.6 CARACTERIZACIÓN TÉCNICO – SISTEMÁTICA DETALLADA DE LAS SERIES DE SUELO

5.6.1 Identificación y Descripción Técnica de las Series de Suelo

Aquí se procede a presentar la caracterización técnica y sistemática detallada de cada uno de los suelos más representativos de las diferentes unidades estudiadas en el campo a nivel de Serie en la Hacienda Bernabé.

En cada una de las Series de Suelos definidas se determinó su localización, área que ocupa, relieve, drenaje, vegetación natural, uso actual, clasificación taxonómica y otros aspectos de interés relacionados con cada una de ellas.

Acompañando a la información de campo, se presenta para cada Serie de Suelos definida los resultados de laboratorio de las muestras que fueron tomadas en el estudio de campo de cada uno de los perfiles modales representativos por medio de tablas, donde se especifican sus características físicas y químicas, las cuales han permitido complementar y correlacionar tanto la parte cartográfica como la parte taxonómica con la información levantada en el estudio del suelo de la hacienda a nivel de campo.

La Leyenda y el Mapa de Suelos posee una simbología cartográfica definida, la misma que debe ser considerada para una correcta interpretación y correlación del informe y el mapa.

La primera letra mayúscula signada como índice representa al Subpaisaje Fisiográfico. La segunda y tercera son minúsculas y están signadas como subíndices y se refieren a los Elementos del Paisaje Fisiográfico. La cuarta letra que es mayúscula, se refiere a la Unidad de Mapeo (Serie de Suelo). Seguidamente se procede a describir cada una de las Series de Suelo estudiadas

5.6.1.1 Serie San José (CabJ)

1. Área:

Esta Serie posee una superficie de 6.32 ha que equivalen al 9.06% del área total en estudio.

2. Clasificación del Suelo:

Dystric Thaptic Hapludands Loamy Isohyperthermic (Entic Oxic Dystrandept).

3. Localización:

La serie San José se encuentra ubicada entre las cotas 780 y 795 m de la parte oeste del área de estudio a ambos lados del carretero a Pachijal. En sentido este-oeste limita mayormente con la Serie Sta. Susana y en ciertos sectores del lado este hacia el norte con la Serie Melo.

4. Relieve:

Los suelos de esta Serie se encuentran distribuidos sobre la Unidad Fisiográfica denominada Colinas alargadas bajas (Cab). Este es un relieve altitudinal caracterizado por colinas alargadas de 5 a 10 m de altura, típicas de toda esta unidad.

5. Drenaje:

Los suelos de esta Serie se caracterizan por poseer un drenaje clase 2 ya que son suelos imperfectamente drenados, donde el agua se infiltra lentamente y a menudo existen manchas de color en el perfil del suelo.

6. Vegetación Natural:

Flora característica: Palmas: *Wettinia quinaria*, *Pholidostachys dactyloides*, *Iriartea deltoidea* (Arecaceae); *Virola dixonii*, *Otoba gordoniiifolia* (Myristicaceae); *Guarea cartaguenya* (Meliaceae); *Protium occidentales* (Burseraceae); *Vitex gigantea* (Verbenaceae); *Caryodaphnopsis theobromifolia* (Lauraceae); *Swartzia haughtii* (Fabaceae). Entre las herbáceas están: *Irbachia alata* (Gentianaceae); *Begonia glabra* (Begoniaceae) y *Costus lavéis* (Costaceae) (Sierra, 1999).

7. Uso Actual:

La Serie San José es utilizada para la producción de pasto braquiara (*Brachiaria decumbens*) mayormente en toda su extensión. En el extremo norte, que limita con el Rancho San José, se cultiva pasto miel (*Setaria sphacelata*).

En la Serie San José se ubican las áreas recreacionales y construcciones como viviendas, corrales y establos para el manejo de animales.

8. Características de la Serie:

- Los suelos son de origen volcánico y poco profundos +/- 0,54 m, el cual se caracteriza por una distribución regular del carbón orgánico en profundidad.
- La textura de los suelos, es en general es franca para todos los horizontes excepto el último que es franco arenosa.
- Los suelos presentan estructuras muy débiles en superficie y débiles en profundidad excepto el horizonte C que no posee estructura alguna.
- Su forma típica es en bloques angulares y subangulares que en superficie se subdivide en granular.

- En cuanto a la consistencia, los suelos se caracterizan por ser ligeramente adherentes y plásticos en mojado y friables en húmedo y en seco de blandos en superficie a ligeramente duros en profundidad.
- Suelos con presencia de manchas de color en el perfil, lo que denota un drenaje imperfecto.
- El contenido y tipo de raíces varía en el perfil del suelo con la profundidad desde frecuentes, muy finas, finas y medias en superficie hasta muy pocas y muy finas en profundidad.
- El pH de estos suelos es ligeramente ácido.
- El contenido de materia orgánica varía de medio a alto.
- La saturación de bases de esta serie es más bien baja, con excepción de la primera capa que es superior al 50%.
- La reacción al NaF en los suelos de esta serie fue nula
- La temperatura del suelo a 50cm de profundidad en esta serie es de 21.3°C
- La penetrabilidad de los suelos de esta serie es de 1.4 kg/cc
- La densidad aparente es de 0,76 g/cc

- La fórmula de identificación de los suelos de esta serie, en función de los parámetros del suelo estudiados: textura, profundidad, topografía, humedad, fertilidad, drenaje, nivel freático, pedregosidad y graviliosidad es la siguiente:

CabJ – F – 4 – T2 – H1.2 – G0 – P0 – 4 – D1.2 – F4

9. Descripción detallada del Perfil de Suelo de la Serie:

- **Información acerca del estudio de campo:**

a. Número de perfil: 4

b. Nombre del suelo: Serie San José

c. Clasificación a nivel de generalización amplia:

Dystric Thaptic Hapludands

d. Fecha de observación: 09 de Octubre de 2010

e. Autor: María José Solís

f. Localización: Aproximadamente a 20 m de la Vía a Pachijal, y aproximadamente a 100 m de la casa principal. Situado en las coordenadas 10011392 N. 726748 E.

g. Altitud: 792 m

h. Forma del terreno:

- **Posición fisiográfica:** Colinas alargadas bajas.
- **Forma del terreno circundante:** Vertientes de ladera baja, Vertientes de ladera media y Planicies colinares y depresionales erosionales.
- **Microtopografía:** Ninguna.

i. Pendiente donde el perfil está situado: +/- 10%.

j. Vegetación y uso de la tierra: El sector donde se realizó el estudio del suelo se encuentra actualmente cubierto por pasto brachiaria (*Brachiaria decumbens*) en su totalidad. Algunos ejemplares de motilones (*Hyeronima alchorneoides*) se hallan en los potreros y nacederos (*Trichanthera gigantea*) en las cercas vivas.

k. Clima:

La precipitación media anual es de 3000-4000mm.

La temperatura media anual oscila entre los 20-22°C .

- **Información acerca del suelo en estudio:**

- a. **Material originario:** Suelos de origen volcánico.
- b. **Drenaje:** Clase 2- Imperfectamente drenado.
- c. **Condiciones de humedad en el perfil:** Suelo húmedo.
- d. **Profundidad de la capa freática:** +/- 50m. No tiene influencia sobre el perfil de suelo.
- e. **Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos:** Clase 0 para ambos- sin presencia de piedras ni de rocas.
- f. **Evidencia de erosión:** Clase 2- Hídrica Laminar en Grado1-2. Leve a moderada.
- g. **Presencia de sales o álcalis:** Clase 0-Suelos libre de exceso de sales o álcalis.
- h. **Influencia humana:** terrenos con cultivo de pastizales para el pastoreo de ganado vacuno.

- **Breve descripción del perfil del suelo en estudio:**

Suelo poco profundo de ceniza volcánica, imperfectamente drenado, constituido por horizontes definidos de textura media y con una saturación de bases entre 19 y 54cm inferior a 50% y con una densidad aparente de 0,76 g/cc.

- **Caracterización detallada y sistemática de los horizontes del perfil del suelo:**

- A1 0 – 19 cm Pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 3.5/3) en húmedo; manchas de color pardo rojizo (2.5 YR 5/4) en seco y rojo (2.5 YR 4/8) en húmedo; frecuentes, pequeñas, indistintas y difusas; franco; estructura en bloques angulares y subangulares, muy débil, fina y media que se fracciona en granular; ligeramente adherente y ligeramente plástica en mojado, friable en húmedo y blando en seco; poros pocos, muy finos, finos y medianos, continuos, inped, tubulares, verticales y oblicuos y abiertos, raíces frecuentes muy finas, finas y medianas; límite abrupto, uniforme.
- B 19 – 54 cm Pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco; estructura en bloques angulares y subangulares, moderada, fina y media; ligeramente adherente, ligeramente plástica en mojado, friable en húmedo y ligeramente dura en seco; poros pocos, muy finos y finos, continuos y discontinuos, inped, intersticiales y tubulares, verticales y oblicuos y abiertos; raíces pocas, muy finas, finas y medianas; límite abrupto uniforme.

C 54 – 175 cm Pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/6) en húmedo; manchas de color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/6) en húmedo; pocas, pequeñas, indistintas y difusas; franco arenoso; sin estructura; ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco; poros pocos, muy finos y finos, continuos y discontinuos, inped, tubulares, verticales, horizontales y oblicuos y cerrados; raíces muy pocas y muy finas.

- Caracterización Físico-Química del suelo:

Las más importantes características tanto físicas como químicas de los horizontes del perfil del suelo de esta unidad, se realizaron a nivel de laboratorio y sus resultados analíticos se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 5.2 Determinaciones Físicas del Perfil 4

Horizonte (símbolo)	Profundidad (cm)	Textura			Clase Textural	Retención de Humedad (%)	
		Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)		CC (1/3Atm)	PMP(15Atm)
A1	0 – 19	51	38	11	Franco	33.07	19.14
B	19 – 54	39	40	21	Franco	36.43	21.19
C	54 – 175	71	10	19	Franco Arenoso	33.08	19.14

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

Tabla 5.3 Determinaciones Químicas del Perfil 4

Horizonte (símbolo)	pH	M.O. (%)	N.T. (%)	Asimilables							
				P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu Ppm	Zn ppm
A1	5.81	3.13	0.15	1	0.10	3.78	0.49	80	2	14	1
B	5.66	1.83	0.09	1	0.10	3.37	0.66	65	5	9	1
C	6.07	1.79	0.09	3	0.15	—	—	—	—	—	—

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

Tabla 5.4 Continuación de las Determinaciones Químicas del Perfil 4

Horizonte (símbolo)	C.I.C cmol/kg	Bases de Cambio				Sat. Bases %
		Ca	Mg	Na	K	
		cmol/kg				
A1	11.76	4.2	1.30	0.25	1.7	63.35
B	8.6	2.5	0.90	0.09	1.1	47.33

Fuente: AGROCALIDAD (2010).

5.6.1.2 Serie Sta. Susana (VlbS)

1. Área:

Esta Serie posee una superficie de 26.94 ha que equivalen al 38.65% del área total en estudio.

2. Clasificación del Suelo:

Dystric Aquic Hapludands Coarse Loamy Isohyrethermic (Oxic Dystrandept).

3. Localización:

La Serie Sta. Susana se encuentra ubicada entre las cotas 775 y 785 m de la parte oeste del área de estudio, a ambos lados del carretero a Pachijal y entre las cotas 790 y 820 m distribuida por toda la parte este del área de estudio. En sentido este-oeste limita mayormente con la Serie San José y Melo y rodea a las Series Sta. María y Albero.

4. Relieve:

Los suelos de esta Serie se encuentran distribuidos sobre la Unidad Fisiográfica denominada Vertientes de ladera baja (Vlb). Este es un relieve ligeramente inclinado con pendientes entre 10 y 15%, predominando las pendientes >12% en estas áreas.

5. Drenaje:

Los suelos de esta Serie se caracterizan por poseer un drenaje clase 2 ya que son suelos imperfectamente drenados, donde el agua se infiltra lentamente y a menudo existen manchas de color en el perfil del suelo.

6. Vegetación Natural:

Flora característica: Palmas: *Wettinia quinaria*, *Pholidostachys dactyloides*, *Iriartea deltoidea* (Arecaceae); *Virola dixonii*, *Otoba gordoniiifolia* (Myristicaceae); *Guarea cartaguenya* (Meliaceae); *Protium occidentales* (Burseraceae); *Vitex gigantea*

(Verbenaceae); *Caryodaphnopsis theobromifolia* (Lauraceae); *Swartzia haughtii* (Fabaceae). Entre las herbáceas están: *Irbachia alata* (Gentianaceae); *Begonia glabra* (Begoniaceae) y *Costus lavéis* (Costaceae) (Sierra, 1999).

7. Uso Actual:

En la Serie Sta. Susana se encuentran pastizales de braquiaria (*Brachiaria decumbens*) en el área sur, a ambos lados del carretero a Pachijal.

En el área central de la hacienda, la serie constituye pastizales de pasto miel (*Setaria sphacelata*).

Cerca de los límites norte y este de la propiedad, la Serie se encuentra sin uso, es decir, cubierta por vegetación natural.

8. Características de la Serie:

- Los suelos son de origen volcánico y poco profundos +/- 0,55 m, el cual se caracteriza por una distribución regular del carbón orgánico en profundidad.
- Respecto a la textura de los suelos, esta en general es franco arenosa para todos los horizontes excepto el tercero que es franco arcillo arenosa y el cuarto es franco.

- Los suelos por presentar estructuras muy débiles en superficie y débiles en profundidad, excepto el horizonte C donde no posee estructura alguna. Respecto a su forma ésta es en bloques angulares y subangulares que en superficie se subdividen en granular.
- En cuanto a la consistencia, los suelos se caracterizan por ser ligeramente adherentes y no plásticos en mojado, friables en húmedo y blandos en seco en superficie y ligeramente adherentes, ligeramente plásticos, friables en húmedo y ligeramente duros en seco en profundidad.
- Suelos con presencia de manchas de color en el perfil, lo que denota un drenaje imperfecto.
- El contenido y tipo de raíces varía en el perfil del suelo con la profundidad desde frecuentes, muy finas, finas y medias y gruesas en superficie hasta su completa ausencia en el horizonte más profundo.
- El pH de estos suelos es ligeramente ácido.
- El contenido de materia orgánica es muy bajo
- La saturación de bases de esta Serie es más bien baja, a excepción de la primera capa que es superior al 50%.
- La reacción al NaF en los suelos de esta serie fue nula.

- La temperatura del suelo a 50cm de profundidad en esta serie es de 23.4°C.
- La penetrabilidad de los suelos de esta serie es de 1.3 kg/cc.
- La densidad aparente es 0.83 g/cc.
- La fórmula de identificación de los suelos de esta serie, en función de los parámetros del suelo estudiados: textura, profundidad, topografía, humedad, fertilidad, drenaje, nivel freático, pedregosidad y graviliosidad es la siguiente:

VlbS- FrAr- 4 – T2 – H1.2 - G0 – P0 – 4 – D1.2 – F4

9. Descripción detallada del Perfil de Suelo de la Serie

- **Información acerca del estudio de campo:**

- a. Número de perfil: 6**
- b. Nombre del suelo: Serie Sta. Susana**
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia:**

Dystric Aquic Hapludands.

- d. Fecha de observación:** 10 de Octubre de 2010
- e. Autor:** María José Solís
- f. Localización:** Aproximadamente a 15 m al este de la Vía a Pachijal y aproximadamente a 3 m del establo. Situado en las coordenadas 10011610 N. 726712 E.
- g. Altitud:** 785 m
- h. Forma del terreno:**
- a. Posición fisiográfica:** Vertientes de ladera bajas.
 - b. Forma del terreno circundante:** Colinas alargadas bajas, Planicies depresionales erosionales, Planicies colinares erosionales, Vertientes de ladera media y Vertientes de ladera fuerte.
 - c. Microtopografía:** Ninguna.
- i. Pendiente donde el perfil está situado:** Pendiente descendente hacia el este de +/- 10%.
- b. Vegetación y uso de la tierra:** El sector donde se realizó la observación se

encuentra actualmente cubierto por pasto braquiaria *Brachiaria decumbens* en su totalidad. Algunos ejemplares de motilones (*Hyeronima alchorneoides*) se hallan en los potreros y nacederos (*Trichanthera gigantea*) en las cercas vivas.

c. Clima:

La precipitación media anual es de 3000-4000mm.

La temperatura media anual oscila entre los 20-22°C .

- **Información acerca del suelo en estudio:**

- a. **Material originario:** Suelos de origen volcánico y de origen coluvio – aluvial.
- b. **Drenaje:** Clase 2- Imperfectamente drenado.
- c. **Condiciones de humedad en el perfil:** Suelo húmedo.
- d. **Profundidad de la capa freática:** +/- 2m.
- e. **Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos:** Clase 0 para ambos- sin presencia de piedras ni de rocas.
- f. **Evidencia de erosión:** Clase 2- Hídrica Laminar en Grado1-2 Leve a moderada.
- g. **Presencia de sales o álcalis:** Clase 0-Suelos libre de exceso de sales o álcalis.
- h. **Influencia humana:** Terrenos con cultivo de pastizales para el pastoreo de ganado vacuno.

- **Breve descripción del perfil del Suelo en estudio:**

Suelos moderadamente profundos de ceniza volcánica, imperfectamente drenados con manchas de color en el perfil, constituido por horizontes definidos de texturas algo gruesas, esto es franco arenosas predominantes, con una saturación de bases entre 25-55 cm inferior al 50% y una densidad aparente de 0,85 g/cc.

- **Caracterización detallada y sistemática de los horizontes del perfil de suelo:**

A1 0 – 25 cm Pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3.5) en húmedo; manchas de color rojo claro (2.5 YR 6/8) en seco y rojo (2.5YR5/8) en húmedo; pocas, pequeñas y medianas, claras, brucas; franco arenoso; estructura en bloques angulares y subangulares, muy débil, fina y media que se fracciona en granular; ligeramente adherente, no plástica en mojado, friable en húmedo y blanda en seco; poros pocos, muy finos, finos y medianos, continuos, inped, intersticiales, tubulares, verticales y abiertos; raíces frecuentes, muy finas, finas, medias y gruesas; límite abrupto ondulado.

B 25 – 55 cm Pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; manchas de color amarillo rojizo (5 YR 6/8) en seco y rojo amarillento (5 YR 5/8) en húmedo, pocas, medianas, indistintas y brucas; franco arenoso; estructura en bloques

angulares y subangulares, débil, fina y suelta, ligeramente adherente y ligeramente plástica en mojado, friable en húmedo y blando en seco; poros pocos, finos, medianos y gruesos, continuos, inped, tubulares, verticales, horizontales y abiertos; raíces pocas, muy finas y finas; límite abrupto ondulado.

- BC 55 – 85 cm Gris claro (10 YR 6/1) en seco y gris (10 YR 5.5/1) en húmedo;
manchas de color rojo claro (2.5 YR 6/6) en seco y rojo (2.5 YR 4/6) en húmedo, pocas, grandes, sobresalientes y netas; franco arcillo arenoso; sin estructura; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado; friable en húmedo y ligeramente duro en seco; poroc frecuentes, finos, medianos y gruesos, continuos y discontinuos, inped, exped, vesiculares, tubulares, verticales y abiertos; raíces muy pocas y muy finas; límite abrupto uniforme.
- C 85 – 150 cm+ Pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 3.5/3) en húmedo; franco; sin estructura; ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado; friable en húmedo y ligeramente duro en seco; poros frecuentes, finos y medianos, continuos, inped y exped, intersticiales, tubulares, verticales, oblicuos y abiertos; raíces ninguna.

- Caracterización Físico – Química del Suelo:

Las principales características físicas y químicas de cada uno de los horizontes del perfil del suelo de esta unidad fueron realizados en el laboratorio y sus resultados analíticos se presentan en las tablas siguientes:

Tabla 5.5 Determinaciones Físicas del Perfil 6

Horizonte (símbolo)	Profundidad (cm)	Textura			Clase Textural	Retención de Humedad (%)	
		Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)		CC (1/3Atm)	PM P(15Atm)
A1	0 – 25	59	32	9	Franco arenoso	23.70	13.85
B	25 – 55	55	28	17	Franco arenoso	19.74	10.76
BC	55 – 85	53	26	21	Franco arcillo arenoso	19.98	17.79
C	85 – 150	33	46	21	Franco	19.35	10.52

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

Tabla 5.6 Determinaciones Químicas del Perfil 6

Horizonte (símbolo)	pH	M.O. (%)	N.T. (%)	Asimilables							
				P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
P6 – 1A1	6.20	0.30	0.01	2	0.15	2.39	0.41	39	1	7	1
2 AC	6.35	0.15	0.01	1	0.10	2.47	0.41	32	1	3	1
3 C1	5.98	0.36	0.01	3	0.10	—	—	—	—	—	—
4 C2	5.88	0.10	0.01	2	0.10	—	—	—	—	—	—

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

Tabla 5.7 Continuación de las Determinaciones Químicas del Perfil 6

Horizonte (símbolo)	C.I.C cmol/kg	Bases de Cambio				Sat. Bases %
		Ca	Mg	Na	K	
		cmol/kg				
A1	8.10	4.2	1.3	0.17	0.60	77.40
B	11.6	3.1	1.1	0.12	0.75	47.02

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

5.6.1.3 Serie Melo (VImM)

1. Área:

Esta Serie posee una superficie de 9.16 ha que equivalen al 13.14% del área total en estudio.

2. Clasificación del Suelo:

Dystric Hapludands Loamy Sand Isohyperthermic (Hydric Oxic Dystrandept).

3. Localización:

La Serie Melo se encuentra ubicada entre las cotas 780 y 805 m al este del carretero a Pachijal. En su mayoría se encuentra rodeada por la serie Sta. Susana, aunque también limita en ciertos lugares con las Series Albero y Sta. María, en donde la pendiente se vuelve más pronunciada.

4. Relieve:

Los suelos de esta Serie se encuentran distribuidos sobre la Unidad Fisiográfica denominada Vertientes de ladera media (VIm). Este es un relieve moderadamente inclinado con pendientes entre 15 y 30%, con pendientes predominantes >20% en toda el área.

5. Drenaje:

Los suelos de esta Serie se caracterizan por poseer un drenaje clase 2 ya que son suelos imperfectamente drenados, donde el agua se infiltra lentamente y a menudo existen manchas de color en el perfil del suelo.

6. Vegetación Natural:

Flora característica: Palmas: *Wettinia quinaria*, *Pholidostachys dactyloides*, *Iriartea deltoidea* (Arecaceae); *Virola dixonii*, *Otoba gordoniiifolia* (Myristicaceae); *Guarea cartaguenya* (Meliaceae); *Protium occidentales* (Burseraceae); *Vitex gigantea* (Verbenaceae); *Caryodaphnopsis theobromifolia* (Lauraceae); *Swartzia haughtii* (Fabaceae). Entre las herbáceas están: *Irbachia alata* (Gentianaceae); *Begonia glabra* (Begoniaceae) y *Costus lavéis* (Costaceae) (Sierra, 1999).

7. Uso Actual:

La Serie Melo en su mayoría se encuentra sin uso, cubierta de vegetación natural; salvo ciertas zonas en el límite nor este de la propiedad en donde se encuentra cultivado con pasto saboya (*Panicum maximum*).

8. Características de la Serie:

- Los suelos son de origen volcánico y moderadamente profundos +/- 0,92 m, debido a que están cubiertos por vegetación natural; el cual se caracteriza por una distribución regular del carbón orgánico en profundidad.
- Respecto a la textura de los suelos, ésta en general es franco arenosa para todos los horizontes excepto el segundo que es franco limoso.
- Los suelos presentan estructura muy débil en superficie y desaparece en profundidad, donde no existe estructura alguna.
- Su forma es en bloques angulares y subangulares. En cuanto a la consistencia, los suelos se caracterizan por ser ligeramente adherentes y ligeramente plásticos en mojado, friables en húmedo y ligeramente duros en seco; ligeramente adherente y plásticos en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco en profundidad.

- Suelos con presencia de manchas de color en el perfil, lo que denota un drenaje imperfecto.
- El contenido y tipo de raíces varía en el perfil del suelo con la profundidad desde frecuentes, muy finas, finas y medias y gruesas en superficie que desaparecen por completo en el resto de horizontes.
- El pH de estos suelos es ligeramente ácido
- El contenido de materia orgánica es alto.
- La saturación de bases de esta serie es más bien baja a excepción de la primera capa que es mayor al 50%.
- La reacción al NaF en los suelos de esta serie fue nula
- La temperatura del suelo a 50cm de profundidad en esta serie es de 21.7°C
- La penetrabilidad de los suelos de esta serie es de 1.2 kg/cc.
- La densidad aparente de esta serie es 0.69 g/cc
- La fórmula de identificación de los suelos de esta serie, en función de los parámetros del suelo estudiados: textura, profundidad, topografía, humedad, fertilidad, drenaje, nivel freático, pedregosidad y graviliosidad es la siguiente:

VlmM – FrAr – 3 – T3 – H1.2 - G0 – P0 – 5 – D1.2 – F4

9. Descripción detallada del Perfil de Suelo de la Serie

- Información acerca del sitio del estudio de campo:

a. **Número de perfil:** 1

b. **Nombre del suelo:** Serie Melo

c. **Clasificación a nivel de generalización amplia:**

Dystric Hapludands.

d. **Fecha de observación:** 09 de Octubre de 2010

e. **Autor:** María José Solis

f. **Localización:** Aproximadamente a 100m del camino que conduce a la Hacienda Cali, y a 100m límite nor oriental de la propiedad. Situado en las coordenadas 10012562 N. 727449 E.

g. **Altitud:** 795m

h. Forma del terreno:

a. Posición fisiográfica: Vertientes de ladera media.

b. Forma del terreno circundante: Colinas alargadas bajas, Vertientes de ladera baja, Vertientes de ladera fuerte y Planicies colinares erosionales.

c. Microtopografía: Ninguna.

i. Pendiente donde el perfil está situado: Pendiente descendente hacia el oeste de +/- 25%.

j. Vegetación y uso de la tierra: El sector donde se realizó la observación se encuentra actualmente sin uso; se observaron rastrojos de saboya (*Panicum maximum*) y vegetación natural como caña guadúa (*Guadua angustifolia*), pambil (*Iriartea deloidea*), amor seco (*Desmodium spp.*), pega pega (*Bidens pilosa*), entre otras.

k. Clima:

La precipitación media anual es de 3000-4000mm.

La temperatura media anual oscila entre los 20-22°C .

- **Información general acerca del suelo en estudio:**

- a. **Material originario:** Suelos de origen volcánico y de origen coluvial.
- b. **Drenaje:** Clase 2- Imperfectamente drenado.
- c. **Condiciones de humedad en el perfil:** Suelo húmedo.
- d. **Profundidad de la capa freática:** +/- 20m. Sin influencia en el perfil del suelo.
- e. **Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos:** Clase 0 para ambos- sin presencia de piedras ni de rocas.
- f. **Evidencia de erosión:** Clase 2- Hídrica Laminar en Grado1-2 -Leve a moderada.
- g. **Presencia de sales o álcalis:** Clase 0-Suelos libre de exceso de sales o álcalis.
- h. **Influencia humana:** terrenos sin uso desde hace 10 años aproximadamente.

- **Breve descripción del perfil del Suelo en estudio:**

Suelo moderadamente profundo, de cenizas volcánicas, imperfectamente drenado, conformado por horizontes definidos, de textura franco arenosa en todo el perfil; con una saturación de bases inferior al 50% entre 55 y 92 cm y una densidad aparente de 0.6 9g/cc.

- **Caracterización detallada y sistemática de los horizontes del perfil de suelo:**

- A1 0 – 55 cm Pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en seco, pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; manchas de color rojo (2.5 YR 5/8) en seco y pardo rojizo (10 YR 5/6) en húmedo, pocas, finas y medias, prominentes y claras; franco arenoso; estructura en bloques angulares y subangulares, muy débil, fina y media que se fracciona en granular; ligeramente adherente, ligeramente plástica en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco; poros frecuentes, muy finos y finos, continuos, imped, tubulares, verticales, abiertos; frecuentes raíces muy finas, finas y medias; límite abrupto uniforme.
- B 55 – 92 cm Pardo amarillento (De color pardo amarillento oscuro (10 YR 5/4) en seco, pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo; manchas de color rojo claro (2.5 YR 6/8) y gris (10 YR 5/1) en seco y rojo (2.5 YR 4/8) y gris oscuro (10 YR 4.5/1) en húmedo, frecuentes, grandes, claras y netas; franco limoso (pseudo limoso tixotrópico); estructura en bloques subangulares, débil y media; ligeramente adherente y ligeramente plástico; poros pocos, muy finos, finos y medianos, discontinuos, inped, intersticiales y tubulares, verticales, oblicuos y abiertos; sin presencia de raíces; límite abrupto uniforme.

C 92 – 155 cm+ Pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 4/3) en húmedo; franco arenoso; sin estructura; ligeramente adherente, duro en seco; poros pocos, muy finos y finos, discontinuos, inped, tubulares, verticales, oblicuos y abiertos; sin presencia de raíces

- **Caracterización Físico – Química del Suelo**

Las más importantes características físicas y químicas de los horizontes del perfil del suelo de esta unidad fueron determinadas a nivel de laboratorio mediante análisis, y sus resultados se indican en las siguientes tablas.

Tabla 5.8 Determinaciones Físicas del Perfil 1

Horizonte (símbolo)	Profundidad (cm)	Textura			Clase Textural	Retención de Humedad (%)	
		Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)		CC (1/3Atm)	PM P(15Atm)
A1	0 – 55	59	30	11	Franco arenoso	33.08	19.14
B	55 – 92	39	50	11	Franco limoso	23.63	13.20
C	92 – 155	55	36	9	Franco arenoso	34.28	19.89

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

Tabla 5.9 Determinaciones Químicas del Perfil 1

Horizonte (símbolo)	pH	M.O. (%)	N.T. (%)	Asimilables							
				P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
A1	5.89	2.22	0.11	1	0.10	1.4	0.41	91	1	11	1
B	6.08	0.10	0.02	1	0.25	2.95	5.35	85	53	13	3
C	6	0.15	0.01	2	0.10	2.06	0.41	40	1	2	1

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

Tabla 5.10 Continuación de las Determinaciones Químicas del Perfil 1

Horizonte (símbolo)	C.I.C cmol/kg	Bases de Cambio				Sat. Bases %
		Ca	Mg	Na	K	
		Cmol/kg				
A1	9.94	3.4	1.25	0.70	1	63.88
B	6.90	4.1	0.90	0.40	0.8	48.67

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

5.6.1.4 Serie Sta. María (VlfM)

1. Área:

Esta Serie posee una superficie de 16.03 ha que equivalen al 23% del área total en estudio.

2. Clasificación del Suelo:

Andic Troporthent Loamy Isohyperthermic

3. Localización:

La Serie Sta. María se encuentra ubicada entre las cotas 750 y 785 m al este del carretero a Pachijal. La Serie Sta. María limita en sus partes más bajas con Quebradas aluviales estrechas, donde drenan las aguas de las vertientes aledañas, y en sus partes más altas con las Series Sta. Susana, Melo y en pequeñas áreas con la Serie Albero.

4. Relieve:

Los suelos de esta Serie se encuentran distribuidos sobre la Unidad Fisiográfica denominada Vertientes de ladera fuerte (VI_f). Este es un relieve fuertemente inclinado con pendientes entre 30 y >70%, predominando las pendientes >60% en toda el área.

5. Drenaje:

Los suelos de esta Serie se caracterizan por poseer un drenaje clase 3 ya que son suelos moderadamente bien drenados, donde el agua se drena y escurre hacia áreas más bajas. .

6. Vegetación Natural:

Flora característica: Palmas: *Wettinia quinaria*, *Pholidostachys dactyloides*, *Iriartea deltoidea* (Arecaceae); *Virola dixonii*, *Otoba gordoniiifolia* (Myristicaceae); *Guarea*

cartaguenya (Meliaceae); *Protium occidentales* (Burseraceae); *Vitex gigantea* (Verbenaceae); *Caryodaphnopsis theobromifolia* (Lauraceae); *Swartzia haughtii* (Fabaceae). Entre las herbáceas están: *Irbachia alata* (Gentianaceae); *Begonia glabra* (Begoniaceae) y *Costus lavéis* (Costaceae) (Sierra, 1999).

7. Uso Actual:

La Serie Sta. María se encuentra en su totalidad cubierta por vegetación natural propia de la zona. No ha sido explotada de ninguna forma por sus condiciones topográficas.

8. Características de la Serie:

- Los suelos son de origen volcánico y muy poco profundos +/- 0.24 m, el cual se caracteriza por una distribución regular del carbón orgánico en profundidad.
- Respecto a la textura de los suelos, ésta franca para todos sus horizontes.
- Los suelos presentan estructura muy débil en superficie y desaparece en profundidad. Respecto a su forma ésta es en bloques angulares y subangulares. En cuanto a la consistencia, los suelos se caracterizan por ser ligeramente adherentes y ligeramente plásticos en mojado y friables en húmedo y en seco blanda en superficie; en profundidad se mantiene la consistencia salvo en seco, donde se torna ligeramente duro.

- Suelos sin presencia de manchas de color en los horizontes superficiales, lo que denota una mejor calidad de drenaje; no así en el horizonte C, donde sí se observan moteados indistintos.
- El contenido y tipo de raíces varía en el perfil del suelo con la profundidad desde frecuentes, muy finas, finas y medias y gruesas en superficie que desaparecen por completo en el horizonte más profundo.
- El pH de estos suelos es ligeramente ácido
- El contenido de materia orgánica es muy alto
- La saturación de bases en esta serie es baja, con excepción de la primera capa que es mayor al 50%.
- La reacción al NaF en los suelos de esta serie fue nula.
- La temperatura del suelo a 50cm de profundidad en esta serie es de 21.1°C
- La penetrabilidad de los suelos de esta serie es de 1.0 kg/cc.
- La densidad aparente en esta serie es 1.2 g/cc

- La fórmula de identificación de los suelos de esta serie, en función de los parámetros del suelo estudiados: textura, profundidad, topografía, humedad, fertilidad, drenaje, nivel freático, pedregosidad y graviliosidad es la siguiente:

VlfM – F – 5 – T5 – H1.2 - G0 – P0 – 5 – D1.3 – F4

9. Descripción detallada del Perfil de Suelo de la Serie

- **Información acerca del sitio del estudio de campo:**

a. Número de perfil: 3

b. Nombre del suelo: Serie Sta. María

c. Clasificación a nivel de generalización amplia:

Andic Troprothent

d. Fecha de observación: 09 de Octubre de 2010

e. Autor: María José Solis

f. Localización: Aproximadamente a 100 m del camino que conduce a la Hacienda Cali y aproximadamente a 30 m del límite norte de la propiedad. Situado en las coordenadas 10012505 N. 727303 E.

g. Altitud: 775 m

h. Forma del terreno:

a. Posición fisiográfica: Vertientes de ladera fuerte.

b. Forma del terreno circundante: Colinas alargadas bajas y Planicies colinares erosionales.

c. Microtopografía: Ninguna.

i. Pendiente donde el perfil está situado: Pendiente descendente hacia el oeste de +/- 60 %.

j. Vegetación y uso de la tierra: El sector donde se realizó la observación se encuentra cubierto por vegetación natural, por lo que se pueden observar árboles como pambil (*Iriartea deloidea*), motilón (*Hyeronima alchorneoides*), chonta (*Bactris gasipaes*), pachaco (*Schizolobium parahyba*); plantas herbáceas (*Simira spp.*), heliconias (*Heliconia bihai*); epífitas (*Bromelia sp.*), musgos, helechos, entre otras.

k. Clima:

La precipitación media anual es de 3000-4000mm.

La temperatura media anual oscila entre los 20-22°C .

- **Información general acerca del suelo:**

- a. **Material originario:** Suelos de origen volcánico.
- b. **Drenaje:** Clase 3 – Moderadamente bien drenado.
- c. **Condiciones de humedad en el perfil:** Suelo húmedo.
- d. **Profundidad de la capa freática:** +/- 50 m. Sin influencia sobre el perfil del suelo.
- e. **Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos:** Clase 0 para ambos- sin presencia de piedras ni de rocas.
- f. **Evidencia de erosión:** Clase 2- Hídrica Laminar en Grado2 – Moderada.
- g. **Presencia de sales o álcalis:** Clase 0-Suelos libre de exceso de sales o álcalis.
- h. **Influencia humana:** Terrenos cubiertos con vegetación natural en donde el hombre no ha intervenido.

- **Breve descripción del perfil:**

Suelo superficial, moderadamente bien drenado, de textura franca predominante en el perfil, en presencia de materiales de origen volcánico.

- **Caracterización detallada y sistemática de los horizontes del perfil del Suelo**

- A1 0 – 24 cm Pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 3.5/3) en húmedo; franco; estructura en bloques angulares y subangulares, muy débil, fina y media; ligeramente adherente y ligeramente plástica en mojado, friable en húmedo y blanda en seco; poros pocos, muy finos y finos, continuos y discontinuos, inped, intersticiales y tubulares, verticales y oblicuos y abiertos; raíces frecuentes, muy finas, finas, medianas y gruesas; límite abrupto uniforme.
- AC 24 – 60 cm Pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco; sin estructura; ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo y blando en seco; poros pocos, muy finos, continuos y discontinuos, inped y exped, vesiculares, tubulares, verticales y caóticos; abiertos y cerrados; raíces frecuentes, muy finas y finas, límite abrupto uniforme
- C 60 – 1.90 cm Pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo oscuro en húmedo; manchas de color pardo amarillento pálido (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/6) en húmedo, pocas, medianas, claras y netas; franco; sin estructura; ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco; poros pocos, muy finos y finos,

continuos, exped, tubulares, verticales y horizontales y abiertos; sin presencia de raíces.

- **Caracterización Físico – Química del Suelo**

Las más relevantes características físicas y químicas de los horizontes del perfil del suelo de esta unidad fueron realizadas a nivel de laboratorio mediante las respectivas pruebas analíticas y sus resultados se presentan a continuación en las siguientes tablas:

Tabla 5.11 Determinaciones Físicas del Perfil 3

Horizonte (símbolo)	Profundidad (cm)	Textura			Clase Textural	Retención de Humedad (%)	
		Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)		CC (1/3Atm)	PM P(15Atm)
A1	0 – 24	35	44	21	Franco	34.08	19.77
AC	24 – 60	31	58	11	Franco	29.85	17.12
C	60 – 190	31	58	11	Franco	33.78	19.27

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

Tabla 5.12 Determinaciones Químicas del Perfil 3

Horizonte (símbolo)	pH	M.O. (%)	N.T. (%)	Asimilables							
				P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg Ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn Ppm
A1	5.69	3.24	0.16	2	0.15	2.88	0.49	57	1	8	1
AC	6.01	1.81	0.09	3	0.10	2.39	0.49	62	1	7	1
C	5.98	0.36	0.02	3	0.10	—	—	—	—	—	—

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

Tabla 5.13 Continuación de las Determinaciones Químicas del Perfil 3

Horizonte (símbolo)	C.I.C cmol/kg	Bases de Cambio				Sat. Bases %
		Ca	Mg	Na	K	
		cmol/kg				
A1	16.98	5.3	2.6	0.40	1.7	58.89
AC	10.62	3.7	1.9	0.30	1.1	52.25

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

5.6.1.5 Serie Albero (PcdeA)

1. Área:

Esta Serie posee una superficie de 9.36 ha que equivalen al 14.09% del área total en estudio.

2. Clasificación del Suelo:

Typic Hapludands Loamy mixed Isohyperthermic (Typic Dystrandept).

3. Localización:

La Serie Albero se encuentra ubicada entre las cotas 775 y 815 m, apareciendo esporádicamente en toda el área de la Hacienda. La Serie Albero se encuentra rodeada por las series Sta. Susana y Melo, aunque en ciertos lugares, especialmente en el extremo este de la propiedad limita brevemente con la serie Sta. María.

4. Relieve:

Los suelos de esta Serie se encuentran distribuidos sobre la Unidad Fisiográfica denominada Planicies colinares erosionales (Pce) y Planicies depresionales erosionales (Pde). Son relieves ligeramente ondulados a planos con pendientes entre 0 y 10%

5. Drenaje:

Los suelos de esta Serie se caracterizan por poseer un drenaje clase 2 ya que son suelos imperfectamente drenados, donde el agua se infiltra lentamente y a menudo existen manchas de color en el perfil del suelo.

6. Vegetación Natural:

Flora característica: Palmas: *Wettinia quinaria*, *Pholidostachys dactyloides*, *Iriartea deltoidea* (Arecaceae); *Virola dixonii*, *Otoba gordoniiifolia* (Myristicaceae); *Guarea cartaguenya* (Meliaceae); *Protium occidentales* (Burseraceae); *Vitex gigantea* (Verbenaceae); *Caryodaphnopsis theobromifolia* (Lauraceae); *Swartzia haughtii* (Fabaceae). Entre las herbáceas están: *Irbachia alata* (Gentianaceae); *Begonia glabra* (Begoniaceae) y *Costus lavéis* (Costaceae) (Sierra, 1999).

7. Uso Actual:

La Serie Albero se encuentra cultivada con pasto braquiria (*Brachiaria decumbens*) en el sector oeste de la hacienda. En la parte central, la Serie Albero actualmente posee pasto miel (*Setaria sphacelata*), y en el límite nor este, se encuentra cultivada con pasto saboya (*Panicum maximum*) y en ciertas zonas la serie se encuentra cubierta por vegetación natural.

8. Características de la Serie:

- Los suelos son de origen volcánico y moderadamente profundos +/- 0,70 m, el cual se caracteriza por una distribución regular del carbón orgánico en profundidad.
- Respecto a la textura de los suelos, ésta en general es franca para todos los horizontes excepto para el horizonte más superficial que es franco limoso.
- Los suelos presentan estructura muy débil, que se transforma en moderada en el segundo horizonte y desaparece completamente en los horizontes más profundos. En cuanto a la consistencia, los suelos se caracterizan por ser ligeramente adherentes y ligeramente plásticos en mojado y friables en húmedo y ligeramente duros en seco tanto en superficie como en profundidad.
- Suelos con presencia de manchas de color en el perfil, lo que denota un drenaje imperfecto.

- El contenido y tipo de raíces varía en el perfil del suelo con la profundidad desde frecuentes, muy finas, finas y medias en superficie que desaparecen por completo a partir del segundo horizonte.
- El pH de estos suelos es ligeramente ácido
- El contenido de materia orgánica es bajo
- La saturación de bases en esta serie es más bien baja, con excepción de la primera capa que es mayor al 50%.
- La reacción al NaF en los suelos de esta serie fue nula
- La temperatura del suelo a 50cm de profundidad en esta serie es de 21°C
- La penetrabilidad de los suelos de esta serie es de 1.4 kg/cm³
- La densidad aparente de esta serie es 0.64 g/cc
- La fórmula de identificación de los suelos de esta serie, en función de los parámetros del suelo estudiados: textura, profundidad, topografía, humedad, fertilidad, drenaje, nivel freático, pedregosidad y graviliosidad es la siguiente:

PcdeA – F – 3 – T1 – H1.2 - G0 – P0 – 5 – D1.2 – F4

9. Descripción detallada del Perfil de Suelo de la Serie

- Información acerca del sitio del estudio de campo:

a. Número de perfil: 2

b. Nombre del suelo: Serie Albero

c. Clasificación a nivel de generalización amplia:

Typic Hapludands

d. Fecha de observación: 09 de Octubre de 2010

e. Autor: María José Solis

f. Localización: Aproximadamente a 20m del camino que conduce a la Hacienda Cali y aproximadamente a 40m del límite nor oriental de la propiedad. Situado en las coordenadas 10012635 N. 727631 E.

g. Altitud: 815 m

h. Forma del terreno:

a. Posición fisiográfica: Planicies colinares erosionales.

b. Forma del terreno circundante: Colinas alargadas bajas y Vertientes de ladera media.

c. Microtopografía: Ninguna.

i. Pendiente donde el perfil está situado: Pendiente descendente hacia el oeste de +/- 5 %.

j. Vegetación y uso de la tierra: La zona donde se realizó la observación se encuentra actualmente sin uso; observaron rastrojos de saboya (*Panicum maximum*) y vegetación natural como caña guadúa (*Guadua angustifolia*), pambil (*Iriartea deloidea*), amor seco (*Desmodium*), pega pega (*Bidens pilosa*), bromelias (*Bromelia spp.*), entre otras.

k. Clima:

La precipitación media anual es de 3000-4000mm.

La temperatura media anual oscila entre los 20-22°C .

- **Información general acerca del suelo:**

a. Material originario: Suelos de origen volcánico.

b. Drenaje: Clase 2- Imperfectamente drenado.

- c. **Condiciones de humedad en el perfil:** Suelo Húmedo.
- d. **Profundidad de la capa freática:** +/- 30m. No interfiere con el perfil del suelo.
- e. **Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos:** Clase 0 para ambos- sin presencia de piedras ni de rocas.
- f. **Evidencia de erosión:** Clase 2- Hídrica Laminar en Grado1-Leve o muy leve.
- g. **Presencia de sales o álcalis:** Clase 0-Suelos libre de exceso de sales o álcalis.
- h. **Influencia humana:** terrenos sin uso desde hace 10 años aproximadamente.

- **Breve descripción del perfil del suelo en estudio:**

Suelo moderadamente profundo, de ceniza volcánica, imperfectamente drenado, constituido por horizontes definidos de textura predominante franca, con excepción del horizonte B que es franco limosa.

- **Caracterización detallada y sistemática de los horizontes del perfil del Suelo:**

A1	0 – 33 cm	Pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; manchas de color rojo claro (2.5 YR 6/6) en seco, y rojo (2.5 YR 4/8) en húmedo, pocas, medianas, claras y netas; franco; estructura en bloques angulares y subangulares, muy débil, fina y media que se fracciona en granular; ligeramente adherente y ligeramente
----	-----------	---

plástica en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco; poros pocos, micro, muy finos y finos, continuos, inped, vesiculares, tubulares, verticales y oblicuos, abiertos; raíces frecuentes, muy finas, finas y medias; límite abrupto uniforme.

B 33 – 69 cm

Pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo; manchas de color rojo pálido (2.5 YR 4/2) en seco y rojo (2.5 YR 4/8) en húmedo, pocas, pequeñas, indistintas y difusas; franco limoso; estructura en bloques angulares y subangulares, moderada, fina y media; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco; poros pocos, muy finos y finos, continuos, inped, tubulares, verticales y oblicuos y abiertos; sin presencia de raíces; límite abrupto uniforme.

BC 69 – 98 cm

Pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco y gris oscuro (10 YR 4/1) en húmedo; manchas de color rojo pálido (2.5 YR 5/2) en seco y rojo (2.5 YR 4/8) en húmedo, pocas, pequeñas, indistintas y difusas; franco; sin estructura; ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo y blando en seco; poros frecuentes, micro, muy finos, finos y medianos, discontinuos, inped y exped, intersticiales, caóticos, abiertos y cerrados; sin presencia de raíces; límite abrupto uniforme.

C 98 – 158 cm+ Pardo (10 YR 4/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; manchas de color rojo (2.5 YR 4/8), pocas, medianas, claras y difusas; franco; sin estructura; ligeramente plástico y ligeramente adherente en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco; poros pocos, muy finos y finos, continuos y discontinuos, imped, intersticiales y tubulares, verticales y caóticos, abiertos y cerrados; sin presencia de raíces.

- Caracterización Físico – Química del Suelo:

Las principales características físicas y químicas de los horizontes del perfil del suelo de esta unidad fueron determinadas en el laboratorio, mediante los análisis respectivos y sus resultados se indican a continuación en tablas que se presentan a continuación:

Tabla 5.14 Determinaciones Físicas del Perfil 2

Horizonte (símbolo)	Profundidad (cm)	Textura			Clase Textural	Retención de Humedad (%)	
		Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)		CC (1/3Atm)	PM P(15Atm)
A1	0 – 33	49	32	19	Franco	35.29	20.53
B	33 – 69	35	54	11	Franco limoso	27.60	15.70
BC	69 – 98	45	42	13	Franco	22.82	12.69
C	98 – 158	31	48	21	Franco	33.35	19.31

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

Tabla 5.15 Determinaciones Químicas del Perfil 2

Horizonte (símbolo)	pH	M.O. (%)	N.T. (%)	Asimilables							
				P ppm	K Ppm	Ca ppm	Mg Ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
A1	5.7	1.93	0.10	2	0.10	2.3	0.41	65	1	13	3
B	6.1	1.36	0.07	3	0.10	1.98	0.33	61	1	11	1
BC	6.05	0.20	0.01	3	0.15	—	—	—	—	—	—
C	6.16	0.59	0.03	2	0.15	—	—	—	—	—	—

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

Tabla 5.16 Continuación de las Determinaciones Químicas del Perfil 2

Horizonte (símbolo)	C.I.C cmol/kg	Bases de Cambio				Sat. Bases %
		Ca	Mg	Na	K	
		cmol/kg				
A1	13.36	4.3	1.20	0.10	1.6	53.8
B	11.15	3.6	1.00	0.08	1.2	48.2

Fuente: AGROCALIDAD, 2010

5.7 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS SUELOS DE LA HACIENDA BERNABÉ

La Clasificación Taxonómica de los Suelos de la Hacienda Bernabé fue realizada en base al Sistema Soil Taxonomy USDA y a las adaptaciones que el mismo posee para los suelos del Ecuador (Del Posso, 2008).

Para definir la taxonomía de los suelos del área de estudio, se utilizaron las descripciones detalladas del estudio del suelo en el campo de cada una de las unidades definidas y las mismas fueron complementadas con los datos analíticos de laboratorio.

Los suelos estudiados fueron categorizados mayormente bajo el Orden Andisols, sin embargo existe en menor porcentaje suelos que pertenecen al Orden de los Entisols. En la clasificación taxonómica de los tipos de suelos se ha llegado hasta el nivel detallado de Serie.

Seguidamente se presenta el concepto central y las características que definen a cada una de las categorías taxonómicas consideradas en el presente estudio.

5.7.1 Orden de Suelos: “Andisol”

Suelos de origen de cenizas volcánicas (antes Inceptisoles: Andepts) que tienen propiedades ándicas definidas a través de sus horizontes en su perfil.

5.7.1.1 Suborden de Suelos: Udands

Son subdivisiones del Orden de Suelos.

Suelos caracterizados por poseer un régimen de humedad “Údico” en vista de que durante el año, el mismo posee menos de tres meses secos y continuos, el cual no requiere de riego para el desarrollo normal de los cultivos.

5.7.1.2 Gran Grupo de Suelos: Hapludands

Son subdivisiones del Suborden de Suelos.

Suelos con régimen de humedad údico que no poseen un horizonte plácico, ni una capa cementada, ni un epipedón melánico y una alta retención de humedad.

5.7.1.3 Subgrupos de Suelos:

Son subdivisiones de los Grandes Grupos de Suelos.

- 1. Typic:** Se refiere al concepto central de todo este Subgrupo en cuanto a las características que posee.
- 2. Dystric:** Subgrupo definido por la característica baja saturación de bases en cualquier subhorizonte comprendido entre 25 a 75 cm de profundidad.
- 3. Aquic:** Subgrupo que posee un horizonte que presenta un color value Munsell de 3 o menos.
- 4. Thaptic:** Subgrupo que tiene una caja de 10 cm o más entre 25 y 100 cm con un contenido de carbón orgánico de 1% o más que la caja inferior.

5.7.1.4 Familia de Suelos:

Son subdivisiones de los Subgrupos de Suelos.

1. Familias Texturales:

Loamy: horizontes de textura franca en la mayoría del perfil del suelo.

Coarse Loamy: horizontes de textura franca gruesa en la mayoría del perfil del suelo.

Loamy Sand: horizontes de textura franco arenosa en la mayoría del perfil del suelo.

Mixed: Suelos mezclados de origen aluvial.

2. Familias Térmicas:

Isohyperthermic: La temperatura anual del suelo a 50 cm de profundidad es de 20 – 22°C o mayor (Hyper) y la diferencia entre la época seca y húmeda es de <5°C (Iso).

5.7.1.5 Serie de Suelos:

Nivel taxonómico, el más detallado y específico donde los suelos presentan características similares y particulares para cada unidad. La Serie lleva el nombre de un río, colina, localidad, etc.

5.7.2 Orden de Suelos: “Entisol”

Suelos caracterizados por ser muy recientes o jóvenes, donde prácticamente no ha existido una evolución pedogenética en vista del corto tiempo que han tenido los materiales que lo conforman para ser afectados por los factores de formación del suelo.

Este tipo de suelos independientemente del clima, relieve, vegetación, etc. donde los mismos se encuentran pueden estar presentes en cualquier parte del país. A nivel del área de estudio estos suelos solo se evidenció la presencia de un horizonte de superficie o epipedón denominado ócrico.

5.7.2.1 Suborden de Suelo: Orthent

Suelo característico de áreas con fuertes pendientes de ahí su poca profundidad e incidencia en el desarrollo pedogénético.

5.7.2.2 Gran Grupo de Suelos: Troporthent

Suelo caracterizado por poseer un régimen de temperatura a 50 cm de profundidad de > 20°C y un régimen de humedad údico.

5.7.2.3 SubGrupo de Suelos: Andic

Suelos que tienen materiales volcánicos en su perfil o una densidad aparente < 0.85g/cc.

5.7.2.4 Familia de Suelo:

1. Familia Textural:

Loamy: horizonte de textura franca en la mayoría del perfil del suelo.

2. Familia Térmica:

Temperatura del suelo a 50 cm de profundidad de 10 a 22°C o más y la diferencia entre la época seca y húmeda es <5°C.

Seguidamente se presenta un cuadro resumen de la clasificación taxonómica y de los suelos estudiados a nivel de la Hacienda Bernabé.

Tabla 5.17 Clasificación Taxonómica de los Suelos de la Hacienda Bernabé.

ORDEN	SUB ORDEN	GRAN GRUPO	SUB GRUPO	FAMILIA	SERIE
Andisol	Udands	Hapludands	Dystric Thaptic Hapludands	<u>Textural:</u> Loamy <u>Térmica:</u> Isohyperthermic	San José
Andisol	Udands	Hapludands	Dystric Aquic Hapludands	<u>Textural:</u> Coarse Loamy <u>Térmica:</u> Isohyperthermic	Sta. Susana
Andisol	Udands	Hapludands	Dystric Hapludands	<u>Textural:</u> Loamy Sand <u>Térmica:</u> Isohyperthermic	Melo
Entisol	Orthent	Troporthent	Andic Troporthent	<u>Textural:</u> Loamy <u>Térmica:</u> Isohyperthermic	Sta. María
Andisol	Udands	Hapludants	Typic Hapludands	<u>Textural:</u> Loamy mixed <u>Térmica:</u> Isohyperthermic	Albero

5.8 EVALUACIÓN AGROLÓGICA DE LAS TIERRAS DE LA HACIENDA BERNABÉ

La Evaluación Agrológica de las Tierras realizada a nivel de una finca o hacienda, es un requisito técnico obligatorio para definir en forma práctica su uso racional en cualquier área del medio rural donde se vaya a ejecutar una explotación agropecuaria moderna (Del Posso, 2008).

La Evaluación Técnica de las Tierras de la Hacienda Bernabé se basó en el Levantamiento Agrológico realizado con este fin, en la Clasificación de dichas tierras por su Capacidad de Uso en base a un avalúo sistemático, y su descripción en categorías definidas según las características que éstas poseen para un propósito concreto y específico; que es el de establecer el grado o nivel de aptitud de las tierras para ser utilizadas en explotaciones agropecuarias y forestales.

5.8.1 Levantamiento de la Capacidad Agrológica de las Tierras con Fines Agropecuarios y Forestales.

El Levantamiento de la Capacidad Agrológica de la Tierra aplicado en el presente estudio se basó en el Sistema Americano o de las Ocho Clases de Tierras por su Capacidad de Uso, desarrollado para el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y en base a las adaptaciones del mismo para el Ecuador. (Del Posso *et al.*, 1994).

El Sistema Agrológico antes mencionado tuvo como su base técnica la interpretación y evaluación cualitativa y cuantitativa del Levantamiento detallado de Suelos de la Hacienda Bernabé y de otros recursos naturales importantes y complementarios como los de Relieve, Clima, Hidrología, Vegetación, Uso Actual entre los más relevantes para la determinación de las diferentes Clases de Capacidad Agrológica de las Tierras.

Una vez definidas las Clases de Tierras, se procedió a la determinación de Subclases de Capacidad Agrológica existentes a nivel de cada una de ellas, en base a los factores limitantes establecidos que puedan afectar a las mismas: Clima (C), Topografía (T), Suelo (S) y Erosión (E).

5.8.2 Levantamiento de la Capacidad Agrológica de las Tierras de la Hacienda Bernabé.

La Evaluación Agrológica de las Tierras de la Hacienda Bernabé, permitió determinar su Capacidad de Uso natural y potencial, en base a la consideración de los siguientes aspectos concretos:

5.8.2.1 Tierras aptas para cultivos agrícolas (I)

1. Tierras aptas para cultivos en forma permanente

- **Clase de Tierra de Capacidad Agrológica: 3/ C2,S**

- a. Localización:** Esta clase agrológica se ubica fisiográficamente sobre las Planicies tanto colinares como depresionales erosionales y abarca completamente la Serie de Suelos denominada Albero.
- b. Área:** Posee una superficie de 9.84 ha que corresponde al 14.09% del área total de la propiedad.
- c. Principales características:** Son tierras que poseen suelos volcánicos moderadamente profundos, de textura franca mayoritariamente en el perfil, de fertilidad media, con drenaje imperfecto, ligeramente ácidos, los cuales descansan sobre un relieve plano a ligeramente ondulado, y un clima lluvioso.
- d. Factores limitantes:** El Clima es el principal factor limitante, ya que en época lluviosa esta clase de tierra es muy propensa al encharcamiento o exceso de humedad. Además el suelo, constituye otro factor limitante, por el drenaje imperfecto que posee.

2. Tierras aptas para cultivos en forma limitada

- Clase de Tierra de Capacidad Agrológica: 4/ T2, S

- a. **Localización:** Esta clase de Tierra se ubica fisiográficamente sobre las Colinas alargadas bajas, y las mismas comprenden completamente la Serie de suelos San José.
- b. **Área:** Tiene una superficie de 6.32 ha equivalentes al 9.06% del área total en estudio.
- c. **Principales características:** Tierras que poseen suelos de origen volcánico, poco profundos, imperfectamente drenados que descansan sobre relieves altitudinales bajos y alargados, con pendientes superiores al 10%, de fertilidad baja – media.
- d. **Factores limitantes:** La configuración topográfica de estas tierras constituye el principal factor limitante de las mismas, lo que no permite una explotación agrícola permanente. A esto hay que añadir las limitaciones que el suelo también posee en cuanto a profundidad y drenaje principalmente.

5.8.2.2 Tierras aptas para pastos y bosques de explotación (II)

- **Clase de Tierra de Capacidad Agrológica:** 6/ T2, S

- a. Localización:** Tierras ubicadas fisiográficamente sobre las denominadas Vertientes de ladera baja, las mismas que comprenden completamente la Serie de suelos Sta. Susana.
- b. Área:** Posee una superficie de 26.94 ha que equivalen al 38.65% del área total en estudio.
- c. Principales características:** Tierras de suelo volcánico y sedimentos coluviales. Poco o moderadamente profundos, imperfectamente drenados sobre relieves de laderas bajas con pendientes de 10 a 15%, predominando las mayores a 12%.
- d. Factores limitantes:** El principal factor limitante es la topografía por su configuración de ladera baja, que dificulta su explotación agrícola eficiente. Además el suelo también es otra limitante por su profundidad y drenaje.

- **Clase de Tierra de Capacidad Agrológica: 7/T2, S**

- a. **Localización:** Tierras ubicadas fisiográficamente sobre las denominadas Vertientes de ladera media, las mismas que abarcan totalmente la Serie de suelos Melo.

- b. **Área:** Ocupa una superficie de 9.16 ha que corresponde al 13.14 % del área total de la hacienda.

- c. **Principales características:** Tierras de suelos volcánicos y sedimentos coluviales. Poco a moderadamente profundos, con drenaje imperfecto, que se han desarrollado sobre relieves de laderas medias en pendientes del 15 al 30% , predominando las mayores al 20%.

- d. **Factores limitantes:** El mayor factor limitante es el topográfico y en su configuración de ladera media que dificultan su explotación pecuaria eficiente, además de que el suelo también es otra limitante por su drenaje, profundidad y riesgo de erosión.

5.8.2.3 Tierras no aptas para la explotación agropecuaria ni forestal, pero aptas para la conservación, vida silvestre y recreación
(III)

- **Clase de Tierra de Capacidad Agrológica:** 8/ T2, S, E.

- a. **Localización:** Tierras ubicadas fisiográficamente sobre las denominadas Vertientes de ladera fuerte, las mismas que abarcan la totalmente los suelos de la Serie Sta. María.
- b. **Área:** Abarca una superficie de 16.03 ha que corresponde al 23% del área total en estudio.
- c. **Principales características:** Tierras de suelos superficiales, desarrolladas sobre relieves caracterizados por poseer fuertes pendientes.
- d. **Factores limitantes:** Los principales factores limitantes son la topografía, con pendientes superiores al 70%, el suelo superficial y la erosión, con muy alto riesgo si estas tierras son explotadas.

5.9 PRÁCTICAS U OBRAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN RECOMENDADAS PARA EL ÁREA EN ESTUDIO

Las Prácticas u Obras de Manejo y Conservación fueron establecidas en base a la clasificación agrológica realizada previamente, con al finalidad de prevenir el desgaste de las tierras y garantizar su máximo aprovechamiento agropecuario y forestal, respetando la aptitud natural de las mismas.

5.9.1 Prácticas Recomendadas para la Clase de Tierra 3/ C2,S

5.9.1.1 Prácticas agronómicas

- Preparación del terreno siguiendo las curvas de nivel previo a la siembra del cultivo.
- Uso de variedades mejoradas y recomendadas para la zona de los cultivos de grano, palmito, raíces, etc.
- Uso de sistemas y densidades de siembra apropiadas para cada cultivo a sembrarse.
- Fertilización técnica y oportuna de los cultivos a sembrarse, en base al análisis de suelos y a los requerimientos del cultivo.
- Control técnico y oportuno de malezas, plagas y enfermedades en base a productos no restringidos.
- Calendario agrícola de siembras y cosechas específico para cada cultivo a sembrarse.

5.9.1.2 Prácticas culturales

Realizar rotaciones de cultivos con productos aptos para la zona por un ciclo rotacional de 5 años:

- 2 años de cultivos de escarda: siembra de cultivos en surcos como maíz o yuca (Ver ficha técnica de cultivos de escarda Anexo D.)
- 3 años de leguminosas para proteger totalmente el suelo como maní forrajero o kudzú (Ver ficha técnica de cultivos tupidos Anexo E.)

Realizar cultivos en fajas con cultivos de escarda y tupidos.

5.9.1.3 Prácticas mecánicas

- Nivelación de tierras en áreas que sea factible sin disturbar el suelo natural.
- Construcción de terrazas de base ancha para controlar el proceso erosivo donde la pendiente es muy larga en base a curvas de nivel.
- Surcado al contorno para controlar el agua de escorrentía y disminuir la erosión en curvas de nivel.
- Construir sistemas de drenaje y canales de desviación para controlar el mal drenaje del suelo.

5.9.2 Prácticas Recomendadas para la Clase de Tierra 4/ T2, S

5.9.2.1 Prácticas agronómicas

- Preparación del terreno siguiendo las curvas de nivel previo a la siembra del cultivo.
- Uso de variedades mejoradas y recomendadas para la zona de los cultivos ocasionales o de frutales perennes.
- Uso de sistemas y densidades de siembra apropiadas para cada cultivo a sembrarse.
- Fertilización técnica y oportuna de los cultivos a sembrarse, en base al análisis de suelos y a los requerimientos del cultivo.
- Control técnico y oportuno de malezas, plagas y enfermedades en base a productos no restringidos.
- Calendario agrícola de siembras y cosechas específico para cada cultivo.

5.9.2.2 Prácticas culturales

Realizar rotación de cultivos con productos aptos para la zona por un ciclo rotacional de 5 años:

- 1 año de cultivo de escarda con cultivos de grano, raíz, etc.
- 4 años de cultivo tupido y/o leguminosas.

En caso de que estas tierras sean utilizadas para la producción de frutales, éstos se deben mantener perennemente o durante el tiempo de vida útil de los mismos.

5.9.2.3 Prácticas mecánicas

- Para la utilización de las tierras con cultivos temporales, se deben construir terrazas de base ancha, por ser terrenos con pendientes ligeras.
- Surcado al contorno para controlar el agua de escorrentía y disminuir la erosión, siguiendo las curvas de nivel.
- En el caso de que las tierras sean utilizadas para cultivos de frutales, se deben construir terrazas individuales a desnivel. (Ver ficha técnica cultivos frutales Anexo. G).
- En ambos casos, se deben construir sistemas de drenaje y canales de desviación de agua para controlar el mal drenaje del suelo.
- Sembrar pasto de corte entre terraza y terraza para proteger el suelo y aprovechar al mismo tiempo el forraje.

5.9.3 Prácticas Recomendadas para la Clase de Tierra 6/ T2, S

5.9.3.1 Prácticas agronómicas

- Utilización de variedades de pastos resistentes a las condiciones climatológicas y topográficas de la zona en estudio, que cubrirán las pendientes menos fuertes de las tierras de esta clase.
- Selección de especies forestales adecuadas para la zona, para ser sembradas en las áreas con pendientes más fuertes; que servirán como bosques de explotación y que prevendrán la erosión. (Ver ficha técnica especies forestales Anexo H.)

- Uso de sistemas y densidades de siembra apropiados para cada pasto y para especie forestal a sembrarse.
- Fertilización adecuada y suficiente en los pastizales y bosques de explotación, en base al análisis de suelos y a los requerimientos del cultivo.
- Control técnico y oportuno de malezas en los pastizales y en los cultivos forestales, con productos no restringidos.

5.9.3.2 Prácticas culturales

- Cultivos de cobertera: Si bien el pasto constituye el mejor cultivo para proteger el suelo, se recomienda la siembra de maní forrajero en las zonas de mayores pendientes.
- Manejo de pastos: Se recomienda un pastoreo rotativo donde los animales permanecen 1 día por potrero, controlando los espacios con cerca eléctrica.
- Manejo de bosques: Se debe dar el manejo correspondiente a cada especie forestal: replante que consiste en reponer las plantas muertas, deshierba especialmente en los primeros meses, podas técnicas de ramas bajas, para obtener troncos rectos y sin nudos, raleos, para eliminar técnicamente los árboles en malas condiciones, protección de los árboles contra el hombre, animales, plagas, enfermedades, etc.

5.9.3.3 Prácticas mecánicas

- Construcción de terrazas de base ancha para las pendientes ligera y terrazas de banco de base angosta para pendientes fuertes.
- Construcción de terrazas individuales a desnivel en las áreas de mayor pendiente que están destinadas a la producción de bosques de explotación.
- Construcción de sistemas de drenaje y canales de desviación para controlar el mal drenaje del suelo.
- Surcado líster en los pastizales, que son una serie de surcos dobles separados por un tope empastado, diseñado para reducir la erosión del suelo y disminuir el escurrimiento.

5.9.4 Prácticas Recomendadas para la Clase de Tierra 7/ T2, S

5.9.4.1 Prácticas agronómicas

- Utilización de pastos adaptados a las condiciones del entorno para las áreas con pendientes más suaves.
- Sistemas y densidades de siembra adecuados para el establecimiento de especies forestales para las pendientes más fuertes, predominantes en este tipo de tierras.
- Fertilización adecuada y suficiente para garantizar el buen desarrollo de los pastos y de las especies forestales.
- Control técnico y oportuno de malezas, plagas y enfermedades en las especies forrajeras y forestales.

5.9.4.2 Prácticas culturales

- Manejo de pastizales: Se recomienda un pastoreo rotativo donde los animales permanecen 1 día por potrero, controlando los espacios con cerca eléctrica.
- Reforestación: Establecimiento de especies forestales en las áreas con pendientes más fuertes.
- Manejo forestal: Se deben tomar en cuenta los cuidados a los que los bosques deben estar sometidos como replante, deshierba, podas técnicas, raleos y protección de los árboles contra animales, plagas, enfermedades, etc.

5.9.4.3 Prácticas mecánicas

- Construcción de terrazas de base angosta, por poseer pendientes más fuertes.
- Construcción de terrazas individuales a desnivel en las áreas de mayor pendiente que están destinadas a la producción de bosques de explotación.
- Surcado líster en los pastizales, que son una serie de surcos dobles separados por un tope empastado, diseñado para reducir la erosión del suelo y disminuir el escurrimiento.
- Implementación de sistemas de zanja y bordo que consiste en construir en forma alternada zanjas y bordes de tierra perpendiculares a la pendiente siguiendo las curvas de nivel, para controlar el drenaje y la erosión y proteger el suelo.

5.9.5 Prácticas Recomendadas para la Clase de Tierra 8/ T2, S, E.

Las Tierras de Clase 8, no son aptas para la explotación agropecuaria ni forestal; en su lugar, son aptos para la conservación de la flora y fauna silvestre y recreación.

Para lograr este objetivo se debe:

- Mantener intocable la vegetación natural existente en toda el área.
- Mantener los cauces y desagües naturales existentes.
- Mantener la fauna y flora propia de la zona.
- Implementar y mantener senderos ecológicos por donde sea factible el tránsito de personas con fines de recreación.

Tabla 5.18 Prácticas u Obras de Manejo y Conservación recomendadas para la Hacienda Bernabé

Clases de Tierras	Prácticas de Manejo y Conservación			Uso Potencial
	Agronómicas	Culturales	Mecánicas	
3 /C2, S	<ul style="list-style-type: none"> - Preparación del terreno: curvas de nivel. - Utilización de variedades tolerantes la exceso de humedad. - Fertilización adecuada y suficiente. - Control oportuno y efectivo de malezas, plagas y enfermedades. - Calendario agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rotación de cultivo: 2 años con cultivos de escarda y 3 años con leguminosas. - Cultivos en fajas con cultivos de escarda y tupidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nivelación del terreno. - Terrazas de base ancha. - Surcado al contorno. - Construcción de sistemas de drenaje y canales de desviación. 	Agrícola Permanente

4 / T2, S	<ul style="list-style-type: none"> - Preparación del terreno: curvas de nivel. - Utilización de variedades tolerantes la exceso de humedad. - Fertilización adecuada y suficiente. - Control oportuno y efectivo de malezas, plagas y enfermedades. - Calendario agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rotación de cultivos: 1 año con cultivos de escarda y 4 años con cultivos tupidos o leguminosas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Terrazas de base ancha. - Terrazas individuales a desnivel para los árboles frutales. - Surcado al contorno. - Sistema de drenaje y canales desviación de agua. 	Agrícola Ocasional
6 / T2, S	<ul style="list-style-type: none"> - Utilización de variedades de pastos resistentes a las condiciones de la zona. - Selección de especies forestales adecuadas para la zona. - Sistemas y densidades de siembra adecuados. - Fertilización adecuada y suficiente. - Control técnico y efectivo de malezas, plagas y enfermedades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivos de cobertera. - Manejo de pastos: pastoreo de 1 día por potrero. - Manejo de bosques: replante, deshierba, podas técnicas, raleos, protección de árboles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Terrazas de base ancha para las pendientes ligeras. - Terrazas de base angosta para las pendientes fuertes. - Terrazas individuales a desnivel para árboles. - Surcado líster en los pastizales. - Sistemas de drenaje y canales de desviación de agua. 	Pastos y Forestal
7 / T2, S	<ul style="list-style-type: none"> - Utilización de variedades de pastos resistentes a las condiciones de la zona. - Selección de especies forestales adecuadas para la zona. - Sistemas y densidades de siembra adecuados. - Fertilización adecuada y suficiente. - Control técnico y efectivo de malezas, plagas y enfermedades 	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo de pastizales: pastoreo de 1 día por potrero - Reforestación - Manejo forestal: replante, deshierba, podas técnicas, raleos, protección de árboles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Terrazas de base angosta para establecimiento de pastos. - Terrazas individuales a desnivel para siembra de árboles. - Surcado líster en los pastizales. - Sistemas de zanja y bordo para controlar drenaje y erosión. 	Pastos y Forestal

8/T2,S,E	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener intocable la vegetación natural existente en toda el área. - Mantener los cauces y desagües naturales existentes. - Mantener la fauna y flora propia de la zona. - Implementar y mantener senderos ecológicos por donde sea factible el tránsito de personas. 	Conservación y Recreación
----------	---	---------------------------

5.10 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA HACIENDA BERNABÉ.

5.10.1 Diagnóstico de Impacto Ambiental de la Hacienda Bernabé.

Para realizar la Evaluación de Impacto Ambiental de las actividades que se realizan en la Hacienda Bernabé, se procedió a realizar un cuadro de matrices interactivas, en base al sistema de Leopold *et al.* (1971) en el cual se asocian las Acciones que se realizan en la hacienda con los Elementos Ambientales existentes.

- Se seleccionó entre los ítems de Acciones y Elementos Ambientales propuestos por Canter (1998) para la matriz interactiva de Leopold, y se realizó una asociación entre los mismos.
- Se seleccionaron las asociaciones más importantes que existen en la hacienda y se procedió a evaluarlas de acuerdo a la experiencia personal, a los registros ya existentes y a la información disponible.
- Se evaluó el grado (magnitud) de interrelación entre acción y elementos ambientales. En caso de que éste sea alto y favorable se le otorgó una

valoración positiva, mientras que si esta interrelación era importante pero a la vez perjudicial, el resultado de la valoración fue negativo.

- Posteriormente se valoró la importancia de la acción en cada uno de los elementos ambientales estudiados; de este modo, si la acción tenía alto grado de influencia sobre la manifestación del elemento ambiental, se le otorgó una puntuación numéricamente mayor y el signo de la misma dependió de su influencia positiva o negativa.
- Se sumaron las filas y las columnas y se seleccionaron los mayores y menores valores procediendo a intercalar los mismos (Fila x Columna) para de este modo obtener las interacciones que producen el mayor impacto ambiental en la hacienda y las que pudieran influir positivamente en la misma. Concluyendo con los siguientes resultados

5.10.2 Impactos con Efectos Negativos en la Hacienda Bernabé

- Si se altera la cubierta natural del suelo, es decir, se elimina la cubierta vegetal natural de las tierras, la flora y fauna silvestre se ven notoriamente afectadas al producirse un desequilibrio del entorno. El hábitat de las especies propias de la zona se perdería, provocando cambios negativos en el ecosistema.
- De la misma manera, el alterar la cubierta natural del suelo, tiene un fuerte impacto sobre la composición del paisaje, ya que provocando inestabilidad en el entorno, provocando que las tierras se erosionen, ocasionando en síntesis un cambio en la apreciación visual y productiva del entorno.

- Sobre la flora y fauna silvestre, el clareo y las talas tienen una alta repercusión, puesto que se destruye a la flora natural y se merma a las especies animales de su hábitat, poniendo en peligro su conservación y supervivencia.
- Sobre composición del paisaje, el clareo y las talas, de igual manera ejercen efectos notablemente negativos, pues se destruye el medio y cambia la apreciación visual y productiva del mismo.

5.10.3 Impactos con Efectos Positivos en la Hacienda Bernabé

- La realización de prácticas u obras que mejoren el drenaje en la hacienda Bernabé, provocará un efecto positivo sobre los pastos, ya que reduciendo los encharcamientos se mejorará la cantidad y calidad de forraje, permitiendo incrementar la carga animal por unidad de superficie.
- Al mejorar la producción de pastos se incrementa la producción, lo que se refleja en el incremento de la calidad de vida de las personas que viven de estas actividades, mejorando sus ingresos, su seguridad y garantizando su empleo.
- La reforestación muestra un efecto positivo al relacionarse con los potreros, demostrando que los sistemas silvopastoriles son la mejor opción en una producción agropecuaria.
- La reforestación, de igual manera influye positivamente sobre la salud, seguridad y empleo de los habitantes de la hacienda, pues asegura la conservación del entorno, el bienestar de la gente y la disponibilidad de empleo en actividades agropecuarias sostenibles en el tiempo.

Los resultados están detallados en la matriz expuesta a continuación:

Tabla 5.19 Matriz de Leopold de las Acciones y Elementos Ambientales influyentes en la Hacienda Bernabé.

Acciones	Elementos Ambientales	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS: Tierra			CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS: Agua			CONDICIONES BIOLÓGICAS: Flora			CONDICIONES BIOLÓGICAS: Fauna			CULTURALES: Uso del Suelo		CULTURALES: Estética e Interés humano		CULTURALES: Instalaciones fabricadas y actividades		TOTAL ACCIONES
		Morfología del terreno	Superficial	Subterránea	Erosión	Compactación y Asentamiento	Estabilidad	Flora Silvestre	Animales Silvestres	Boques	Panace	Agricultura	Composición del paisaje	Salud, Seguridad y Empleo	Construcciones	Eliminación de residuos				
MODIFICACION DEL REGIMEN Alteración de la cubierta del suelo		-6	-1	-5	-8	-3	-8	-8	-8	-8	-1	-7	-9	-6	-7	-130				
Alteración del drenaje		4	3	-5	8	2	7	-1	-1	-3	-2	6	-6	4	3	69				
Carreteras, vías y tendidos eléctricos		-9	-2	-1	0	0	0	-5	-4	-6	-2	0	9	9	-5	-28				
EXTRACCIÓN DE RECURSOS Alteración de las fuentes de agua		0	-3	-3	0	0	0	-3	-3	0	-3	-3	-5	-5	-3	-69				
Clareo y talas		-3	-1	-5	-8	-4	-8	-10	-8	-10	3	7	-10	-4	-8	-118				
PRODUCCIÓN		-6	-2	-5	-4	-1	-3	-9	-7	-9	6	7	-8	8	5	-62				
Agricultura		-6	-4	-3	-6	-8	-3	-9	-8	-8	9	4	-8	8	5	-71				
Ganadería y Pastoreo		0	-3	0	0	0	0	-2	0	-3	9	3	-6	8	9	22				
Estabulación		0	0	0	0	-1	0	0	-2	-3	9	7	-5	8	9					
RENOVACION DE RECURSOS Reforestación		0	0	5	9	8	7	8	6	10	-3	1	9	10	4	130				
Cambios en el tráfico		-4	-1	-1	-1	-4	-5	-1	0	-3	0	0	-2	6	3	-7				
Senderos		0	-2	-1	-1	-2	-4	-3	-2	-3	4	7	-1	8	5	-3				
TRATAMIENTOS QUÍMICAS Fertilizantes		0	-5	-5	2	0	0	-2	-2	0	9	8	0	4	0	25				
Uso de Agroquímicos		0	-6	-2	0	0	0	-8	-4	0	8	8	-2	4	0	-11				
TOTAL ELEMENTOS AMBIENTALES		-41	-32	-52	-21	-28	-33	-86	-84	-58	99	94	-99	99	77	-85				

 = Impactos ambientales que influyen negativamente.

 = Impactos ambientales que influyen positivamente

5.10.4 Plan de Manejo del Impacto Ambiental

En base a los impactos que tienen efectos negativos en el entorno de la hacienda Bernabé, se realizó un Plan de Manejo del Impacto Ambiental que permita mitigar y evitar posibles daños en el ecosistema.

Tabla 5.20 Plan de Manejo del Impacto Ambiental de la Hacienda Bernabé

Tipo de Actividad	Posible Solución	Tipo de Medida	Tiempo de ejecución
Alteración de la cubierta del suelo	<ul style="list-style-type: none"> -Respetar la aptitud natural de la tierra. -Mantener la vegetación natural en pendientes pronunciadas y en áreas destinadas a la conservación de la flora y fauna silvestre. -Utilizar cultivos de cobertera en áreas donde el suelo está desprotegido. 	Preventiva	- Corto plazo
		Correctiva	- Corto plazo
Clareos y talas	<ul style="list-style-type: none"> -Respetar la aptitud natural de la tierra. -Las chapias deben realizarse respetando las zonas cubiertas por vegetación natural que son susceptibles a erosión. -No se deben realizar talas comerciales en la propiedad, a menos que se realicen cultivos forestales específicos para este fin. -Las talas deben estar orientadas únicamente al uso interno y conciente dentro de la propiedad, sin alterar en mayor grado en entorno natural y reemplazando en forma inmediata las especies afectadas. 	Preventiva	-Corto plazo
		Preventiva	-Corto plazo
		Preventiva	-Corto plazo

<p>Ganadería y pastoreo</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Respetar la aptitud natural de la tierra. -Mantener un pastoreo racional, respetando la carga animal recomendada para la zona. -Emplear cerca eléctrica en toda la propiedad para evitar el sobrepastoreo y mejorar el aprovechamiento del forraje. -Manejar al ganado bajo un sistema semi estabulado que permita un mejor manejo del hato y un menor impacto negativo con el medio ambiente. -Producir forrajes de corte para alimentación de ganado estabulado o semi estabulado. 	<p>Preventiva</p> <p>Correctiva</p> <p>Correctiva</p> <p>Correctiva</p>	<p>-Corto plazo</p> <p>-Corto plazo</p> <p>-Largo plazo</p> <p>-Mediano plazo</p>
<p>Agricultura</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Respetar la aptitud de las tierras. -Construcción de terrazas para evitar la erosión en las áreas destinadas a esta actividad. -Construir zanjas que permitan drenar el exceso de agua y mejorar la producción agrícola de la hacienda. 	<p>Correctiva</p> <p>Correctiva</p> <p>Preventiva</p>	<p>-Mediano plazo</p> <p>-Mediano plazo</p> <p>-Corto plazo.</p>
<p>Reforestación y Forestación</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Respetar la aptitud natural de la tierra. -Reforestar las zonas susceptibles a la erosión que actualmente se encuentran cubiertas por otro tipo de vegetación. -Manejo técnico del bosque. 	<p>Correctiva</p> <p>Correctiva Preventiva</p>	<p>-Corto plazo</p> <p>-Corto plazo</p> <p>-Corto plazo.</p>

Corto plazo: 1 a 2 años

Mediano plazo: 3 a 5 años

Largo plazo: >7 años

5.11 MAPAS TEMÁTICOS DE LA HACIENDA BERNABÉ

Los mapas temáticos muestran de manera técnica y dinámica los resultados obtenidos en la presente investigación, convirtiéndose en una herramienta eficaz de planificación de recursos de la Hacienda Bernabé.

La cartografía elaborada incluye su leyenda respectiva y se encuentran detallada a continuación:

5.11.1 Mapa Topográfico de la Hacienda Bernabé

La información del Mapa Topográfico se encuentra a escala 1:2000. Se utilizó el Geoide de Referencia PSAD 56.

Contiene curvas de nivel a un intervalo de distancia de 1 m entre ellas, altura de cotas cada 5 metros, vías de acceso a la Hacienda Bernabé, localización de ríos, viviendas, reservorios, establos y tendido eléctrico. (Ver Anexo J)

5.11.2 Mapa de Pendientes de la Hacienda Bernabé

El Mapa de Pendientes de la Hacienda Bernabé fue elaborado automáticamente utilizando el Software ArcGis 9.3 y redefinido manualmente en el mismo Software para lograr mayor nitidez y exactitud de información.

En este mapa se detallan los tipos de pendiente presentes en la hacienda y su ubicación. En su leyenda se detallan las clases de pendiente, el rango dentro de las cuales se ubican y su superficie. (Ver Anexo J)

5.11.3 Mapa de Observaciones de campo de la Hacienda Bernabé

En este mapa se representa geográficamente los diferentes tipo de observaciones que se realizaron en la Hacienda Bernabé con el objeto de realizar el estudio de suelos: barrenaciones, calicatas y barrenaciones detalladas.

En su leyenda se muestra la simbología empleada en el mapa y los signos convencionales que permitirán una fácil ubicación de las observaciones. (Ver Anexo J).

5.11.4 Mapa Fisiográfico del Suelo de la Hacienda Bernabé

El Mapa Fisiográfico fue realizado sobre el mapa topográfico base y tomando en cuenta las curvas de nivel.

En la leyenda se detalla la constitución fisiográfica de la Hacienda Bernabé, Paisaje, Gran Paisaje, Sub Paisaje, Elementos del Paisaje, con sus respectivos símbolos y descripción; así como la superficie de cada uno de ellos expresado en hectáreas y en porcentaje. (Ver Anexo J.)

5.11.5 Mapa de tipos de suelos de la Hacienda Bernabé

El Mapa de Suelos se realizó en base a las unidades fisiográficas descritas previamente, los mismos que fueron estudiados a nivel de Series y caracterizadas posteriormente como Consociaciones, y por último definidas y clasificadas taxonómicamente.

En la leyenda se expone la simbología, clasificación respectiva y la superficie de cada tipo de suelo expresada en hectáreas y porcentaje. (Ver Anexo J.)

5.11.6 Mapa de Fertilidad de Suelos de la Hacienda Bernabé

El Mapa de Fertilidad muestra los niveles de elementos (Nitrógeno, Fósforo y, Potasio) y microelementos (Calcio, Magnesio, Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc) presentes en la hacienda Bernabé; los mismos que se obtuvieron de las muestras enviadas al laboratorio de AGROCALIDAD.

Los datos de fertilidad disponibles se agruparon en 5 grupos, según las serie de suelos definidas anteriormente. Se establecieron los niveles Bajo, Medio y Alto para cada uno de los nutrientes y micronutrientes y fueron expuestos en una tabla. (Ver Anexo J.)

5.11.7 Mapa de Uso Actual del Suelo de la Hacienda Bernabé

En el Mapa de Uso Actual se muestra la ocupación del suelo en la Hacienda Bernabé, y las actividades agropecuarias que en ella se realizan a la presente.

Los diferentes usos fueron clasificados en 7 categorías: cultivos, pasto braquiaria, pasto micay, pasto miel, pasto saboya, vegetación natural y áreas recreacionales.

En la leyenda explicativa se expone la simbología correspondiente y la superficie de cada uso expresada en hectáreas y porcentaje, donde los pastos corresponden al 43.96% del área total, los cultivos el 0.72%, la vegetación natural el 51.22% y las áreas recreacionales el 2.94% (Ver Anexo J.)

5.11.8 Mapa de Erosión del Suelo de la Hacienda Bernabé

El Mapa de Erosión fue realizado en base al grado de pérdida de suelo al que es susceptible la Hacienda Bernabé por acción del agua y la topografía.

En la leyenda explicativa se presentan los resultados, donde el 31.18% de las tierras sufren de erosión leve, el 51.89% de erosión moderada y el 16.93% de erosión severa. (Ver Anexo J.)

5.11.9 Mapa Agrológico de la Hacienda Bernabé

El Mapa Agrológico muestra las clases y subclases de las tierras de la Hacienda Bernabé, clasificadas de la siguiente manera: 3/C2, S; 4/T2, S; 6/T2, S; 7/T2, S; 8/T2, S, E.

En la leyenda se presenta la simbología respectiva y una explicación sobre los factores limitantes que permiten clasificar a las tierras según su capacidad de uso. (Ver Anexo J.)

5.11.10 Mapa de Manejo y Conservación de la Hacienda Bernabé

En este mapa y en su leyenda respectiva se presentan las prácticas de Manejo y Conservación de suelos recomendadas para la Hacienda Bernabé, que de ser empleadas correctamente preservarán las tierras y evitarán la erosión de las mismas. (Ver Anexo J.)

5.11.11 Mapa de Conflictos de Uso de la Tierra de la Hacienda Bernabé

El Mapa de Conflictos de Uso fue realizado correlacionando el mapa de uso actual de la propiedad con el mapa agrológico de la misma. Se definieron las zonas intersectadas, permitiendo de esta manera establecer las áreas que son sub utilizadas (45.82%), sobre utilizadas (1,55%) y utilizadas correctamente (50.60%). (Ver Anexo J.)

5.11.12 Mapa de Impacto Ambiental de la Hacienda Bernabé

Con la información obtenida previa realización de la Matriz de Leopold, se realizó el Mapa de Impacto Ambiental, en el que se exponen los grados de impacto (Bajo, Medio y Alto) que influyen en la Hacienda Bernabé.

En la leyenda explicativa se muestra la simbología correspondiente, así como los elementos ambientales y las acciones referentes a los mismos que afectan el equilibrio del ecosistema de la hacienda. (Ver J.)

6. CONCLUSIONES

- Geológicamente, la Hacienda Bernabé está formada por conglomerados y arcillas del Periodo Cuaternario, y por materiales provenientes del volcán Pichincha que fueron arrastrados en forma fluvial, lahárica y eólica. Erupciones posteriores contribuyeron con tobas, piroclastos, arcilla y arena volcánica que formaron el suelo existente en la propiedad.
- La Hacienda Bernabé en su geomorfología, presenta áreas conjuntas de alta llanura subtropical, donde se asocian superficies disectadas y entalladuras fluviales, que muestran al paisaje irregular y con vertientes pronunciadas en cuyo fondo generalmente se encuentran ríos o riachuelos.
- La Hacienda Bernabé se encuentra formada por la Consociación San José distribuida en las Colinas alargadas bajas (6.32 ha; 9.06%), la Consociación Sta. Susana, distribuida en las Vertientes de ladera baja (26.94 ha; 38.65%), la Consociación Melo, distribuida en las Vertientes de ladera media (9.16 ha; 13.14%), la Consociación Sta. María en las Vertientes de ladera fuerte (16.03 ha; 23.00%), la Consociación Albero, distribuida entre las Planicies colinares erosionales y las Planicies depresionales erosionales (9.82 ha ; 14.09%) y las Áreas misceláneas muy irregulares sin uso que están conformadas por las Quebradas aluviales estrechas (1.42 ha; 2.03%).

- En cuanto al Uso Actual de las Tierras, 31.44 ha (45.11%) en la Hacienda Bernabé se encuentran cultivadas con diferentes tipos de pastos para el pastoreo de ganado; 0.50 ha (0.72%) son utilizadas con fines agrícolas; 35,70 ha (51.22%) están cubiertas por vegetación natural; y 2.05 ha (2.94%) son utilizadas como áreas de esparcimiento y recreación.
- Los suelos de la Hacienda Bernabé son poco profundos, pues en la mayoría de los casos no sobrepasan los 0.55 m. En ciertos casos los suelos son moderadamente profundos sin llegar a 1 metro de profundidad efectiva.
- Los suelos de la Hacienda Bernabé son ricos en materia orgánica, debido a la alta concentración de residuos vegetales y animales en descomposición presentes en el mismo, ocasionando altas concentraciones de carbón orgánico que acidifican los suelos.
- Los suelos de la Hacienda Bernabé poseen un alto contenido de Nitrógeno, bajo contenido de Fósforo y un contenido bajo y medio de Potasio dependiendo de la zona. Poseen alta retención de humedad y alta disponibilidad de nutrientes en las capas superficiales que disminuye a medida que se profundiza en el suelo.
- Según su Capacidad Agrológica, los suelos se clasificaron de la siguiente manera: Clase 3 (9.82 ha, 14.09%), apta para cultivos de forma permanente, que comprende la Serie Albero. Clase 4 (6.32 ha; 9.06%), apta para cultivos de manera ocasional y comprende completamente a la serie San José. Clase 6,

(26.94 ha; 38.65%), apta para pastos y bosques de explotación y que comprende la Serie Sta. Susana. Clase 7 (9.16 ha; 13.14%), apta para pastos y bosques de explotación con mayores limitaciones, que comprende la serie Melo. Clase 8 (16.03 ha; 23%), no aptas para ningún tipo de explotación agropecuaria, pero dedicadas a la conservación, vida silvestre y recreación, que se encuentra comprendida en la Serie Sta. María.

- La Topografía constituye el principal factor limitante en las tierras de la Hacienda Bernabé, pues es muy irregular y hace susceptible al suelo a erosión hídrica y por arrastre de partículas. La profundidad de los suelos también es un factor importante pues, al ser superficiales no permiten un desarrollo radicular adecuado a profundidades mayores. El clima además constituye una limitación, pues el exceso de precipitaciones ocasiona encharcamientos donde no existe un drenaje natural o artificial adecuado.
- Las prácticas de manejo y conservación recomendadas para las tierras de la Hacienda Bernabé son de tipo cultural, agronómico y mecánico y han sido detalladas en el plan de manejo y conservación propuesto en el presente estudio.
- Las acciones que causan mayor impacto ambiental en la Hacienda Bernabé son la alteración de la cubierta del suelo y los clareos y talas, pues modifican al suelo y lo hacen susceptible a erosión. Al mismo tiempo, afectan negativamente sobre la flora y fauna silvestre y sobre la composición del paisaje, lo que ocasiona un desequilibrio en el ecosistema y afecta de manera

visual el entorno. Las acciones que influyen positivamente en la Hacienda Bernabé son la alteración del drenaje, pues elimina el exceso de agua y la reforestación que contribuirá a la conservación de las tierras y a la calidad de vida de los habitantes de la hacienda; así como la reforestación.

- Según el uso potencial de las tierras y la correlación con su uso actual, se determinó que en su mayoría las tierras de la Hacienda Bernabé son correctamente utilizadas (35.26 ha; 50.60%), seguidas muy de cerca por las tierras subutilizadas (31.93 ha; 45.82%) y que son mínimamente sobre explotadas (1.08 ha; 1,55%); lo que demuestra que la hacienda tiene un buen potencial y que el uso que actualmente se le está dando puede mejorar si se respeta la aptitud natural de las tierras y se realizan las prácticas de manejo y conservación que han sido propuestas.

- La planificación técnica y sustentable de las tierras constituye un requisito obligatorio antes de realizar cualquier actividad agropecuaria, pues el conocer la disponibilidad de recursos naturales, las tierras pueden ser explotadas acorde a su aptitud natural y de esta manera mantener un equilibrio y asegurar una producción constante y perdurable en el tiempo que beneficie tanto a los productores como al ecosistema en general.

7. RECOMENDACIONES

- Respetar la aptitud natural de las tierras es decir su uso potencial, pues el uso incorrecto de las mismas provoca erosión y pérdida de los recursos naturales, lo que se ve reflejado en improductividad y declive en la calidad de vida de las personas.
- Ejecutar las prácticas de manejo y conservación planteadas en el presente estudio, pues están encaminadas a aumentar la productividad de las tierras, a su preservación durante el tiempo y a su explotación racional.
- Mejorar el drenaje, especialmente en las zonas susceptibles a encharcamientos, pues el exceso de agua constituye un factor limitante para el correcto desarrollo de cultivos, pastos y especies forestales.
- No alterar la cubierta natural del suelo, pues al quedar descubierto es susceptible a erosión y pérdida de los recursos naturales.
- No talar árboles ni otras especies vegetales naturales en las zonas destinadas a la conservación, vida silvestre y recreación, pues éstas son el soporte de la tierra y el hábitat de especies nativas. Las explotaciones forestales deben estar situadas en lugares específicos y las talas deben ser técnicas y controladas.
- Realizar clareos y chapias prudentes, dirigidas únicamente a las zonas destinadas a cultivos, pastos o explotación forestal.

- Crear senderos ecológicos y áreas de recreación en las zonas destinadas para este fin, con la finalidad de explotar el turismo ecológico y otorgar un potencial ingreso económico para la hacienda
- Sembrar árboles frutales que no demanden muchos cuidados y cuyas cosechas puedan estar programadas y sincronizadas, para de esta manera optimizar el acceso a las zonas aptas para agricultura permanente que se encuentran en lugares de difícil acceso en la Hacienda Bernabé.
- Manejar sistemas silvopastoriles en las áreas que son aptas para producción de forraje y bosques de explotación para aprovechar al máximo la aptitud de este tipo de tierras y aumentar la productividad de las mismas.
- Manejar el ganado bajo un sistema semi estabulado, pues se demostró que ésta actividad influye positivamente en el medio ambiente de la hacienda y aumenta la productividad de las tierras.
- Promover la realización de estudios similares antes de iniciar cualquier actividad agropecuaria, ya sea en haciendas, fincas, cooperativas, etc. pues el conocer la disponibilidad de los recursos que se posee es la base técnica para obtener la mayor productividad y asegurar la conservación de los recursos durante el tiempo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad (AGROCALIDAD). 2010. (). Laboratorio de Suelos y de Aguas. Informe de Análisis de Suelos.
- Ávila G. s/f. Barreras Rompevientos. Centro Internacional de Agricultura Tropical. (en línea). Consultado el 25 de octubre de 2010. Disponible en: www.fao.org/teca/sites/.../BARRERAS%20ROMPEVIENTOS.pdf
- Bennet H. 1965. Elementos de Conservación de Suelos. Primera Edición. Ed. McGraw-Hill. México DF-México. 81-249p.
- Besoain E. 1985. Minerología de arcillas de suelos. San José- Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 900p.
- Canter L. 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Primera Edición. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España. Madrid-España. 1-41p.
- Castro B. 2008. Estudio de Impacto Ambiental del relleno sanitario. Ilustre Municipalidad de San Miguel de los Bancos. San Miguel de los Bancos- Ecuador. (en línea). Consultado el 25 de octubre de 2010. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/userfiles/222/file/CUMPLIMIENTO%20NORMATIVA/RELLENO%20SANITARIO%20SAN%20MIGUEL%20DE%20LOS%20BANCOS.pdf>
- Centro de estudios, análisis y comunicación del Uruguay (CEADU). s/f. Abonos Verdes. Uruguay. (en línea). Consultado el 25 de octubre de 2010. Disponible en <http://www.ceadu.org.uy/abonosverdes.htm>

- Davis R, Kelly J. 1984. Topografía Elemental. Cia. Editorial Continental S.A. C.V. México 1-29p.
- De León L. 2006. Edafología. Facultad de Ciencias de la Universidad de la República de Uruguay. (en línea). Consultado el 25 de octubre de 2010. Disponible en: <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/EROSION.pdf>
- Del Posso G. 1996. Guías y claves para la descripción de perfiles de suelos con fines agropecuarios y forestales. MAG/PRONAREG Quito-Ecuador. 125p.
- _____ 2006. La Clasificación Agrológica de la Tierra con fines agropecuarios. Curso de Manejo y Conservación de Suelos. Quito-Ecuador. 160p.
- _____ 2007. El estudio técnico-práctico del Suelos. SESC Quito. Ecuador 160p.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). 2006. Claves para la Taxonomía de Suelos. Décima Edición. (en línea). Consultado el 25 de octubre de 2010. Disponible en: ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil_Taxonomy/keys/Spanish_Keys.pdf
- Derruau M. 1978. Geomorfología. Segunda Edición. Ed. Arriel. Barcelona-España. 17-35p.
- Dorronsoro C. s/f. Información acerca del suelo. Universidad de Granada Granada-España. (en línea). Consultado el 20 de octubre de 2010. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/index.htm>.
- Ecuador Forestal. 2001. Fichas técnicas para la repoblación forestal. (en línea). Consultado el 8 de marzo de 2011. Disponible en <http://www.ecuadorforestal.org>

- García 2001. Introducción a Aplicaciones SIG. Taller SIG. (en línea). Consultado el 25 de octubre de 2010. Disponible en: www.geomapconsult.com/.../geomap_realizados.htm
- García A. 2005. Programa de Edafología. Primer Curso de Ciencias Ambientales. Universidad de Extremadura. Extremadura-España. (en línea). Consultado el 20 de octubre de 2010. Disponible en: <http://www.unex.es/edafo/>
- Griem W y Griem S. 1999. Apuntes Geología General. Copiapó - Chile Universidad de Atacama. (en línea). Consultado el 20 de octubre de 2010. Disponible en: <http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap00.htm#Qu%C3%A9%20es%20geolog%C3%ADa>
- Guevara S. s/f. Topografía. (en línea) Consultado el 20 de nov. 2009. Disponible en: <http://monografías.com>
- Guillaume F. et al. 2008. Geo Ecuador 2008: Informe sobre el estado del medio ambiente. (en línea). Consultado el 23 de nov. 2009. Disponible en: <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Ecuador%20pdf/06.%20Capitulo%204.%20Estado%20del%20suelo.pdf>
- Gutierrez M. 2008. Geomorfología. Pearson Education S.A. Madrid-España. 2p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2009. (en línea). Consultado el 27 de nov. 2009. Disponible en: http://www.igac.gov.co:8080/igac_web/contenidos/glosario.jsp?letra=L
- Instituto Geográfico Militar (IGM) 2007. Mapa Geológico del Ecuador. (en línea). Consultado el 02 de noviembre de 2010. Disponible en:

http://www.planamanecer.com/alumno/Bachillerato%20|%20Actividades/actividades/subtask/ver_actividad/actividadid/154/

- _____ . 1986. Mapa de Suelos. (en línea). Sociedad ecuatoriana de la Ciencia del Suelos. Consultado el 02 de noviembre de 2010. Disponible en: <http://library.wur.nl/isric/index2.html?url=http://library.wur.nl/WebQuery/isric/17544>
- _____ 2007. Mapa Geomorfológico. (en línea). Consultado el 02 de noviembre de 2010. Disponible en: <http://mapas.accionecologica.org/Otros/geomorfologia-del-ecuador.html>
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) 2008. Guía Técnica de Cultivos. Manual No. 73. Artes Gráficas SILVA. Ecuador.
- León R. 2003. Pastos y Forrajes, Producción y Manejo. Primera Edición. Agustín Álvarez. Ecuador. 251 p.
- López C, et al. 1992. Características de los Suelos de origen volcánico en la Cordillera Andino-Patagónica, Latitud 43°30´S.. Argentina-Chile. (en línea). Consultado el 20 de octubre de 2010. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/bariloche/info/indices/natural/suelos/ct%2018%20suelos.pdf>
- López R., Cárdenas D. 2002. Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonía colombiana. Publicación del Ministerio del Medio Ambiente de Colombia y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá DC. Colombia. 35-41p.(en línea). Consultado el 8 de marzo de 2011. Disponible en: <http://www.sinchi.org.co/herbariov/documento/ManualMaderas.pdf>

- MAG/PRONAREG-ORSTOM. 1981. Álbum de Suelos de la Sierra Ecuatoriana Escala 1:50000.
- Martínez A. 1994. Contribuciones para el conocimiento geológico de la región volcánica del Ecuador. Pioneros y Precursores del Andinismo Ecuatoriano. Tomo 3. Colección Tierra Incógnita No. 13. Ediciones Abya-Yala. Cayambe-Ecuador. 332p.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGAP). 2009. Uso de suelos, Zonas de Vida, Temperatura de Ecuador, Zonas de aptitud agrícola y áreas de conflicto por actividades productivas, Mapas digitales.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1997. Boletín de Suelos de la FAO 73. Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de suelos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, FAO. Roma-Italia. (en línea). Consultado el 25 de octubre de 2010. Disponible en: www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/.../aezs.pdf
- Palomeque E. 2009. Sistemas Agroforestales. Huehuetán, Chiapas, México. (en línea). Consultado el 25 de octubre de 2010. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/sistemas-agroforestales/sistemas-agroforestales.pdf>
- Sánchez J. 2007. Fertilidad del Suelo y Nutrición mineral de las plantas. (en línea). Consultado el 20 de octubre de 2010. Disponible en: <http://neoagperu.com/pdf/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>
- Sierra R. (1999). Propuestas Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF Y

EcoCiencia. Editorial Universitaria de la Universidad Técnica Particular de Loja. Loja-Ecuador. 60pp.

- Thornbury W. 1960. Principios de Geomorfología. Cuarta Edición. Ed. Kapelusz. Buenos Aires-Argentina. 78-101p.
- Vásquez A. 2000. Manejo de Cuencas Altoandinas, tomo 2, Perú Universidad Nacional Agraria La Molina. 499p.
- Zavaleta A. 1992. Edafología. El Suelo en Relación con la Producción. Primera Edición. Ed. Concytec. Lima Perú. 180-194p.