

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS
AGROLOGICOS EN COLOMBIA**

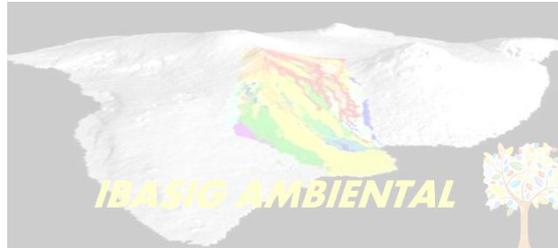
IbaSIG Ambiental S.A

**Diego Jesús Arroyave Quevedo
Diana Mileydi Guzmán Celemín**



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2015**

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS AGROLOGICOS EN COLOMBIA



Diego Jesús Arroyave Quevedo
Diana Mileydi Guzmán Celemín

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar al título de
Especialista en Información Geográfica



UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2015

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestros estudios como especialistas, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le damos gracias a nuestros padres por apoyarnos en todo momento, por los valores que nos han inculcado, y por habernos dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de nuestras vidas. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A nuestros hermanos por ser parte importante de nuestras vidas y representar la unidad familiar. A Lina, Margarita, Raquel y Yeison por llenar nuestras vidas de alegrías y amor cuando más lo hemos necesitado.

Son muchas las personas que han formado parte de nuestras vidas profesionales a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles. Algunas están aquí con nosotros y otras en nuestros recuerdos y en el corazón, sin importar en donde estén queremos darles las gracias por formar parte de nosotros, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

TABLA DE CONTENIDO

1. <u>ÁREA PROBLEMÁTICA</u>	11
1.1. DESCRIPCIÓN.....	11
1.2. DELIMITACIÓN.....	11
1.3. FORMULACIÓN	11
2. <u>OBJETIVOS</u>	12
2.1. OBJETIVO GENERAL	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3. <u>JUSTIFICACIÓN</u>	13
4. <u>METODOLOGÍA</u>	14
4.1. METODOLOGÍA PARA LA DELIMITACIÓN DE LOS SUELOS	14
4.1.1. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA EXISTENTE	14
4.2. FOTOINTERPRETACIÓN.....	15
4.3. LEVANTAMIENTO AGROLÓGICO EN CAMPO	17
4.4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	18
4.5. ELABORACIÓN DEL INFORME TÉCNICO Y MAPAS	18
4.6. DEFINICIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS	20
5. <u>ESTADO DEL ARTE</u>	21
5.1. DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS POR TAMAÑO TEXTURAL	21
5.2. DENSIDAD	24
5.2.1. DENSIDAD REAL	24
5.2.2. DENSIDAD APARENTE	24
5.3. POROSIDAD	25
5.4. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA	27
5.5. INFILTRACIÓN	29
6. <u>VIABILIDAD DE LA PROPUESTA</u>	31
6.1. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS.....	31
6.2. ANÁLISIS CAUSAL	31
6.3. MATRIZ DE VESTER	32
6.4. CLASIFICACIÓN DE PROBLEMAS	33
6.5. DISEÑO ÁRBOL DE PROBLEMAS.....	34
6.6. DISEÑO DEL ÁRBOL DE SOLUCIONES	35
6.7. DISEÑO MATRIZ DE MARCO LÓGICO	36
6.8. DISEÑO ESTRUCTURA DE DIVISIÓN DE TRABAJO (EDT)	39
6.9. GENERACIÓN DE LA TABLA DE DEPENDENCIAS.....	40
6.10. CÁLCULO DE LA RUTA CRÍTICA	42
6.11. GENERACIÓN DE LA TABLA DE RECURSOS DEL PROYECTO	43
6.12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	44
7.1. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	47
7.1.1. LOCALIZACIÓN Y AMBIENTES EDAFOGENÉTICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO	47

7.2. AMBIENTES EDAFOGENÉTICOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	48
7.3. DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS EN LA ZONA DE ESTUDIO	53
7.3.1. CONSOCIACIONES GUACHARACO Y MISCELÁNEO ROCOSO (MRK, MR).....	56
7.3.2. CONSOCIACIÓN BEBEDERO (MQF).....	57
7.3.3. CONSOCIACIÓN MOGOTES (MQL).....	60
7.3.4. CONSOCIACIÓN TUBUGA (MQV).....	63
<u>8. CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS</u>	<u>67</u>
8.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS IRRIGABLES	73
8.2. CLASES DE TIERRAS PARA RIEGO	76
8.3. CLASES DE TIERRAS POR SU APTITUD PARA EL RIEGO.....	77
8.3.1. TIERRAS IRRIGABLES ARABLES CON PRÁCTICAS INTENSIVAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS (AIPIC) 78	
8.3.2. TIERRAS IRRIGABLES, NO ARABLES CON PRÁCTICAS INTENSIVAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS. (NAIPIC)	78
8.3.3. TIERRAS NO APTAS PARA USOS AGROPECUARIOS-CONSERVACIÓN.....	79
<u>9. CONCLUSIONES.....</u>	<u>82</u>
<u>10. BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>83</u>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Leyenda de Geomorfología	17
Tabla 2 Rangos de pendientes según metodología para los estudios de suelo IGAC	19
Tabla 3 Definición de los separados del suelo	22
Tabla 4 Rango de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos.....	23
Tabla 5 Relación de la textura con algunas propiedades del suelo (Sánchez, 1974)	23
Tabla 6 Densidad real	24
Tabla 7 Densidad aparente	25
Tabla 8 Calificación de la porosidad total del suelo (Kaurichev, 1984)	25
Tabla 9 Retención humedad	27
Tabla 10 Límites críticos, conductividad hidráulica (Ksat).....	28
Tabla 11 Clasificación de la velocidad de infiltración (IGAC, 1990)	30
Tabla 12 Matriz de marco lógico	36
Tabla 13 Dependencias	40
Tabla 14 Cálculo de ruta crítica.....	42
Tabla 15 Recursos del proyecto ASORIEGO.....	43
Tabla 16 Presupuesto del proyecto.....	44
Tabla 17 leyenda geomorfológica del área del proyecto ASORIEGO	48
Tabla 18 Zonificación Climática del proyecto ASORIEGO	51
Tabla 19 Leyenda de Unidades Cartográficas Suelos del proyecto ASORIEGO ..	54
Tabla 20 Relación de las clases y las subclases agrológicas con las unidades cartográficas de suelo que las conforman.....	67
Tabla 21 Clases y subclases de tierras en la zona irrigable del proyecto ASORIEGO	69
Tabla 22 Resultados de laboratorio propiedades físicas de suelos proyecto ASORIEGO	73
Tabla 23 Distribución de las clases de tierras en el área del proyecto.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Plancha base de los municipios de Ubaté y Chiquinquirá	15
Figura 2 Etapa de fotointerpretación	16
Figura 3 Modelo conceptual utilizado para obtener pendientes, a partir de la herramienta ModelBuilder	19
Figura 4 Triangulo Textural	22
Figura 5 Infiltrómetro de minidisco modelo S.	28
Figura 6 Clasificación de problemas identificados durante el desarrollo de la propuesta	33
Figura 7 Árbol de problemas	34
Figura 8 Árbol de Soluciones	35
Figura 9 Ubicación geográfica del proyecto ASORIEGO	47
Figura 10 Mapa de interpretación geomorfológica del proyecto ASORIEGO	49
Figura 11 Mapa de pendientes del proyecto ASORIEGO	50
Figura 12 Mapa de Zonificación Climática del proyecto ASORIEGO	51
Figura 13. Detalle geológico de la zona del proyecto ASORIEGO	52
Figura 14 Mapa de áreas erosionas dentro del proyecto ASORIEGO	53
Figura 15 Mapa de las Unidades cartográficas de suelos en el proyecto ASORIEGO	56
Figura 16. Descripción del perfil modal MG03.....	59
Figura 17. Descripción del perfil modal MG04.....	62
Figura 18. Descripción del perfil modal MG01.....	65
Figura 19 Mapa de Capacidad de uso de las tierras regables del proyecto ASORIEGO	72
Figura 20 Clases de aptitud de las tierras para riego, proyecto ASORIEGO	80

GLOSARIO

Capacidad de uso del suelo: Es la clasificación con fines agropecuarios y forestales, que reúne todos los aspectos que determinan el uso más adecuado para cada suelo y las prácticas recomendadas, constituyendo una herramienta básica para los planes de desarrollo agropecuario en el área de interés. Este sistema de clasificación permite la agrupación de las diferentes unidades de suelos, cartografiados en el mapa del levantamiento general de suelos del área de estudio, en conjuntos que tienen las mismas clases y grados de limitaciones y que responden en forma similar a los mismos tratamientos.

Clasificación agrológica: Es un sistema que categoriza cada tipo de suelo de acuerdo a sus características físicas, químicas, mineralógicas y de relieve. La clasificación comprende 8 clases, en las que aumentar el número y tipo de limitaciones, incrementa su valor numérico. Así, los suelos clase 1 no presentaran restricción de uso, mientras que los suelos de clase 8 presentan la mayor limitación de uso.

Endopedón: Horizontes formados dentro del suelo por procesos edafogénicos.

Epipedón: Es un horizonte que se forma en o cerca de la superficie del suelo.

Erosión: Es la degradación y el transporte del suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra se clasifican según su grado de afectación.

Fotografías aéreas: Es un material aerofotográfico que se define como el sensor remoto que desde un avión registra la imagen de la corteza terrestre u otro cuerpo celeste.

Fotointerpretación: Es el proceso por el cual se extrae la información contenida en la fotografía aérea.

Geopedológicos: es el conjunto de factores formadores de suelo de acuerdo a Buol et al (1980) los factores así concebidos, se asocian con las condiciones ambientales externas al suelo como tal y se relacionan con el clima, los organismos y el tiempo; los cuales actúan sobre el factor pasivo (materiales de origen o parentales) ubicado en el espacio y constituyendo las formas del terreno.

Levantamiento de suelos: Es el estudio de sistemático de los suelos en el campo, a través de la descripción de sus características internas y externas y del análisis de laboratorio de muestras tomadas en individuos (pedónes) que representan la población edáfica la cual, a su vez es clasificada y mapeada a una escala determinada, de acuerdo a los objetivos del estudio.

USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

RESUMEN

Pocas practicas ofrecen un potencial mayor para incrementar la productividad de las tierras para el mejoramiento general del medio de cultivo como lo hace la adición de agua al suelo mediante sistemas adecuados de irrigación; solo que estos de acuerdo a los criterios utilizados para la clasificación de la capacidad de las tierras para riego propuesta por el Bureau of Reclamation United States Department (Maletic & Hustchings 1967) se aplican únicamente a las tierras arables con pendientes de un máximo gradiente del 12%. Mientras que la gran mayoría de proyectos de pequeña irrigación que se encuentran en Colombia, se ubican en zonas generalmente localizadas en el paisaje de montaña de la cordillera andina en donde la inclinación de la pendiente alcanza límites de variación entre el 12-25%, 25-50% y >75% lo que obliga a discriminar las tierras de acuerdo a su potencial de uso y arabilidad en:

- 1. Cultivables arables**
- 2. Cultivables no arables**
- 3. No cultivables**

De esta manera el levantamiento agrológico muestra no solo la oferta de los suelos y las tierras sino la susceptibilidad de las mismas al deterioro.

El presente proyecto propone una metodología acorde y que cumple con todos los requerimientos geopedológicos necesarios para la clasificación agrologica de los suelos en Colombia, tomando como punto de partida la fotointerpretación, el análisis cartográfico y la recolección de información en campo.

PALABRAS CLAVE: Levantamiento agrológico, susceptibilidad al deterioro, capacidad de uso, características geopedologicas.

ABSTRACT

Few practices offer greater potential to increase land productivity for the general improvement of the crop medium as the addition of water to the soil through appropriate irrigation systems; only these apply only to arable land with slopes of a maximum gradient of 12 % according to the criteria used for classification of land capability for irrigation given by the United States Bureau of Reclamation Department (Maletic & Hustchings 1967). While the vast majority of small irrigation projects in Colombia are located in areas that generally are placed in the mountain landscape of the Andes where the inclination of the slope reaches limits of variation between 12-25%, 25 -50% and > 75% forcing discriminate land according to its potential use and arability in:

1. Cultivables arables
2. Cultivables non-arable
3. Non cultivables.

Thus the collection of agrological information shows not only the supply of soils and land but susceptibility to deterioration.

This project proposes a methodology consistent and meets all necessary geopedological requirements for agrological classification of soils in Colombia, taking as a starting point the photo interpretation, mapping analysis and data collection in field.

Keywords: Collection of agrological information, susceptibility to deterioration, usability, geopedology features.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

1.1. Descripción

Una de las principales aplicaciones de los levantamientos de suelos consiste en la clasificación de las tierras con fines de mejoramiento en las prácticas agropecuarias, esta se traduce en el avalúo sistemático de ellas y su designación por categorías sobre la base de características similares. El fin específico es el de establecer la extensión y grado de aptitud de la tierra para una agricultura permanente con riego y económicamente estable.

1.2. Delimitación

El presente proyecto propone una metodología acorde y que cumple con todos los requerimientos geopedológicos necesarios para la clasificación agrologica de los suelos en Colombia, tomando como punto de partida la fotointerpretación, el análisis cartográfico y la recolección de información en campo.

1.3. Formulación

Los Suelos en Colombia requieren para el Ordenamiento Territorial, una clasificación de las tierras a partir de su capacidad de uso del suelo que le permita diagnosticar el estado actual del recurso natural suelo y así lograr una zonificación ambiental con el fin de recuperar las tierras que presenten mayor deterioro, proteger aquellos ecosistemas estratégicos y usar adecuadamente las tierras aptas para prácticas agrícolas y pecuarias. De igual manera se debe cuantificar las áreas irrigables, arables con prácticas ligeras y/o moderas de conservación con el objetivo de efectuar planes agropecuarios económicamente viables y permanentes que mejoren la calidad de vida de la población campesina.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Proponer una metodológica que cumpla con todos los parámetros geopedológicos necesarios para el desarrollo de estudios agrologicos en Colombia.

2.2. Objetivos Específicos

- Estudiar la viabilidad de la propuesta metodológica
- Presentar los pasos a seguir para ejecutar una metodología que cumpla con todos los parámetros geopedológicos necesarios para el desarrollo de estudios agrologicos en Colombia
- Brindar una herramienta que permita realizar el control de calidad de los estudios agrologicos que se han llevado a cabo en Colombia
- Validar la propuesta metodológica para el desarrollo de estudios agrologicos en Colombia

3. JUSTIFICACIÓN

El modelo de desarrollo agropecuario en las últimas décadas, ha estado orientado a incrementar la producción agropecuaria dependiendo en alto grado de la adecuación del ambiente para satisfacer los requerimientos de las especies vegetales y animales.

Los levantamientos de suelos tienen como aplicación principal recolectar la información necesaria que permita la clasificación de las tierras a partir de la capacidad de uso, con el fin de mejorar las prácticas agropecuarias, esto consiente en el avalúo sistemático de ellas y su designación por categorías sobre la base de características similares. El fin específico es el de establecer la extensión y grado de aptitud de la tierra para una agricultura permanente con riego. Por aptitud se entiende el conjunto de características de la tierra que determinan los límites dentro de los cuales puede ser aprovechada para una agricultura con riego, económicamente estable y permanente.

El presente proyecto propone una metodología acorde y que cumple con todos los requerimientos geopedológicos necesarios para la clasificación agrologica de los suelos en Colombia, tomando como punto de partida la fotointerpretación, el análisis cartográfico y la recolección de información en campo.

Este proyecto fue formulado por *IbaSIG Ambiental*, la cual es una empresa que desde inicios del año 2014 se dedica a la prestación de servicios y consultoría entorno al procesamiento, captura, almacenamiento y presentación del espacio geográfico, con herramientas conocidas como Geotecnologías espaciales, Sistemas de Información Geográfica, Teledetección, Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), Geomensura y Catastro, cartografía digital, bases de datos espaciales, enmarcados en el ámbito de las tecnologías de la información y de comunicaciones (TIC) y Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), centradas en apoyar los procesos de toma de decisión e innovación tecnológica en la organización. En el área ambiental se prestan servicios como: Inventarios forestales, planes de manejo ambiental, estudios ambientales y paisajísticos, y todo lo referente a actividades apoyadas en Sistemas de Información Geográfica (SIG). En el área de Planeación Urbana se prestan servicios como: asesoría en manejo de GeoDataBase, georeferenciación, manejo de información espacial para planes parciales, Planes de ordenamiento territorial y todo lo referente a actividades apoyadas en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

4. METODOLOGÍA

4.1. Metodología para la Delimitación de los Suelos

El suelo, como componente fundamental del medio físico-biótico, está afectado por procesos de degradación debido al uso inadecuado al que el hombre lo ha sometido; este hecho señala la necesidad de realizar un uso adecuado de este recurso para que la zona se vuelva un territorio oferente de otros servicios ambientales.

El conocimiento del mosaico edáfico centra la atención en la identificación de las limitantes de cada una de las poblaciones de suelos que la integran, mediante la consulta de los estudios agrologicos existentes, que para el caso de las zonas de estudio objeto comprenden el levantamiento agrológico general de suelos y zonificación de tierras de cada departamento de Colombia.

El objetivo más importante de los levantamientos agrológicos, después de conocer los suelos de un área y el patrón de distribución en la dimensión espacial, es la definición de la capacidad de uso y manejo de las tierras de tal manera que el desarrollo agrícola, ganadero y forestal, así como las acciones encaminadas a la conservación, preservación y/o restauración del medio natural, se ejecuten de acuerdo con la aptitud y los requerimientos de protección cuando son vulnerables ante la acción de los factores ambientales y la actividad del hombre.

La metodología utilizada para el análisis del componente suelo en el área de estudio tiene como objetivo complementar la visión del medio edáfico y de su patrón de distribución en la zona de influencia, ejecutando tareas principales tipo cartográfico como lo es el mapa de pendientes el cual se detalla más adelante, la interpretación de imágenes de percepción remota usando fotografías aéreas e imágenes de satélite, y de observación de los suelos en el campo (descripción de perfiles, evaluación in situ de la erosión y la pedregosidad) todo ello en el marco del razonamiento pedológico para obtener, finalmente, un censo completo de las limitaciones discriminadas en el área de estudio con el nivel de detalle que exige la escala 1:25000, porque esta caracterización permite definir, con suficiente certeza, tanto las propiedades físicas de los suelos, como la aptitud de uso y manejo de las tierras involucradas en el análisis agrológico.

El levantamiento agrológico semidetallado con fines de riego a escala 1:25.000, se ajustó a la metodología diseñada por el USDA y adoptada por el Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” (IGAC).

A continuación se detallan las etapas son las que se deben de seguir:

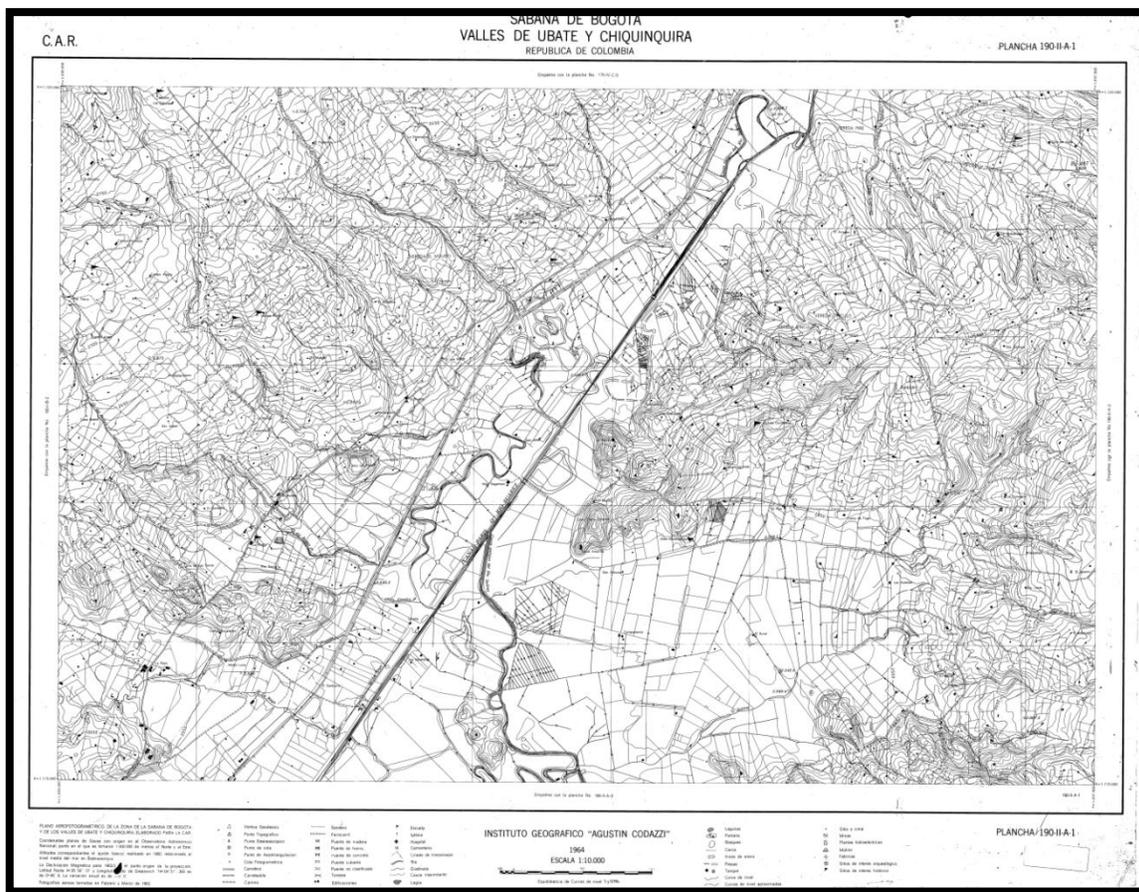
4.1.1. Revisión y evaluación de la información secundaria existente

La etapa consiste en un análisis de la información desarrollada, como levantamientos de suelos y estudios generales de Capacidad de Uso de la Tierra. También se debe de analizar y evaluar la información referente a: clima, geología,

geomorfología y coberturas no actuales de la tierra; información que servirá de soporte para determinar los factores de mayor incidencia en los procesos de formación y evolución de los suelos.

Se debe de identificar las planchas base del Instituto Geográfico Agustín Codazzi que abarquen toda el área de estudio (Figura N°1); una vez halladas dichas planchas se debe proceder a la digitalización de la información que nos brinda cada carta base. Allí se encontrara información como vías de acceso, drenajes, ríos, centros poblados, curvas de nivel, límites veredales, municipales, departamentales y nacionales; entre otra información base la cual es uno de los puntos de partida para la ubicación en campo de los edafólogos.

Figura 1 Plancha base de los municipios de Ubaté y Chiquinquirá



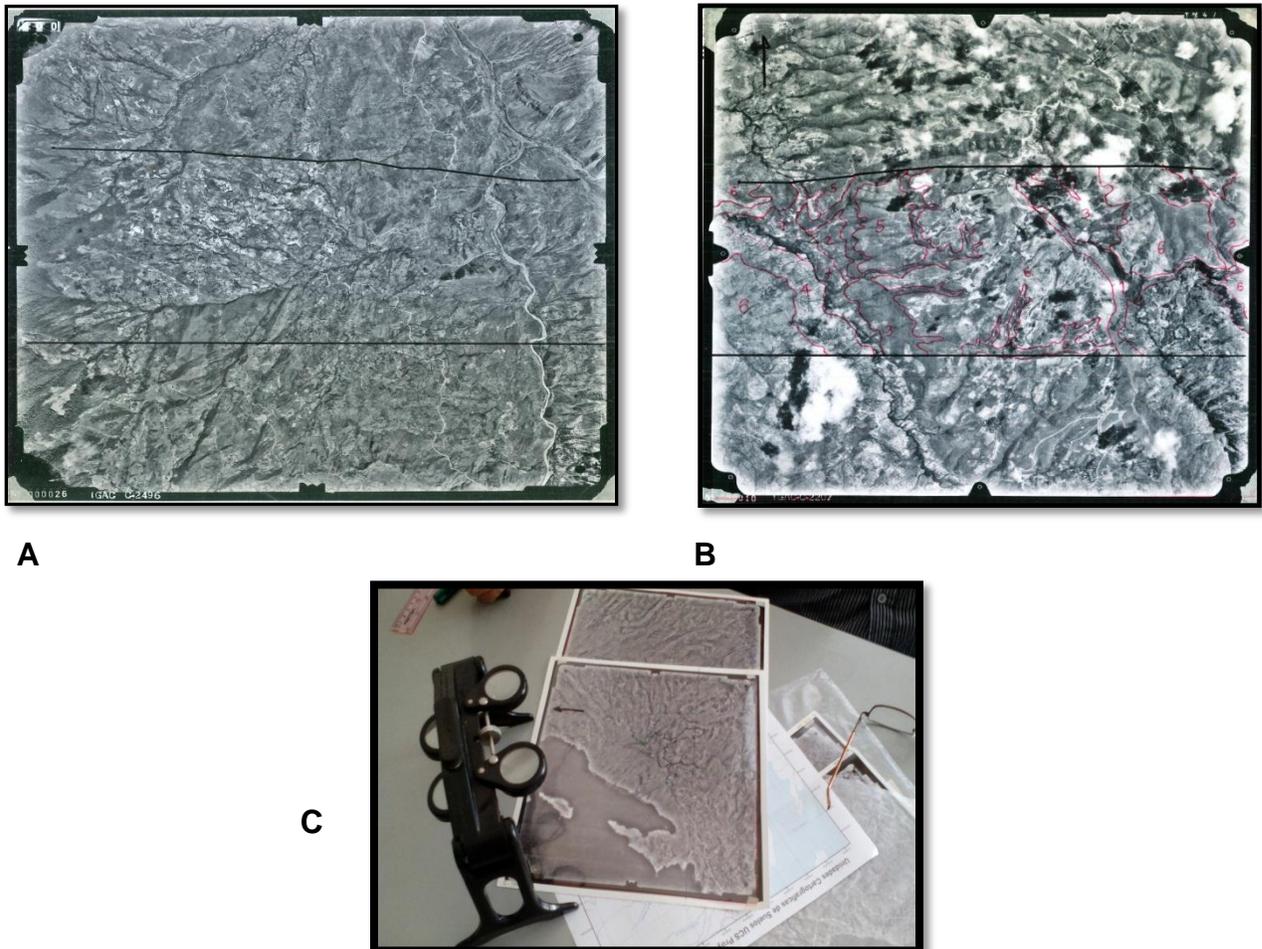
Fuente: IGAC

4.2. Fotointerpretación

Se procede a ejecutarse tareas de tipo cartográfico como la fotointerpretación fisiográfica. Durante esta etapa se debe realizar la identificación de las líneas de vuelo sobre el área objeto de estudio, de igual manera se debe de consultar el número de las fotografías hacer empleadas de manera que forme pares

estereoscópicos. Luego se procede a adquirir las aerofotografías que cubran la zona de estudio con el ente proveedor de este recurso, para el caso de Colombia una de las entidades públicas que proveen esta información es el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), consecutivamente se delimita el área útil de cada fotografía y se procede con ayuda de un par estereoscópico a la fotointerpretación, allí se delimitan cada unidad fisiográfica a partir de su paisaje, tipo de relieve y forma del terreno como se observa en la figura N°2. Esta interpretación es fundamental para poder inferir la relación suelo-paisaje, que va más allá de la interpretación geomorfológica, sino también de la incidencia del clima, geología y las coberturas. El resultado final de esta etapa es la construcción de la leyenda preliminar de geomorfología y con la cual el edafólogo reconocedor se enfrentará al levantamiento de suelos en campo.

Figura 2 Etapa de fotointerpretación



A. Delimitación del área útil de una fotografía aérea. **B.** Delimitación de las unidades fisiográficas dentro del área útil de una fotografía aérea. **C.** Proceso de fotointerpretación utilizando un par estereoscópico.

Fuente: Los autores

A continuación se muestra la plantilla que puede ser usada para la creación de la leyenda de geomorfología y con la cual el edafólogo reconocedor se enfrentara al levantamiento de suelos en campo:

Tabla 1 Leyenda de Geomorfología

Clima	Paisaje	Tipo de Relieve	Forma del Terreno	Perfil	UCS	Fases	Área (Ha)
Área de estudio							

Fuente: Los autores

4.3. Levantamiento agrológico en campo

Con esta leyenda preliminar, se procederá a identificar las áreas piloto o de levantamiento obligatorio, las restantes áreas pertenecen al mapeo libre, el cual obedece a la experticia del reconocedor de suelos aplicada a la localización de sus observaciones. Cabe recalcar que todas las formas de terreno son contempladas en las áreas piloto y chequeadas en campo por medio de observaciones detalladas (cajuelas de 40cm x 40cm x 80cm y barrenaje hasta 1.2m), de comprobación (cajuela de 30cm x 30cm x 30cm y barrenaje hasta 1.2m) y notas de campo.

La observación (detallada o de comprobación) permite determinar el patrón de distribución de los suelos, identificar el contenido pedológico y su ocurrencia para establecer el tipo de unidad cartográfica (consociación, asociación, etc.), junto con la clasificación taxonómica de los suelos hasta nivel de familia (por ejemplo familia textural).

La observación incluye identificación de la distribución morfológica (por ejemplo horizontes A, B y C) y sus características tanto de forma externa como interna; las cuales incluyen las propiedades físicas de color, espesor, estructura, textura, fragmentos de piedra y consistencia en húmedo y mojado (plasticidad y pegajosidad); también las propiedades químicas como pH colorimétrico, carbonatos y ceniza volcánica; adicionalmente se colecta información muy importante como clima ambiental, posición geomorfológica (paisaje, tipo de relieve, forma del terreno), pendiente (inclinación, largo y forma), drenaje (interno, externo y natural), nivel freático, profundidad efectiva (presencia de raíces), erosión, inundación, encharcamiento, pedregosidad superficial, afloramiento rocoso, vegetación natural, uso actual y capacidad de uso tentativa. Finalmente se determina el Epipedón, y el Endopedón, generando en campo una taxonomía preliminar.

Luego de lo anterior se colectan muestras por cada horizonte para ser analizadas posteriormente en el laboratorio, donde los datos arrojados permiten confirmar y

ajustar la clasificación taxonómica dada en campo; los parámetros analizados son 12 y corresponden entre otros a bases totales y saturación, pH, carbón orgánico, fósforo disponible, carbonatos, capacidad de intercambio catiónico (CIC), aluminio intercambiable y textura.

También se realizarán pruebas físicas adicionales, en los perfiles modales, con el fin de soportar el diseño hidráulico del sistema de riego, entre estas se destacan la infiltración y la conductividad hidráulica, la densidad aparente y real, la curva de retención de humedad en cinco puntos (punto de marchitez 1/3, 1, 3, 5 y capacidad de campo 15 bares).

4.4. Interpretación de resultados

Con los resultados obtenidos del levantamiento de campo y el laboratorio, así como utilizando la guía de clave para la clasificación de suelos de la Soil Taxonomy (USDA) se ajustarán las clasificaciones de los suelos encontrados en el área de estudio.

4.5. Elaboración del Informe técnico y mapas

En esta etapa se desarrollan las descripciones de las unidades de suelos encontradas en el área del proyecto y el estudio de la clasificación de las tierras por su capacidad de uso.

En cuanto a la cartografía, se presentan las unidades cartográficas de suelos, divididas en forma de fases cartográficas por pendiente, erosión y pedregosidad superficial. Las unidades de mapeo para el levantamiento semidetallado suelen tener un dominio de ocurrencia del tipo consociación y en menor proporción de asociación, mientras que en sectores muy planos puede presentarse el tipo complejo.

Para realizar el mapa de pendientes con el cual se depuraran las unidades del estudio general de suelos departamental, se utiliza un Sistema de Información Geográfica (SIG); se toma como línea de partida el Modelo de Elevación Digital (DEM), el cual es un conjunto de capas (generalmente de formato raster) que representan distintas características de la superficie terrestre. Luego usando el software ArcGIS se realizó el mapa de pendientes y se reclasificó en siete clases según los rangos establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Tabla N°2) para estudios de suelos:

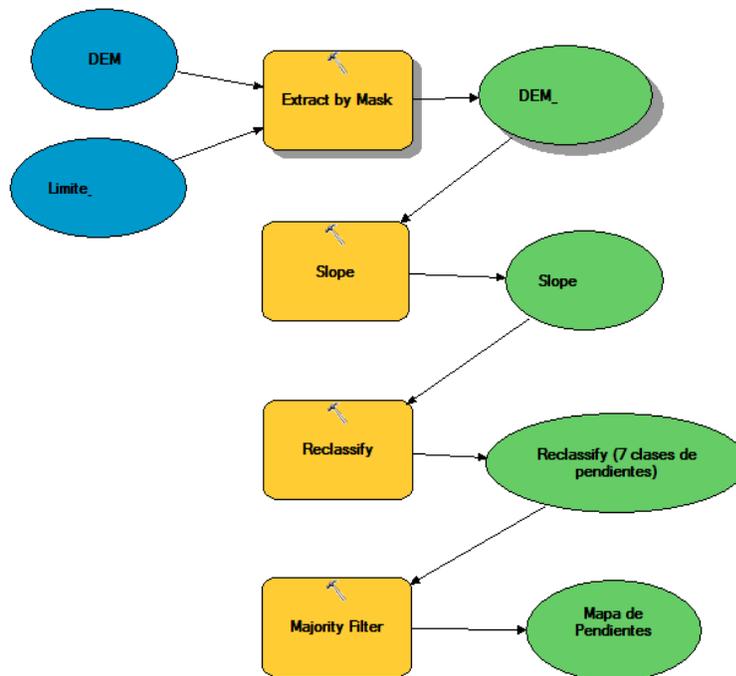
Tabla 2 Rangos de pendientes según metodología para los estudios de suelo IGAC

Pendiente	Leyenda	Simbología
a	Ligeramente plana (1-3%)	
b	Ligeramente inclinada o ligeramente ondulada (3-7%)	
c	Moderadamente inclinada o moderadamente ondulada (7-12%)	
d	Fuertemente inclinada o fuertemente ondulada o moderadamente quebrada (12-25%)	
e	Moderadamente escarpado (25-50%)	
f	Moderadamente empinada (50-75%)	
g	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada (mayor de 75%)	

Fuente: IGAC

Una vez obtenida las pendientes para toda el área del proyecto se aplicaran filtros y relaciones de vecindad (topología), con el fin de obtener la unidad mínima de cartografía para estudios de suelos a escala de trabajo 1:25.000, tal como se muestra en la figura N°3.

Figura 3 Modelo conceptual utilizado para obtener pendientes, a partir de la



Fuente: Los autores

Luego se procede a cruzar y especializar el mapa de pendientes calculado a partir del modelo de elevación digital con el mapa de unidades cartográficas de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, escala 1: 100.000, para el departamento donde se ubique el área de estudio. Utilizando imágenes de percepción remota se realiza un procesamiento digital de imágenes con el fin de identificar aquellas áreas que presenten zonas de degradación y erosión del suelo.

Se continúa a realizar la reclasificación de la fase de pendiente para cada unidad cartográfica; luego en la visita de campo realizada al área de estudio se debe de identificar las principales características geopedológicas para cada unidad, con el fin de hallar todo tipo de restricciones para el suelo, como lo puede ser la presencia de pedregosidad superficial o en el perfil del suelo, encharcamientos, zonas inundables, grado de erosión, entre otras limitaciones que impidan el uso adecuado de la tierra.

Se debe de consultar la clasificación climática para el área de estudio, la cual será de gran importancia al momento de describir los suelos dentro de la zona. Finalmente se procede a realizar la construcción de leyenda de suelos con todas las fases cartográficas identificadas en campo y en oficina con el análisis de laboratorio.

4.6. Definición de la capacidad de uso de las tierras

- Determinación de los factores que fungen como limitaciones para el uso pleno del recurso suelo y se constituyen, por lo tanto, en las características de diferenciación de las unidades agrológicas (clases, subclases y grupos de manejo).

La agrupación de las tierras por su capacidad de uso se llevó a efecto de acuerdo al sistema conocido como el de las 8 clases, el cual en un principio fue tomado del manual que para tal efecto publicó en los años 60 del siglo XX, el departamento de agricultura de los Estados Unidos; esta aproximación metodológica ha sido modificada por el programa de Reconocimiento de Suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi a través de un proceso de observación y análisis de su aplicabilidad a las condiciones particulares del territorio colombiano, hasta lograr una versión cuyos resultados han sido no solo satisfactorios, sino de gran utilidad para conocer la aptitud de las tierras para el uso sostenible y para orientar políticas y programas de conservación y/o recuperación de la naturaleza, en regiones de la geografía nacional caracterizadas por una alta vulnerabilidad de las tierras ante la acción de los factores ambientales y la actividad del hombre.

- La agrupación de las tierras del proyecto de pequeña irrigación y de aquellas que se extienden hasta los límites del área de influencia tal y como los definió la entidad contratante.

5. ESTADO DEL ARTE

Las propiedades físicas son características del suelo, determinantes en la producción. Estas propiedades orientan buena parte de las prácticas de manejo empleadas para el desarrollo de los cultivos, facilitando o retardando el crecimiento de plantas; también intervienen y controlan el movimiento del agua y la aireación en el suelo, facilitando el enraizamiento de las plantas, entre otros.

La implementación de la adecuación de tierras con sistemas de riego, se apoya en las propiedades físicas que intervienen de forma directa en el movimiento del agua y la distribución de la aireación, así como en el transporte de nutrientes y sustancias necesarias para que el desarrollo vegetal pueda llevarse de forma eficiente, lo que finalmente se traduce en alto rendimientos para el cultivo.

Existen diferentes propiedades físicas del suelo, entre las cuales al momento del levantamiento o en la clasificación taxonómica de los suelos son estudiadas como espesor, color, textura, estructura o consistencia; pero existen otras que resultan derivadas de las anteriores o de su interacción con otras propiedades o características, entre ellas se tiene porosidad, compactación, retención de agua, profundidad efectiva, conductividad hidráulica e infiltración. En este documento se analizan las siguientes propiedades físicas

5.1. Distribución de Partículas por Tamaño Textural

La distribución de partículas por tamaño textural abarca tanto la determinación de arenas, limos y arcillas en la fracción menor de 2mm en diámetro, como la de partículas o fragmentos mayores (gravas, cascajos, piedras). Dicha distribución integra el concepto de textura con el de las familias granulométricas de la taxonomía de suelos. Malagón (1984).

Los porcentajes de arena, limo y arcilla se presentan mediante curvas acumulativas o se ubican en el triángulo textural respectivo donde se define la textura. La determinación de partículas por tamaño especialmente en cuanto a tierra fina se refiere, se lleva a cabo mediante la dispersión de las partículas y el fraccionamiento en las clases respectivas. Los métodos más usados son el de hidrómetro de Bouyoucos y el de pipeta (IGAC 1979, Sánchez, 1974, Pla, 1977).

Tabla 3 Definición de los separados del suelo

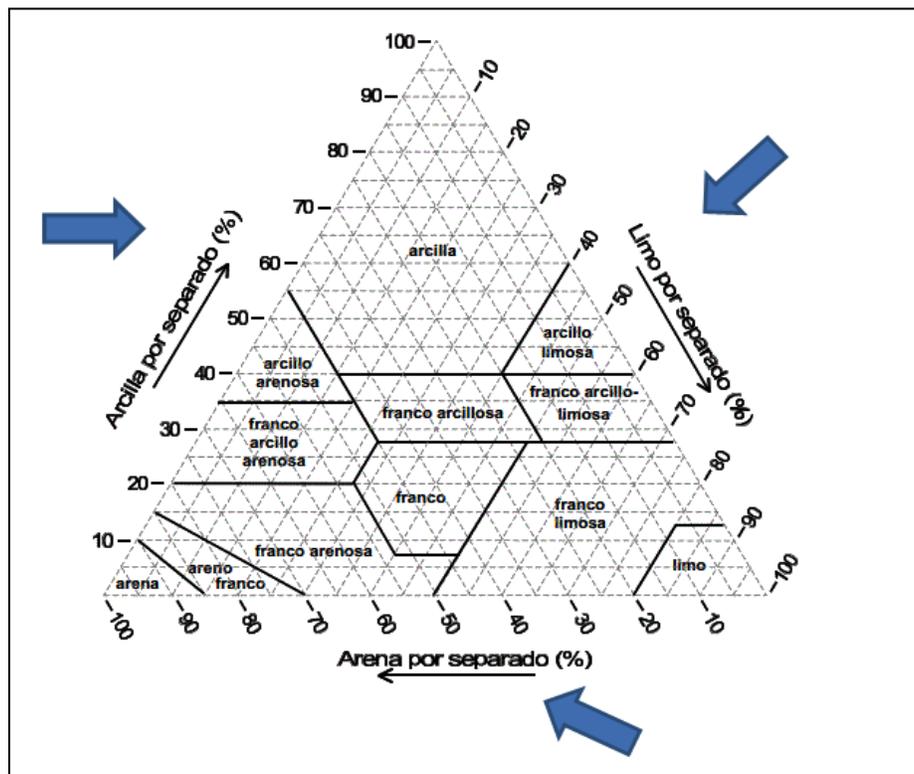
Rango de diámetro de partícula (mm)			
Separado	USDA	ISSS*	DIN y BSI**
Arena	2-0.05	2-0.02	2-0.08
limo	0.05-0.002	0.02-0.002	0.08-0.002
Arcilla	<0.002	<0.002	<0.002

Sociedad Internacional de la ciencia del suelo
DIN: Instituto Alemán de estándares BSI: Instituto británico de estándares

Fuente: Jaramillo (2002). *Introducción la ciencia del suelo.*

Los rangos de variación de las clases texturales están representados en el triángulo. La nomenclatura utilizada para nombrar las clases texturales ha sido establecida por el USDA (SoilSurveyDivision Staff, SSDS, 1993). Para determinar la clase que le corresponde a un horizonte dado, se ubican los porcentajes de arena, limo y arcilla en el respectivo eje del triángulo, se proyecta en él dicho valor, siguiendo la dirección indicada por la flecha, hasta que las tres líneas se intercepten determinando un punto; la clase en la cual queda comprendida dicha intersección es la clase textural del suelo analizado.

Figura 4 Triángulo Textural



Fuente: USDA (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo

Tabla 4 Rango de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos

Clase textural	Rango (%) en el contenido de		
	Arena	Limo	Arcilla
Arenosa	100-85	15-0	10-0
Arenosa Franca	90-70	30-0	15-0
Franco arenosa	85-43	50-0	20-0
Franca	52-23	50-32	27-7
Franco limosa	50-0	87-50	27-0
Limosa	20-0	100-80	12-0
Franco arcillo limosa	80-45	28-0	35-20
Franco arcillosa	45-20	53-15	40-27
Franco arcillo limosa	20-0	73-40	40-27
Arcillo arenosa	67-45	20-0	55-35
Arcillo limosa	20-0	60-40	60-40
Arcillosa	45-0	40-0	100-40

Fuente: Jaramillo (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*.

Algunas interpretaciones de la textura incluyen evaluación general de la aireación (distribución de macro y microporos), movimiento de agua y retención de humedad.

Tabla 5 Relación de la textura con algunas propiedades del suelo (Sánchez, 1974)

Textura	Permeabilidad cm/hr	Límite Líquido	Índice de plasticidad	Capacidad de almacenaje cm/cm de suelo
Arcillosa, arcillo limosa	0.15-0.5	40-45	10-20	0.14-0.16
Franco arcillo limosa	0.5-1.60	40-50	10-20	0.18-0.20
Franco arcillosa	0.5-1.61	30-40	15-20	0.18-0.20
Franca	1.60-5.0	25-35	5-10	0.14-0.18
Franco Limosa	1.60-5.1	30-40	5-10	0.15-0.20
Arcillo arenosa	0.15-0.50	25-40	5-20	0.12-0.16
Franco arcillo arenosa	0.5-1.60	25-35	5-15	0.10-0.16
Franco arenosa muy fina	1.60-5.0	25-30	5-10	0.16-0.18
Franco arenosa	5.0-16.0			0.11-0.13
Areno francosa	16.0-50			0.08-0.10
Arenosa	50			0.06-0.08

Fuente: Cortés & Malagón (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*.

5.2. Densidad

La densidad de un material se define como el peso que tiene dicho material, por unidad de volumen. En el suelo, por ser éste un cuerpo poroso, se presenta dos situaciones diferentes con respecto a la densidad: si se considera la masa de las partículas sólidas respecto de su correspondiente volumen únicamente, se tiene la **densidad real**, pero si, aparte de su volumen, se tiene en cuenta su organización (espacio poroso) entonces se tiene la **densidad aparente**.

5.2.1. Densidad real

La densidad real es el peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo, es decir, sin involucrar en el volumen el espacio ocupado por los poros; se deduce, entonces, su dependencia de la composición mineral del suelo y del contenido de algunos sólidos especiales en él, como la materia orgánica y los óxidos de hierro.

Para su interpretación se establecen tres clases según Cortés y Malagón (1984):

Tabla 6 Densidad real

Clase	Rango (G/Cm ³)
Baja	< 1.40
Mediana	1.40 – 1.75
Alta	> 1.75

Fuente: Cortés & Malagón (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*.

5.2.2. Densidad aparente

Es la densidad del suelo que se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la organización que presenta la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, humedad y su grado de compactación

Teniendo en cuenta la textura, Cortés y Malagón (1984) consideran la siguiente interpretación

Tabla 7 Densidad aparente

Textura	Rango Crítico (G/Cm ³)
Fina	>1.3
Mediana	>1.40
Gruesa	> 1.6

Fuente: Cortés & Malagón (1984). Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples.

5.3. Porosidad

La porosidad total del suelo es el volumen del espacio no ocupado por sólidos; es el volumen que hay disponible en el suelo para los líquidos y gases.

La distribución del espacio poroso depende de la composición y arreglo de la fracción sólida, es decir de la distribución de las partículas, del contenido de materia orgánica y de la estructura, se definen dos tipos de espacios porosos:

- *Microporosidad o Porosidad textural*: Está compuesta por el volumen de los poros más finos que tiene el suelo y que en su mayor cantidad se encuentran en el interior de los peds.
- *Macroporosidad o Porosidad estructural*: Es el volumen de poros grandes del suelo, los cuales se encuentran, en mayor proporción, ubicados entre los peds.

La diferenciación anterior tiene su máxima importancia, cuando se considera la función específica de cada tipo de porosidad, ya que los macro poros son los responsables de la circulación del agua, sobre todo cuando está en exceso, y del aire en el suelo; en tanto que los microporos son los encargados de almacenar agua dentro del mismo.

Teóricamente se acepta como buena una porosidad total promedio de alrededor del 50%, Kaurichev (1984) califica la porosidad total del suelo como se presenta a continuación:

Tabla 8 Calificación de la porosidad total del suelo (Kaurichev, 1984)

Porosidad total	Calificación
>70	Excesiva
55-70	Excelente
50-55	Satisfactoria
40-50	Baja
< 40	Muy baja

Fuente: Jaramillo (2002). Introducción la ciencia del suelo.

Debido a que la porosidad del suelo depende de las características de su fracción sólida, ella se estima con base en la densidad real y aparente, según la relación:

Ecuación 1. Porosidad Total

$$P = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) * 100$$

P = Porosidad Total

D_a = Densidad Aparente

D_r = Densidad Real

Retención De Humedad

Es la fuerza con que el agua es retenida por las partículas y poros del suelo para almacenar agua aprovechable destinada al consumo de las plantas, incluyendo sustancias disueltas como sales y gases. La cantidad de agua en el perfil, depende de su movimiento y del espacio poroso. A su vez y globalmente esta energía fundamentalmente se asocia con la succión matricial (matriz del suelo) y con la succión osmótica (debido a sales).

Se consideran algunas constantes de humedad del suelo:

Capacidad de Campo: Es el contenido de humedad con que queda el suelo, luego de que sus macroporos han drenado completamente; se llega a esta condición de humedad luego de dejar drenar el suelo saturado, entre 48 y 72 horas; el agua en esta condición está retenida a tensiones comprendidas entre 1/3 y 1/10 de bar

Punto de marchitez permanente: Contenido de humedad del suelo al cual la planta se marchita irreversiblemente; el agua del suelo en este punto, está retenida a 15 bares

Agua aprovechable: Es la humedad que presenta el suelo retenida entre el punto de marchitez permanente y la capacidad de campo.

Teniendo en cuenta la condición del suelo, Cortés y Malagón (1984) consideran la siguiente interpretación

Tabla 9 Retención humedad

Condición suelo	Retención humedad bar
Seco	>15
Húmedo	1/3 (ò 1/10) 15
Mojado	< 1/10 – 1/3

Fuente: Jaramillo (2002). Introducción la ciencia del suelo.

La interpretación según Plan (1977) de los parámetros de humedad del suelo:

- El valor de CC tiene importancia para apreciar cuanto pueden durar las reservas de agua del suelo antes de requerir nuevos aportes. Generalizando se podría señalar como excesivamente bajos.

Agricultura de secano: $CC < 15\%$ de humedad
Agricultura bajo riego: $CC < 10\%$ de humedad.

- La diferencia en valores de retención de humedad a 1/10 y 1/3 de bar (ambos > 25%) menor de 5%, generalmente indican excesiva humedad y reducida aireación, aun cuando no haya otras limitaciones de drenaje en el perfil del suelo. Si la diferencia es superior a 10%, los problemas señalados no se presentarán a menos que el drenaje sea limitado.
- Valores inferiores al 10% en la diferencia de PMP y CC se consideran muy bajos

5.4. Conductividad Hidráulica

Esta cualidad es la que define las posibilidades que tiene el agua de moverse dentro del suelo; la propiedad que se mide para evaluar dicha posibilidad se conoce como conductividad hidráulica (K_s).

La conductividad hidráulica del suelo es fuertemente dependiente del contenido de humedad y puede disminuir varios órdenes de magnitud al pasar del estado de saturación a punto de marchitez permanente. La conductividad hidráulica es una propiedad que depende fuertemente de la estructura, textura y composición mineralógica de las arcillas.

Para fines de interpretación de los valores de K_{sat} que se obtengan el SoilSurveyDivision Staff (SSDS, 1993) recomienda el uso de los límites críticos que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 10 Límites críticos, conductividad hidráulica (Ksat)

Clase	Rango de valores de Ksat		
	$\mu m s^{-1}$	$cm h^{-1}$	$m día^{-1}$
Muy alta	> 100	>36	>864
Alta	10-100	3,6-36	86,4-864
Moderadamente alta	1-10.	0,36-3,6	8,64-86,4
Moderadamente baja	0,1-1	0,036-0,36	0,864-8,64
Baja	0,01-0,1	0,0036-0,036	0,0864-0,864
Muy baja	<0,01	<0,0036	<0,0864

Fuente: Jaramillo (2002). Introducción la ciencia del suelo.

Para el Cálculo de la Conductividad Hidráulica y posteriormente la velocidad de infiltración. Se utiliza el método del infiltrómetro de disco poroso propuesto por Zhang (1997). El método mide la infiltración acumulada frente al tiempo, lo que permite calcular la Conductividad Hidráulica del Suelo. En el Infiltrómetro de minidisco Modelo S, el agua se infiltra a una aspiración de 2,0 cm y tienes un radio de 1,59cm.

Figura 5 Infiltrómetro de minidisco modelo S.



Fuente: Minidisk infiltrometer Web manual (2012).

Se llena la cámara superior (cámara de burbujeo) como la inferior (reservorio de agua) con agua. La cámara de burbujeo controla la succión y el reservorio contiene un volumen de agua que se infiltrará en el suelo. Una vez que el Infiltrómetro se coloca sobre el suelo, la matriz del suelo empezará a succionar el agua del reservorio y a infiltrarse en el suelo. A medida que el nivel del agua descende, se registra el volumen de agua a intervalos específicos de tiempo.

Para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Infiltración

$$I = C_1 t + C_2 \sqrt{t}$$

I: Infiltración $\frac{cm}{hr}$

C_1 : Valor relacionado con la conductividad Hidráulica

C_2 : Sortividad

t: Tiempo de la prueba en segundos

La conductividad hidráulica del suelo se calcula:

Ecuación 3. Conductividad hidráulica del suelo

$$K = \frac{C_1}{A}$$

C_1 : La pendiente de la curva de la infiltración acumulada frente a la raíz cuadrada del tiempo

A: Parámetro de van Genuchten relacionado con la textura del suelo, la velocidad de aspiración y el radio del disco infiltrómetro

5.5. Infiltración

El movimiento cíclico del agua en el suelo comienza con su entrada en el perfil a través del proceso de infiltración, continúa con su almacenamiento temporal en la zona de raíces y termina con su remoción del suelo con el drenaje. La infiltración o entrada de agua en el suelo ocurre generalmente en la superficie del suelo y tiene dirección vertical hacia abajo. La cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo, en determinadas condiciones se llama capacidad de infiltración.

El conocimiento de la infiltración, permite definir el sistema de riego más apropiado a utilizar para evitar la escorrentía, determinar el tiempo de riego, escoger y diseñar los sistemas de riego más adecuados, conocer las pérdidas de agua hacia los horizontes profundos, evacuar la lluvia infiltrada y el escurrimiento producido por la misma, y su importancia radica en alcanzar alta eficiencia en la aplicación del riego.

La tasa de infiltración determina el tiempo que el agua debe permanecer sobre la superficie del suelo para permitir el humedecimiento adecuado hasta la humedad deseada; tiene importancia en los primeros 30 cm de profundidad, por debajo de estos no se considera su influencia.

Para evaluar la infiltración con respecto a las clases de tierra para riego se siguieron los criterios establecidos en el Manual de Clasificación de Tierras con Fines de Riego (MCTFR) y el Cuadro de evaluación según Kohnke, como se muestra a continuación:

Tabla 11 Clasificación de la velocidad de infiltración (IGAC, 1990)

Velocidad de infiltración	
Infiltración cm/hora	Interpretación
< 0.1	Muy lenta
0.1 - 0.5	Lenta
0.51 - 2.0	Moderadamente lenta
2.1 -6.3	Moderada
6.4 - 12.7	Moderadamente rápida
12.8 - 25.4	Rápida
> 25.4	Muy rápida

Fuente: IGAC (2010). Instructivo levantamiento de suelos.

Para la determinación de la infiltración se utilizó el infiltrómetro de disco de pequeño tamaño (se denomina infiltrómetro de minidisco). Zhang demostró que valores obtenidos de sortividad y de conductividad hidráulica con infiltrómetro de disco de diferentes diámetros y diferentes tensiones de los infiltrómetros, se ajusta de forma excelente con todos los modelos teóricos.

La teoría se basa en medir como varía la infiltración acumulada (I) con el tiempo (t) y se ajusta a con la siguiente ecuación

Ecuación 4. Infiltración cm/hr

$$I = C_1 t + C_2 \sqrt{t}$$

I: Infiltración $\frac{cm}{hr}$

C_1 : Infiltración básica cm/seg

C_2 : Sortividad (cm/seg^{1/2})

t: Tiempo de la prueba en segundos

Para el cálculo de la infiltración básica se generó una gráfica mediante regresión polinómica de segundo orden donde se relaciona los datos de Tiempo de la prueba para el eje de las ordenadas y la infiltración acumulativa para el eje de la abscisa y el valor de infiltración básica corresponde a la pendiente de la curva generada en la gráfica.

6. VIABILIDAD DE LA PROPUESTA

6.1. Identificación de Problemas

- A. Disponibilidad de información
- B. No existe una metodología oficial
- C. Falta de personas con conocimiento y experiencia en el tema
- D. Necesidad de clasificar las tierras por su capacidad de uso
- E. Expansión de la frontera agropecuaria
- F. La pérdida de cobertura boscosa
- G. Falta de conciencia ambiental
- H. Suelos erosionados
- I. Falta de interés de los entes gubernamentales
- J. Malas prácticas agropecuarias

6.2. Análisis Causal

- A. **Disponibilidad de información:** La falta de información sobre temas que permitan realizar la clasificación de los suelos a partir de las características edafogenéticas, no han permitido que esta variable sea considerada de gran importancia al momento de zonificar las tierras en los planes de ordenamiento territorial hasta el momento desarrollados en Colombia.
- B. **No existe una metodología oficial:** En la actualidad no existe en Colombia una metodología avaluada por alguna entidad oficial, en la cual se especifiquen los criterios técnicos a tener en cuenta al momento de realizar un levantamiento de suelos con fines de efectuar una clasificación a partir de la capacidad de uso del suelo.
- C. **Falta de personas con conocimiento y experiencia en el tema:** En Colombia no hay una carrera profesional que enfoque sus conocimientos en temas agrologicos que permitan tener una visión amplia de los suelos y su capacidad de uso a partir de los ambientes edafogenéticos de cada zona.
- D. **Necesidad de clasificar las tierras por su capacidad de uso:** Surge la necesidad de clasificar las tierras a partir de sus características geopedológicas y ambientes edafogenéticos con el fin de cuantificar las áreas aptas para uso agropecuario y delimitar aquellas zonas frágiles que necesiten protección.
- E. **Expansión de la frontera agropecuaria:** El incremento de las precipitaciones medias anuales, el desarrollo genético de nuevas variedades y los avances observados en la tecnología de siembra y protección de los cultivos, ha producido una expansión de la frontera agropecuaria.

- F. La pérdida de cobertura boscosa:** La expansión de la frontera agropecuaria ha hecho que las coberturas boscosas y las áreas Seminaturales día a día vayan disminuyendo su área.
- G. Falta de conciencia ambiental:** Nadie se personaliza de la realidad, cada día es menor los ecosistemas estratégicos y mayor el área agropecuaria.
- H. Suelos erosionados:** Debido a actividades antrópicas existen áreas donde la erosión es severa, presentando pérdida total del recurso suelo.
- I. Falta de interés de los entes gubernamentales:** Los entes gubernamentales no se han querido personalizar de estos problemas.
- J. Malas prácticas agropecuarias:** La cultura campesina ha hecho que se pierdan y erosionen los suelos empleados en la actualidad para producción agropecuaria.

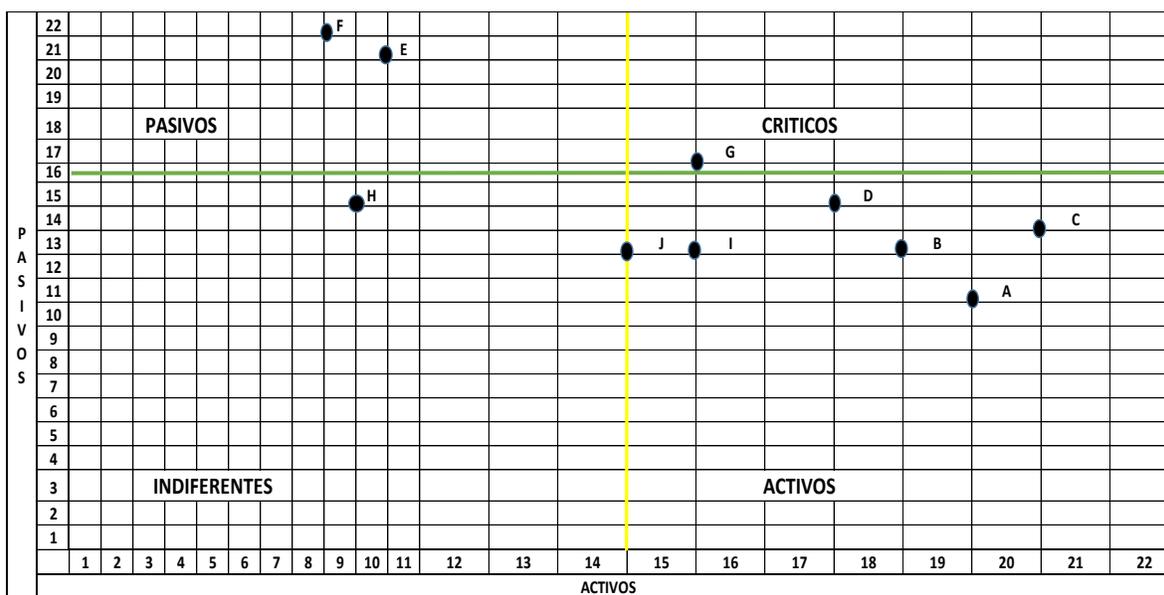
6.3. Matriz de Vester

C	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	TOTAL	
A	■	3	3	3	3	0	2	1	2	2	19	
B	3	■	3	0	3	3	1	3	2	2	20	
C	3	3	■	2	3	2	2	2	1	2	20	
D	1	2	2	■	0	2	3	2	3	2	17	
E	0	1	0	1	■	3	2	2	1	0	10	
F	0	1	0	2	2	■	1	2	0	0	8	
G	1	0	2	3	2	3	■	2	0	2	15	
H	0	0	0	0	2	2	2	■	1	2	9	
I	2	2	2	1	2	3	2	0	■	1	15	
J	0	0	1	2	3	3	1	2	2	■	14	
TOTAL	10	12	13	14	20	21	16	16	12	13		ACTIVOS
PASIVOS												

TOTAL CTIVOS	$((20-8)/2)+8$	14
TOTAL PASIVOS	$((21-10)/2)+10$	15.5

6.4. Clasificación de Problemas

Figura 6 Clasificación de problemas identificados durante el desarrollo de la propuesta



Fuente: Los Autores

Problemas Clasificados como pasivos:

- E. Expansión de la frontera agropecuaria
- F. La pérdida de cobertura boscosa

Problemas Clasificados como críticos:

- G. Falta de conciencia ambiental

Problemas Clasificados como indiferentes:

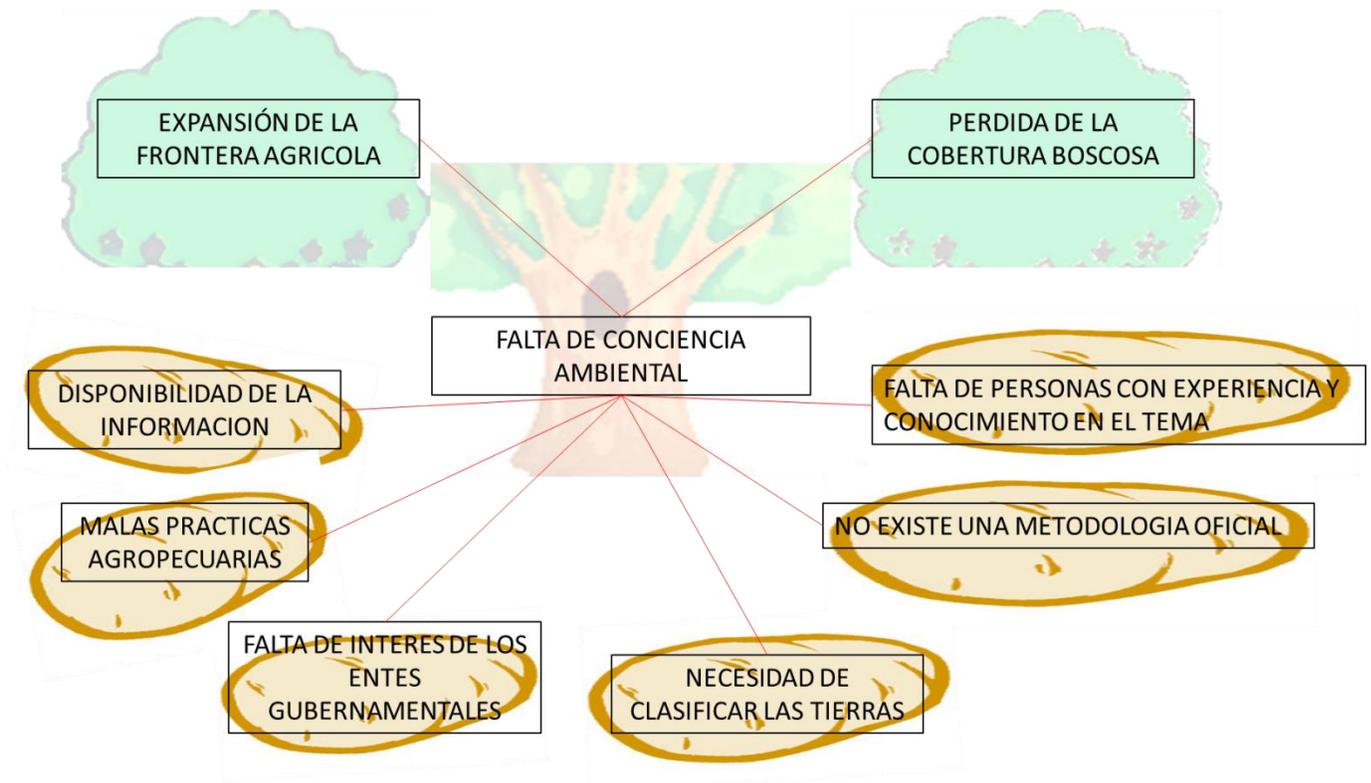
- H. Suelos erosionados
- I. Malas prácticas agropecuarias

Problemas Clasificados como activos:

- A. Disponibilidad de información
- B. No existe una metodología oficial
- C. Falta de personas con conocimiento y experiencia en el tema
- D. Necesidad de clasificar las tierras por su capacidad de uso
- J. Falta de interés de los entes gubernamentales

6.5. Diseño Árbol de Problemas

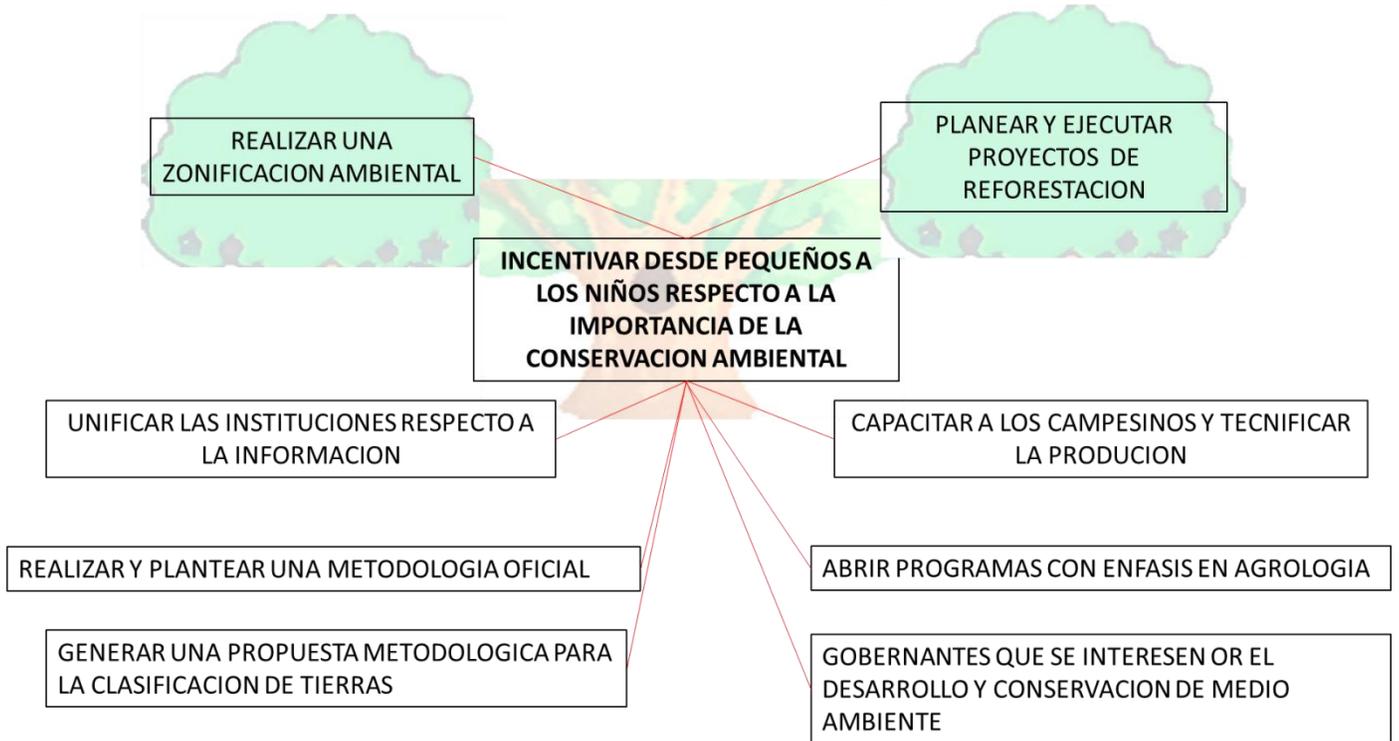
Figura 7 Árbol de problemas



Fuente: Los Autores

6.6. Diseño del Árbol de Soluciones

Figura 8 Árbol de Soluciones



Fuente: Los Autores

6.7. Diseño Matriz de Marco Lógico

Tabla 12 Matriz de marco lógico

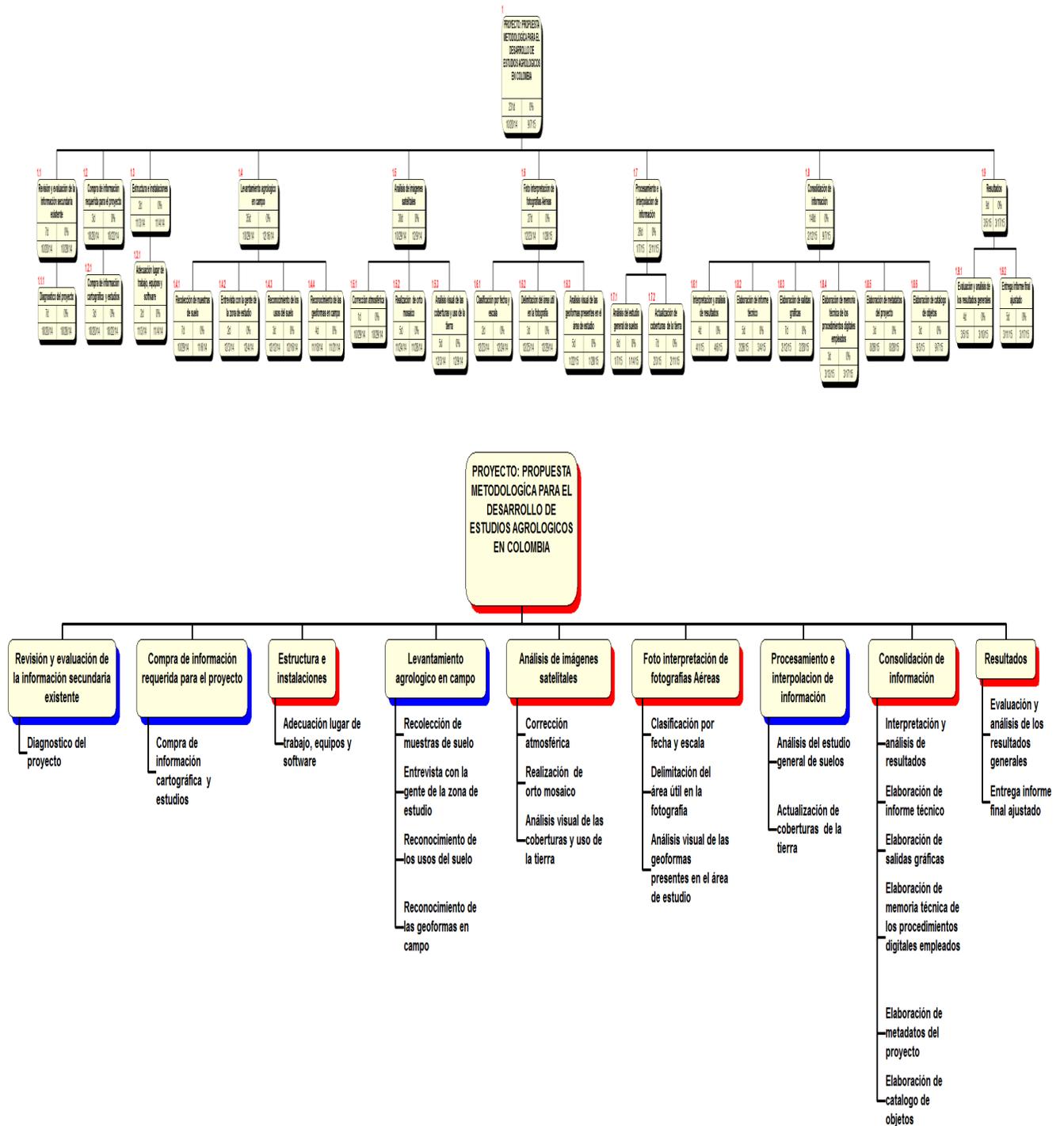
		INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN	Proponer una metodología que contribuya al desarrollo de estudios agrologicos en Colombia, con el fin de realizar una zonificación a partir de las características geopedologicas de la superficie de la tierra.	planteamiento de la propuesta metodológica ante el instituto geográfico Agustín Codazzi	Publicación de la metodología oficial para el estudio de capacidad de uso del suelo en Colombia	Que no exista interés del instituto por publicar una metodología oficial
PROPÓSITO	Diseñar una propuesta metodológica para el estudio de capacidad y uso de las tierras que contribuyan a los planes ordenamiento a nivel nacional	Un documento que contenga los parámetros metodológicos para el desarrollo de estudios de capacidad de uso del suelo en Colombia	Documento aprobado y evaluado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi	
COMPONENTES	1. Ordenar las áreas rúales en Colombia	Identificar el uso y las practicas agrícolas de las áreas rurales	una metodología aprobada y evaluado por el ente responsable	Que no exista interés por parte del gobierno
	2. Definir las áreas de conservación y recuperación de los recursos ambientales	Identificar ecosistemas estratégicos y que se encuentren en estado de susceptibilidad	mapa donde se observe la distribución espacial de los ecosistemas des estratégicos	Que no hayan profesionales capacitados para el estudio e identificación de estas áreas
	3. Definir las áreas aptas para uso agropecuario en Colombia	realizar el estudio de las características físicas y químicas del suelo con el fin	Documento donde se detalle las características	falta de parámetros que ayuden a identificar las

		de identificar las áreas aptas y óptimas para el uso agropecuario	geopedologicas de los suelos	áreas aptas para uso agropecuario
	4. Mejorar las practicas Agropecuarias	Realizar planes de manejo con el fin de tecnificar la producción agropecuaria.	planes de manejo ambiental por parte de los entes gubernamentales	falta de interés por parte de los entes gubernamentales
ACTIVIDADES	1.1. Realizar la revisión bibliográfica acerca de los aspectos generales de la metodología	Un documento donde se muestre los aspectos generales de cada área de estudio, así como una revisión de los antecedentes y hay acerca de otras metodologías implementadas a nivel mundial	Documento aprobado y evaluado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi	Que no exista la información base para la zona de estudio
	1.2. Estructurar y digitalizar la cartografía básica existente en IGAC	Compilación de la cartografía base existente para cada área de estudio donde se detalle información como: drenajes, límites municipales y veredales, centros poblados, vías de acceso, entre otras.	Documento aprobado y evaluado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi	que no exista cartografía básica que cubra el área de estudio
	2.1. Realizar el análisis e interpretación de las coberturas de la tierra, usando la metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia.	Mapa asociado a un documento donde se detalla las coberturas de la tierra usando la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia por el IDEAM en el 2007, en este documento podremos estimar y cuantificar las áreas	Documento aprobado y evaluado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi	Que no hayan la disponibilidad de imágenes de satélite ni fotografías aéreas para la interpretación

		para cada tipo de cobertura así como su estado actual.		
	3.1. Realizar la interpretación de fotografías aéreas con el fin de obtener las líneas base de geomorfológica	un documento donde se detalla la Interpretación de las geoformas a partir de fotointerpretación de fotografías aéreas	Documento aprobado y evaluado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi	Que no existan líneas de vuelo sobre la zona
	3.2. Realizar la transferencia de las líneas de geomorfología de análoga a digital.	Mapa de las líneas de transferencia de las geoformas del terreno a partir de la fotointerpretación	Documento aprobado y evaluado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi	Que no haya personal capacitado para realizar la transferencia de información
	3.3 Elaborar el mapa de pendientes a partir de un modelo digital de elevación.	Mapa donde se detalla la inclinación del terreno a partir de un modelo digital de pendientes	Documento aprobado y evaluado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi	Que no se disponga de un modelo de elevación digital de pendientes
	4.1. Elaborar la cartografía temática de suelos, geomorfología, hidrografía y capacidad de uso del suelo	Compilación de la cartografía temática resultante de los estudios realizados	Documento aprobado y evaluado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi	Que la información recolectada y analizada no sea suficiente para la construcción de la cartografía.

Fuente: Los Autores

6.8. Diseño Estructura de División de Trabajo (EDT)



6.9. Generación de la tabla de Dependencias

Tabla 13 Dependencias

NUMERO	ACTIVIDAD	FECHA	DIAS	PREDECESORAS
1 1	PROYECTO: PROPUESTA METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS AGROLOGICOS EN COLOMBIA	10/20/2014 9/7/2015	23 1	
2 1.1	Revisión y evaluación de la información secundaria existente	10/20/2014 10/28/2014	7	
3 1.1	Diagnóstico del proyecto	10/20/2014 10/28/2014	7	
4 1.2	Compra de información requerida para el proyecto	10/20/2014 10/22/2014	3	
5 1.2	Compra de información cartográfica y estudios	10/20/2014 10/22/2014	3	
6 1.3	Estructura e instalaciones	11/3/2014 11/4/2014	2	
7 1.3	Adecuación lugar de trabajo, equipos y software	11/3/2014 11/4/2014	2	
8 1.4	Levantamiento agrologico en campo	10/29/2014 12/16/2014	35	
9 1.4	Recolección de muestras de suelo	10/29/2014 11/6/2014	7	3,5
10 1.4	Entrevista con la gente de la zona de estudio	12/3/2014 12/4/2014	2	2
11 1.4	Reconocimiento de los usos del suelo	12/12/2014 12/16/2014	3	
12 1.4	Reconocimiento de las geo formas en campo	11/18/2014 11/21/2014	4	5
13 1.5	Análisis de imágenes satelitales	10/29/2014 12/9/2014	30	
14 1.5	Corrección atmosférica	10/29/2014 10/29/2014	1	5
15 1.5	Realización de orto mosaico	11/24/2014 11/28/2014	5	5
16 1.5	Análisis visual de las coberturas y uso de la tierra	12/3/2014 12/9/2014	5	5
17 1.6	Foto interpretación de fotografías Aéreas	12/23/2014 1/28/2015	27	
18 1.6	Clasificación por fecha y escala	12/23/2014 12/24/2014	2	5

1 9	1.6 .2	Delimitación del área útil en la fotografía	12/25/ 2014	12/29/ 2014	3	5
2 0	1.6 .3	Análisis visual de las geo formas presentes en el área de estudio	1/22/2 015	1/28/2 015	5	5,8,12
2 1	1.7	Procesamiento e interpolación de información	1/7/20 15	2/11/2 015	26	
2 2	1.7 .1	Análisis del estudio general de suelos	1/7/20 15	1/14/2 015	6	5,9
2 3	1.7 .2	Actualización de coberturas de la tierra	2/3/20 15	2/11/2 015	7	11,16
2 4	1.8	Consolidación de información	2/12/2 015	9/7/20 15	14 8	
2 5	1.8 .1	Interpretación y análisis de resultados	4/1/20 15	4/6/20 15	4	8
2 6	1.8 .2	Elaboración de informe técnico	2/26/2 015	3/4/20 15	5	21
2 7	1.8 .3	Elaboración de salidas gráficas	2/12/2 015	2/20/2 015	7	20,21,22
2 8	1.8 .4	Elaboración de memoria técnica de los procedimientos digitales empleados	3/13/2 015	3/17/2 015	3	27
2 9	1.8 .5	Elaboración de metadatos del proyecto	8/26/2 015	8/28/2 015	3	27
3 0	1.8 .6	Elaboración de catálogo de objetos	9/3/20 15	9/7/20 15	3	27
3 1	1.9	Resultados	3/5/20 15	3/17/2 015	9	
3 2	1.9 .1	Evaluación y análisis de los resultados generales	3/5/20 15	3/10/2 015	4	26
3 3	1.9 .2	Entrega informe final ajustado	3/11/2 015	3/17/2 015	5	32

6.10. Cálculo de la Ruta Crítica

Tabla 14 Cálculo de ruta crítica

ACTIVIDAD	PREDECESORAS	SEMANAS
A		33.0
B		1.0
C		1.0
D		0.4
E		0.4
F		0.3
G		0.3
H		5.0
I	C,E	1.0
J	B	0.3
K		0.4
L	E	0.6
M		4.3
N	E	0.1
Ñ	E	0.7
O	E	0.7
P		3.9
Q	E	0.3
R	E	0.4
S	E,H,L	0.7
T		3.7
U	E,I	0.9
V	K,O	1.0
W		21.1
X	H	0.6
Y	T	0.7
Z	S,T,U	1.0
AA	Z	0.4
AB	Z	0.4
AC	Z	0.4
AD		1.3
AE	Y	0.6
AF	AE	0.7

RUTA CRÍTICA: A, F, M, P, T, AD, AF.

6.11. Generación de la Tabla de Recursos del Proyecto

Tabla 15 Recursos del proyecto ASORIEGO

NOMBRE DEL RECURSO	VALOR \$ / HORA
Director General	10.625
Profesional SIG	8.375
Profesional Edafólogo	8.375
Técnico	5.000
Auxiliar de Campo	2.500

Fuente: lista de precios unitarios para contratos de consultoría y prestación de servicios de Ecopetrol

ACTIVIDAD		FECHA		DIAS	COSTO S
1	PROYECTO: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS AGROLOGICOS EN COLOMBIA	10/20/2014	9/7/2015	231	11,219,000
1.1	Revisión y evaluación de la información secundaria existente	10/20/2014	10/28/2014	7	1,218,000
1.2	Compra de información requerida para el proyecto	10/20/2014	10/22/2014	3	201,000
1.3	Estructura e instalaciones	11/3/2014	11/4/2014	2	80,000
1.4	Levantamiento agrologico en campo	10/29/2014	12/16/2014	35	2,704,000
1.5	Análisis de imágenes satelitales	10/29/2014	12/9/2014	30	1,072,000
1.6	Foto interpretación de fotografías Aéreas	12/23/2014	1/28/2015	27	1,005,000
1.7	Procesamiento e interpolación de información	1/7/2015	2/11/2015	26	1,466,000
1.8	Consolidación de información	2/12/2015	9/7/2015	148	2,440,000
1.9	Resultados	3/5/2015	3/17/2015	9	1,033,000
				TOTAL	11,219,000

COSTO \$ TOTAL POR HECTÁREA 11.219

Para determinar los costos por hectárea de la ejecución de la metodología, se tomó como área mínima de trabajo 100 hectáreas; así se concluyó que el costo por hectárea es de \$11.219 pesos colombianos.

7. RESULTADOS

Orientación al lector

El análisis del componente edáfico en el área del proyecto requiere inicialmente una interpretación de los componentes generales (clima, relieve, materiales parentales) que conforman los ambientes edafogenéticos, por ello se presentan a manera de contexto las características generales del paisaje, el clima y los tipos de relieve que ocurren en la zona de estudio de acuerdo al levantamiento general de suelos.

Así mismo es pertinente indicar que para el correcto análisis de los suelos del área del proyecto metodológicamente se desarrolló un área envolvente de todos los predios que se proponen a ser beneficiados, de manera que en esta se analicen todas las unidades geomorfológicas y edafológicas que ocurren en el área, con lo cual se garantiza no solo el correcto análisis edáfico, sino la presentación de las áreas idóneas (de acuerdo a factores como pendiente, erosión, pedregosidad) para actividades agropecuarias con prácticas de riego; por esta razón para el estudio agrologico se denomina área de proyecto a este polígono envolvente.

7.1. Descripción de Resultados

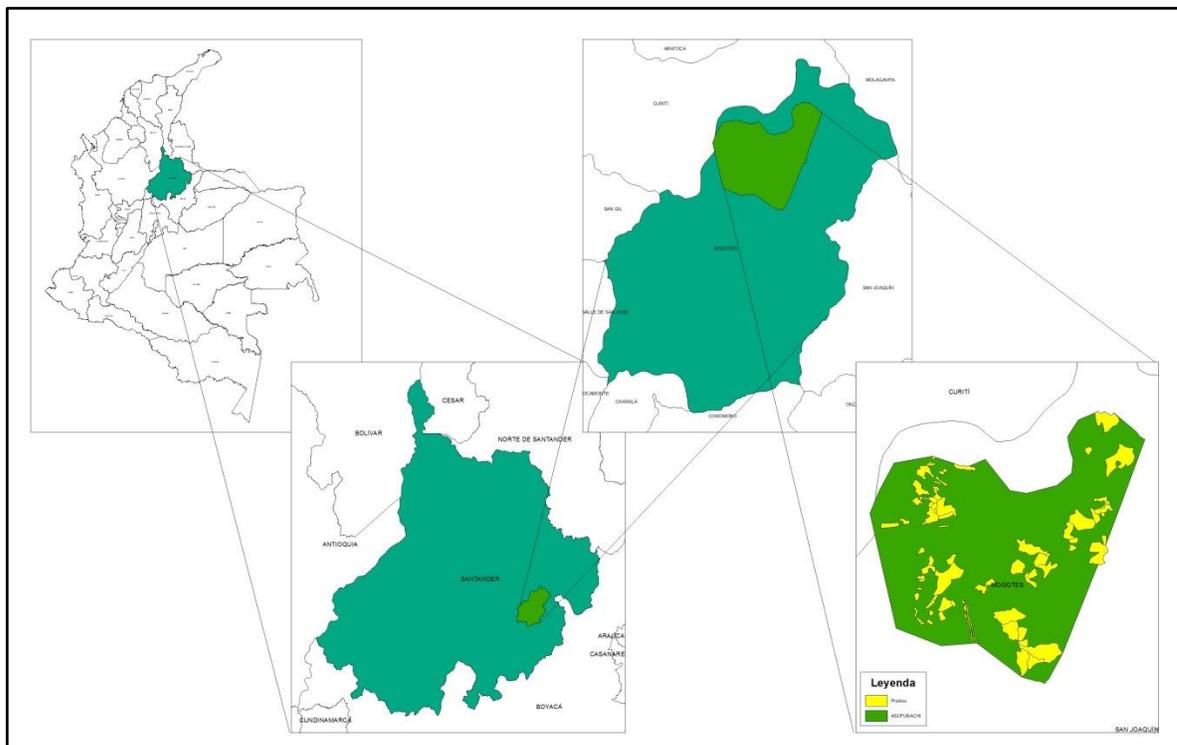
7.1.1. Localización Y Ambientes Edafogenéticos En La Zona De Estudio

El proyecto del distrito de riego de ASORIEGO, se encuentra localizado en las veredas Quebradas, Palmas, Cauchos, Pitaguao y Calichana dentro del municipio de Mogotes, en el departamento de Santander. Este proyecto pretende beneficiar a un total de 134 familias (usuarios) asociadas.

El área correspondiente al proyecto es de 868.70 Ha, de las cuales 229 son designadas por Finagro para irrigación mediante el proyecto. La altitud de las veredas es de 2080 msnm en la vereda Cauchos, en la vereda Quebradas es de 1810 msnm y la vereda Calichana 1795 msnm.

En la figura N°9. Se observa de manera detallada la localización geográfica del área del proyecto ASORIEGO.

Figura 9 Ubicación geográfica del proyecto ASORIEGO



Fuente: Los autores

En la fotografía N°1. Se muestra una panorámica del área del proyecto

Fotografía 1 Panorámica proyecto ASORIEGO



Fuente: Los autores

7.2. Ambientes Edafogénicos en la Zona De Influencia del Proyecto

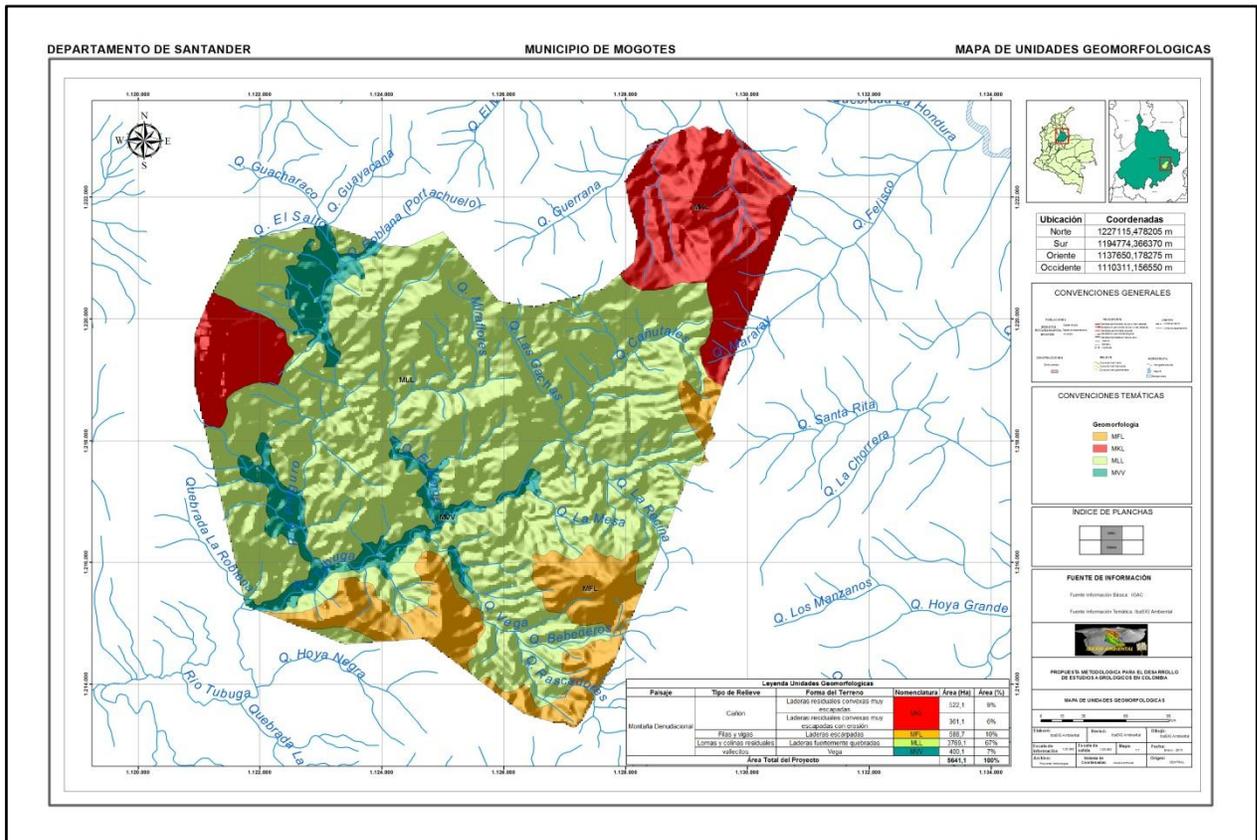
La zona de influencia del proyecto ASORIEGO, cuyo objetivo es el desarrollo de pequeña irrigación en el municipio de Mogotes (departamento de Santander) está ubicado geomorfológicamente en el paisaje montañoso denudacional de la cordillera oriental, un sector representativo de las cuencas de los ríos Pitiguro y Tubuga. Los tipos de relieve que conforman el área de estudio son, en la parte más escarpada del paisaje, los denominados cañones y filas y vigas en donde la fisiografía es más suave las lomas y colinas residuales y los vallecitos, ver tabla N° 17.

Tabla 17 leyenda geomorfológica del área del proyecto ASORIEGO

Paisaje	Tipo Relieve	Forma del Terreno	Símbolo Geomorfología	Área (Ha)
Montaña Denudacional	Filas y vigas	Laderas escarpadas	MFL	588,7
	Lomas y colinas residuales	Laderas fuertemente quebradas	MLL	3867,4
	Cañón	Laderas residuales convexas muy escapadas	MKL	522,1
		Laderas residuales convexas con erosión	MKL	361,1
	vallecitos	Vega	MVV	301,8
Área de Estudio				5641,1

Fuente: Los autores

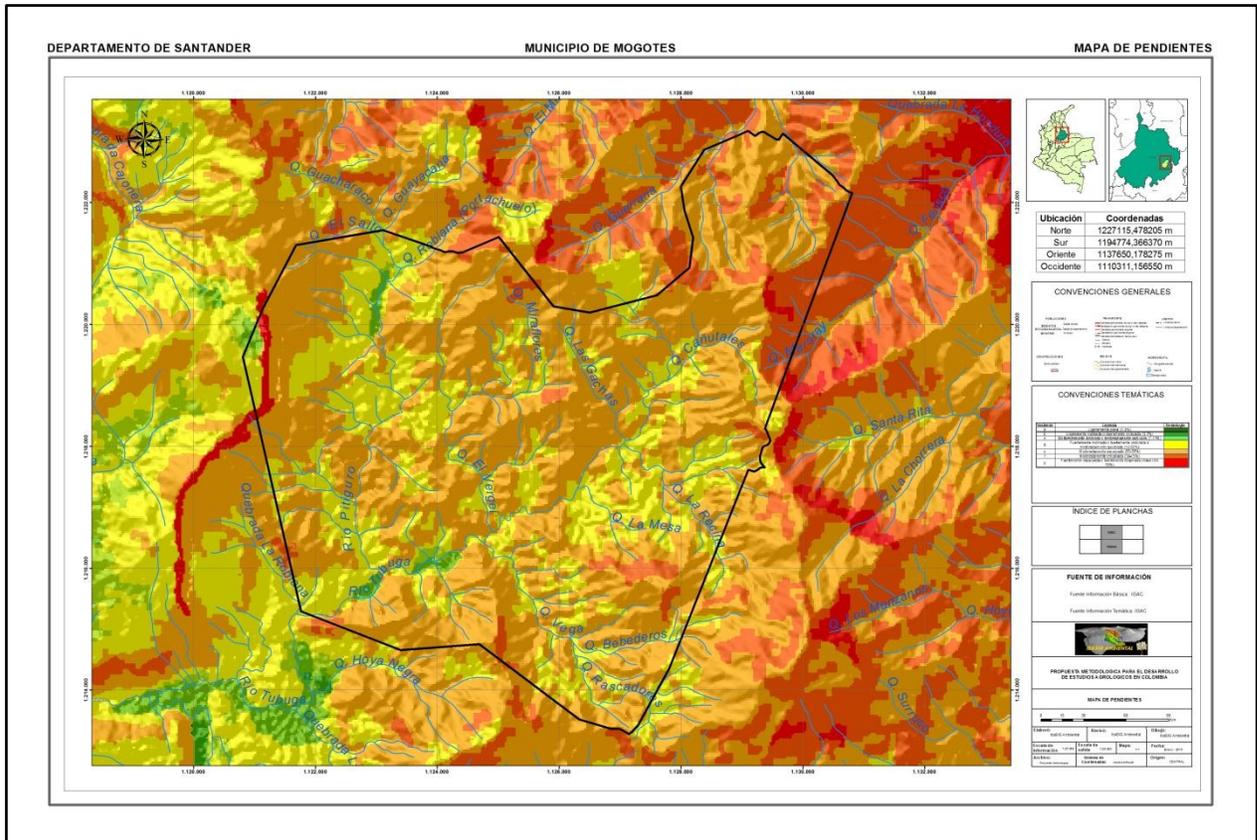
Figura 10 Mapa de interpretación geomorfológica del proyecto ASORIEGO



Fuente: Los autores

El relieve predominante es fuertemente ondulado y quebrado, con pendientes 12-25% y 25-50% y áreas moderadamente escarpadas con pendiente 50-75%; en los vallecitos la inclinación del terreno no supera el 12% y en varios sectores las pendientes son del orden de 3-7%. En términos generales las pendientes 25-50% (fuertemente quebradas) predominan ampliamente en los sectores no regables y las 7-12-25% en las áreas con posibilidades de riego. Es importante resaltar la ocurrencia de sectores con gravilla y otros fragmentos gruesos tanto en superficie como en el suelo, y otros erosionados en grado moderado y severo; áreas cercanas al nacimiento del río Pitiguro ocurren zonas totalmente despojadas de suelo o afloramientos rocosos (Figura N°11)

Figura 11 Mapa de pendientes del proyecto ASORIEGO



Fuente: Los Autores

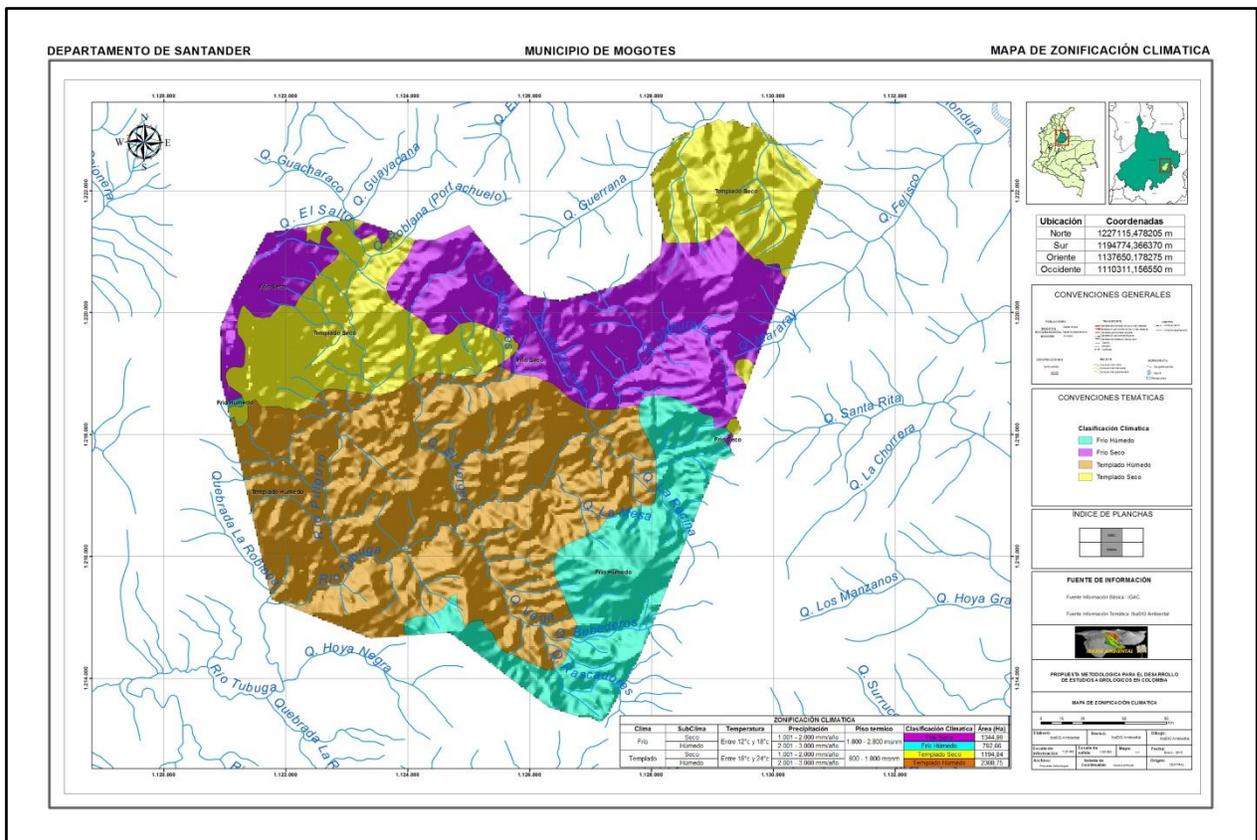
Desde el punto de vista climático en la zona de estudio hay cuatro pisos térmicos: el frío seco, el templado seco y húmedo y el frío húmedo, estas provincias de humedad secas generan la existencia del régimen de humedad edáfico ústico, el cual justifica por sí solo la necesidad de riego para aumentar la productividad de las tierras y disminuir el riesgo de pérdidas de las cosechas en las estaciones prolongadas de sequía; los pisos térmicos húmedos generan el régimen de humedad údico en los suelos (figura N° 12).

Tabla 18 Zonificación Climática del proyecto ASORIEGO

ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA						
Clima	Subclima	Temperatura	Precipitación	Piso térmico	Clasificación Climática	Área (Ha)
Frío	Seco	Entre 12°C y 18°C	1.001 - 2.000 mm/año	1.800 - 2.800 msnm	Frío Seco	1344,86
	Húmedo		2.001 - 3.000 mm/año		Frío Húmedo	792,66
Templado	Seco	Entre 18°C y 24°C	1.001 - 2.000 mm/año	800 - 1.800 msnm	Templado Seco	1194,84
	Húmedo		2.001 - 3.000 mm/año		Templado Húmedo	2308,75

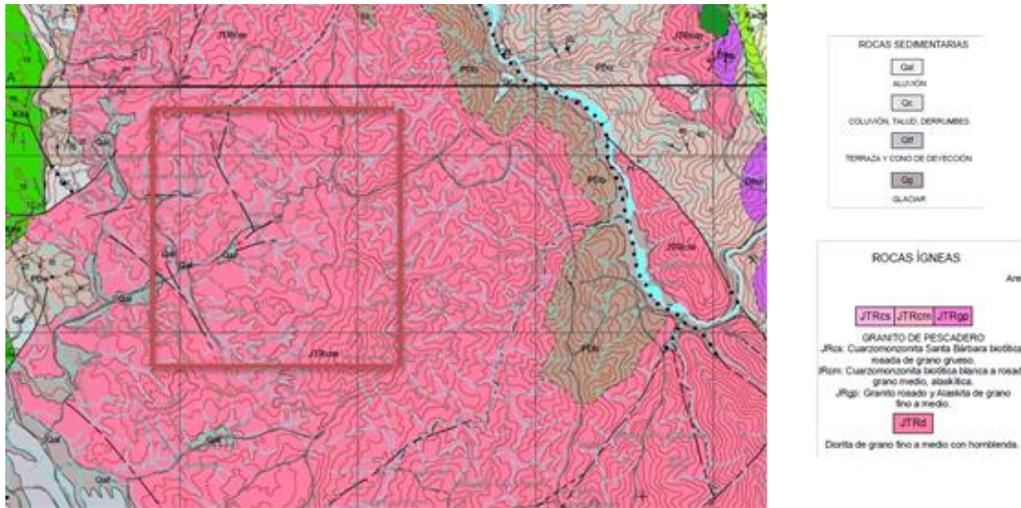
Fuente: IDEAM (2008)

Figura 12 Mapa de Zonificación Climática del proyecto ASORIEGO



Los materiales parentales de los diferentes componentes del mosaico edáfico de la zona de influencia de ASORIEGO están constituidos por rocas ígneas de cuarzomonzonita. En los vallecitos intramontanos hay depósitos aluviales moderadamente gruesos (figura N° 13).

Figura 13. Detalle geológico de la zona del proyecto ASORIEGO



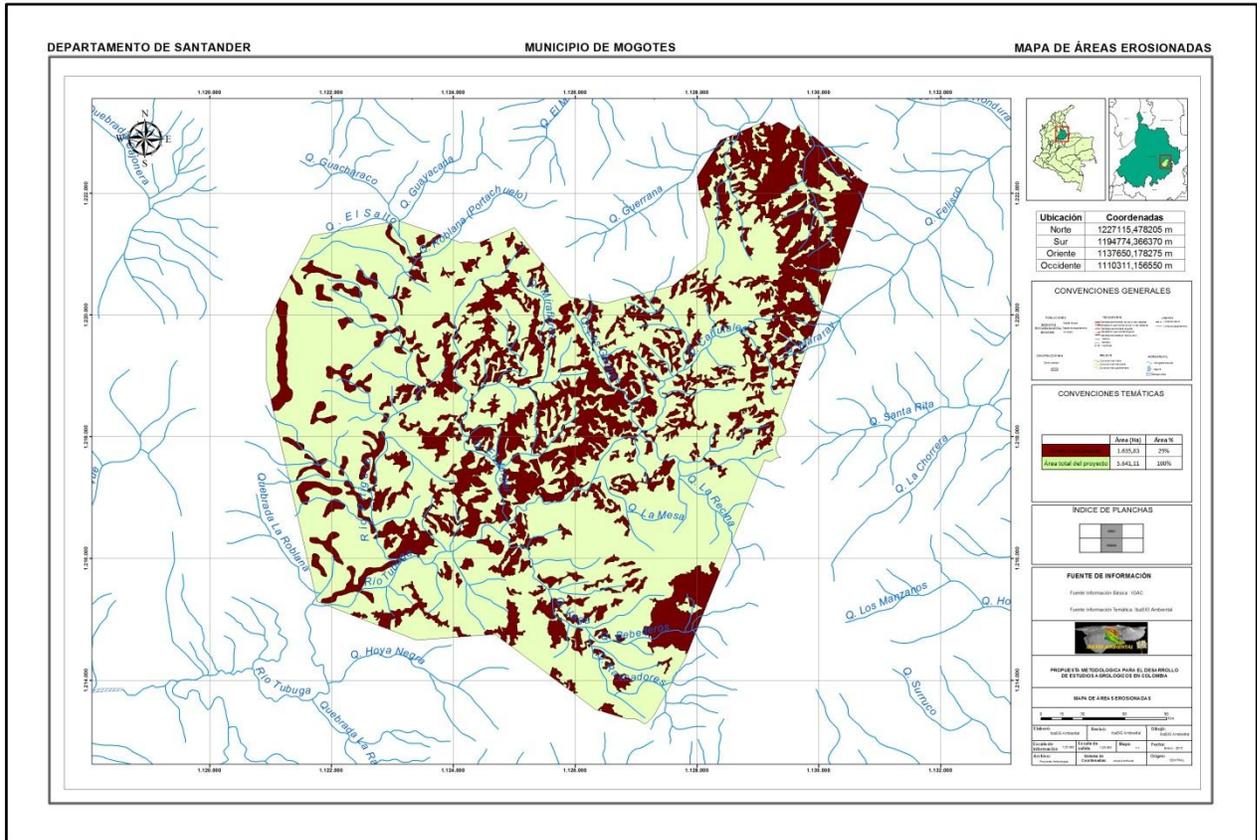
Fuente: Plancha Geológica 136 –Málaga, INGEOMINAS, 1984

Los suelos resultantes de los procesos de edafogénesis pertenecen a los órdenes Entisol (Udorthents, Ustorhents y Fluvaquents Típicos), Inceptisol (Dystrudepts y Humudepts típicos y Hapludepts Acuicos).

Los suelos son superficiales y profundos, muy ácidos en el piso térmico frío seco en el clima templado. El drenaje es bueno a excesivo en los sectores de topografía muy quebrada a escarpada; la fertilidad es baja en el piso frío y templado húmedo.

Las tierras regables por concepto del factor pendiente (<25% de inclinación) son aptas para cultivos transitorios intensivos y semi intensivos y ganadería semi-intensiva y extensiva. Las áreas de relieve muy quebrado y escarpado, sectores con pedregosidad y erosión, que son de alta susceptibilidad al deterioro (Figura N°14); en su uso y manejo debe primar criterios conservacionistas (coberturas vegetales densas, sistemas agroforestales, conservación del bosque natural en donde aún subsista y la implementación de prácticas de restauración de las áreas erosionadas). La no ejecución de estas medidas pone en riesgo el éxito del proyecto de pequeña irrigación y dificulta el logro de su sostenibilidad en la dimensión temporal.

Figura 14 Mapa de áreas erosionadas dentro del proyecto ASORIEGO



Fuente: Los Autores

7.3. Descripción de los Suelos en la Zona de Estudio

La descripción de las unidades cartográficas de suelos (UCS) identificadas y delimitadas de acuerdo a las especificaciones correspondientes al levantamiento semidetallado de suelos aplicado, se presenta a continuación, siguiendo el orden de la leyenda del mapa de suelos, (ver tabla 19).

Tabla 19 Leyenda de Unidades Cartográficas Suelos del proyecto ASORIEGO

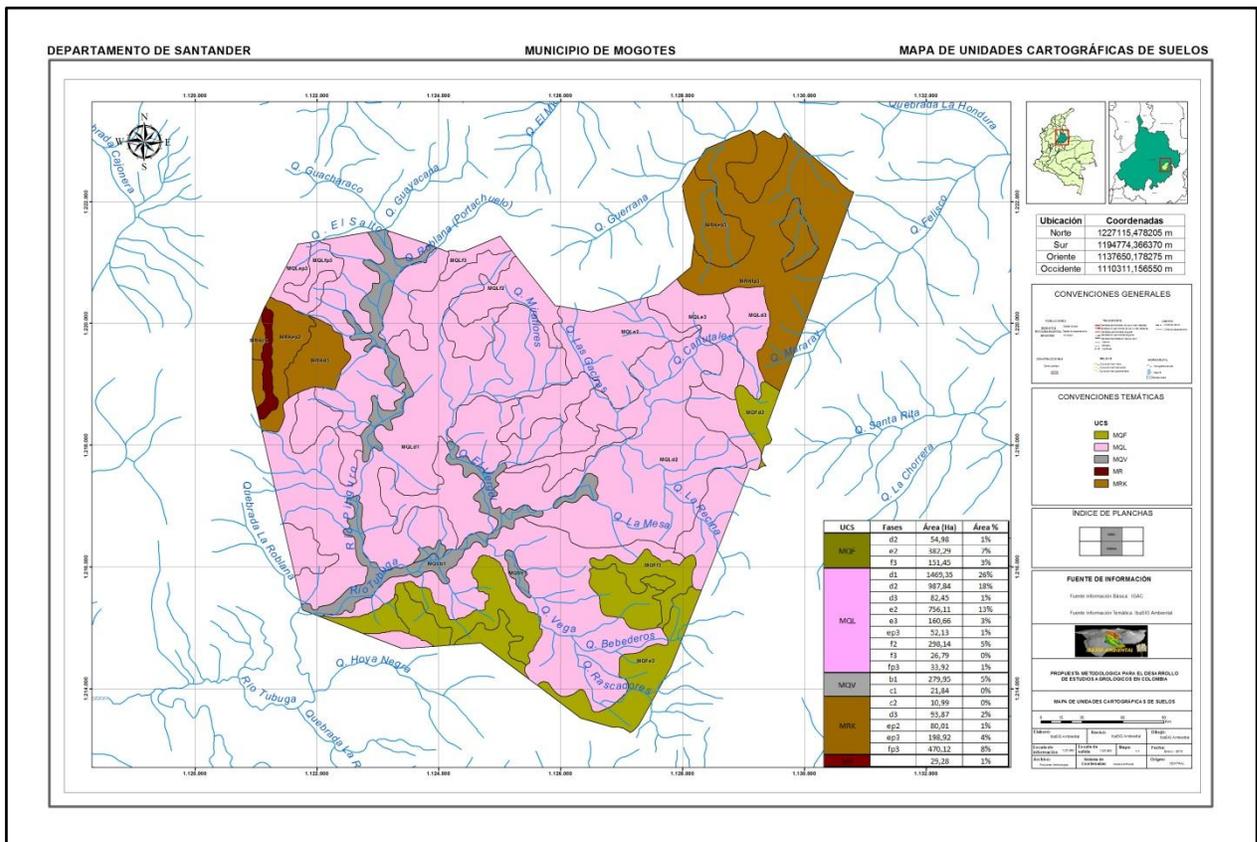
Clima	Paisaje	Tipo Relieve	Forma del Terreno	Material parental	Componentes taxonómicos	No perfil	UCS	Fases UCS	Área (Ha)	
Medio Seco		Cañón	Laderas residuales convexas muy escapadas		Consociación Guacharaco Typic Ustorthents familia fina	MG06 90%	MRK	MRK ep3	198,9	
								MRKf p3	323,2	
								MRKc 2	11,0	
								MRK d3	93,9	
								MRK ep2	80,0	
								MRKf p3	146,9	
Medio Húmedo	Montaña Denudacional	Filas y vigas	Laderas escarpadas	Cuarzomonzonita	Consociación bebedero Typic Udorthents familia fina isotérmica Typic Dystrudepts familia franca isotérmica	MG03 85% MG04 15%	MQF	MQF d2	55,0	
								MQF e2	382,3	
								MQFf 3	151,4	
		Lomas y colinas residual	Laderas fuertemente			Consociación Mogotes	MG-04 75% MG-05	MQL	MQLd 1	1469,4
									MQLd	987,

		es	quebradas		Typic Dystrudepts familia franca fina isotérmica Typic Hymudepts familia franca fina	25%		2	8
								MQLd3	82,4
								MQLe2	756,1
								MQLe3	160,7
								MQLep3	52,1
								MQLf2	298,1
								MQLf3	26,8
								MQLfp3	33,9
		vallecitos	Vega	Sedimentos aluviales moderadamente gruesos	Consociación Tubuga Typic Fluvaquentes familia limosa fina Aquic Hapludepts familia franca fina	MG-01 85% MG-02 15%	MQV	MQVb1	280,0
								MQVc1	21,8
		Misceláneo Rocoso					MR		29,3
Área de estudio									5641,1

Fuente: Los Autores

A continuación se presenta la descripción de las unidades cartográficas de suelos (Consociaciones) y de los suelos que las conforman, las cuales fueron identificadas en el proyecto mediante la metodología descrita. En la figura N° 15 se muestra el mapa de las unidades cartográficas de suelos que ocurren en el área del proyecto.

Figura 15 Mapa de las Unidades cartográficas de suelos en el proyecto ASORIEGO



Fuente: Los Autores

7.3.1. Consociaciones Guacharaco y Misceláneo Rocoso (MRK, MR)

El paisaje de montaña denudacional en las que ocurren las Consociaciones presenta el tipo de relieve de cañón en donde el relieve es moderado a fuertemente inclinado (pendientes 7-12-25%) y ligero a moderadamente escarpado (pendientes 25-50-75%), afectados por procesos de erosión hídrica en grado moderado y severo y afloramientos rocosos.

Los suelos Typic Ustorthents se identificaron en la unidad MRK; son suelos excesivamente drenados, reacción extremadamente ácida y fertilidad baja.

Desde el punto de vista de la profundidad disponible para el desarrollo de las raíces de las plantas los suelos de las Consociaciones son superficiales y limitados por afloramiento rocoso.

La susceptibilidad de los suelos al deterioro es muy alta y, de hecho, hay evidencias de pérdida de suelos y procesos de escurrimiento difuso y concentrado en grado moderado y severo, lo que unido a la profundidad efectiva superficial, a los niveles bajos de fertilidad y a los afloramientos rocosos se constituye en limitantes severos para el uso agropecuario de las tierras involucradas en las unidades cartográficas.

7.3.2. Consociación Bebedero (MQF)

Esta unidad de suelos se encuentra ubicada entre los 2000 a los 3000 m.s.n.m en condiciones de clima medio, húmedo; ocurre en los tipos de relieve de filas y vigas, cuyas formas del terreno corresponden a las laderas fuertemente onduladas a quebradas y moderadamente escarpadas cuyas pendientes son 12-25-50-75%.

Los suelos son profundos, bien drenados, con reacción fuertemente ácida y fertilidad baja, afectados por erosión hídrica moderada y severa.

La unidad cartográfica está conformada, en un 85% por los suelos Typic Udorthents familia fina, isotérmica (perfil MG03); ocurren inclusiones de suelos Typic Dystrudepts, familia franca fina, isotérmica (15%).

La consociación presenta las siguientes fases:

MQFd2: Relieve fuertemente ondulado; pendiente 12-25%, erosión moderada.

MQFe2: Relieve fuertemente quebrado; pendiente 25-50%, erosión moderada.

MQFf3: Relieve moderadamente escarpado; pendiente 50-75%, erosión severa.

En la fotografía N°2. Se muestra el perfil modal de los suelos Typic Udorthents, familia fina, isotérmica de la consociación BEBEDERO.

Fotografía 2 Perfil modal de los suelos Typic Udorthents, familia fina, isotérmica. Consociación Bebedero (MQF)



Fuente: Los Autores

Las características del perfil modal MG03 que representa los suelos de la consociación Bebedero se presentan a continuación.

Figura 16. Descripción del perfil modal MG03

Perfil No:	MG03	Tipo de perfil:	Modal
Taxonomía:	Typic Udorthents, familia fina, Isotérmica		
Unidad Cartográfica:	Consociación Bebeder	Símbolo	MQF
Localización geográfica:	Departamento: Santander	Municipio:	Mogotes
Sitio:	Corregimiento de Pitigao		
Coordenadas geográficas:	N: 6° 34' 58,93"	W: 72° 58' 18,19"	Altitud: 1771 msnm.
Fotografía aérea No.:	063-066	Vuelo No.:	C-2678
Paisaje:	Montaña	Tipo de relieve:	Lomas y colinas
Litología:	Cuarzomonzonita		
Relieve:	Clase: fuertemente quebrada	Pendiente:	25 – 50
Clima ambiental:	Templado, húmedo		
Precipitación promedio anual:	1.850 mm/año	Temperatura promedio anual:	18 °C
Clima edáfico:	Régimen de temperatura:	isotérmico	Régimen de humedad:
Erosión:	Clase: hídrica pluvial – flu	Tipo: laminar	Grado: ligero
Movimientos en masa:	Clase: no hay	Tipo: no hay	Frecuencia: no hay
Pedregosidad en superficie:	Tipo: no hay	Clase: no hay	Porcentaje en superficie: <= 0.1
Afloramientos rocosos:	Clase: poca	Superficie cubierta:	2– 10
Inundaciones:	Frecuencia: no hay	Duración:	no hay
Encharcamientos:	Frecuencia: no hay	Duración:	no hay
Nivel freático:	Naturaleza: no aparece	Profundidad:	no observado
Drenaje natural:	moderadamente excesivo		
Profundidad efectiva:	moderadamente profunda	Limitada por:	contacto lítico (aplica a rocas duras)
Horizontes diagnósticos:	Epipedón: Ócrico	Endopedón:	no hay
Características diagnósticas:	Regimen de humedad udico y sin desarrollo de horizonte subsuperficial.		
Vegetación natura	Manchador, tuno, cucharo blanco, curumacho		
Uso actual:	ganadería - Extensiva de gramas naturales		
Limitantes del uso:	Erosión ligera y relieve quebrado.		
Descrito por:	Oscar Javier Acevedo Amaya	Fecha:	día: 9 mes: agosto año: 2014
DESCRIPCIÓN			
00 - 20 cm	Color en húmedo pardo amarillento oscuro (7,5YR 4/4); textura limosa; estructura en bloques subangulares muy finos, moderados; consistencia en húmedo muy fríasble, en mojado no pegajosa y no plástica; muchos poros medios y gruesos; frecuentes raíces finas y medias, vivas, de distribución normal; límite claro y ondulado; pH 4.8, muy fuertemente ácido.		
Ap			
20 - 120 cm	Color en húmedo rojo (2.5YR 4/6), con frecuentes manchas (20%) de color naranja (7.5 YR 6/6); textura arcillo limosa y casajosa en un (10%); sin estructura (masiva); consistencia en húmedo firme, en mojado pegajosa y plástica; frecuentes poros medios y gruesos; frecuentes raíces medias y finas, vivas y muertas, de distribución normal; pH 4.7, muy fuertemente ácido.		
C			
Observaciones			
Suelo con erosión y presencia de afloramiento rocoso localizado.			

Fuente: Los Autores

7.3.3. Consociación Mogotes (MQL)

Esta unidad de suelos está ubicada altitudinalmente entre los 2000 y los 3000 m.s.n.m en el clima medio, húmedo; geomorfológicamente ocurre en las laderas de las lomas y colinas residuales que hace parte del paisaje montañoso denudacional y cuyas pendientes varían desde 12-25-50-75%.

Hacen parte de esta consociación lo suelos Typic Dystrudepts, familia franca fina, isotérmica en un 75% (perfil MG04); se presentan inclusiones de suelos Typic Humudepts, familia franca fina, isotérmica.

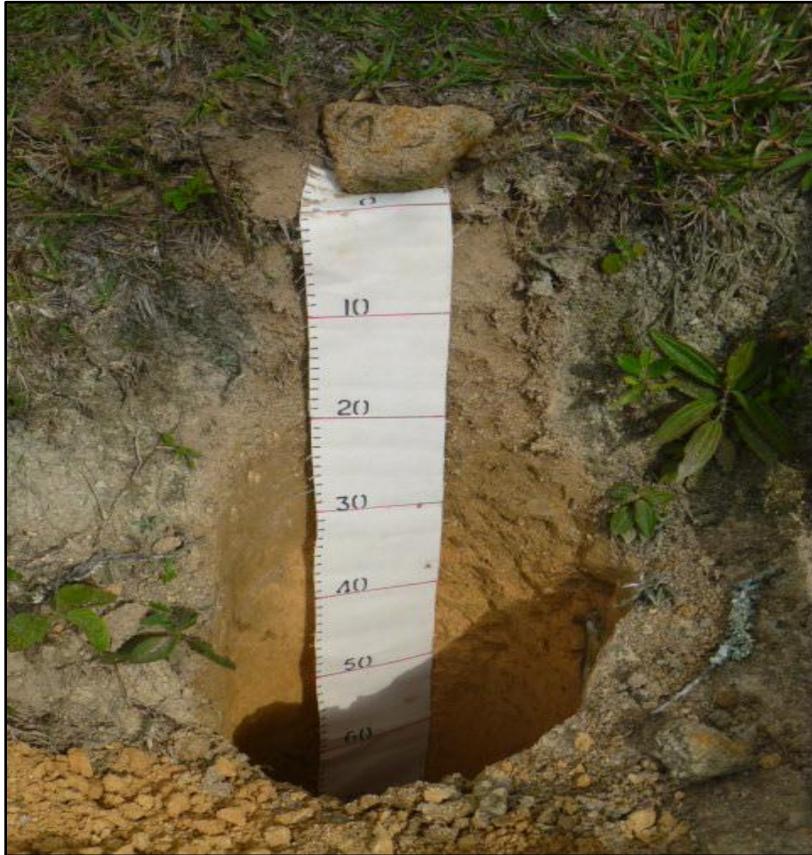
Los suelos son profundos, bien drenados, reacción fuertemente ácida y de fertilidad natural baja, afectados por erosión hídrica ligera, moderada y severa.

La consociación presenta las siguientes fases:

- MQLd1: Relieve fuertemente ondulado; pendiente 12-25%, erosión ligera
- MQLd2: Relieve fuertemente ondulado; pendiente 12-25%, erosión moderada
- MQLd3: Relieve fuertemente ondulado; pendiente 12-25%, erosión severa
- MQLe2: Relieve fuertemente quebrado; pendiente 25-50%, erosión moderada
- MQLe3: Relieve fuertemente quebrado; pendiente 25-50%, erosión severa
- MQLep3: Relieve fuertemente quebrado; pendiente 25-50%, pedregosidad superficial, erosión severa.
- MQLf2: Relieve moderadamente escarpado; pendiente 50-75%, erosión moderada
- MQLf3: Relieve moderadamente escarpado; pendiente 50-75%, erosión severa
- MQLfp3: Relieve moderadamente escarpado; pendiente 50-75%, pedregosidad superficial, erosión severa.

En la fotografía N° 3, se muestra el perfil modal de los suelos de la consociación Mogotes.

**Fotografía 3. Perfil modal de los suelos Typic Dystrudepts, familia franca
fina, isotérmica. Consociación MOGOTES (MQL)**



Fuente: Los Autores

Las características del perfil modal MG04, que representa los suelos de la consociación Mogotes, se describe a continuación

Figura 17. Descripción del perfil modal MG04

Perfil No:	MG04		Tipo de perfil:	Modal	
Taxonomía:	Typic Dystrudepts, familia franca fina, Isotérmica.				
Unidad Cartográfica:	Consociación Mogotes		Símbolo	MQL	
Localización geográfica:	Departamento: Santander			Municipio: Mogotes	
Sitio:	Vereda Quebradas sector manzanos, Predio La Esmeralda - Esperanza				
Coordenadas geográficas:	N:	6 °	33 ' 31,16 "	W:	70 ° 56 ' 2,23 "
Fotografía aérea No.:	063-066		Vuelo No.:	C-2678	
Paisaje:	Montaña		Tipo de relieve	Lomas y colinas	
Litología:	Cuarzomonzonita				
Relieve:	Clase: fuertemente ondulada		Pendiente: 12 – 25		
Clima ambiental:	Templado, húmedo				
Precipitación promedio anual:	1.850 mm/año		Temperatura promedio anual	18 °C	
Clima edáfico:	Régimen de temperatura:		isotérmico		Régimen de humedad:
Erosion:	Clase: hídrica pluvial – flu		Tipo:	laminar	
Movimientos en masa:	Clase: no hay		Tipo:	no hay	
Pedregosidad en superficie:	Tipo: no hay		Clase:	no hay	
Afloramientos rocosos:	Clase: no hay		Superficie cubierta: < 0.1		
Inundaciones:	Frecuencia: no hay		Duración:	no hay	
Encharcamientos:	Frecuencia: no hay		Duración:	no hay	
Nivel freático:	Naturaleza: no aparece		Profundidad: no observado		
Drenaje natural:	bueno (bien)				
Profundidad efectiva:	profunda		Limitada por: otros		
Horizontes diagnósticos Epipedón:	Ócrico		Endopedón: Cámbico		
Características diagnósticas:	Regimen de humedad udico y horizonte diagnóstico subsuperficial.				
Vegetación natu	Aguito, manchador, arrayán, salvio, cucharo				
Uso actual:	ganadería - Extensiva de gramas naturales				
Limitantes del usc	Erosión ligera y pendiente				
Descrito por:	Oscar Javier Acevedo Amaya		Fecha:	dia: 9	mes: agosto
				año: 2014	
DESCRIPCIÓN					
00 - 35 cm	Color en húmedo pardo amarillento (10YR 5/4); textura franco limosa; estructura en bloques angulares medios y finos, fuertes; consistencia en húmedo fríasble, en mojado ligeramente pegajosa y no plástica;				
Ap	muchos poros medios y gruesos; frecuentes raíces finas y medias, vivas, de distribución normal; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro y ondulado; pH 5.2, fuertemente ácida.				
35 - 100 cm	Color en húmedo amarillo rojizo (5YR 7/6); textura franco limosa, con gravilla en un 10%; estructura en bloques subangulares medios y finos, moderados; consistencia en húmedo fríasble, en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; pocos poros medios y gruesos; frecuentes raíces medias y finas, vivas y muertas, de distribución normal; frecuente actividad de macroorganismos; pH 5.0,				
Bw	fuerza moderada, fríasble.				
Observaciones					
Suelo con erosión y presencia de afloramiento rocoso localizado.					

Fuente: Los Autores

7.3.4. Consociación Tubuga (MQV)

Esta unidad de suelos está ubicada altitudinalmente entre los 2000 y los 3000 m.s.n.m en el clima medio, húmedo; geomorfológicamente ocurre en las vegas y sobrevegas de los vallecitos que hace parte del paisaje montañoso denudacional y cuyas pendientes varían desde 3-7-12%.

Hacen parte de esta consociación lo suelos Typic Fluvaquents, familia limosa fina, isotérmica en un 85% (perfil MG01); se presentan inclusiones de suelos Aquic Hapludepts, familia franca fina, isotérmica (perfil MG02).

Los suelos son superficiales, pobremente drenados, reacción fuertemente ácida y de fertilidad natural baja, afectados por erosión hídrica ligera e inundaciones.

La consociación presenta las siguientes fases:

MQVb1: Relieve ligeramente inclinado; pendiente 3-7%, erosión ligera

MQLd2: Relieve moderadamente inclinado; pendiente 7-12%, erosión ligera

En la fotografía N°4. Se muestra el perfil modal de los suelos de la consociación Tubuga.

Fotografía 4. Perfil modal de los suelos Typic Fluvaquents, familia limosa fina, isotérmica. Consociación Tubuga (MQV)



Fuente: Los Autores

Las características del perfil modal MG01, que representa los suelos de la consociación Tubuga, se describe a continuación.

Figura 18. Descripción del perfil modal MG01

Perfil No:	MG01	Tipo de perfil:	Modal							
Taxonomía:	Typic Fluvaquents, familia limosa fina, isotérmica.									
Unidad Cartográfica:	Consociación Tubuga	Símbolo	MQV							
Localización geográfica:	Departamento: Santander				Municipio: Mogotes					
Sitio:	Vereda Calichana, predio Las Vueltas									
Coordenadas geográficas:	N:	6 °	33 ' 16,96 "	W:	72 °	58 ' 8,25 "	Altitud	1645 msnm.		
Fotografía aérea No.:	063-066	Vuelo No.:	C-2678	Plancha (imagen) No.:						
Paisaje:	Montaña	Tipo de relieve	Vallecito	Forma del terreno:	Vega					
Litología:	Sedimentos aluviales moderadamente gruesos									
Relieve:	Clase:	plana	Pendiente:	0 - 3						
Clima ambiental:	Templado, húmedo									
Precipitación promedio anual:	1.850 mm/año			Temperatura promedio anual	19 °C					
Clima edáfico:	Régimen de temperatura:	isotérmico			Régimen de humedad:	Ácuico				
Erosión:	Clase:	hídrica pluvial – flu		Tipo:	laminar		Grado:	ligero		
Movimientos en masa:	Clase:	no hay			Tipo:	no hay		Frecuencia:	no hay	
Pedregosidad en superficie:	Tipo:	no hay			Clase:	no hay		Porcentaje en superficie	<= 0.1	
Afloramientos rocosos:	Clase:	no hay			Superficie cubierta:	< 0.1				
Inundaciones:	Frecuencia:	frecuente		Duración:	muy corta					
Encharcamientos:	Frecuencia:	frecuente		Duración:	muy corta					
Nivel freático:	Naturaleza:	aparente			Profundidad:	ligeramente profundo				
Drenaje natural:	muy pobre									
Profundidad efectiva:	superficial									
Horizontes diagnósticos	Epipedón:	Ócrico			Endopedón:	no hay				
Características diagnósticas:	Regimen de humedad acuico y decrecimiento irregular del carbono orgánico									
Vegetación natural	Manchador, guamo, caña brava									
Uso actual:	Agricultura - Fique, caña panelera, plátano									
Limitantes del uso:	Inundaciones y encharcamientos									
Descrito por:	Oscar Javier Acevedo Amaya			Fecha:	dia:	9	mes:	agosto	año:	2014
DESCRIPCION										
00 - 16 cm	Color en húmedo	pardo (10YR 5/3), con frecuentes moteados (5%) de color pardo fuerte (7.5YR 5/6);								
Ap	textura	franco limosa, estructura en bloques subangulares, finos, moderados; consistencia en húmedo fríasble, en mojado ligeramente pegajosa y no plástica; pocos poros medios y gruesos; frecuentes raíces finas, vivas y muertas, de distribución normal; límite gradual y plano; pH 5.0, fuertemente ácida.								
16 - 32 cm	Color en húmedo	rojo grisáceo (2.5YR 5/2), con frecuentes moteados (10%) de color pardo fuerte (7.5YR 5/6);								
C	textura	limosa; sin estructura (suelta); consistencia en húmedo muy fríasble, en mojado no pegajosa y no plástica; pocos poros medios y gruesos; frecuentes raíces medias y finas, vivas y muertas, de distribución normal; límite difuso y ondulado; pH 4.5, muy fuertemente ácida.								
32 - 50 cm	Color en húmedo	gris (2.5Y 5/1), con frecuentes moteados (20%) de color pardo fuerte (7.5YR 5/6);								
2Cw	textura	franco arcillo limosa; sin estructura (masiva); consistencia en húmedo fríasble, en mojado ligeramente plástica; pocos poros medios; pocas raíces finas, vivas, de distribución normal; límite claro y plano; pH 5.0, fuertemente ácida.								
50 - 120 cm	Color en húmedo	pardo claro (2.5Y 7/3), con frecuentes moteados (20%) de color amarillo parduzco (10YR 6/6);								
2C ₂	textura	franco limosa; sin estructura (masiva); consistencia en húmedo fríasble, en mojado ligeramente pegajosa y no plástica; pocos poros medios; pocas raíces finas, muertas, de distribución normal; límite difuso y plano; pH 5.0, fuertemente ácida.								
Observaciones										
Suelo laborado manualmente, presencia de zanjas de drenaje.										

Fuente: Los Autores

8. CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS

Siendo el objetivo central en el área del proyecto asociativo de adecuación de tierras de ASORIEGO, el estudio del componente edáfico y el establecimiento de la aptitud de las tierras para el riego; es importante la clasificación de las tierras por su capacidad de uso, que permitan dar recomendaciones adecuadas para su uso y manejo, y que sirvan como instrumento para dirigir cambios en el uso de la tierra de tal forma que los suelos tengan el uso apropiado, garantizando con ello una mejor y mayor producción y mantenimiento a su vez la calidad del medio y la conservación del recurso suelo.

El sistema de clasificación de tierras por capacidad de uso, agrupa las unidades de suelos que tienen las mismas limitaciones para su utilización y responden, por lo tanto, a prácticas de manejo similares. El sistema está estructurado en tal forma que a medida que se incrementa la clase por capacidad agrológica, disminuye la gama de cultivos a escoger y/o la intensidad con la que se lleva a efecto el tipo de explotación y se incrementa significativamente la necesidad de proteger los suelos (Tabla N° 20).

Tabla 20 Relación de las clases y las subclases agrológicas con las unidades cartográficas de suelo que las conforman.

UCS	Fase UCS	Subclase Capacidad Uso	Área (Ha)	Área %
MR		8	29,3	1%
MQF	MQFd2	7s	55,0	1%
	MQFe2	7s	382,3	7%
	MQFf3	7pes	151,4	3%
MQL	MQLd1	4pes	1469,4	26%
	MQLd2	4pes	987,8	18%
	MQLd3	7e	82,4	1%
	MQLe2	6pe	756,1	13%
	MQLe3	7e	160,7	3%
	MQLep3	7pes	52,1	1%
	MQLf2	7p	298,1	5%
	MQLf3	7pe	26,8	0%
	MQLfp3	7pes	33,9	1%
MQV	MQVb1	4s	280,0	5%
	MQVc1	4s	21,8	0%
MRK	MRKc2	7s	11,0	0%
	MRKd3	7es	93,9	2%
	MRKep2	7s	80,0	1%
	MRKep3	7es	198,9	4%
	MRKfp3	7pes	470,1	8%

Área de Estudio	5641,1	100%
------------------------	---------------	-------------

Fuente: Los Autores

Las clases por capacidad se agrupan en forma general en las siguientes tres categorías.

- Tierras aptas para agricultura y ganadería intensiva y semi-intensiva. (Clases 1 a 4)
- Tierras que pueden ser utilizadas en forma restringida en actividades silvo-agropecuarias, agroforestales y forestales. (Clases 5,6 y 7)
- Tierras para la conservación y/o la recuperación de la naturaleza. (Clase 8)

Por razones obvias relacionadas estrechamente con los requerimientos que deben cumplir las tierras bajo condiciones de irrigación y arabilidad, solamente las del primer grupo (clases 1-4) se consideran aptas para esta práctica de adecuación, mientras que las clasificadas en el segundo grupo (clase 5,6 y 7) no son arables (aun cuando en condiciones adecuadas de uso puedan ser irrigables **únicamente** mediante tecnologías de goteo y micro aspersion).

En el caso específico de las unidades cartográficas (Consociaciones) en el proyecto:

Las Consociaciones Guacharaco (MRK) y Misceláneo rocoso (MR), que por sus condiciones particulares de suelos, pendientes, erosión fueron catalogadas como tierras para la conservación y/o la recuperación de la naturaleza o sea son tierras, no arables, no irrigables y no tienen capacidad para el uso agropecuario.

Bebedero (MQF), Mogotes (MQL) Y Tubuga (MQV), que por sus condiciones particulares de pendientes y conservación fueron catalogadas como irrigables arables e irrigables no arables de acuerdo a los criterios previamente relacionados en el capítulo de metodología, se incluyeron en las clases y subclases que se relacionan en la tabla N°21, en el que también aparecen las unidades cartográficas de suelos identificadas y delimitadas durante el trabajo de campo, con sus respectivas fases.

En el marco del proyecto de pequeña irrigación es importante destacar las limitaciones que presentan los suelos que conforman el área arable; estas son:

- Pendientes menores o iguales a 7-12-25%
- Susceptibilidad al deterioro baja y media
- Niveles altos de fertilidad
- Neutra a alcalina
- Clima medio seco
- Erosión ligera.

Mientras que las limitaciones de las tierras no arables son:

- Pendientes mayores de 25%
- Susceptibilidad al deterioro alta a muy alta
- Niveles bajos de fertilidad
- Fuerte acidez
- Clima muy frío y seco
- Ocurrencia de heladas.

Tabla 21 Clases y subclases de tierras en la zona irrigable del proyecto ASORIEGO

Aptitud	Descripción
<p>Cultivos transitorios semi-intensivos y ganadería intensiva Clase 4 Subclase 4hs* UCS: MQVBb1, c1</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tierras ubicadas en las vegas y sobrevegas del vallecito del paisaje montañoso, cuyas pendientes son inferiores al 12%; el clima es medio húmedo; los suelos son superficiales, pobremente drenados, de texturas moderadamente gruesas, con reacción (pH) fuertemente ácida y fertilidad natural baja. Toda la unidad presenta erosión ligera. • Limitaciones de uso: Clima medio húmedo y drenaje pobre e inundaciones frecuentes. • En esta clase son adecuadas la ganadería semi-intensiva y extensiva con pastos nativos e introducidos resistentes a las condiciones de humedad y sequedad como estrella, puntero y braquiaria. Cultivos transitorios semi-intensivos o de ciclos cortos como el maíz, yuca y plátano.
<p>Cultivos transitorios semi-intensivos y ganadería semi-intensiva Clase 4 Subclase 4pes UCS: MQLd1, d2.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tierras ubicadas en las laderas de las lomas y colinas residuales del paisaje montañoso denudacional, cuyas pendientes son inferiores al 25%; el clima es medio húmedo; los suelos son profundos, bien drenados, de texturas moderadamente finas, con reacción (pH) fuertemente ácida y fertilidad natural baja. Toda la unidad es afectada por erosión ligera y moderada. • Limitaciones de uso: Clima medio húmedo, erosión y pendientes fuertes. • En esta clase son adecuados los usos agrícolas en cultivos transitorios semi-intensivos y ganadería semi-intensiva en condiciones arables (con restricciones de labranza reducida) como los que se ocurren actualmente en el área, entre estos se pueden citar: tomate, maíz, plátano.



<p>Cultivos permanentes, ganadería extensiva o con pastos de corte para ganadería semi-estabulada. Clase 6 Subclase 6pe UCS: MQLe2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tierras localizadas en las laderas fuertemente quebradas de las lomas y colinas residuales del paisaje de montaña denudacional, con pendientes 25-50%; el clima es medio húmedo; afectadas por erosión moderada (2), los suelos son profundos, bien drenados, de texturas moderadamente finas, con reacción (pH) fuertemente ácida y fertilidad natural baja. • Limitaciones de uso: Clima medio húmedo, erosión y pendientes quebradas. En esta clase son adecuados únicamente los usos agrícolas en cultivos permanentes intensivos y pasturas de corte para ganadería semi-estabulada, de tal forma que ninguno de los usos ni prácticas actuales de cultivo son adecuados en estas tierras.
<p>Cobertura vegetal permanente del tipo multiestrata. Clase 7 Subclase 7s* UCS: MQFd2, e2, MRKc2, ep2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tierras localizadas en las laderas del cañón y de las filas y vigas del paisaje de montaña, con pendientes 12-25-50%; el clima es medio seco y frío húmedo; los suelos son superficiales y profundos, excesivamente drenados, con reacción (pH) fuertemente ácida y fertilidad natural baja, toda la unidad presenta erosión moderada. • En esta clase NO son permitidos los usos agrícolas o pecuarios, pues solamente se deben considerar usos en bosques de protección y/o vegetación permanente multiestrata. ninguno de los usos ni prácticas agronómicas actuales son adecuados.
<p>Cobertura vegetal permanente y plantaciones forestales con fines de protección y recuperación de suelos. Clase 7 Subclase 7e, 7p y 7pe UCS: MQLd3, e3, f3</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tierras localizadas en las laderas de las filas y vigas del paisaje de montaña, con pendientes 12-25-50%; el clima es medio húmedo; los suelos son profundos, excesivamente drenados, con reacción (pH) fuertemente ácida y fertilidad natural baja, toda la unidad presenta erosión severa. • En esta clase NO son permitidos los usos agrícolas o pecuarios, pues solamente se deben considerar usos en bosques de protección y/o recuperación de suelos. ninguno de los usos ni prácticas agronómicas actuales son adecuados.
<p>Plantaciones forestales con fines de protección y recuperación de suelos. Clase 7 Subclase 7pes* UCS:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tierras localizadas en las laderas del cañón y filas y vigas del paisaje de montaña, con pendientes 25-50-75%; el clima es templado seco y húmedo; afectadas por erosión severa (3) y piedra en superficie, los suelos son profundos, excesivamente drenados, de texturas limosas y gruesas, con reacción (pH) fuertemente ácida y fertilidad natural baja. • Limitaciones de uso: clima templado seco, pendientes



<p>MQFf3, fp3, MQLfp3, ep3</p>	<p>escarpadas, texturas limosas y gruesas y erosión severa</p> <ul style="list-style-type: none"> • En esta clase NO son permitidos los usos agrícolas o pecuarios, pues solamente se deben considerar usos en bosques de protección y/o recuperación de suelos. ninguno de los usos ni prácticas agronómicas actuales son adecuados.
<p>Cobertura vegetal permanente del tipo multiestrata. Clase 7 Subclase 7es* UCS: MRKd3, ep3</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tierras localizadas en las laderas del cañón del paisaje de montaña, con pendientes 12-25% y 25-50%; el clima es medio seco; los suelos son muy superficiales, bien a excesivamente drenados, con reacción (pH) fuertemente ácida y fertilidad natural baja, toda la unidad presenta erosión severa. • En esta clase NO son permitidos los usos agrícolas o pecuarios, pues solamente se deben considerar usos en bosques de protección y/o vegetación permanente multiestrata. ninguno de los usos ni prácticas agronómicas actuales son adecuados.
<p>Conservación paisajística. Clase 8 Subclase 8s* UCS: MR</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Unidad localizada en los afloramientos rocosos o áreas de misceláneos rocosos. • En esta clase NO son permitidos los usos agrícolas o pecuarios, pues solamente se deben considerar turismo paisajístico y conservación natural.
<p>*Subclases: s: Limitaciones del suelo (Prof. Efectiva, acidez, pedregosidad) e: Limitaciones de las tierras por grado de erosión (ligera, moderada y severa) p: Inclinación del terreno (pendiente) c: Clima medio seco (déficit de humedad por periodos largos)</p>	

Fuente: Los Autores

En la figura 19 se muestra el mapa de capacidad de uso en el proyecto ASORIEGO

8.1. Caracterización de los suelos irrigables

En la tabla N° 16 se relacionan a manera de síntesis, los resultados de las pruebas de laboratorio y campo que se llevaron a efecto para caracterizar los suelos irrigables integrados por los perfiles modales MG01 (Tubuga), MG04 (Mogotes), MG03 (Bebedero) y MG06 (Guacharaco), de acuerdo con las propiedades físicas que rigen a las condiciones hidrodinámicas fundamentales para analizar el comportamiento de las relaciones agua, suelo en el área del proyecto ASORIEGO.

En la tabla N° 22 se muestra los resultados de la interpretación y calificación de las pruebas de campo y laboratorio, en términos de su acercamiento o alejamiento de los valores considerados deseables para riego.

Tabla 22 Resultados de laboratorio propiedades físicas de suelos proyecto ASORIEGO

Propiedades físicas fundamentales en la caracterización hidrodinámica de los suelos bajo irrigación en el proyecto ASORIEGO									
Suelos (UCS)	Perfil Modal	Textura		Densidades gr/cm ³		Porosidad %	Cond. Hídrica cm/h	Infiltración cm/h	
		Tipo	Familia	Real	Aparente				
MQV	MG-01	FL	Limosa Gruesa	1.79	0.88	50.84	0.08	0.6	
MQV	MG-02	FL	Limosa Gruesa	1.92	0.97	49.48	1.30	1.2	
MQF	MG-03	FArL	Fina	1.92	1.22	36.46	0.29	2.4	
MQF	MG-04	FL	Limosa Fina	1.92	1.72	10.42	0.08	0.6	
MQL	MG-05	FL	Limosa Gruesa	1.92	1.09	43.23	1.20	1.3	
Continuación									
Suelos (UCS)	Perfil Modal	Constantes de humedad			Curva de retención humedad				
		0.3 atm C.C	15 atm P.M.P	C.C - P.M.P	0 Atm	0.3 Atm	1 Atm	5 Atm	15 Atm
MQV	MG-01	45.64	25.85	19.79	60.01	45.64	38.20	31.07	25.85
MQV	MG-02	36.75	14.64	22.11	54.19	36.75	28.34	20.66	14.64
MQF	MG-	28.	8	20.4	45.44	28.46	20.6	13.	8.0

	03	46		6			5	70	0
MQF	MG-04	24.56	12.36	12.2	37.13	24.56	20.01	15.46	12.36
MQL	MG-05	35.49	18.76	16.7	47.66	35.49	29.19	23.41	18.76

Interpretación en términos de la clasificación dada por resultados de análisis de laboratorio y las pruebas de campo de los suelos irrigables en el proyecto FUNACHI					
Suelos (UCS)	Perfil Modal	Textura	Porosidad	%	Densidad Aparente
MQV	MG-01	FL	Satisfactoria		Inconsistente
MQV	MG-02	FL	Baja		Inconsistente
MQF	MG-03	FArL	Muy Baja		Inconsistente
MQF	MG-04	FL	Muy Baja		Inconsistente
MQL	MG-05	FL	Baja		Inconsistente
Continuación					
Suelos (UCS)	Perfil Modal	Humedad Disponible	Conductividad hidráulica	Infiltración	
MQV	MG-01	Alta	Mod Baja	Mod Lenta	
MQV	MG-02	Muy Alta	Mod Alta	Mod Lenta	
MQF	MG-03	Muy Alta	Mod Baja	Moderada	
MQF	MG-04	Media	Mod Baja	Mod Lenta	
MQL	MG-05	Alta	Mod Alta	Mod Lenta	

Fuente: Laboratorio Calderón

– PERFIL MG01

La interpretación de resultados de laboratorio donde se caracterizaron las propiedades hidrodinámicas de los suelos del perfil MG01 evidencia en primer lugar una satisfactoria porosidad que facilita el almacenamiento de agua y aires en el espacio poroso (macroporos y microporos), lo cual se relaciona con un valor calculado de densidad real 1.79 g/cm^3 .

La humedad disponible (CC-PMP) se clasifica en el límite alto facilitando la capacidad de almacenamiento de agua que posteriormente puede ser aprovechada por las plantas. Los valores de conductividad hidráulica, infiltración ubican estas propiedades respectivamente en los límites moderadamente baja y moderadamente lenta. Los valores calculados de porosidad, humedad disponible (CC-PMP), son los esperados en suelos de textura "FL". Los valores de densidad aparente y real, conductividad hidráulica, infiltración difieren con los resultados

esperados en suelos de clase textural “FL” lo cual puede evidenciar el deterioro del recurso por compactación y mal manejo de la estructura.

– **PERFIL MG02**

La interpretación de resultados de laboratorio donde se caracterizaron las propiedades hidrodinámicas de los suelos del perfil MG-02 evidencia en primer lugar una baja porosidad que dificulta el almacenamiento de agua y aires en el espacio poroso (macroporos y microporos), esto debido a unos valores de Densidad Aparente y Densidad Real que se hayan respectivamente de los límites inconsistente e inadecuado sustentado a su vez con estos valores la compactación del suelo.

La humedad disponible (CC-PMP) se clasifica en el límite muy alto facilitando la capacidad de almacenamiento de agua que posteriormente puede ser aprovechada por las plantas. Los valores de conductividad hidráulica, infiltración ubican estas propiedades respectivamente en los límites moderadamente alta y moderadamente lenta. Los valores infiltración, humedad disponible son los esperados en suelos de clase textura “FL”. Los valores de densidad aparente y real, porosidad, conductividad hidráulica difieren con los resultados esperados en suelos de clase textural “FL” lo cual puede evidenciar el deterioro del recurso por compactación y mal manejo de la estructura.

– **PERFIL MG03**

La interpretación de resultados de laboratorio donde se caracterizaron las propiedades hidrodinámicas de los suelos del perfil MG-03 evidencia en primer lugar una muy baja porosidad que dificulta el almacenamiento de agua y aires en el espacio poroso (macroporos y microporos), esto debido a unos valores de Densidad Aparente y Densidad Real que se hayan respectivamente de los límites inconsistente e inadecuado sustentado a su vez con estos valores la compactación del suelo.

La humedad disponible (CC-PMP) se clasifica en el límite muy alto facilitando la capacidad de almacenamiento de agua que posteriormente puede ser aprovechada por las plantas. Los valores de conductividad hidráulica, infiltración ubican estas propiedades respectivamente en los límites moderadamente baja y moderada. Los valores infiltración, humedad disponible (CC-PMP) son los esperados en suelos de clase textura “FArL”. Los valores de densidad aparente y real, porosidad, conductividad hidráulica difieren con los resultados esperados en suelos de clase textural “FArL” lo cual puede evidenciar el deterioro del recurso por compactación y mal manejo de la estructura.

– **PERFIL MG04**

La interpretación de resultados de laboratorio donde se caracterizaron las propiedades hidrodinámicas de los suelos del perfil MG-04 evidencia en primer lugar una muy baja porosidad que dificulta el almacenamiento de agua y aires en el espacio poroso (macroporos y microporos), esto debido a unos valores de Densidad Aparente y Densidad Real que se hayan respectivamente de los límites inconsistente e inadecuado sustentado a su vez con estos valores la compactación del suelo.

La humedad disponible (CC-PMP) se clasifica en el límite medio facilitando la capacidad de almacenamiento de agua que posteriormente puede ser aprovechada por las plantas. Los valores de conductividad hidráulica, infiltración ubican estas propiedades respectivamente en los límites moderadamente baja y moderadamente lenta. El valor humedad disponible (CC-PMP) es el esperados en suelos de clase textura "FL". Los valores de densidad aparente y real, porosidad, conductividad hidráulica, infiltración difieren con los resultados esperados en suelos de clase textural "FL" lo cual puede evidenciar el deterioro del recurso por compactación y mal manejo de la estructura.

– **PERFIL MG05**

La interpretación de resultados de laboratorio donde se caracterizaron las propiedades hidrodinámicas de los suelos del perfil MG-05 evidencia en primer lugar una baja porosidad que dificulta el almacenamiento de agua y aires en el espacio poroso (macroporos y microporos), esto debido a unos valores de Densidad Aparente y Densidad Real que se hayan respectivamente de los límites inconsistente e inadecuado sustentado a su vez con estos valores la compactación del suelo.

La humedad disponible (CC-PMP) se clasifica en el límite alto facilitando la capacidad de almacenamiento de agua que posteriormente puede ser aprovechada por las plantas. Los valores de conductividad hidráulica, infiltración ubican estas propiedades respectivamente en los límites moderadamente alta y moderadamente lenta. Los valores humedad disponible (CC-PMP), infiltración son los esperados en suelos de clase textura "FL". Los valores de densidad aparente y real, porosidad, conductividad hidráulica, difieren con los resultados esperados en suelos de clase textural "FL" lo cual puede evidenciar el deterioro del recurso por compactación y mal manejo de la estructura.

8.2. Clases de tierras para riego

En condiciones de ladera la aptitud de las tierras para el riego está limitada principalmente por el factor pendiente, particularmente cuando la inclinación del terreno está entre el 12 y el 25% y por lo tanto, la aplicación de agua está condicionada a la ejecución de prácticas de conservación de los suelos y de manejo tanto del agua, como de las labores de siembra, aporque, desyerba o cualquier otra que implique alteración del horizonte superficial del suelo o capa

arable (prácticas agronómicas).

En caso de la ocurrencia de procesos de erosión en grado moderado es necesario ejecutar prácticas de recuperación de los suelos degradados, principalmente la siembra de cultivos densos, la exclusión del pastoreo de ganado estableciendo sistemas de estabulación o semi-estabulación e, inclusive la implementación de sistemas agroforestales.

En las áreas bajo irrigación la condición de acidez (reacción, pH) debe ser modificada en función de las exigencias de los cultivos e iguales criterios requiere el nivel de fertilidad cuyo manejo exige adición de fertilizantes y prácticas de abonamiento con énfasis en los denominados abonos verdes (siembra de leguminosas y gramíneas) y orgánicos como el bocachi y supermagro para incrementar el contenido de materia orgánica en la sección superior del perfil del suelo.

El efecto de la pequeña irrigación en el incremento de la productividad en las tierras y la resistencia de los suelos ante la acción de los factores ambientales y la actividad agrícola (cultivos, pastos) está estrechamente relacionada con el mejoramiento de las condiciones de labranza y de la calidad del componente edáfico como teatro de la vida y como soporte adecuado de las diferentes coberturas vegetales.

8.3. Clases de tierras por su aptitud para el riego

En los proyectos de pequeña irrigación, en condiciones de ladera, en donde **LAS TIERRAS IRRIGABLES ARABLES** fueron seleccionadas en base a criterios específicos de pendiente ($< 25\%$), erosión ligera y moderada (con restricciones), pedregosidad ($\leq 35\%$) excluyendo, además las áreas pertenecientes a ecosistemas estratégicos como los páramos. la clasificación en función de la irrigabilidad se hizo teniendo en cuenta limitaciones y/o restricciones para la aplicación de agua en función de la inclinación del terreno, la cual está estrechamente relacionada con la susceptibilidad del suelo al deterioro, con la concurrencia de procesos erosivos y de fases por pedregosidad, así como con condiciones químicas particulares que repercuten directamente y afectan significativamente la productividad de la tierra.

Un segundo grupo de tierras está compuesto por las **TIERRAS IRRIGABLES NO ARABLES**, las cuales se consideran susceptibles del beneficio del riego, **UNICAMENTE** en función de los usos en cultivos permanentes y **TIERRAS NO APTAS PARA USOS AGROPECUARIOS - CONSERVACIÓN**.

En consecuencia de lo expuesto en el caso del proyecto ASORIEGO se identificaron tres clases de tierras: Irrigables arables, Irrigables no arables y tierras no aptas para uso agropecuario - conservación, cuya descripción se presenta a continuación.

8.3.1. Tierras irrigables arables con prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos (AIPIC)

Las tierras de esta clase presentan topografía ligera a moderadamente inclinada y fuertemente ondulada con pendientes 3-7-12-25%, lo que les confiere un grado moderado a alto de susceptibilidad al deterioro.

Los suelos son profundos, bien drenados, de texturas moderadamente finas, ácidos y de fertilidad natural baja.

Los resultados del laboratorio de las propiedades físicas de estas tierras indican, que la densidad real es muy baja (1.79 y 1.92 gr/cm³) y la aparente muy baja y alta (0.88 y 1.72 gr/cm³), posiblemente se presenta taponamiento de los poros por limo, la porosidad es adecuada y muy baja (50,84% y 10.42%), la infiltración moderadamente lenta (0.6 cm/h), la conductividad hidráulica moderadamente baja (0.08 cm/h) y la disponibilidad de agua para las plantas (CC-PMP) es media a alta; en la interpretación se deduce que estos resultados es consecuencia del disturbio de los suelos o pisoteo del ganado e inclusive de la textura franco limosa, que afecta la porosidad de los suelos.

Las prácticas de manejo y conservación de las tierras de la clase AIPIC deben enfocarse a evitar procesos erosivos controlando rigurosamente la lámina de agua y el tiempo de su aplicación; evitando en lo posible, el pisoteo del ganado (uso adecuado semi-estabulando) o manejándolo mediante el sistema de estaca, propio de la región; lo anterior implica la siembra de pastos de corte. Fertilización acorde con los análisis de suelos para cultivos y pastos.

Las tierras son aptas para cultivos transitorios semi-intensivos y para pastos de corte. La semi-estabulación y la siembra de bancos de proteínas (leguminosas), es una excelente opción como práctica conservacionista.

Las limitaciones para una productividad óptima son: clima medio húmedo y pendientes fuertemente onduladas, moderada a alta susceptibilidad al deterioro, infiltración moderadamente lenta y conductividad hidráulica moderadamente baja.

- **Los usos dados por los usuarios en este tipo de tierras en la situación actual del proyecto son adecuados en función de la oferta de las tierras**
- **Esta clase de tierras ocupa 2759 hectáreas, que representan el 48,9% del área del estudio.**

8.3.2. Tierras irrigables, NO arables con prácticas intensivas de conservación de suelos. (NAIPIC)

Las tierras de esta clase presentan topografía fuertemente quebrada, con

pendientes 25-50% lo que les confiere un grado alto a muy alto de susceptibilidad al deterioro cuando son manejadas de manera inadecuada, tienen suelos profundos, bien drenados, de texturas moderadamente finas, ácidos y de fertilidad natural baja.

Los resultados de las propiedades físicas de estas tierras indican, que la densidad real es muy baja (1,92 gr/cm³) y la aparente muy alta (1.72 gr/cm³), la porosidad (26,80%) muy baja, la infiltración (4.3 cm/h) moderada lenta, la conductividad hidráulica (0.68 cm/h), moderadamente baja y la disponibilidad de agua para las plantas (CC-PMP) es adecuada.

Las prácticas de manejo y conservación de las tierras de la clase NAIPICS deben enfocarse a usos en cultivos permanentes, de pasturas de corte para evitar el incremento de los procesos erosivos que actualmente ocurren, se debe **CONTROLAR DE MANERA EXTREMADAMENTE RIGUROSA** la lámina de agua y el tiempo de su aplicación; evitando el pisoteo del ganado; para mejorar la producción es necesario aplicar abonos compuestos ricos en fósforo, magnesio y potasio; así como el uso de otras especies como leguminosas para aumentar la cantidad y calidad del forraje para el ganado.

Las tierras son aptas únicamente para cultivos permanentes y/o pasturas de corte.

- **Los usos dados por los usuarios en este tipo de tierras en la situación actual del proyecto no son adecuados en función de la oferta de las tierras**
- **Esta clase de tierras ocupa 756,1 hectáreas, que representan el 13,4% del área de estudio**

8.3.3. Tierras no aptas para usos agropecuarios-conservación.

Las tierras de esta clase se clasifican como no aptas para usos agropecuarios debido a condiciones de pendientes, procesos de erosión moderados y severos, suelos muy superficiales, misceláneos rocosos.

- **Esta clase de tierras ocupa 2125,9 hectáreas, que representan el 37,68% del área de estudio**

En la tabla N° 23 se muestra la distribución de tierras en función de la aptitud para riego en el área del proyecto

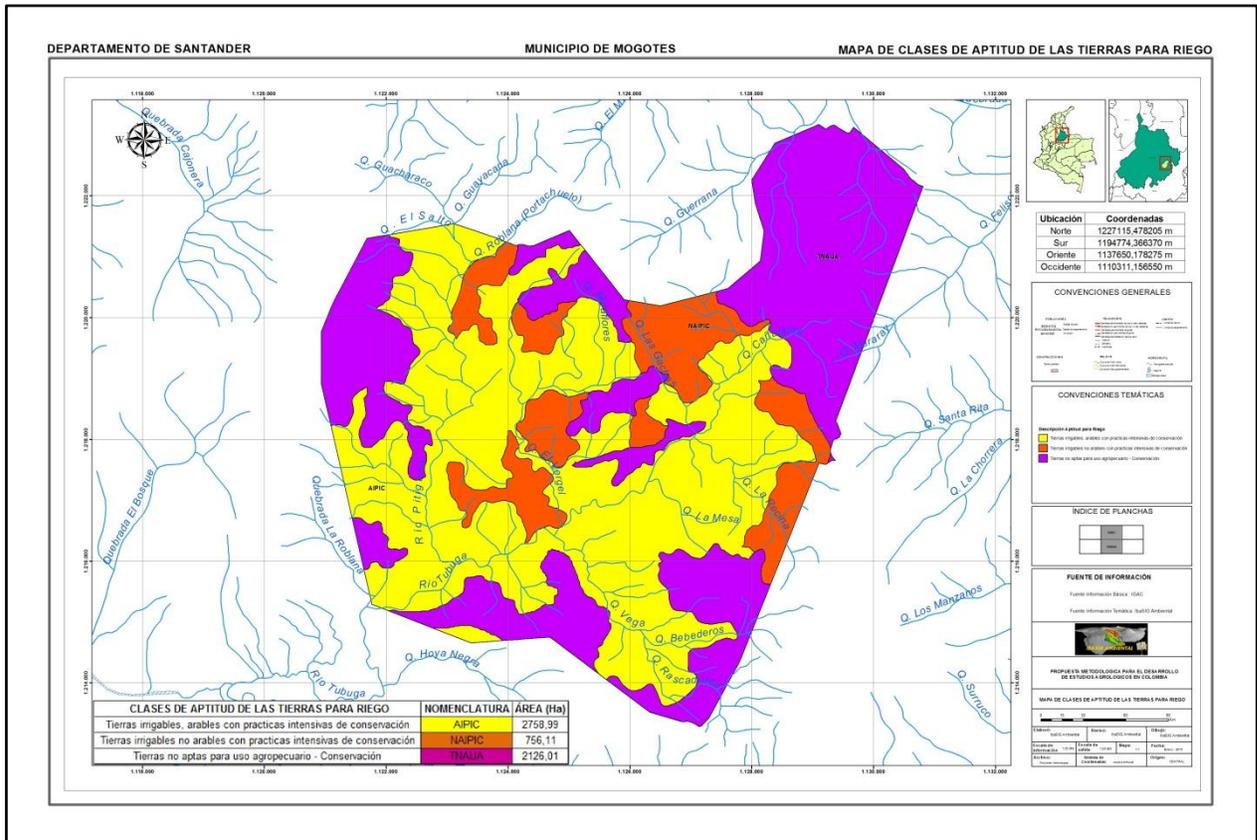
Tabla 23 Distribución de las clases de tierras en el área del proyecto

Descripción	Símbolo	Área (Ha)	% de Área
Tierras arables, irrigables con prácticas intensivas de conservación	AIPIC	2759,1	48,91
Tierras no arables, no irrigables con prácticas intensivas de conservación	NAPIC	756,1	13,41
Tierras no aptas para uso agropecuario - Conservación	TNAUA	2125,9	37,68
Área de estudio		5641,1	100,0

Fuente: Los Autores

En la figura N° 20 se muestra el mapa de clases de aptitud de las tierras para riego.

Figura 20 Clases de aptitud de las tierras para riego, proyecto ASORIEGO



Fuente: Los Autores

9. CONCLUSIONES

- El propósito fundamental del sistema de clasificación es el de agrupar los suelos con base en su capacidad para producir plantas cultivadas (cultivos tanto transitorios como semipermanentes y permanentes, pastos y bosques), desde un punto de vista general y no para cultivos o tipos de utilización específicos, por largos períodos en forma sostenible y sin deterioro del suelo.
- La clasificación por capacidad de uso es de carácter interpretativo y se fundamenta en los efectos combinados del clima ambiental y las características permanentes de los suelos, sobre los riesgos de deterioro, las limitaciones en su uso, la capacidad de producción y los requerimientos de manejo del suelo.
- El agrupamiento por capacidad está sujeto a cambios, en la medida en que se obtenga más información sobre el comportamiento y la respuesta de los suelos a las prácticas de manejo.
- Las tierras adecuadas mediante drenaje e irrigación se clasifican de acuerdo con sus limitaciones permanentes y/o con los riesgos de daño, bajo los sistemas actuales o potenciales de manejo.

10. BIBLIOGRAFÍA

BOUL, S.W.; HOLE, F.D.; MACCRACKEN, R.J. Génesis y Clasificación de Suelos. México, 1981.

CORTÉS L., Abdón. Geografía de Suelos de Colombia, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, 1982.

FASSBENDER, Hans W.; BORNEMISZA, Elemer. Química de Suelos con Énfasis en Suelos de América Latina. San José, 1987.

IGAC. Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos, Subdirección de Agrología. Bogotá, 1998.

PLASTER, Edgard J. La Ciencia del Suelo y su Manejo. Editorial Paraninfo, España, 2000.

POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos, 1997.

SOIL SURVEY STAFF, Keys to Soil Taxonomy, United States Department of Agriculture, USDA, Ninth Edition. Washington D.C., 2006.

UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO, Los Levantamientos Agrológicos y sus Aplicaciones Múltiples, 1984.

VILLOTA, Hugo. Geomorfología Aplicada a los Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras. IGAC, 2005.

VILLOTA, Hugo. Sistema de Clasificación Fisiográfica

ZINCK, Alfred. Geopedología. 2012.

Anexo 1 Resultados Análisis de laboratorio PERFIL MG-01

**ANÁLISIS
de
SUELOS**

Propietario: SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia
Dirección: Cll 35 No. 7 - 25 P 4
Ciudad: Bogotá

Fecha de Análisi: 2014-08-28 No. Laboratorio: AS 72569
Fecha de Muestr: 2014-08-20 Fecha de Recepc: 2014-08-20

229	Cultivo	Variedad	Edad	Municipio
	SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE
	Finca		Lote	
	MG-01		Prof: 0-16 cm	

Potasio	meq/100cc	0.22	B	pH	5.05	Nro. de Orden	51809
Calcio	meq/100cc	0.92	D				
Magnesio	meq/100cc	0.23	D	Arena %	% 2		
Sodio	meq/L	0.31	B	Limo %	% 75		
Aluminio Int.	meq/100cc	1.70	E	Arcilla %	% 23		
C.I.C.	meq/100cc	4.00	D	Textura	Franco-Limosa		
				M.Orgánica	% 4.15		
Fósforo	ppm	12	D	C.O.	% 2.41		
Hierro	ppm	493	M	SatBases:	% 34.72		
Manganeso	ppm	11	D				
Cobre	ppm	1	B	Densidad Real:	g/cc 1.79		
Zinc	ppm	1	D	Potasio Total:	meq/100g 4.32		Asistente Técnico
Boro	ppm	0	D	Calcio Total:	meq/100g 3.92		Carlos Andres Rojas
Carbonatos:	%	0.00		Magnesio Total:	meq/100g 12.63		
Densidad Aparente (Método Cilindro):	g/cc	0.88		Sodio Total:	meq/100g 1.77		

**ANÁLISIS
de
SUELOS**

Propietario: SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia
Dirección: Cll 35 No. 7 - 25 P 4
Ciudad: Bogotá

Fecha de Análisi: 2014-08-28 No. Laboratorio: AS 72585
Fecha de Muestr: 2014-08-20 Fecha de Recepc: 2014-08-20

	Cultivo	Variedad	Edad	Municipio
	SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE
	Finca		Lote	
	MG-01		Prof: 16-32 cm	

Arena %	%	5
Limo %	%	84
Arcilla %	%	11
Textura		Limosa

Nro. de Orden 51809

Asistente Técnico
Carlos Andres Rojas

**ANÁLISIS
de
SUELOS**

Propietario: SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia
Dirección: Cll 35 No. 7 - 25 P 4
Ciudad: Bogotá

Fecha de Análisi 2014-08-28 **No. Laboratorio** AS 72584
Fecha de Muestra 2014-08-20 **Fecha de Recepci** 2014-08-20

Cultivo	Variedad	Edad	Municipio
SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE
Finca MG-01		Lote Prof: 32-50 cm	

Nro. de Orden 51809

Arena % % 7
Limo % % 60
Arcilla % % 33
Textura Franco-Arcillo-Limosa

Asistente Técnico
Carlos Andres Rojas

**ANÁLISIS
de
SUELOS**

Propietario: SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia
Dirección: Cll 35 No. 7 - 25 P 4
Ciudad: Bogotá

Fecha de Análisi 2014-08-28 **No. Laboratorio** AS 72587
Fecha de Muestra 2014-08-20 **Fecha de Recepci** 2014-08-20

Cultivo	Variedad	Edad	Municipio
SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE
Finca MG-01		Lote Prof: 50-90 cm	

Nro. de Orden 51809

Arena % % 20
Limo % % 68
Arcilla % % 12
Textura Franco-Limosa

Asistente Técnico
Carlos Andres Rojas

ANÁLISIS de SUELOS		Propietario	SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia	Fecha de Análisi	No. Laboratorio
	Dirección:	Cll 35 No. 7 - 25 P 4		2014-08-28	AS 72586
	Ciudad:	Bogotá		Fecha de Muestra	Fecha de Recepci
				2014-08-20	2014-08-20
Cultivo	Variedad	Edad	Municipio		
SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE		
Finca		Lote			
MG-01A					
				Nro. de Orden	51809
Arena %		%	0		
Limo %		%	88		
Arcilla %		%	12		
Textura		Franco-Limosa			
				Asistente Técnico	
				Carlos Andres Rojas	

Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón

ANÁLISIS DE SUELO FÍSICO No. 2900

Propietario:	SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia	Nro. de Orden:	51809
Dirección:	Cll 35 No. 7 - 25 P 4	Fecha de Muestreo:	2014-08-20
Ciudad:	Bogotá	Fecha de Recepción:	2014-08-20
		Fecha de Análisis:	2014-08-28

Municipio:	SIN ESPECIFICAR	SNE
Identificación:	MG-01	
Otros Datos:	Prof: 0-16 cm	
Remitente:	Carlos Andres Rojas	

REPORTE DE RESULTADOS

Capacidad de Campo (0,3 Atm)	45.64	%P/V	LBC 356 Método de la Olla a Presión
Punto de Marchitez Permanente (15 Atm)	25.85	%P/V	LBC 356 Método de la Olla a Presión

Felipe Calderón Sáenz
Director General

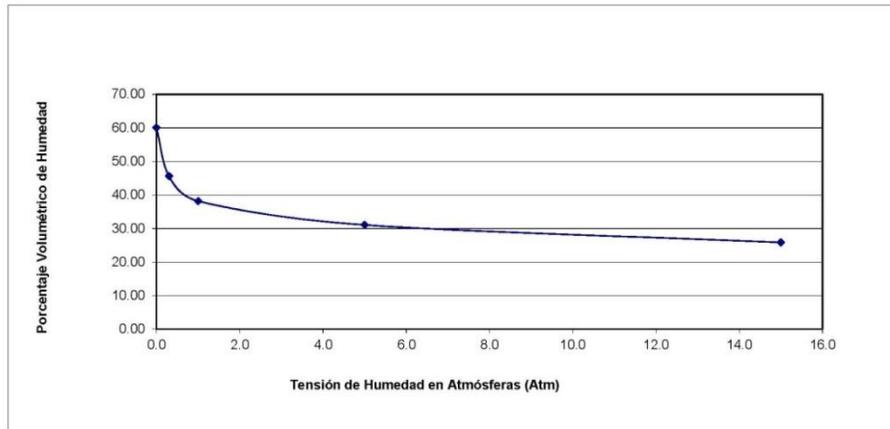
Angela Camelo Salcedo
Ingeniera Agrónoma

Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón



CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

Afisuel No. 2900



	Tensión de humedad; Atm.	Humedad Ajustada %
Capacidad de Campo	0.3	45.64
	1.0	38.20
	5.0	31.07
Punto de Marchitez Permanente	15.0	25.85

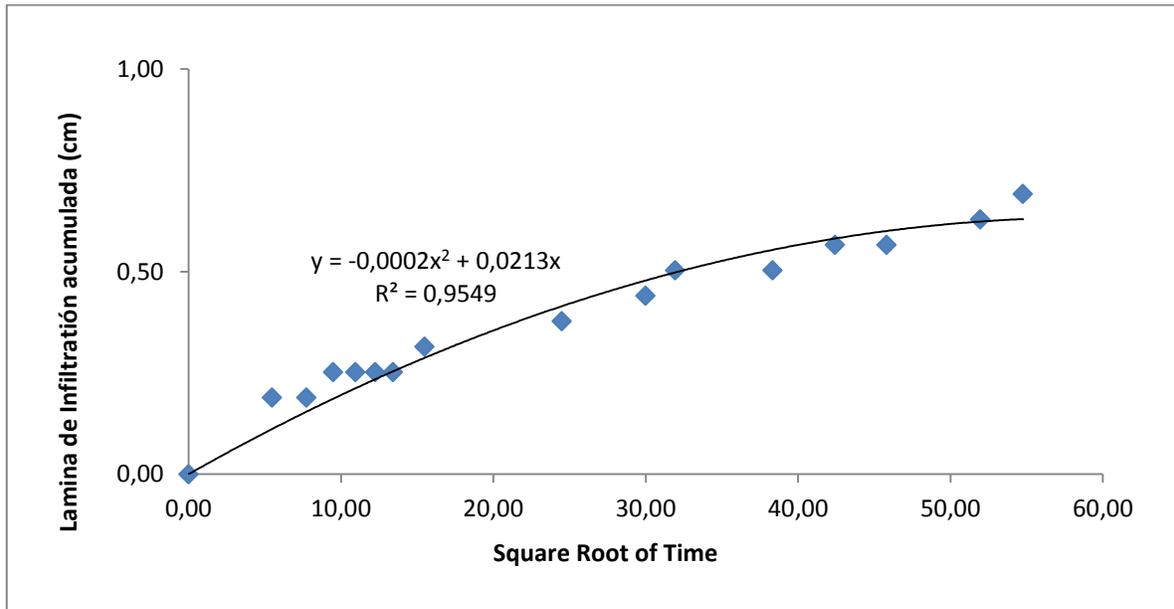
Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón

**Anexo 2 Datos para cálculo de la Infiltración, Conductividad hidráulica
PERFIL MG-01**

Time (s)	sqrt (t)	Volume (mL)	Infilt Acum (cm)	Infil Instan
0	0,00	90,0	0,00	
30	5,48	87,0	0,19	0,19
60	7,75	87,0	0,19	0,00
90	9,49	86,0	0,25	0,06
120	10,95	86,0	0,25	0,00
150	12,25	86	0,25	0,00
180	13,42	86	0,25	0,00
240	15,49	85	0,31	0,06
600	24,49	84	0,38	0,06
900	30,00	83	0,44	0,06
1020	31,94	82	0,50	0,06
1470	38,34	82	0,50	0,00
1800	42,43	81	0,57	0,06
2100	45,83	81	0,57	0,00
2700	51,96	80	0,63	0,06
3000	54,77	79	0,69	0,06

Fuente: Hoja de cálculo Microsoft Excel Minidisk-Infiltrómetro-Macro-V.3

Anexo 3 Curva de Infiltración acumulada PERFIL MG-01



Fuente: Hoja de cálculo Microsoft Excel Minidisk-Infiltrómetro-Macro-V.3

Anexo 4 Resultados análisis de laboratorio PERFIL MG-02

ANÁLISIS de SUELOS

Propietario: SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia
Dirección: Cll 35 No. 7 - 25 P 4
Ciudad: Bogotá

Fecha de Análisis: 2014-08-28 No. Laboratorio: AS 72564
Fecha de Muestra: 2014-08-20 Fecha de Recepción: 2014-08-20

Cultivo	Variedad	Edad	Municipio
SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE
Finca: MG-02		Lote: Prof: 0-20 cm	

Potasio	meq/100cc	0.36	B	pH	5.84	Nro. de Orden	51809
Calcio	meq/100cc	8.49	M	Arena %	0		
Magnesio	meq/100cc	1.71	B	Limo %	90		
Sodio	meq/L	0.87	M	Arcilla %	10		
Aluminio Int.	meq/100cc	0.10	B	Textura	Limosa		
C.I.C.	meq/100cc	13.00	M	M.Orgánica	2.21		
Fósforo	ppm	15	B	C.O.	1.28		
Hierro	ppm	246	M	SatBases:	81.59		
Manganeso	ppm	51	M	Densidad Real:	g/cc 1.92		
Cobre	ppm	1	M	Potasio Total:	meq/100g 6.05		Asistente Técnico
Zinc	ppm	3	M	Calcio Total:	meq/100g 10.85		Carlos Andres Rojas
Boro	ppm	0	D	Magnesio Total:	meq/100g 18.02		
Carbonatos:	%	0.00		Sodio Total:	meq/100g 1.89		
Densidad Aparente (Método Cilindro):	g/cc	0.97					

ANÁLISIS de SUELOS

Propietario: SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia
Dirección: Cll 35 No. 7 - 25 P 4
Ciudad: Bogotá

Fecha de Análisis: 2014-08-28 No. Laboratorio: AS 72572
Fecha de Muestra: 2014-08-20 Fecha de Recepción: 2014-08-20

Cultivo	Variedad	Edad	Municipio
SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE
Finca: MG-02		Lote: Prof: 20-40 cm	

Arena %	%	22
Limo %	%	66
Arcilla %	%	12
Textura		Franco-Limosa

Nro. de Orden 51809

Asistente Técnico
Carlos Andres Rojas

ANÁLISIS de SUELOS	Propietario:	SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia	Fecha de Análisi:	2014-08-28	No. Laboratorio:	AS 72573	
	Dirección: Ciudad:	CII 35 No. 7 - 25 P 4 Bogotá	Fecha de Muestra:	2014-08-20	Fecha de Recepci:	2014-08-20	
Cultivo:	Variedad:	Edad:	Municipio:				
SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE				
Finca:			Lote:				
MG-02			Prof: 40-65 cm				
						Nro. de Orden	51809
Arena %		%	4				
Limo %		%	80				
Arcilla %		%	16				
Textura		Franco-Limosa					
						Asistente Técnico	Carlos Andres Rojas

ANÁLISIS de SUELOS	Propietario:	SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia	Fecha de Análisi:	2014-08-28	No. Laboratorio:	AS 72574	
	Dirección: Ciudad:	CII 35 No. 7 - 25 P 4 Bogotá	Fecha de Muestra:	2014-08-20	Fecha de Recepci:	2014-08-20	
Cultivo:	Variedad:	Edad:	Municipio:				
SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE				
Finca:			Lote:				
MG-02			Prof: 65-90 cm				
						Nro. de Orden	51809
Arena %		%	4				
Limo %		%	69				
Arcilla %		%	27				
Textura		Franco-Arcillo-Limosa					
						Asistente Técnico	Carlos Andres Rojas

Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón

ANÁLISIS DE SUELO FÍSICO No. 2895

Propietario:	SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia	Nro. de Orden:	51809
Dirección:	Cll 35 No. 7 - 25 P 4	Fecha de Muestreo:	2014-08-20
Ciudad:	Bogotá	Fecha de Recepción:	2014-08-20
		Fecha de Análisis:	2014-08-28
Municipio:	SIN ESPECIFICAR	SNE:	
Identificación:	MG-02		
Otros Datos:	Prof: 0-20 cm		
Remitente:	Carlos Andres Rojas		

REPORTE DE RESULTADOS

Capacidad de Campo (0,3 Atm)	36.75	%P/V	LBC 356 Método de la Olla a Presión
Punto de Marchitez Permanente (15 Atm)	14.64	%P/V	LBC 356 Método de la Olla a Presión

Felipe Calderón Sáenz
Director General

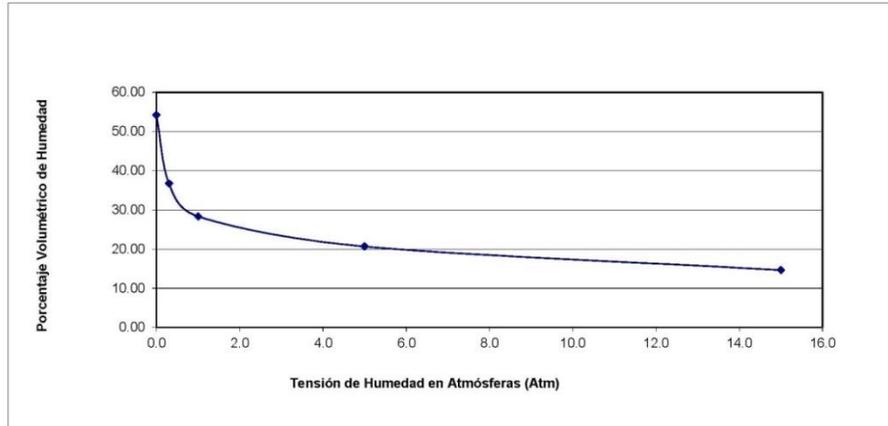
Angela Camelo Salcedo
Ingeniera Agrónoma

Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón



CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

Afisuel No. 2895



	Tensión de humedad; Atm.	Humedad Ajustada %
Capacidad de Campo	0.3	36.75
	1.0	28.34
	5.0	20.66
Punto de Marchitez Permanente	15.0	14.64

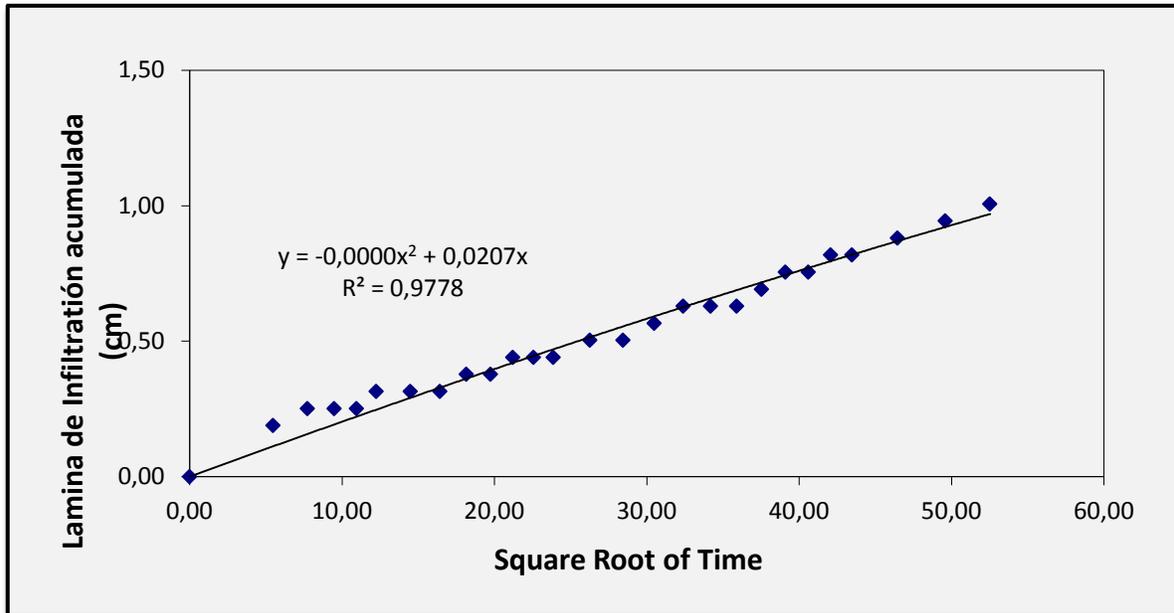
Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón

**Anexo 5 Datos usados para cálculo de Infiltración y Conductividad
Hidráulica PERFIL MG-02**

Time (min)	sqrt (t)	Volume (mL)	Infilt Acum (cm)	Infil Instan
0	0,00	92,0	0,00	
30	5,48	89,0	0,19	0,19
60	7,75	88,0	0,25	0,06
90	9,49	88,0	0,25	0,00
120	10,95	88,0	0,25	0,00
150	12,25	87	0,31	0,06
210	14,49	87	0,31	0,00
270	16,43	87	0,31	0,00
330	18,17	86	0,38	0,06
390	19,75	86	0,38	0,00
450	21,21	85	0,44	0,06
510	22,58	85	0,44	0,00
570	23,87	85	0,44	0,00
690	26,27	84	0,50	0,06
810	28,46	84	0,50	0,00
930	30,50	83	0,57	0,06
1050	32,40	82	0,63	0,06
1170	34,21	82	0,63	0,00
1290	35,92	82	0,63	0,00
1410	37,55	81	0,69	0,06
1530	39,12	80	0,75	0,06
1650	40,62	80	0,75	0,00
1770	42,07	79	0,82	0,06
1890	43,47	79	0,82	0,00
2160	46,48	78	0,88	0,06
2460	49,60	77	0,94	0,06
2760	52,54	76	1,01	0,06

Hoja de cálculo Microsoft Excel Minidisk-Infiltrómetro-Macro-V.3

Anexo 6 Curva Infiltración acumulada PERFIL MG-02



Hoja de cálculo Microsoft Excel Minidisk-Infiltrómetro-Macro-V.3

Anexo 7 Resultados Análisis de laboratorio PERFIL MG-02

ANÁLISIS de SUELOS

Pro: **510** rto SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia
Dirección: Cll 35 No. 7 - 25 P 4
Ciudad: Bogotá

Fecha de Análisi No. Laboratorio
2014-08-28 AS 72590
Fecha de Muestr Fecha de Recepc
2014-08-20 2014-08-20

229	Cultivo	Variedad	Edad	Municipio
	SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE
	Finca MG-03		Lote Prof: 0-20 cm	

Potasio	meq/100cc	0.11	D	pH	4.88	Nro. de Orden	51809
Calcio	meq/100cc	0.48	D	Arena %	4		
Magnesio	meq/100cc	0.23	D	Limo %	96		
Sodio	meq/L	0.28	B	Arcilla %	0		
Aluminio Int.	meq/100cc	1.10	E	Textura	Limosa		
C.I.C.	meq/100cc	3.00	D	M.Orgánica	1.84		
Fósforo	ppm	2	D	C.O.	1.07		

Hierro	ppm	38	D	SatBases:	%	27.76
Manganeso	ppm	9	D			
Cobre	ppm	0	B	Densidad Real:	g/cc	1.92
Zinc	ppm	8	A	Potasio Total:	meq/100g	8.57
Boro	ppm	0	D	Calcio Total:	meq/100g	2.69
Carbonatos:	%	0.00		Magnesio Total:	meq/100g	5.93
Densidad Aparente (Método Cilindro):	g/cc	1.22		Sodio Total:	meq/100g	1.94

Asistente Técnico
Carlos Andres Rojas

ANÁLISIS de SUELOS

Propietario SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia
Dirección: Cll 35 No. 7 - 25 P 4
Ciudad: Bogotá

Fecha de Análisi No. Laboratorio
2014-08-28 AS 72599
Fecha de Muestr Fecha de Recepc
2014-08-20 2014-08-20

	Cultivo	Variedad	Edad	Municipio
	SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE
	Finca MG-03		Lote Prof: 20-100 cm	

Arena %	%	0
Limo %	%	50
Arcilla %	%	50
Textura		Arcillo-Limosa

Nro. de Orden 51809

Asistente Técnico
Carlos Andres Rojas

ANÁLISIS de SUELOS		Propietario	SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia	Fecha de Análisi	No. Laboratorio
	Dirección:	Cll 35 No. 7 - 25 P 4		2014-08-28	AS 72600
	Ciudad:	Bogotá		2014-08-20	2014-08-20
Cultivo	Variedad	Edad	Municipio		
SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE		
Finca		Lote			
MG-03A					
				Nro. de Orden	51809
Arena %	%	7			
Limo %	%	56			
Arcilla %	%	37			
Textura		Franco-Arcillo-Limosa			
				Asistente Técnico	
				Carlos Andres Rojas	

Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón.

ANÁLISIS DE SUELO FÍSICO No. 2902

Propietario:	SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia	Nro. de Orden:	51809
Dirección:	Cll 35 No. 7 - 25 P 4	Fecha de Muestreo:	2014-08-20
Ciudad:	Bogotá	Fecha de Recepción:	2014-08-20
		Fecha de Análisis:	2014-08-28

Municipio:	SIN ESPECIFICAR	SNE
Identificación:	MG-03	
Otros Datos:	Prof: 0-20 cm	
Remitente:	Carlos Andres Rojas	

REPORTE DE RESULTADOS

Capacidad de Campo (0,3 Atm)	28.46	%P/V	LBC 356 Método de la Olla a Presión
Punto de Marchitez Permanente (15 Atm)	8	%P/V	LBC 356 Método de la Olla a Presión

Felipe Calderón Sáenz
Director General

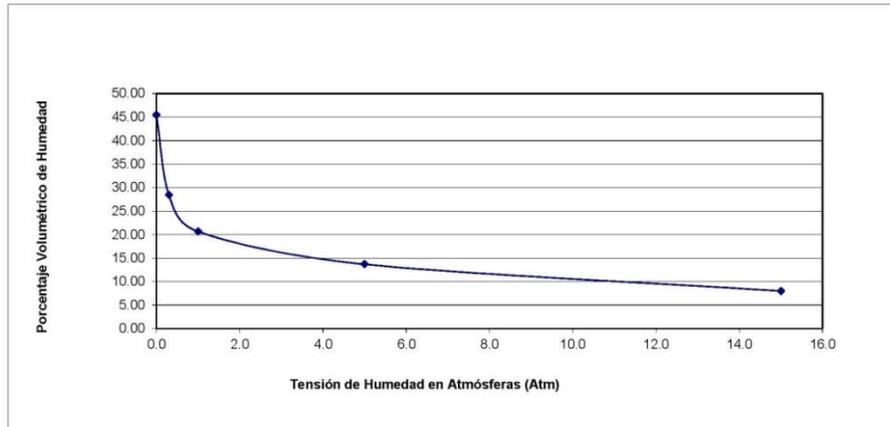
Angela Camelo Salcedo
Ingeniera Agrónoma

Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón.



CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

Afisuel No. 2902



	Tensión de humedad; Atm.	Humedad Ajustada %
Capacidad de Campo	0.0	45.44
	0.3	28.46
	1.0	20.65
	5.0	13.70
Punto de Marchitez Permanente	15.0	8.00

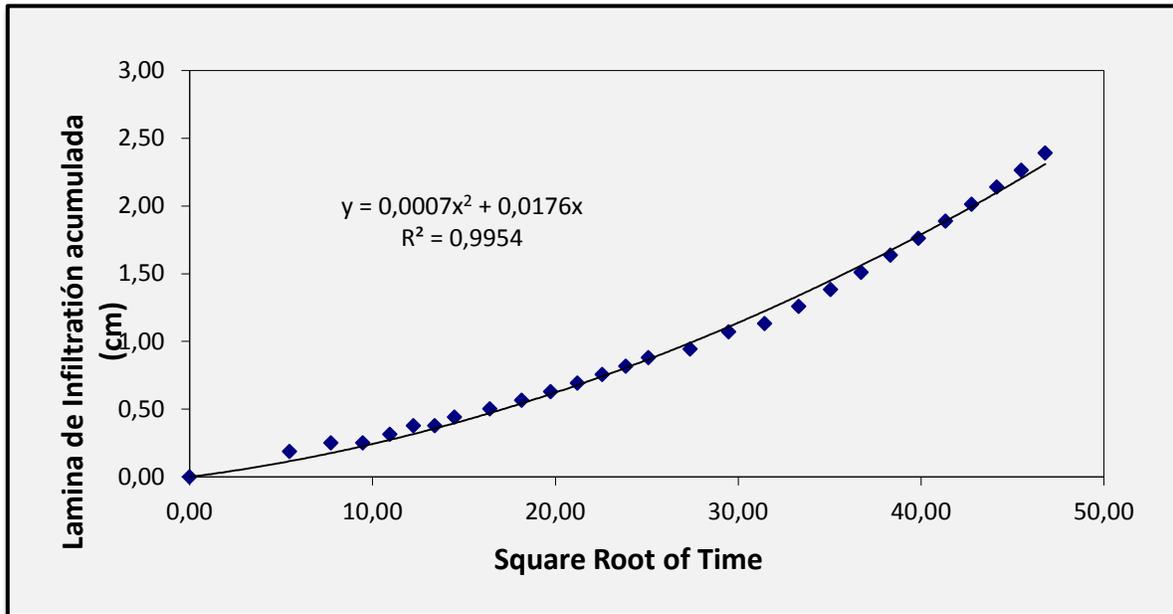
Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón.

**Anexo 8 Datos para cálculo de la Infiltración, Conductividad hidráulica
PERFIL MG-03**

Time (min)	sqrt (t)	Volume (mL)	Infilt Acum (cm)	Infil Instan
0	0,00	91,0	0,00	
30	5,48	88,0	0,19	0,19
60	7,75	87,0	0,25	0,06
90	9,49	87,0	0,25	0,00
120	10,95	86,0	0,31	0,06
150	12,25	85	0,38	0,06
180	13,42	85	0,38	0,00
210	14,49	84	0,44	0,06
270	16,43	83	0,50	0,06
330	18,17	82	0,57	0,06
390	19,75	81	0,63	0,06
450	21,21	80	0,69	0,06
510	22,58	79	0,75	0,06
570	23,87	78	0,82	0,06
630	25,10	77	0,88	0,06
750	27,39	76	0,94	0,06
870	29,50	74	1,07	0,13
990	31,46	73	1,13	0,06
1110	33,32	71	1,26	0,13
1230	35,07	69	1,38	0,13
1350	36,74	67	1,51	0,13
1470	38,34	65	1,64	0,13
1590	39,87	63	1,76	0,13
1710	41,35	61	1,89	0,13
1830	42,78	59	2,01	0,13
1950	44,16	57	2,14	0,13
2070	45,50	55	2,26	0,13
2190	46,80	53	2,39	0,13

Fuente: Hoja de cálculo Microsoft Excel Minidisk-Infiltrómetro-Macro-V.3

Anexo 9 Curva de Infiltración acumulada PERFIL MG-03



Fuente: Hoja de cálculo Microsoft Excel Minidisk-Infiltrómetro-Macro-V.3

Anexo 10 Resultados análisis de laboratorio PERFIL MG-04

ANÁLISIS de SUELOS				Fecha de Análisi		No. Laboratorio	
Pro: 540				2014-08-28		AS 72593	
Dirección: SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia				Fecha de Muestr		Fecha de Recepc	
Ciudad: Cll 35 No. 7 - 25 P 4				2014-08-20		2014-08-20	
229	Cultivo	Variedad	Edad	Municipio			
SIN ESPECIFICAR		NO ESPECIFICADA	0	No Especificada		SIN ESPECIFICAR SNE	
Finca			Lote				
MG-04			Prof: 0-35 cm				
Potasio	meq/100cc	0.15	D	pH	5.21	Nro. de Orden 51809	
Calcio	meq/100cc	0.15	D				
Magnesio	meq/100cc	0.11	D	Arena %	% 42		
Sodio	meq/L	0.52	M	Limo %	% 50		
Aluminio Int.	meq/100cc	1.50	E	Arcilla %	% 8		
C.I.C.	meq/100cc	3.00	D	Textura	Franco-Limosa		
				M.Orgánica	% 2.19		
Fósforo	ppm	2	D	C.O.	% 1.27		
Hierro	ppm	18	D	SalBases:	% 14.31		
Manganeso	ppm	7	D				
Cobre	ppm	0	D	Densidad Real:	g/cc 1.92		
Zinc	ppm	2	B	Potasio Total:	meq/100g 1.66	Asistente Técnico	
Boro	ppm	0	D	Calcio Total:	meq/100g 3.24	Carlos Andres Rojas	
Carbonatos:	%	0.00		Magnesio Total:	meq/100g 6.05		
Densidad Aparente (Método Cilindro):	g/cc	1.45		Sodio Total:	meq/100g 1.93		

ANÁLISIS de SUELOS				Fecha de Análisi		No. Laboratorio	
Propietario: SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia				2014-08-28		AS 72605	
Dirección: Cll 35 No. 7 - 25 P 4				Fecha de Muestr		Fecha de Recepc	
Ciudad: Bogotá				2014-08-20		2014-08-20	
Cultivo	Variedad	Edad	Municipio				
SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0	No Especificada		SIN ESPECIFICAR SNE		
Finca			Lote				
MG-04			Prof: 35-10B cm				
				Nro. de Orden 51809			
				Arena %	% 7		
				Limo %	% 68		
				Arcilla %	% 25		
				Textura	Franco-Limosa		
				Asistente Técnico			
				Carlos Andres Rojas			

ANÁLISIS de SUELOS		Propietario	Fecha de Análisi	No. Laboratorio
		SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia	2014-08-28	AS 72606
		Dirección: CII 35 No. 7 - 25 P 4	Fecha de Muestra	Fecha de Recepci
		Ciudad: Bogotá	2014-08-20	2014-08-20
Cultivo	Variedad	Edad	Municipio	
SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE	
Finca		Lote		
MG-04A				
Nro. de Orden 51809				
Arena %	%	45		
Limo %	%	55		
Arcilla %	%	0		
Textura		Franco-Limosa		
Asistente Técnico Carlos Andres Rojas				

Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón

ANÁLISIS DE SUELO FÍSICO No. 2905

Propietario:	SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia	Nro. de Orden:	51809
Dirección:	Cll 35 No. 7 - 25 P 4	Fecha de Muestreo:	2014-08-20
Ciudad:	Bogotá	Fecha de Recepción:	2014-08-20
		Fecha de Análisis:	2014-08-28

Municipio:	SIN ESPECIFICAR	SNE
Identificación:	MG-04	
Otros Datos:	Prof: 0-35 cm	
Remitente:	Carlos Andres Rojas	

REPORTE DE RESULTADOS

Capacidad de Campo (0,3 Atm)	24.56	%P/V	LBC 356 Método de la Olla a Presión
Punto de Marchitez Permanente (15 Atm)	12.36	%P/V	LBC 356 Método de la Olla a Presión
Densidad Aparente por Terrón Parafinado	1.72	g/cm ³	LBC 111 Terrón Parafinado

Felipe Calderón Sáenz
Director General

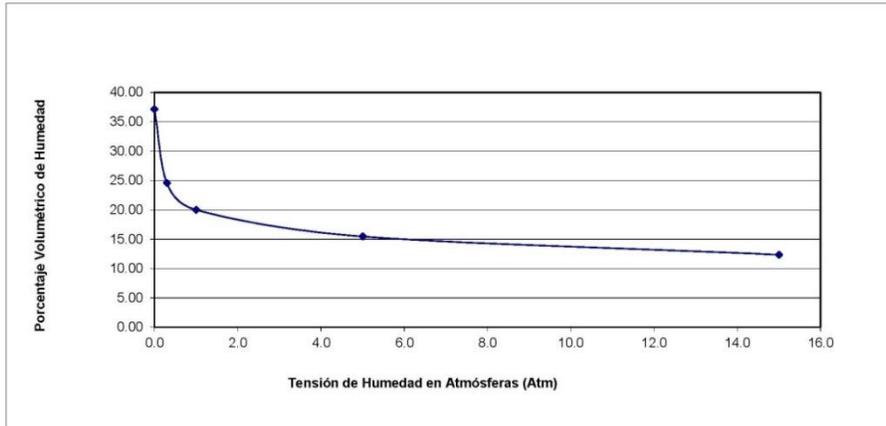
Angela Camelo Salcedo
Ingeniera Agrónoma

Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón



CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

Afisuel No. 2905



	Tensión de humedad; Atm.	Humedad Ajustada %
Capacidad de Campo	0.0	37.13
	0.3	24.56
	1.0	20.01
	5.0	15.46
Punto de Marchitez Permanente	15.0	12.36

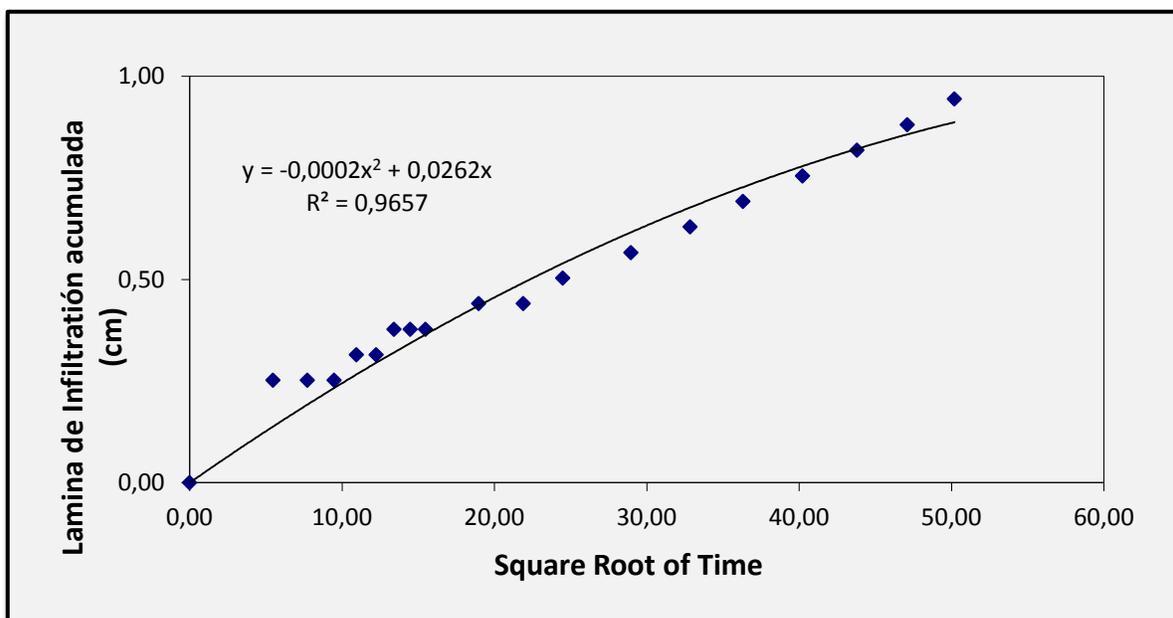
Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón

**Anexo 11 Datos usados para cálculo de Infiltración y Conductividad
Hidráulica PERFIL MG-04**

Time (min)	sqrt (t)	Volume (mL)	Infilt Acum (cm)	Infil Instan
0	0,00	92,0	0,00	
30	5,48	88,0	0,25	0,25
60	7,75	88,0	0,25	0,00
90	9,49	88,0	0,25	0,00
120	10,95	87,0	0,31	0,06
150	12,25	87	0,31	0,00
180	13,42	86	0,38	0,06
210	14,49	86	0,38	0,00
240	15,49	86	0,38	0,00
360	18,97	85	0,44	0,06
480	21,91	85	0,44	0,00
600	24,49	84	0,50	0,06
840	28,98	83	0,57	0,06
1080	32,86	82	0,63	0,06
1320	36,33	81	0,69	0,06
1620	40,25	80	0,75	0,06
1920	43,82	79	0,82	0,06
2220	47,12	78	0,88	0,06
2520	50,20	77	0,94	0,06

Hoja de cálculo Microsoft Excel Minidisk-Infiltrómetro-Macro-V.3

Anexo 12 Curva Infiltración acumulada PERFIL MG-04



Hoja de cálculo Microsoft Excel Minidisk-Infiltrómetro-Macro-V.3

Anexo 13 Resultados análisis de laboratorio PERFIL MG-05

ANÁLISIS de SUELOS				Propietario	SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia	Fecha de Análisi	No. Laboratorio
				Dirección:	Clí 35 No. 7 - 25 P 4	2014-08-28	AS 72570
				Ciudad:	Bogotá	Fecha de Muestr	Fecha de Recepc
						2014-08-20	2014-08-20
229	Cultivo	Variedad	Edad	Municipio			
	SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0	No Especificada	SIN ESPECIFICAR	SNE	
	Finca			Lote			
	MG-05			Prof: 0-30 cm			
Potasio	meq/100cc	0.32	B	pH		4.75	Nro. de Orden 51809
Calcio	meq/100cc	1.08	D				
Magnesio	meq/100cc	0.55	D	Arena %	%	1	
Sodio	meq/L	0.33	B	Limo %	%	90	
Aluminio Int.	meq/100cc	0.60	E	Arcilla %	%	9	
C.I.C.	meq/100cc	4.00	D	Textura		Limosa	
				M.Orgánica	%	5.91	
Fósforo	ppm	7	D	C.O.	%	3.43	
Hierro	ppm	159	B	SatBases:	%	49.15	
Manganeso	ppm	2	D				
Cobre	ppm	1	M	Densidad Real:	g/cc	1.92	
Zinc	ppm	1	D	Potasio Total:	meq/100g	1.55	
Boro	ppm	0	D	Calcio Total:	meq/100g	3.84	
Carbonatos:	%	0.00		Magnesio Total:	meq/100g	5.23	
Densidad Aparente (Método Cilindro):	g/cc	1.09		Sodio Total:	meq/100g	1.98	
							Asistente Técnico
							Carlos Andres Rojas

ANÁLISIS de SUELOS				Propietario	SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia	Fecha de Análisi	No. Laboratorio
				Dirección:	Clí 35 No. 7 - 25 P 4	2014-08-28	AS 72588
				Ciudad:	Bogotá	Fecha de Muestr	Fecha de Recepci
						2014-08-20	2014-08-20
	Cultivo	Variedad	Edad	Municipio			
	SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0	No Especificada	SIN ESPECIFICAR	SNE	
	Finca			Lote			
	MG-05			Prof: 30-50 cm			
							Nro. de Orden 51809
				Arena %	%	33	
				Limo %	%	56	
				Arcilla %	%	11	
				Textura		Franco-Limosa	
							Asistente Técnico
							Carlos Andres Rojas

ANÁLISIS de SUELOS		Propietario	Fecha de Análisi	No. Laboratorio
		SNC Lavalin International Inc. Sucursal Colombia	2014-08-28	AS 72589
		Dirección: Cll 35 No. 7 - 25 P 4	Fecha de Muestra	Fecha de Recepci
		Ciudad: Bogotá	2014-08-20	2014-08-20
Cultivo	Variedad	Edad	Municipio	
SIN ESPECIFICAR	NO ESPECIFICADA	0 No Especificada	SIN ESPECIFICAR SNE	
Finca		Lote		
MG-05		Prof: 50-80 cm		
Nro. de Orden 51809				
Arena %		%	42	
Limo %		%	37	
Arcilla %		%	21	
Textura		Franca		
Asistente Técnico Carlos Andres Rojas				

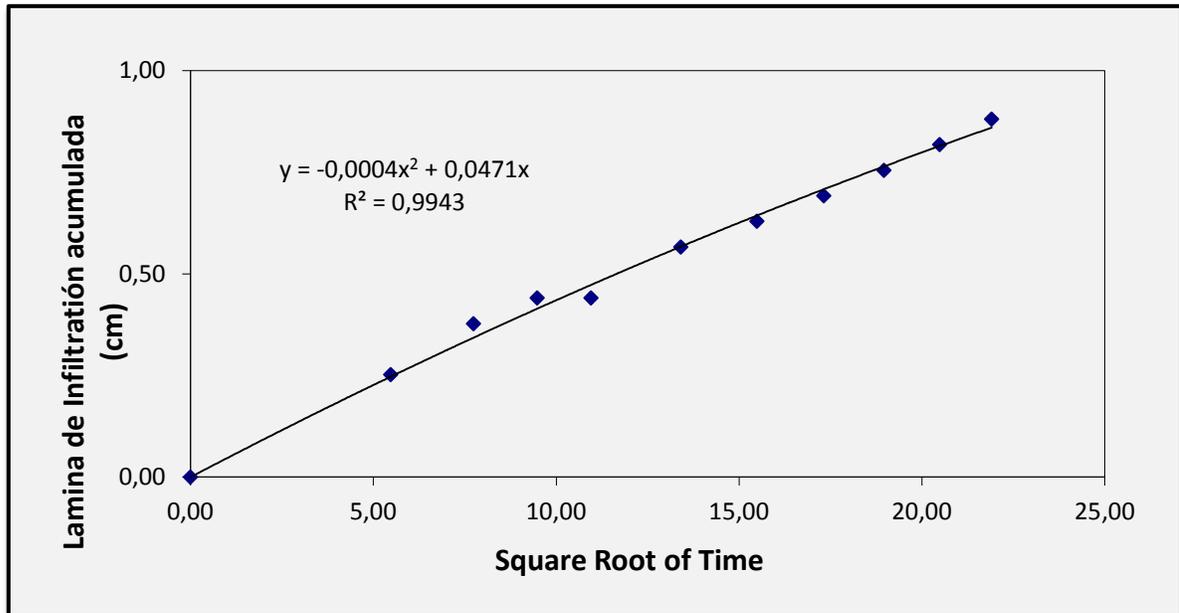
Fuente: Resultados análisis de suelos Laboratorio Calderón

**Anexo 14 Datos usados para cálculo de Infiltración y Conductividad
Hidráulica PERFIL MG-05**

Time (min)	sqrt (t)	Volume (mL)	Infilt Acum (cm)	Infil Instan
0	0,00	91,0	0,00	
30	5,48	87,0	0,25	0,25
60	7,75	85,0	0,38	0,13
90	9,49	84,0	0,44	0,06
120	10,95	84,0	0,44	0,00
180	13,42	82	0,57	0,13
240	15,49	81	0,63	0,06
300	17,32	80	0,69	0,06
360	18,97	79	0,75	0,06
420	20,49	78	0,82	0,06
480	21,91	77	0,88	0,06

Hoja de cálculo Microsoft Excel Minidisk-Infiltrómetro-Macro-V.3

Anexo 15 Curva Infiltración acumulada PERFIL MG-05



Hoja de cálculo Microsoft Excel Minidisk-Infiltrómetro-Macro-V.3