

**ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN DEL
SUELO Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN EL ÁREA “OSO
HORMIGUERO” DEL MUNICIPIO DE NEIVA**



JOSÉ EDUARDO MORA CHARRY

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA-2014**

**ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN DEL
SUELO Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN EL ÁREA “OSO
HORMIGUERO” DEL MUNICIPIO DE NEIVA**



JOSÉ EDUARDO MORA CHARRY

**Proyecto de grado en la modalidad de pasantía, presentado como requisito
parcial para obtener el título de Ingeniero Agrícola**

Empresa: Fundación del Alto Magdalena

Director: Armando Torrente Trujillo Ph.D.

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA-2014**

Nota de aceptación

Director:

**Armando Torrente Trujillo
Ingeniero Agrícola Ph.D.**

Jurados:

**Rodrigo Alberto Pachón
Ing. Agrónomo M.Sc.**

**Ing. Mauricio Duarte
Ingeniero Agrícola M.Sc**

Neiva, 15 de Agosto de 2014

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y permitir terminar mis estudios en medio de las dificultades.

A la memoria de mi abuela que en su gran amor y sabiduría, me educó y me llevó por la senda del bien.

A mis padres José Lunio Mora Gutiérrez y Rocio Charry Escobar quienes se esforzaron en darme lo mejor y ahora ven con orgullo un nuevo logro terminado en mi vida.

A mi hermano por llenarme de ratos agradables.

A mi esposa por su amor y su paciencia para esperar este logro.

A Susana y Juancho, quienes se llenarán de orgullo en un tiempo al conocer a su padre realizado profesionalmente y, siendo ellos mi motivo para seguir adelante.

A Rodrigo Alberto Pachón Bejarano, Ingeniero Agrónomo, M.Sc., profesor titular de la Universidad Surcolombiana, por sus indiscutibles consejos que me permitieron crecer personal y profesionalmente.

A Armando Torrente Trujillo, Ingeniero Agrícola Ph.D., Profesor titular de la universidad Surcolombiana, por su asesoría en el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos y resto de familiares que de una u otra manera me ayudaron a conseguir este logro.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos:

A La Fundación del Alto Magdalena, por su apoyo para desarrollar y ejecutar un proyecto de recuperación de suelos y estabilización de taludes.

A Jairo Francisco Olarte, Ingeniero Agrícola, tutor en la Fundación del alto Magdalena, por su acompañamiento en todo el proceso de planeación y ejecución del proyecto.

A Judy Erazo, Ingeniera Agrónoma, jefe inmediato, Fundación del Alto Magdalena por el acompañamiento en el desarrollo del proyecto.

A Armando Torrente Trujillo, Ingeniero Agrícola Ph.D, Profesor Titular de la Universidad Surcolombiana, director de proyecto, por su asesoría en la estructuración del proyecto y solución de inquietudes.

A Rodrigo Alberto Pachón Bejarano, Ingeniero Agrónomo, M.Sc., profesor titular de la Universidad Surcolombiana, por todo el acompañamiento en el desarrollo de este proyecto.

A Andrés Felipe Capera, Ingeniero Agrícola, por sus asesorías para el desarrollo de este proyecto.

A Renso Alfredo Aragón, Ingeniero Agrícola, por sus asesorías para el desarrollo de este proyecto.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCION	11
ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1. OBJETIVOS	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos	13
2. REVISION DE LITERATURA	14
2.1 Erosión del suelo	14
2.1.1 Distribución de la erosión del suelo	14
2.1.2 Procesos y mecanismos erosivos	14
2.1.3 Erosión en cárcavas.....	16
2.1.4 Zanjas de Infiltración (ZI's).....	19
2.2 Especies vegetales utilizadas para recuperación de suelos	20
2.2.1 Vetiver	21
3. DISEÑO METODOLÓGICO	25
3.1 Diagnostico actual del ecosistema	25
3.1.1 Aspectos biofísicos.....	25
3.1.2 Aspectos socioeconómicos	27
3.1.3 Aspectos ambientales	28
3.1.4 Levantamiento topográfico	28
3.1.5 Análisis de suelos	30
3.2 Caracterización del territorio	32
3.2.1 Zonificación.....	32
3.2.2 Determinación de la escorrentía.....	32
3.2.3 Precipitación de diseño.....	33
3.2.4 Infiltración potencial.....	33
3.2.5 Área de drenaje	34
3.2.6 Caudal instantáneo	35
3.2.7 Estimación de la pérdida de suelo	35

3.2.8	Balance hídrico	38
3.2.9	Reconocimiento de la vegetación típica del área y su potencial vegetal para la recuperación de suelos.....	40
3.3	Plan estructural para el desarrollo de actividades.....	42
3.3.1	Barreras vivas	42
3.3.2	Ensayo de siembra de VETIVER	42
3.3.3	Diseños de la distribución de Vetiver	43
3.3.4	Diseño de obras de bioingeniería.....	46
3.3.5	Recomendación del cálculo hídrico	50
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1	Estudios	52
4.1.1	Levantamiento topográfico	52
4.1.2	Análisis de suelos.....	52
4.2	Caracterización del territorio	54
4.2.1	Mapa digital de elevación.....	54
4.2.2	Precipitación de Diseño	56
4.2.3	Caudal instantáneo	57
4.2.4	Estimación de la pérdida de suelo	58
4.2.5	Balance hídrico	59
4.3	Plan estructural para el desarrollo de actividades.....	62
4.3.1	Barreras vivas	62
4.3.2	Ensayo de siembra de VETIVER	62
4.3.3	Distribución de la siembra:	64
4.3.5	Replanteo	65
4.3.6	Siembra.....	66
4.3.7	Estado final del establecimiento	69
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
	BIBLIOGRAFIA.....	72
	ANEXOS	74

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Área de drenaje	35
Tabla 2. Factor LS establecida por pendiente	37
Tabla 3. Factor C del cultivo	38
Tabla 4. Factor P prácticas de manejo.....	38
Tabla 5. Abundancias por especie vegetales en del área de protección “Oso Hormiguero”, Municipio de Aipe, Huila.....	40
Tabla 6. Abundancias por familias en Área de Protección “Oso Hormiguero”, Municipio de Aipe, Huila.	41
Tabla 7. Distanciamiento de obras.....	49
Tabla 8. Pendientes	55
Tabla 9. Periodo de retorno y selección de precipitación de diseño.....	56
Tabla 10. Caudal de diseño	58
Tabla 11. Cálculo del factor de erosividad R anual	58
Tabla 12. Índice de erodabilidad	59
Tabla 13. Etp año 2013.....	60

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Barreras vegetales de prevención de la erosión.	16
Figura 2. Dique en Cárcavas	18
Figura 3. Zanjas de Infiltración	19
Figura 4. Dimensiones de las zanjas.....	20
Figura 5. Raiz del Vetiver.....	22
Figura 6. Sistema vegetal de conservación del suelo.....	24
Figura 7. Localización del área de estudio. Fuente: Google Earth.....	25
Figura 8. A) Pasto Tiatino B) Cárcava	26
Figura 9. Área a levantar	29
Figura 10. A) y B) Levantamiento topográfico.....	29
Figura 11. A) Apertura de calicata B) Área y profundidad.....	30
Figura 12. A) Muestras de suelos B) Estabilidad Estructural.....	31
Figura 13. A) Densidad y porosidad B) Capacidad de Campo	31
Figura 14. Área de drenaje. Fuente: Google Earth.	34
Figura 15. A) Hoyo de siembra B) Siembra.....	43
Figura 16. Distribución a curvas de nivel [Sin escala].....	44
Figura 17. Zanja de siembra.....	45
Figura 18. Cárcava.....	46
Figura 19. Corte transversal del dissipador [Sin escala]	47
Figura 20. A) Pérdida de suelo B)Ubicación dique	48
Figura 21. Distanciamiento entre diques.....	48
Figura 22. Condiciones de la planta.	50
Figura 23. Área calculada con la estación. [Sin escala]	52
Figura 24. Linderos del terreno Fuente: Google Earth.	54
Figura 25. Mapa de pendientes [Escala no definida].....	55
Figura 26. Pendiente en área	56
Figura 27. Precipitación anual	60
Figura 28. Variación anual Etp	61
Figura 29. Balance Hídrico	61
Figura 30. A) Vetiver antes y B) después de la siembra.....	62
Figura 31. A) Condición física B) Bulbo de suelo	63
Figura 32. A) y B) Comparación de raíces	64
Figura 33. Modelación	64
Figura 34. Mapa de Elevación del terreno	65
Figura 35. Ubicación de puntos estratégicos en software	66
Figura 36. Ubicación de estacas	66
Figura 37. A) Transporte B) Alistamiento	67
Figura 38. A) Elaboración de brechas B) Aplicación de abono orgánico.....	68
Figura 39. A) y B) Siembra de Vetiver.....	68
Figura 40. Estado final del Vetiver.....	69

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A	74
ANEXO B	75
ANEXO C	81
ANEXO D	82
ANEXO E	83
ANEXO F	84
ANEXO G	87
ANEXO H	91
ANEXO I	92
ANEXO J	93

INTRODUCCION

El mundo está experimentando cambios climáticos que son esencialmente de origen antrópico y han obligado a las personas a tomar acciones y generar soluciones a distintos problemas. El suelo es uno de los mayores afectados por estos cambios, se observan una reducción en la humedad y su posterior secamiento y dificultad para sembrar; Colombia y el departamento del Huila no es una excepción, se está consciente de la zona tropical en que se encuentra y que, efectivamente se está desertificando el suelo; por esta razón, es necesario implementar medidas de recuperación del suelo contribuyendo a la retención de humedad y reducción de la erosión.

Los procesos de degradación tienen múltiples efectos sobre el suelo, genera pérdidas en productividad, afecta múltiples estructuras y puede ocasionar hasta la muerte en seres vivos, una de las formas en que se presenta este proceso, es la degradación de taludes causando deslizamientos que puede ser de origen natural o Humano, de allí la necesidad de utilizar métodos de prevención de la erosión en ellos y recuperación del suelo.

Para el proyecto se utilizó métodos ambientales y de bioingeniería hasta donde fue posible y viable económicamente, y como principal medida, se planteó la recuperación mediante siembra de especies vegetales adaptables al clima del área de estudio, y que por sus condiciones de extrema sequía le permita recuperarse naturalmente, además, de plantear soluciones alternativas para reducir la erosión.

ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El área conocida como ‘Oso Hormiguero’ se encuentra ubicada al norte del departamento del Huila y por lo tanto es una zona en proceso de desertificación, caracterizándose por suelos secos y de vegetación pobre; dentro de las políticas de la Fundación del Alto Magdalena empresa que se encargó de ejecutar el proyecto en estudio, observa la necesidad de llevar a cabo acciones de restauración del área.

ECOPETROL S.A., empresa que financia el proyecto; comprometida con la responsabilidad social empresarial ambiental – RSE, es una empresa que apoya la restauración, protección y conservación de la biodiversidad en el área de influencia de sus actividades de exploración y explotación de hidrocarburos en los campos de la Superintendencia Operativa Huila (SOH) desde el año 2003 a través del “Proyecto piloto de protección y restauración ecológica del área Oso Hormiguero, incluido este, dentro del Programa de Conservación de Especies Boscosas”.

La Fundación del Alto Magdalena es una empresa ambiental encargada de generar acciones que ayuden a recuperar el suelo y reducir la erosión; en convenio con la Universidad Surcolombiana prevé mediante proyectos, mejorar y conservar el área de estudio denominada “OSO HORMIGUERO” ubicada en el municipio de Neiva. Sin embargo surgen varias incógnitas para la recuperación, debido a las condiciones difíciles del lugar; ¿De qué forma se puede recuperar el área? ¿Serán altos los costos? ¿Cuáles son los mejores métodos a implementar? ¿Llevará mucho tiempo la implementación de las soluciones o tardará mucho el periodo de recuperación?

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Establecer medidas de prevención en el área conocida como “Oso Hormiguero” referente a la conservación del suelo, reducción de los procesos erosivos ocasionados por la escorrentía y la estabilización de taludes, utilizando distintas formas de recuperación y bioingeniería del suelo existente y adaptándolas al lugar, para obtener una reducción en su degradación.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico general y caracterización que permita plantear soluciones conjuntas que ayuden a conservar y recuperar el área.
- Utilizar especies vegetales que ayuden a disminuir la escorrentía y estabilizar los taludes en el área.
- Planteamiento de una obra de Bioingeniería complementaria que permita aún más, la reducción de escorrentía y ayude a la recuperación del suelo.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Erosión del suelo

2.1.1 Distribución de la erosión del suelo

La erosión del suelo por el agua y el viento ha sido un problema constante. Las consecuencias de la erosión del suelo se manifiestan tanto en el lugar donde las produce como fuera de él (erosión difusa). Los efectos *in situ* son particularmente importantes en la tierra de uso agrícola donde la redistribución y pérdida del suelo, la degradación de su estructura y el arrastre de materia orgánica y nutriente, llevan a la pérdida de espesor del perfil cultural y al descenso de la fertilidad. La erosión reduce también la humedad disponible en el suelo acentuando las condiciones de la aridez. El efecto resultante es la pérdida de productividad que, en principio, limita las especies que pueden cultivarse y obliga a un aumento de los fertilizantes a aplicar lo que a posterior lleva al abandono de la tierra¹.

2.1.2 Procesos y mecanismos erosivos

La erosión del suelo es un proceso con dos fases, consistentes en el desprendimiento de partículas individuales de la masa del suelo y su transporte por los agentes erosivos, como las corrientes de agua y viento. Cuando la energía de estos agentes no es suficiente para transportar las partículas se produce una tercera fase: su deposición². La pérdida de suelo en zonas de clima caliente es dada principalmente por el régimen de lluvias. En el departamento del Huila se encuentra un régimen bimodal, presentándose fuertes lluvias en poco tiempo, generando graves consecuencias como la pérdida de suelo, Remoción de nutrientes, desertificación, acidificación, compactación, pérdida de materia orgánica, alta salinidad, agotamiento o lavado de nutrientes y acumulación de tóxicos².

¹ R.P.C. MORGAN. Erosión y conservación del suelo. Traducido por MORGAN. España: Mundi-Prensa, 1996. P. 21.

² Ibid., p. 33.

La salpicadura es el agente más importante para el desprendimiento. Como resultado del golpeteo de las lluvias sobre la superficie de un suelo desnudo, las partículas del mismo pueden ser lanzadas por los aires a varios centímetros de distancia. La exposición continua de lluvias intensas debilita considerablemente el suelo. El suelo también se disgrega por proceso de meteorización: mecánicamente y bioquímicamente. Además el suelo se altera por el laboreo y el pisoteo de hombres y ganado. Las corrientes de agua y viento son otros contribuyentes al desprendimiento de partículas del suelo. Todos estos procesos liberan partículas de suelo que posteriormente son arrastradas por los agentes de transporte³.

Existen agentes de transporte que actúan superficialmente y contribuyen a remover un espesor relativamente uniforme del suelo, y hay otros cuya acción se concentra en cauces. Un grupo está formado por las salpicaduras, la escorrentía superficial en forma de flujo, de pequeño espesor y gran anchura a veces denominado flujo laminar pero más correctamente flujo superficial; y el viento. En el segundo grupo se encuentran los flujos de agua en pequeños cauces, conocidos como regueros, que pueden desaparecer por meteorización y laboreo, o permanecer como facciones de mayor duración en forma de cárcavas y barrancos. A estos agentes que actúan externamente, tomando material y transportándolo sobre la superficie del terreno, deben añadirse los transportes por movimientos en masa como flujos de suelo, deslizamientos y arrastres en los que el agua actúa en el interior del suelo alterando su cohesión⁴ (figura 1).

³ R.P.C. MORGAN. Erosión y conservación del suelo. Traducido por MORGAN. España: Mundi-Prensa, 1996. P. 33.

⁴ Ibid., p. 33.

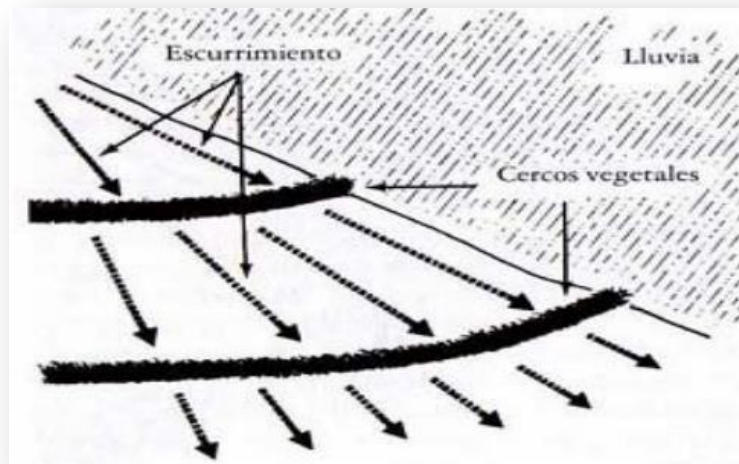


Figura 1. Barreras vegetales de prevención de la erosión.

2.1.3 Erosión en cárcavas.

Las cárcavas son cursos de agua relativamente permanentes con paredes empinadas que conducen efímeros flujos durante las tormentas. Comparadas con cauces de ríos estables, que son relativamente llanos y cóncavos a lo largo de todo su perfil, las cárcavas están caracterizadas por tener una cabecera y diferentes resaltes a lo largo de su curso. Estos rápidos cambios de pendiente alternan con secciones de gradiente muy suave, ya sean rectas o ligeramente convexas a lo largo de su perfil. Las cárcavas también tienen relativamente mayor profundidad y menor anchura que los cauces estables, transportan mayor cantidad de sedimentos y presentan un comportamiento muy errático, por lo que las relaciones entre la descarga de sedimentos y la escorrentía son frecuentemente pobres. Las cárcavas están, casi siempre, asociadas a una erosión acelerada, y, por tanto, a paisajes inestables⁵.

⁵ R.P.C. MORGAN. Erosión y conservación del suelo. Traducido por MORGAN. España: Mundi-Prensa, 1996. P. 56.

Según Morgan (pág. 57) hace algún tiempo se pensó que el desarrollo de cárcavas era el crecimiento de un reguero, pero estudios en USA, demostraron que su inicio es un proceso más complejo. Primero se forman pequeñas depresiones en ladera como resultado de un debilitamiento localizado de la cobertura vegetal por pastoreo o por fuego. El agua se concentra en estas depresiones y las aumenta hasta que varias depresiones se unen y forman un cauce incipiente. La erosión se presenta en la cabecera de la depresión, donde forman escarpes casi verticales en los que se produce flujo supercrítico. Algunas partículas del suelo son desprendidas del mismo escarpe, pero la mayor parte de la erosión, está asociada a la abrasión de la base del escarpe, que origina una profundización del cauce y un socavamiento del muro de la cabecera, llegando a derrumbarse y retrocediendo el escarpe pendiente arriba, también se produce sedimentos más abajo en la cárcava por la erosión de las paredes, esto se produce, parcialmente por la acción abrasiva de la escorrentía y los sedimentos que contiene y, por el hundimiento de las paredes debido a su saturación por el flujo⁶.

Control de cárcavas

El Control de Cárcavas (CC) consiste en interceptar el escurrimiento en el interior de una cárcava, esto se hace principalmente a través de la construcción de “diques” a lo largo de la pendiente de la cárcava. Los diques pueden ser de diferentes materiales, como piedra, palos, troncos y ramas diversas, postes vivos, plantas y pastos, gaviones con piedra, e incluso de hormigón ciclópeo si se disponen de los recursos económicos necesarios (figura 2).

El dique de piedra es una estructura parecida a un muro, cuya altura depende del tamaño de la cárcava (por lo general no sobrepasa de 1 m.). El espesor de la pared del dique varía entre 30 a 50 cm. en función al tamaño de la cárcava. Dos detalles técnicos importantes que siempre suelen descuidarse en la construcción de un CC, son el vertedero que debe ubicarse en la parte central de la cresta del “dique” (el cual permite encausar el agua por un solo lugar) y el colchón o lugar donde caerá el agua desde el vertedero, en el cual debe colocarse un lecho de piedras para que el agua al caer no socave más el piso de la cárcava.

⁶ R.P.C. MORGAN. Erosión y conservación del suelo. Traducido por MORGAN. España: Mundi-Prensa, 1996. P. 57.



Figura 2. Dique en Cárcavas

La distancia entre diques a lo largo de una cárcava depende más de la carga de agua que corre por ella. Desde luego que la recuperación o estabilización de la cárcava será más rápida mientras más diques de control se tengan. Por lo general se toma entre 5 y 10 m. como separación promedio entre diques

Suavizado del talud

Otra manera de estabilizar las cárcavas (especialmente aquellas que han alcanzado profundidades de hasta 2 m. y cuyas paredes se van deslizando constantemente), es aplicar la llamada práctica de “**suavizado del talud**”, que consiste básicamente en dar una inclinación adecuada a las paredes de la cárcava rebajándolas sistemáticamente con el empleo de herramientas manuales como palas, picotas, azadones, etc., hasta obtener una inclinación adecuada de los taludes (preferentemente 45°). Sobre estos taludes suavizados es totalmente necesario sembrar o trasplantar pastos de desarrollo rápido (preferentemente del lugar). De esta manera se detiene el crecimiento de la cárcava (sobre todo hacia los costados), y en poco tiempo llega a estabilizarse⁷.

⁷ FERNANDEZ REYNOSO, Demetrio S.; MARTINEZ MENES, Mario R. y RAMIREZ ORTEGA, María de Lourdes. Catálogo de Obras y prácticas de conservación de suelo y agua. Colegio de postgraduados. México. 2009. P 15.

2.1.4 Zanjas de Infiltración (ZI's)

Características técnicas

Las ZI's son zanjas individuales excavadas sobre el terreno, siguiendo las curvas de nivel. Su propósito principal es interceptar y acumular el agua de escurrimiento, y no drenarlo a otros lugares. Es precisamente por esta función de acumular agua y facilitar su infiltración en el suelo, que esta práctica recibe el nombre de Zanja de Infiltración (figura 3).



Figura 3. Zanjas de Infiltración

La serie de zanjas que conforman la ZI están conectadas entre sí por una especie de tabique bajo, el cual facilita el paso del agua entre una y otra zanja cuando una de ellas se ha llenado. Por tal característica, el conjunto de ZI dispuestas a lo largo de una línea o curva de nivel, se considera más bien como una sola unidad, antes que como unidades individuales⁸.

Normalmente cada unidad de ZI tiene las siguientes dimensiones: Largo 2 m, profundidad 0.40 m, ancho en la base 0.40 m y ancho en la superficie 0.50 m.

⁸ FERNANDEZ REYNOSO, Demetrio S.; MARTINEZ MENES, Mario R. y RAMIREZ ORTEGA, María de Lourdes. Catálogo de Obras y prácticas de conservación de suelo y agua. Colegio de postgraduados. México. 2009. P 28.

Obligatoriamente, la tierra extraída de las zanjas debe colocarse en la parte inferior de éstas, con el objetivo de facilitar el ingreso directo del agua de escurrimiento a la zanja. No está demás indicar, que con la tierra extraída se forma una especie de bordo, cuya distancia del borde inferior de la zanja debe ser por lo menos de 20 cm., con el fin de evitar que esta vuelva a caer dentro de las zanjas. La separación entre unidades de zanja (es decir el ancho del tabique) es de 0.50 m., con un rebaje en la parte superior de 5 a 10 cm. por donde pase el agua⁹ (figura 4).

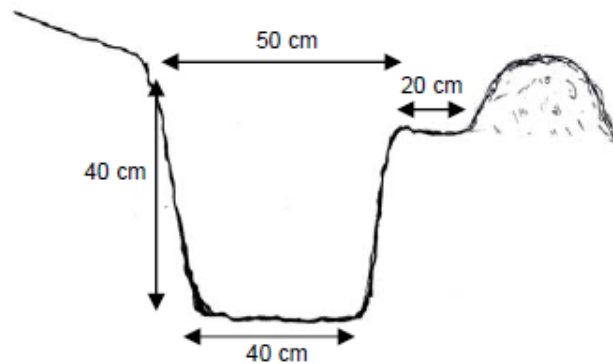


Figura 4. Dimensiones de las zanjas

2.2 Especies vegetales utilizadas para recuperación de suelos

El objetivo principal de las especies vegetales que funcionan como barreras vivas, es el reducir la velocidad de escorrentía superficial y retener el suelo que en ella se transporta. Para que este objetivo se cumpla, las especies se plantan lo más unidas posibles, para que en el menor tiempo la barrera sea continua.

- Las barreras vivas o vegetativas retienen la tierra que arrastra el agua, dejando pasar solamente el agua que corre.
- Las barreras son multiuso porque proporcionan beneficios en pastos, leña, alimento para animales y humanos y funcionan para el mejoramiento del suelo.
- Evita, a largo plazo, la pérdida de fertilidad de los suelos.

⁹ FERNANDEZ REYNOSO, Demetrio S.; MARTINEZ MENES, Mario R. y RAMIREZ ORTEGA, María de Lourdes. Catálogo de Obras y prácticas de conservación de suelo y agua. Colegio de postgraduados. México. 2009. P 29.

Conociendo las consecuencias ocasionadas por la pérdida de suelo, se mencionan algunas posibles soluciones para la conservación de suelos:

- Labranza mínima
- Rotación de cultivos
- Mejoras de drenaje
- Terrazas
- Siembras
- Abono orgánico
- Manejo de nutrientes

2.2.1 Vetiver

Las siembras representan una de las soluciones más viables siendo de una inversión relativamente baja, en la práctica se está haciendo más común la de sembrar VETIVER (*Chrosopogon zizanioides*). Esta planta se encuentra en nuestra zona por muchos siglos y son muchas las personas que cuentan sus múltiples usos.

Según (Orihuela, 2007) existen cerca de diez especies de gramíneas comunes de la Tribu *Antropogoneae* y perennes que se encuentran en las regiones tropicales del mundo y que pertenecen a la familia Gramínea, subfamilia *Panicoindae* y dentro de estas el gras vetiver (*Chrosopogon zizanioides*)¹⁰. El Vetiver ha demostrado ser la ideal para la conservación del suelo y agua, la humedad del suelo y otros usos como en bioremediación, bioingeniería, forrajes, agroforestería, medicinal, artesanía, energía etc.

La planta de vetiver es una gramínea perenne de tupidos penachos, con inflorescencia y semilla estériles que se reproducen con dificultad. Como no tiene rizoma radicular o haces enraizados, la planta crece en grandes macollos a partir de una masa radicular muy ramificada y esponjosa, sus tallos erguidos en forma recta alcanzan una altura de 0.5 a 1.5 m. Las hojas son relativamente rígidas, largas y angostas y tienen hasta 75 cm. de largo y no más de 8 mm. de ancho. La panícula (en donde se desarrolla la inflorescencia) tiene entre 15 a 40 cm¹¹ (figura 5).

^{10, 11} ALEGRE Orihuela, Julio. Manual sobre el uso y manejo del Grass Vetiver (*Chrosopogon zizanioides*). Diciembre de 2007. P.3.



Figura 5. Raiz del Vetiver

Muchos aspectos del vetiver lo convierten en un excelente recurso para controlar la erosión. A diferencia de muchas gramíneas, las raíces del vetiver crecen exclusivamente de manera vertical, alcanzando hasta los 4 metros de longitud. Poseen una alta resistencia a la tensión (equivalente a 1/6 del acero blando,) esto lo convierte en un excelente estabilizador de bordes y terrazas. Cuando se siembra para formar barreras vivas, la cercanía con que crecen las macollas restringe el paso de agua, a la vez que retiene los sedimentos presentes.

Debido a su vigor, el VETIVER tiene la versatilidad de adaptarse a suelos húmedos o secos, temperaturas altas o bajas, suelos llanos o con mucha inclinación, fértiles o pobres, profundos o poco profundos. Es una planta de fácil manejo y se siembra mediante plántulas que son separadas de una cepa madura. Una vez establecida, su mantenimiento es mínimo y de fácil control, lo cual hace a esta planta excelente para el control de sedimentos. Las partículas de suelo, que de otro modo pasarían al fondo de quebradas, lagos o al mar, van formando terrazas cuando ésta se siembra en hileras al contorno.

El Vetiver puede usarse para controlar la erosión en predios bajo cultivo, a orillas de las carreteras, bordes de charcas, pendientes cercanas a puentes, a las orillas de canales de riego, represas o como ornamental.

Dada las características de esta planta, ha sido seleccionada para la realización del ensayo y como uso para la recuperación del suelo en el área de estudio.

Utilidades principales

- Barrera contra la erosión.
- Mantenimiento de Taludes de Tierra.
- Barrera para control de avalanchas de Agua y erosión por socavación.
- Producción de aceite para perfumería.
- Elaboración de techos, artesanías, y papel de las hojas del VETIVER.
- Cortavientos.
- En Barrancos, Pendientes y Taludes, para la conservación del agua y el sustrato.
- Formación de bancales vivos y naturales.
- Prevención de corrimientos de tierras y desastres naturales.
- Control polución del agua: Muy eficiente en la absorción de N, P, Hg, Cd y Pb.
- Barrera antipolución atmosférica
- Creación de presas de tierra de bajo costo
- Otros¹².

Factores de resistencia

- Sequía.
- Inundaciones.
- Salinidad, al Sodio y al Magnesio.
- Viento.
- Suelos pobres y zonas contaminadas.
- Hasta 9 grados bajo cero.
- Calor extremo (más de 50 ° C).
- Acidez - alcalinidad en el suelo (pH desde 3.0 hasta 11.0).
- Presencia en el suelo de Al, Mn, As, Cr, Cd, Ni, Pb, Cu, Se, Hg y Zn.
- Pastoreo¹³.

La planta reduce la erosión del suelo y hace que este quede en la parte más alta formando una especie de terraza como se observa en la figura 6, cumpliendo con el objetivo final del proyecto.

^{12, 13} RAMIREZ, Jaime. Bioingeniería Colombiana. Control de la erosión con Vetiver. Visto el 1 de Noviembre de 2013 en url: www.vetivernet.com.co

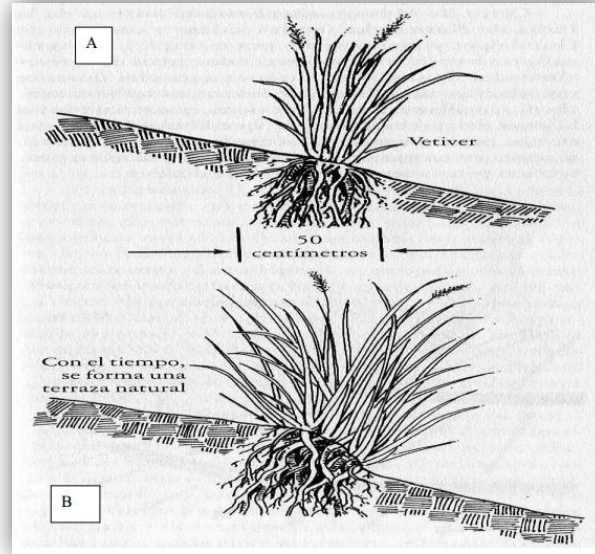


Figura 6. Sistema vegetal de conservación del suelo

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Diagnostico actual del ecosistema

Mediante el estudio del área se planteó la necesidad de realizar un diagnóstico general del microecosistema que lo compone, para este proceso se realizó una serie de estudios que nos permiten conocerlo. Es importante definir las variables que se tomaron en cuenta a la hora de realizar un estudio; con la apropiada utilización de estos se pudo definir correctamente los aspectos biofísicos del lugar y realizar un buen diseño que permitió mostrar el presente de la zona y, proyectar el futuro apropiado para la correcta utilización y beneficio. Para la realización del diagnóstico fue de vital importancia definir su área de estudio, para ello se tuvo en cuenta la las siguientes características.

3.1.1 Aspectos biofísicos

Localización

El área de estudio se encuentra inmediatamente al este de las instalaciones de campo DINA, a 17 Km De la ciudad de Neiva, departamento del Huila, a una altura de 450 m.s.n.m. 3.073661 de L.N. y 75.285287 L. W. (figura 7).

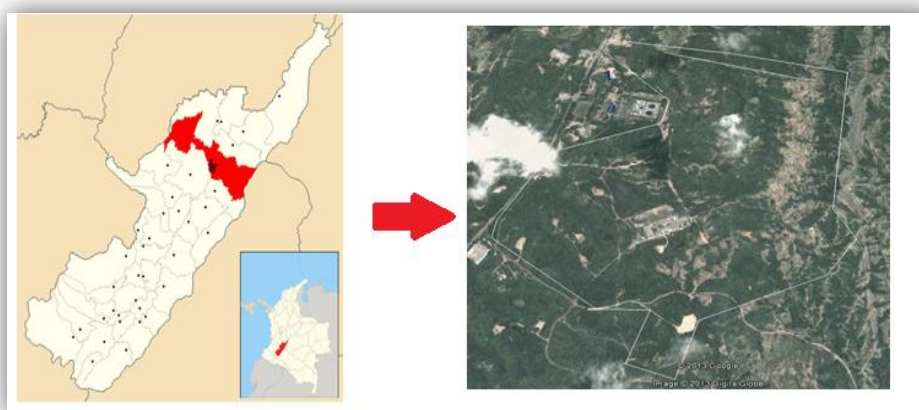


Figura 7. Localización del área de estudio. **Fuente:** Google Earth.

Reconocimiento del área

Al realizar un reconocimiento de área, permitió tener un concepto visual del estado en el que se encuentra, una primera opción de análisis subjetivos que ayudó a tener una idea de todas las alternativas que se pueden implementar y que ayudaran a recuperar el sistema de manera óptima.

Se realizó la primera visita de campo que permitió conocer las características generales del área, conocer la topografía, presentando un terreno de forma muy irregular y con ondulaciones.

Se observó que el terreno presenta un proceso de desertificación y la zona presenta lluvias fuertes y con poca vegetación siendo principalmente vegetación xerofítica de poca cobertura y con alta radiación, la presencia de pasto Tiatino (figura 8A), poca presencia de agua y con suelo bastante erosionado, aunque presenta formación sedimentaria por la ubicación geográfica y alto contenido de arena y arcilla.

A



B



Figura 8. A) Pasto Tiatino B) Cárcava

Se resalta la formación de una cárcava de aproximadamente 3 metros de altura y que se ha formado por la caída de agua proveniente del drenaje de las partes altas del lugar, al caer el agua lleva consigo suelo erosionado (figura 8B).

La climatología del área en estudio

El departamento del Huila cuenta con un régimen de lluvias Bimodal, es decir que presenta 2 periodos de lluvias intensas seguidas de un fuerte verano, esta época de lluvias comprende los meses de Abril-Mayo y Octubre-Noviembre siendo intensas en un corto periodo. Para el área de trabajo las características climáticas son iguales.

Uso actual del suelo

El uso actual que se le da al suelo está determinado por las condiciones climáticas, siendo difíciles en esta zona, porque son poco implementadas para explotación agrícola, debido a la escasa disponibilidad de agua el uso que se le da es esencialmente de ganadería extensiva, siendo limitado de igual forma por el campo petrolero DINA que ha delimitado una buena parte para su uso y recuperación ambiental.

Ecopetrol S.A. Es uno de los actores principales, tiene un área cercana a las 200 has que se prepara para realizar una recuperación Ambiental, utilizando como puente la Fundación del Alto Magdalena, llevando a cabo un conjunto de actividades que han permitido recuperar el suelo, realizando un acompañamiento a las actividades que se ejecutan.

Uso potencial del suelo

Al encontrarse en zona de desertificación y dada la explotación de crudo que se le da al lugar, se convierte en una buena fuente de demostración del potencial de recuperación ambiental que se puede generar en la zona, argumentando el posible desarrollo y trabajo de forma mancomunada del sector del petróleo y el sector agroambiental.

3.1.2 Aspectos socioeconómicos

Actividad agrícola

La zona se encuentra en proceso de desertificación, por lo que no hay cultivos de explotación agrícola en su gran dimensión, generando que los habitantes de la región tengan que utilizar el suelo de otra forma para la obtención de recursos para su subsistencia.

Actividad pecuaria

Muchos de los habitantes del sector al no obtener recursos mediante la siembra de cultivos, se han dedicado a la producción pecuaria extensiva, en la región se observa ganado vacuno de distintas razas con predominancia de cebú, además de actividad caprina.

Actividad entorno al sector petrolero del área

El área donde se ejecutaron las actividades se encuentra a solo 1 Km de la estación de gas de la planta de campo Dina, y la población del sector ha tenido que acoplarse a las condiciones que los rodean, algunos de ellos obtienen trabajo de forma directa e indirecta de la petrolera y de las entidades que esta contrata para la realización de sus labores, como es el caso de obras civiles, agroforestales, ambientales y del petróleo, generando a un cambio en la actividad social natural del área y dejando a un lado la actividad agropecuaria.

3.1.3 Aspectos ambientales

La influencia del campo petrolero 'DINA' genera un deterioro ambiental al sector, la planta de gas ubicada en zona aledaña donde se llevó a cabo el proyecto aumenta el daño al ecosistema.

3.1.4 Levantamiento topográfico

Se realizó un levantamiento topográfico al no conocerse con exactitud el relieve del terreno, este estudio resulta fundamental para la zonificación del área, generando un perfil, un mapa de pendientes entre otros análisis sobre el papel para realizar el diseño. Se contrató por parte de la Fundación del Alto Magdalena, el levantamiento topográfico del área, siendo esta aproximadamente de 4 has.

A falta de conocer el área específica a levantar, se realizó un bosquejo con la ayuda de Google Earth y se calculó el área real (figura 9).

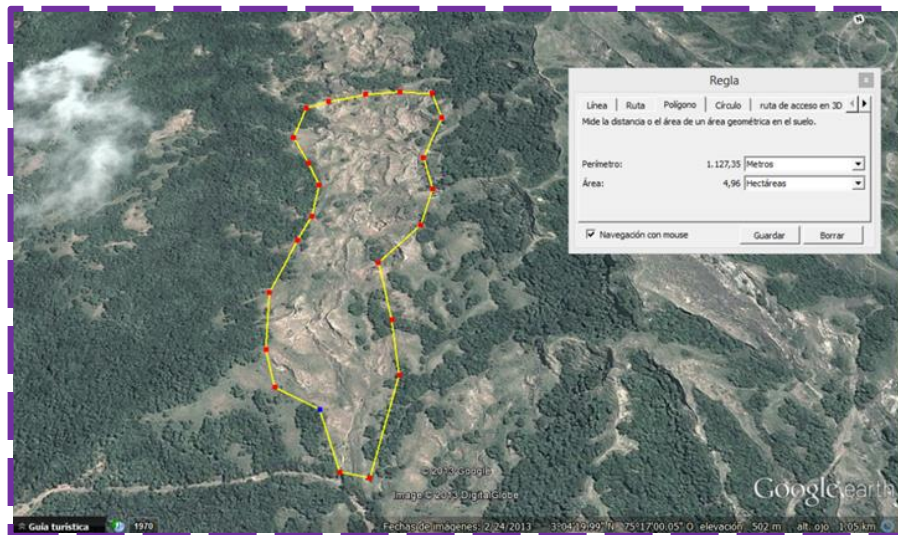


Figura 9. Área a levantar

Posterior al cálculo del área en el software libre Google Earth, se realizó el levantamiento con la estación total por parte de los topógrafos contratados por la Fundación del Alto Magdalena, con este plano se realizó el diseño del proyecto de acuerdo a las curvas de nivel topográficas (figuras 10A y 10B).

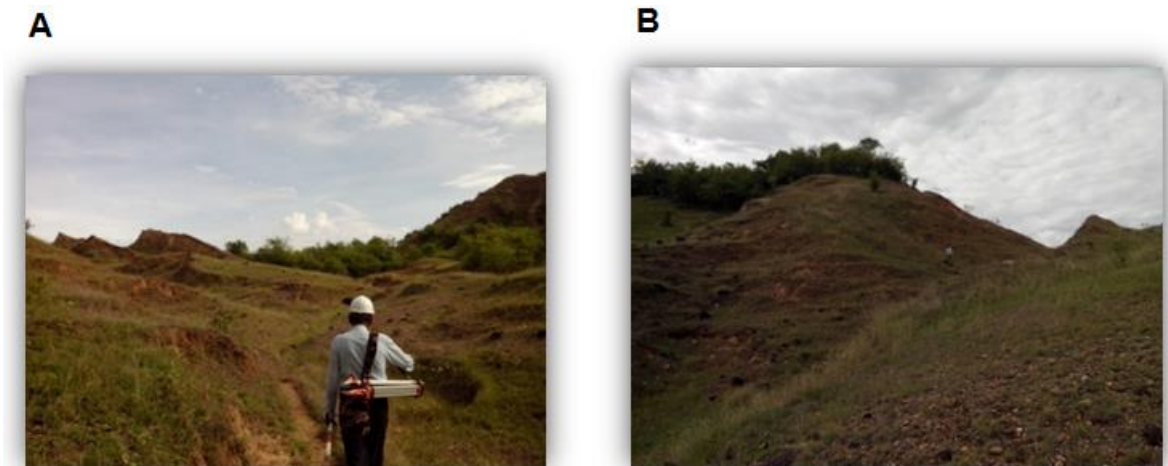


Figura 10. A) y B) Levantamiento topográfico

El proceso se inició desde el borde de la carretera, hacia la parte final del área de estudio, teniendo en cuenta que solo son pocas hectáreas.

3.1.5 Análisis de suelos

Se realizó el análisis fisicoquímico que permitió conocer las características físicas y químicas del suelo, el contenido del material mineral, las sales presentes y el pH, información importante para seleccionar adecuadamente las plantas a sembrar, además de conocer la estabilidad del talud.

Apertura de la calicata

Con la ayuda de un barretón se abrieron varias calicatas para la extracción de suelo para su análisis en laboratorio, a simple vista se puede observar la formación de un solo horizonte y la ausencia de materia orgánica (figura 11A y 11B).

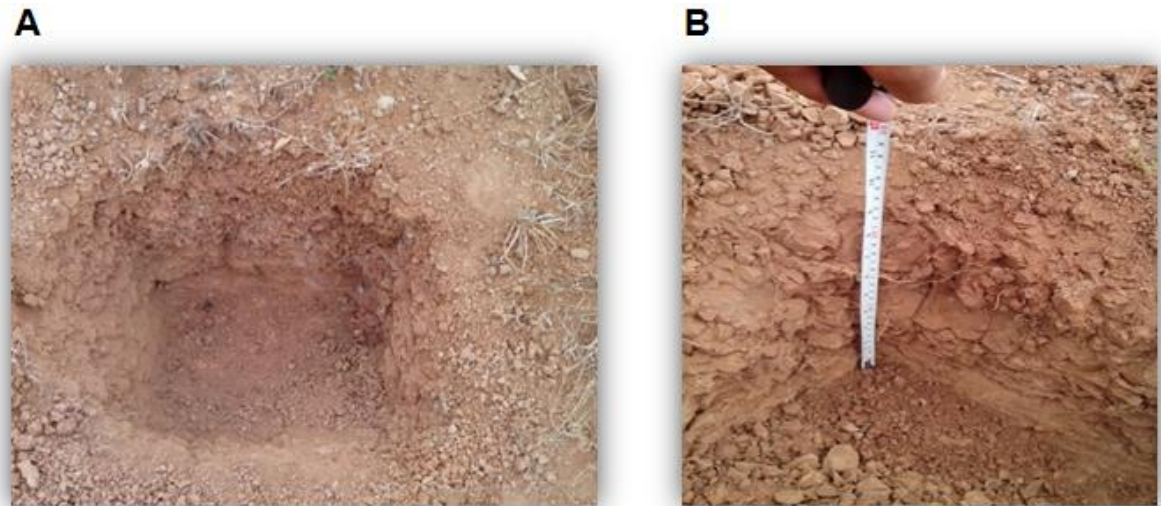


Figura 11. A) Apertura de calicata

B) Área y profundidad

El área transversal de la calicata es de 40x40 cm y la profundidad máxima alcanzada fue de 30 cm por la limitación en profundidad debido al material mineral consolidado. El suelo contiene gran porcentaje de arena en proceso de consolidación.

Laboratorio de suelos

Se empacaron muestras de aproximadamente 2 Kg en bolsas herméticas y se llevaron al laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana para su estudio (figuras 12A y 12B).

A



B



Figura 12. A) Muestras de suelos

B) Estabilidad Estructural

Se realizó el análisis químico de suelos para calcular las necesidades nutricionales del cultivo y el tipo de fertilizante a usar, de acuerdo con la opinión del asistente agrónomo. También se realizaron estudios físicos del suelo para calcular el requerimiento hídrico del cultivo y analizar las características del suelo (figuras 13A y 13B).

A



B



Figura 13. A) Densidad y porosidad

B) Capacidad de Campo

3.2 Caracterización del territorio

Con la realización del diagnóstico del área, se realizó la identificación idónea, donde se implementó y se planteó el conjunto de actividades para la recuperación efectiva del suelo y su conservación.

3.2.1 Zonificación

Con la ayuda del estudio realizado y las herramientas tecnológicas actuales, se determinaron los lugares exactos donde se implementaron las actividades. Se construyó el mapa digital de elevación, utilizando el software ARCGIS 10.1 En este se identificaron las pendientes y ubicaron las obras de prevención y control en el área de estudio. Entre estas se encuentran:

- Siembra de VETIVER
- Ubicación espacial del disipador
- Ubicación de diques de suelo

3.2.2 Determinación de la escorrentía

Se determinó la Escorrentía utilizando el **método del número de curva CN** desarrollado por *Soil Conservation Service* (SCS).

$$\frac{F}{S} = \frac{E}{P_e}$$

Donde,

F : Infiltración real (mm)

S : Infiltración potencial (mm)

E : Escorrentía (mm)

P_e : Escorrentía potencial (mm)

Mediante un proceso de reducción se calculó la escorrentía finalmente con la siguiente ecuación.

$$E = \frac{(P_d - 0,2S)^2}{P_d + 0,8S}$$

Donde,

E : Escorrentía (mm)

P_d : Precipitación de diseño (mm)

S : Infiltración potencial (mm)

3.2.3 Precipitación de diseño

Se calculó el periodo de retorno y la probabilidad con la distribución de **Weibull** para la precipitación máxima, con los datos suministrados por el IDEAM (Anexo A), para la estación hidrometeorológica 21115020 apto Benito Salas de la ciudad de Neiva.

$$T = \frac{n + 1}{m}$$

$$P = \frac{1}{T}$$

Donde,

T : Periodo de retorno (años)

n : Número de años de registro

m : Número de orden

P : Probabilidad

3.2.4 Infiltración potencial

Se estimó S con base al valor de CN

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Grado de cobertura vegetal:

- Buena:** Cobertura de más del 75% del área
- Regular:** Cobertura entre el 50% - 75% del área
- Mala:** Cobertura menor del 50% del área

Con el valor de infiltración hallado en campo (Anexo B.), y las características del suelo, se ingresó al cuadro de clasificación agrológica de los suelos (Anexo C.) y se obtuvo el grado B (Moderadamente bajo potencial de escorrentía).

Se procedió a seleccionar el valor de CN (Anexo D.).

Uso de la tierra: pastos
Condición hidrológica: deficiente
Grupo hidrológico: B

$$CN = 79$$

Por lo tanto,

$$S = \frac{25400}{79} - 254$$

$$S = 67,5$$

El valor de escorrentía E equivale a:

$$E = \frac{(100,5 - 0,2(67,5))^2}{100,5 + 0,8(67,5)}$$

$$E = 48,4 \text{ mm}$$

3.2.5 Área de drenaje

Con la ayuda del software Google Earth, se determinó el área de drenaje de la cuenca respecto a cada dren (figura 14).

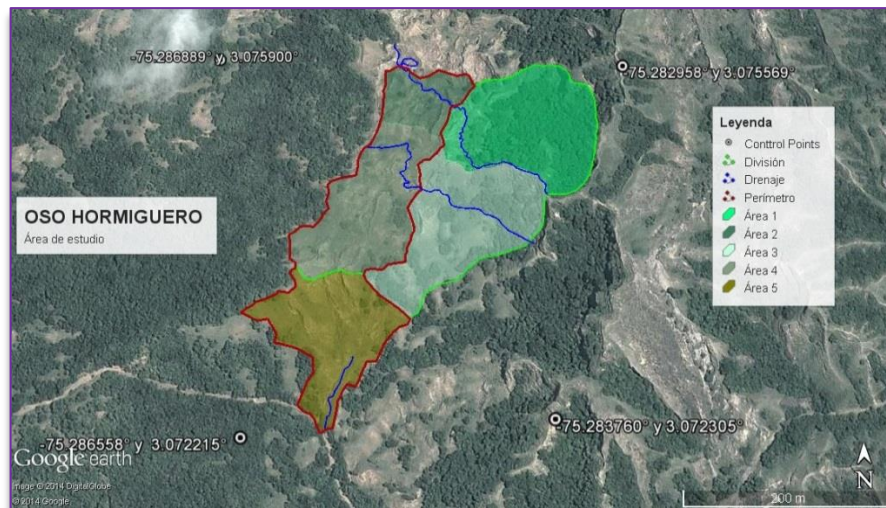


Figura 14. Área de drenaje. **Fuente:** Google Earth.

Tabla 1. Área de drenaje

Sector	Área (ha)
A1	1,69
A2	0,57
A3	1,67
A4	1,53
A5	1,24

3.2.6 Caudal instantáneo

Se calculó el valor del coeficiente de drenaje **C** mediante la siguiente ecuación.

$$C = 4,573 + 0,162E$$

Donde,

C: Coeficiente de drenaje

E: Escorrentía (mm)

Para calcular el caudal de escorrentía se utilizó la ecuación de **Ciprés Creek**

$$Q = CA^{5/6}$$

Donde,

Q: Descarga de diseño (lt/seg)

C: Coeficiente de drenaje

A: Área (Has)

3.2.7 Estimación de la pérdida de suelo

Para estimar la pérdida de suelo, se utilizó la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) que expresa el promedio de pérdidas a largo plazo.

$$A = RKLSCP$$

Donde,

A: pérdida de suelo por unidad de superficie en (t/ha).

R: factor de erosividad de la lluvia, es el producto acumulado para el período de interés (normalmente un año).

K: es el factor erodabilidad del suelo; es la cantidad promedio de suelo perdido por unidad del factor erosividad de la lluvia (Mg/J).

L: (adimensional) es el factor longitud de la pendiente.

S: (adimensional) es el factor gradiente de la pendiente.

C: (adimensional) es el uso y gestión de suelos; es la relación de pérdidas por erosión entre un suelo con un determinado sistema de uso y gestión (rotación de cultivos, uso de los mismos, laboreo, productividad, gestión de residuos, etc.).

P: (adimensional) es el factor práctica mecánica de apoyo; la relación entre la pérdida de suelo con determinada mecánica (laboreo en contorno, en fajas, terrazas, etc.) y la que ocurre con laboreo a favor de la pendiente, a igualdad de los demás factores.

Factor erosividad

Para el área de estudio se determinó el coeficiente de erosividad de las lluvias (R) anual, de acuerdo a las precipitaciones que se presentaron. El índice propuesto en la USLE para cuantificar el efecto erosivo de las lluvias tiene la expresión de **Fournier:**

$$R = \frac{p'^2}{P}$$

Donde,

p' : Precipitación en mm del mes más lluvioso

P : Precipitación en mm anual

Índice de erodabilidad

El índice de erodabilidad fue calculado utilizando las propiedades del suelo, hallados en el laboratorio y siendo determinado por la ecuación de **Paulet:**

$$100 * K = 2,1 * 10^{-4} * (12 - a)M^{1,14} + 3,25(b - 2) + 2,5 * (c - 3)$$

Donde,

K: Factor de Erodabilidad

M: Distribución del tamaño de las partículas

a: Materia orgánica en %

b: Estructura

c: Permeabilidad (conductividad hidráulica)

El parámetro *M* se calculó a través de la ecuación:

$$M = (100 - Ac) * (L + Arf)$$

L + Arf: Limo + arena muy fina (0,1≤0,002 mm)

Ac: Arcilla (<0,002)

Factor longitud y gradiente de la pendiente (LS):

Entre más larga e inclinada esté la pendiente, mayor es su capacidad de erosionar el suelo. El valor de LS se obtuvo aplicando la ecuación de Wischmeier y Smith.

$$LS = \left(\frac{La}{100} \right) * 0.760 + 0.535 + 0.0076S^2$$

Donde,

LS: Factor longitud y gradiente de la pendiente (adimensional)

La: Longitud de la pendiente en pies.

S: Pendiente en %.

Tabla 2. Factor LS establecida por pendiente

PENDIENTE (%)	FACTOR LS
0-3	0,3
3-12	1,5
12-18	3,4
18-24	5,6
24-30	8,7
30-60	14,6
60-70	20,2
70-100	25,2
> 100	28,5

Fuente: DUSSÁN, Astrid Lorena y VARGAS NARVÁEZ, Adriana.

El factor C del cultivo (tabla 3) y el factor prácticas de manejo (tabla 4) son valores adimensionales hallados en tablas preestablecidas.

Factor C del cultivo

Tabla 3. Factor C del cultivo

praderas, prados, pastizales y bosques y montes						
	porcentaje de cubrimiento de suelo					
	0-1	1-20	20-40	40-60	60-80	80-100
praderas, prados y pastizales	0,45	0,32	0,20	0,10	0,06	0,01
bosques sin sotobosques apreciable	0,45	0,32	0,20	0,12	0,07	0,02
bosques con sotobosques apreciable	0,45	0,32	0,16	0,08	0,01	0,006

Factor P prácticas de manejo

Tabla 4. Factor P prácticas de manejo

pendiente del terreno, porcentaje	cultivo en contorno	cultivo en franjas de contorno y surcos irrigados	terraceo
1-2	0.60	0.30	0.12
3-8	0.50	0.25	0.10
9-12	0.60	0.30	0.12
13-16	0.70	0.35	0.14
17-20	0.80	0.40	0.16
21-25	0.90	0.45	0.18

3.2.8 Balance hídrico

Se realizó un balance hídrico teniendo en cuenta la principal característica de la entrada y la salida de agua del área.

$$P = E + I + ETp$$

Donde,

P: Precipitación (mm/t)

E: Escorrentía (mm/t)

I: Infiltración (mm/t)

ET_r: Evapotranspiración real (mm/t)

La evapotranspiración potencial ETP es la cantidad de agua que perderá una superficie con cobertura vegetal al 100% y se encuentra agua suficiente para el crecimiento de las plantas., la ETR es la cantidad de agua que se pierde y por lo tanto $ETR \leq ETP$.

Precipitación

Se adquirió la información de precipitaciones totales del IDEAM y se observó la variación en el tiempo.

Evapotranspiración.

Para la determinación de la evapotranspiración se utilizó el método de **Blanney – Criddle**

$$ET_p = ET_p' * \frac{K_G}{K'}$$

$$K' = \frac{\sum_1^n ET_p'}{\sum_1^n f}$$

$$ET_p' = ET_o * K_c$$

$$ET_o = f * Kt$$

$$Kt = 0,031144 * T + 0,2396$$

$$f = \left[\frac{T + 17,8}{21,8} \right] * P$$

Donde,

T: Temperatura media mensual en °C

P: % horas luz en el día en relación con el total anual (%) a 2° L.N. (Anexo E.)

K_c: Coeficiente de cultivo para la curva de crecimiento (Anexo H)

$\sum_1^n f$: es la suma de los valores de *f* de todos los meses del ciclo vegetativo, para este caso *n* se considera 12 debido a que el pasto es un cultivo perenne

K_G: Coeficiente global

3.2.9 Reconocimiento de la vegetación típica del área y su potencial vegetal para la recuperación de suelos

La Fundación del Alto Magdalena contrató un estudio para la caracterización de la fauna y flora del área de protección Oso Hormiguero, para esto se realizó muestreo, identificación de las especies y su clasificación en el herbario de la Universidad del Tolima, la tabla 5. describe la cuantificación de especies vegetales en el área Oso Hormiguero.

Tabla 5. Abundancias por especie vegetales en del área de protección “Oso Hormiguero”, Municipio de Aipe, Huila.

Nombres Comunes	Especie	Familia	Abund.	%	Habito
Guaco	Aristolochia sp	Aristolochiaceae	1	0,073	Liana
Amargoso	Aspidosperma cuspa (Kunth) S.F.Blake ex Pittier	Apocinaceae	550	40,68	Arbusto
No reporta	Baccharis sp	Asteraceae	4	0,295	Arbusto
No reporta	Bahuinia sp	Fabaceae	6	0,443	Liana
Tatamaco	Bursera tomentosa (Jacq.) Triana & Planch	Burseraceae	19	1,404	Arbusto
Tatamaco	Callichlamys sp	Bignoniaceae	4	0,295	Liana
Mortecino	Capparis amplissima Lam.	Capparaceae	4	0,295	Arbol
Ondequera	Casearia corymbosa Kunth	Salicaceae	16	1,183	Árbol
Angarillo	Chloroleucon bogotense Britton & Killip	Fabaceae	8	0,591	Arbusto
Cruceto	Chomelia spinosa Jacq	Rubiaceae	157	11,61	Arbusto
Arayan	Eugenia sp	Myrtaceae	460	34,0	Arbusto
Lechero	Euphorbia cotinifolia L	Euphorbiaceae	6	0,443	Arbol
No reporta	Gouania polygama (jacq) Urb	Rhamnaceae	5	0,369	Liana
No reporta	Guapira costaricana (standl) Woodson	Nyctaginaceae	19	1,405	Árbusto
Guazimo	Guazuma ulmifolia Lam.	Malvaceae	3	0,221	Árbol
Capote	Machaerium capote Dugand	Fabaceae	20	1,479	Arbol
No reporta	Machaerium sp	Fabaceae	2	0,147	Árbusto
Dinde	Maclura tinctoria (L.) D.Don ex Steud	Moraceae	2	0,147	Arbol
No reporta		Malpighiaceae	1	0,073	Liana
Cuji	Prosopis juliflora (sw.) DC	Fabaceae	1	0,073	Arbusto
Igua	Pseudosamanea guachapele (Kunth) Harms	Fabaceae	1	0,073	Árbol
Cacho de venado	Randia armata (Sw.) DC.	Rubiaceae	10	0,739	Arbusto
No reporta	Trichilia sp	Meliaceae	12	0,887	Árbusto
Tachuelo	Zanthoxylum caribaeum Lam.	Rutaceae	40	2,958	Arbusto
Uña de gato	Zanthoxylum fagara (L.) Sarg.	Rutaceae	1	0,073	Arbusto
<i>GRAND TOTAL</i>			1352	100	

Fuente: caracterización y composición florística y faunística del área de protección 'El oso hormiguero' Municipio de Aipe, departamento del Huila.

Según el estudio de caracterización y composición florística y faunística del área de protección 'Oso Hormiguero' se halló un total de 25 especies y las más abundantes encontradas fueron: el 'Amargoso' con 40,68% individuos, el 'Arrayán' con 34,00% y el 'Fruto de Pava' con el 11,61%, lo que significa que en la parcela de muestreo, el 86,29% de las especie totales son repartidas por estas. La caracterización permitió identificar la proporción de especies en el área de estudio (tabla 6).

Tabla 6. Abundancias por familias en Área de Protección "Oso Hormiguero", Municipio de Aipe, Huila.

ESPECIE	ABUNDANCIA	%
Apocinaceae	550	40,68
Myrtaceae	461	34,09
Rubiaceae	166	12,27
Rutaceae	41	3,03
Fabaceae	38	2,81
Burseraceae	19	1,41
Nyctaginaceae	19	1,41
Salicaceae	16	1,18
Meliaceae	12	0,89
Euphorbiaceae	6	0,44
Rhamnaceae	5	0,37
Asteraceae	4	0,30
Bignoniaceae	4	0,30
Capparaceae	4	0,30
Malvaceae	3	0,22
Moraceae	2	0,15
Aristolochiaceae	1	0,07
Malpighiaceae	1	0,07

Fuente: caracterización y composición florística y faunística del área de protección 'El oso hormiguero' Municipio de Aipe, departamento del Huila.

Según la caracterización, se identificó que la zona de vida perteneciente a Bosque seco tropical (Bs-T) con dos periodos de sequía al año dada las condiciones de temperatura, altitud, y precipitación anual, identificando coberturas de bosque secundario y rastrojo.

3.3 Plan estructural para el desarrollo de actividades

3.3.1 Barreras vivas

La barrera viva es una práctica que ayuda a la reducción de escorrentía y por lo tanto a la pérdida del suelo. Se realizó un análisis para la selección de especies vegetales resistentes que ayuden a la conservación del suelo, consistiendo en las características que tiene cada una de ellas como son su resistencia a las altas temperaturas que son características en la zona y su capacidad de fijación del suelo; entre estas especies se encuentra la planta de vetiver. Las siembras van de acuerdo a su finalidad el cual consiste en la reducción de los procesos erosivos y por lo tanto, lo adecuado sería la siembra en forma de curvas de nivel, controlando la erosión, siembra en surcos y de forma tupida en alta densidad lo que actuará en forma de barrera.

3.3.2 Ensayo de siembra de VETIVER

Se realizó una siembra de especie vegetal seleccionada para conocer la adaptación de esta en terreno, conocer su resistencia a la sequía para identificar puntos fuertes del área, e implementar el desarrollo de una siembra adecuada tipo piloto, que permita una recuperación y conservación del suelo en el sector y evaluar posteriormente su inclusión en este tipo de terreno

Siembra de dos muestras en el área

Se sembraron dos plantas en el área y sometieron a estrés hídrico, teniendo en cuenta el régimen de lluvias y las condiciones climáticas de la zona. El objetivo es analizar el comportamiento de las plantas y la función del trasplante y observar la viabilidad del cultivo en el área de estudio (figuras 15A y 15B).



Figura 15. A) Hoyo de siembra

B) Siembra

Se sembró el cultivo en un hoyo de 20x20 cm de área, por 15 cm de profundidad y posterior a la siembra se agregó 1 litro de agua por planta.

3.3.3 Diseños de la distribución de Vetiver

Para el establecimiento, se planteó el procedimiento a seguir, variando la forma de siembra de acuerdo a variables principales que se identificaron:

- Elevación
- Pendiente
- Densidad de siembra
- Fácil manejo

Materiales

Herramientas y Equipos: Vehículos para el transporte de personal y del VETIVER desde el vivero hasta el lugar de siembra, estacas de guadua, mazos o martillos, barras y barretón, picas, decámetros, etc.

Mano de obra: trabajadores como mano de obra calificada y técnico agrícola.

Procedimiento (curvas a nivel, distanciado cada 2 m en elevación y 1 m entre plantas).

La densidad de siembra se realizó de acuerdo al criterio del diseñador, sin que se saliera de los parámetros establecidos o recomendados en la teoría, para el caso de este proyecto se asumió una densidad de 5.000 plantas/ha de VETIVER o lo que es 2 m entre surcos y 1 m entre planta en forma de curvas de nivel, lo que permite tener una mejor forma de interceptar las lluvias que escurren con suelo erosionado (figura 16).

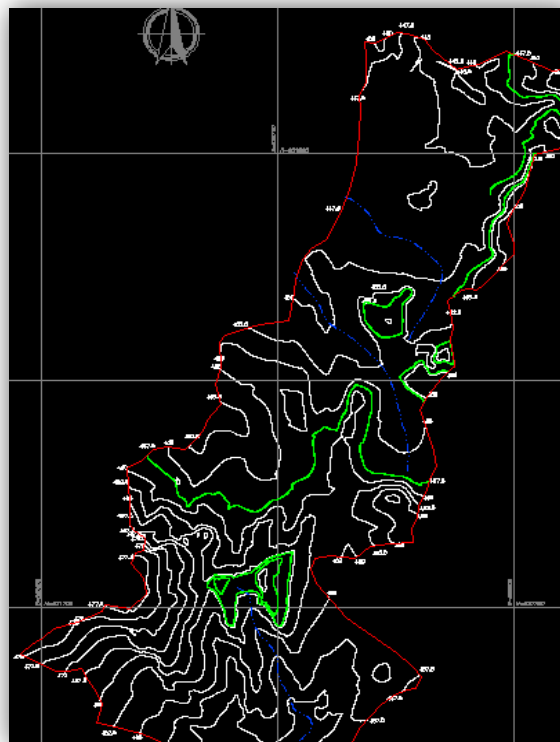


Figura 16. Distribución a curvas de nivel [Sin escala]

Como se mencionó anteriormente, lo ideal en el establecimiento del cultivo, fue el aprovechamiento de la época de lluvias de la región, sin embargo, fue recomendable agregar la mayor cantidad de agua posible al cultivo durante la semana anterior a la siembra, así la planta tiene la posibilidad de resistir la sequía que se pueda presentar.

La distribución de la siembra se realizó en contorno y en ocasiones se ajustó dicha distribución a las curvas de nivel del terreno. La variable principal es la elevación, al momento de realizar el trasplante, este se llevó a cabo dentro de los 7 días de salida del Vivero, se realizó una zanja de 25 cm profundidad y 20 cm de ancho, para la plantación se utilizó una barra o barretón debido a que el suelo se encuentra en proceso de consolidación (figura 17).



Figura 17. Zanja de siembra

Se procedió a sembrar el VETIVER a una distancia de 15 cm en el interior de la brecha.

El establecimiento diseñado de esta forma, trajo consigo una serie de ventajas y desventajas

Ventajas

- Menor costo en siembra
- Menor costo en equipos
- Menos costo en mano de obra
- Mayor eficiencia por las curvas nivel
- Menor tiempo de siembra

Desventajas

- Menor cobertura de área

3.3.4 Diseño de obras de bioingeniería

Disipador de energía

Materiales

Herramientas y equipos

- Tulas
- Palas
- Barra
- Barreton
- Pisóna
- Metros
- Suelo
- Fique o cabuya

Mano de obra

- Trabajadores como mano de obra calificada

En un sector del área de estudio se observa la formación de una cárcava, por allí dreña el agua que cae de las partes altas de la cuenca, teniendo una caída libre de aproximadamente 3 metros altura y que ayudado con las altas precipitaciones puntuales, causa gran erosión debido a que la energía potencial de la esorrentía es alta (figura 18).



Figura 18. Cárcava

Para reducir esto, se plantea la instalación de un dissipador de energía de origen natural. La instalación de bolsas de arena, grava y piedra de forma escalada permite que la energía de la caída de agua, sea reducida y por lo tanto reduce la erosión del suelo en este sector.

Procedimiento

Se utilizarán tulas para la preparación, el suelo a utilizar se encuentra en el mismo lugar, con la ayuda de mano de obra, se preparan las bolsas llenándose de suelo hasta un 75% aproximadamente, se llevan posteriormente al lugar de ubicación y se forma el dissipador, cuando se presente la lluvia, el agua caerá sobre este y disminuirá la fuerza del agua, reduciendo la socavación que se presenta en el lugar.

Las dimensiones aproximadas del dissipador serán: Ancho: 2.8 m, Largo: 1.2 m y Alto: 2.5 m. Se construirá de forma escalonada, dejando una distancia vertical de 50 cm por cada escalón (figura 19).

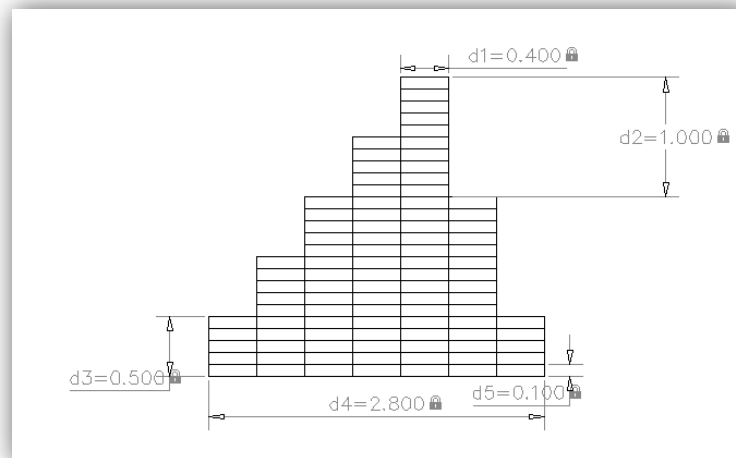


Figura 19. Corte transversal del dissipador [Sin escala]

Según el corte transversal, el número total de tulas es de aproximadamente 95. Debido a que en longitud son dos tulas, el N° total de tulas son 190 y se ubicarán de forma alternada.

Control de cárcavas

En el área se observa la formación de drenes donde fluye el agua por escorrentía y los sedimentos que lleva consigo. Para prevenir la pérdida de suelo se plantea el uso de bolsas de suelo formando diques de este material. La ubicación de cada

uno de estos diques se realiza con la ayuda de las modelaciones de topografía que se tienen.

Al igual que el dissipador, se necesitan tulas para la preparación, llenándose de suelo hasta un 75% aproximadamente, se llevan posteriormente al lugar de ubicación e instalan formando una especie de dique que genera la pérdida de suelo al decantarlo y dejando pasar el agua por el costado o entre los poros (figura 20A, 20B y figura 21).

A



B



Figura 20. A) Pérdida de suelo

B) Ubicación dique

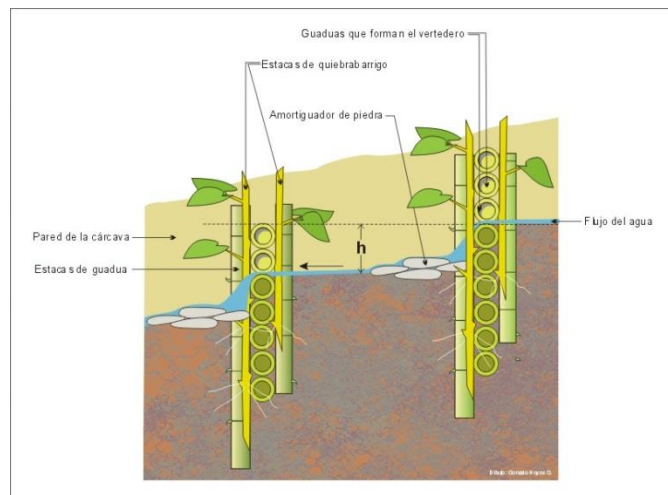


Figura 21. Distanciamiento entre diques

El uso de trinchos vivos resulta de difícil implementación en el área de estudio. Conociendo que el área se encuentra en proceso de desertificación, se puede analizar que solo ciertas clases de especies naturales pueden adaptarse y por lo tanto no es recomendable el uso de trinchos, sin embargo los parámetros para el desarrollo de este tipo de obras no se limitan a los mismos si no, que se pueden implementar en otro tipo de estructuras.

Distancia entre obras:

$$D = \frac{h}{s} * 100$$

Donde,

h: Altura efectiva

s: Pendiente

Se calculó el distanciamiento mínimo de cada obra (tabla 7).

Tabla 7. Distanciamiento de obras

s (%)	h (m)	D (m)
3	1	33.3
15	1	6.7
30	1	3.3
45	1	2.2
60	1	1.7
90	1	1.1

Procedimiento

Se utilizará el suelo que se encuentra en el área. Con la ayuda de las barras y las palas se empacará suelo del área agregándola a las tulas hasta un 75% de llenado aproximadamente, se amarrará con el fique y se trasladará hasta el lugar donde se ubicarán, posteriormente se apisonará suavemente para no dañar la tula hasta dejarlo lo más compactado posible.

La ubicación de las tulas se hará de forma transversal al flujo del agua, ubicándola en medio de dos pendientes.

3.3.5 Recomendación del cálculo hídrico

El cultivo de VETIVER presenta características de resistencia a la sequía y por lo tanto suele adaptarse a condiciones climáticas difíciles como la zona norte del Huila, sin embargo al igual que todo cultivo, necesita unos requerimientos mínimos de agua, principalmente en el trasplante, y por lo tanto se recomendó realizar un acompañamiento al establecimiento, especialmente en el segundo semestre de 2014; el cual existe una alta probabilidad de fenómeno del niño según el IDEAM.

Para conocer la cantidad de agua que requiere el cultivo, se realizó el cálculo del requerimiento hídrico.

Cálculo del requerimiento hídrico

El requerimiento hídrico se calculó utilizando la metodología MIGERCIPER

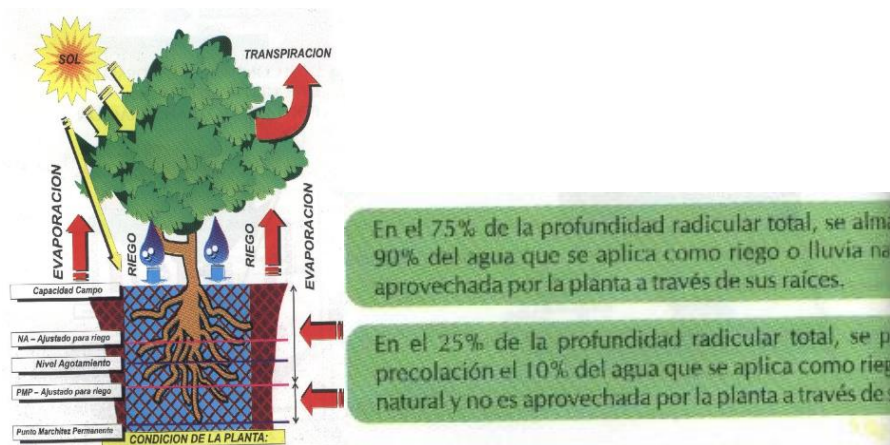


Figura 22. Condiciones de la planta.

La necesidad de agua del cultivo la denominaremos lámina neta (LN)

$$LN = \frac{CC - PMP}{100} * Da * Pre * Na$$

Donde,

LN: Lamina neta

CC: Capacidad de campo en %

PMP: Punto de marchitez permanente en %

Da: Densidad aparente en gr/cm^3

Pre: Profundidad efectiva radicular en m, equivalente al 75% de la profundidad total

Na: Nivel de agotamiento, no mayor al 50%

Luego,

$$LN = \frac{29,8 - 16,5}{100} * 1,60 * 200 * 0,5$$

$$LN = 21,28 \text{ mm}$$

Se calcula la cantidad de agua a utilizar teniendo en cuenta la eficiencia de la aplicación

$$LB = \frac{LN}{Ea}$$

LB: lámina bruta

Ea: Eficiencia de aplicación

$$LB = \frac{21,28 \text{ mm}}{0,95} = 22,40 \text{ mm}$$

La evapotranspiración máxima de un mes crítico en la zona de 157.46 mm. Se calcula la frecuencia de riego mensual mediante la siguiente ecuación

$$FR = \frac{LN}{EMD}$$

FR = Frecuencia de riego

EMD = Evapotranspiración máxima diaria en el mes crítico

$$FR = \frac{21,28 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} = 2,2 \text{ días}$$

$$FR = 2 \text{ días y medio}$$

La frecuencia de riego es la cantidad de agua mensual que necesita el cultivo para suplir los gastos de evaporación y necesidad del cultivo, para el caso de vetiver, la cantidad de riego necesaria es de dos días y medio.

Dependiendo del método de aplicación así mismo es el tiempo de aplicación, para la finalidad del proyecto, no se utilizará riego por lo cual, lo ideal es el aprovechamiento de la época de lluvias para su establecimiento, sin embargo se puede usar otros métodos de riego como bombas de espalda, bombas a motor entre otros.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Estudios

4.1.1 Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico (Plano) y el área resultante gira entorno a las 3,5 has, comprendiendo el error que se puede generar al hacerlo utilizando el software Google Earth. Se identificó las líneas de drenaje y se puede observar las partes más altas, siguiendo la separación entre curvas de nivel (figura 23).

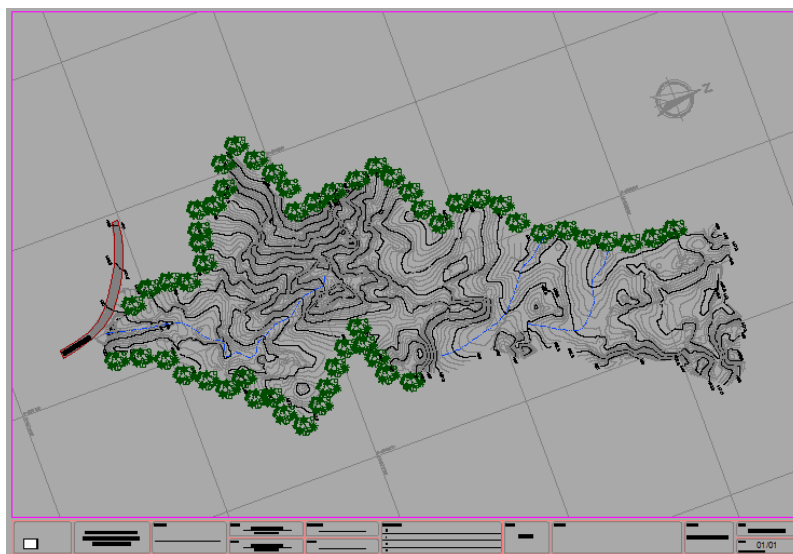


Figura 23. Área calculada con la estación. [Sin escala]

4.1.2 Análisis de suelos

Se realizó el análisis respectivo del área. Un análisis fisicoquímico permitió conocer las características físicas y químicas del suelo, que material mineral contiene, la cantidad de sales pertenecientes al suelo, el pH que permite identificarlo para seleccionar adecuadamente las plantas a sembrar, además de conocer la estabilidad del talud (Anexo F.).

Salinidad

El estudio de salinidad informa que contiene mineral alcalino con alta concentración de calcio y magnesio y que según este estudio, no presenta riesgo de SODIFICACIÓN, ni SALINIDAD, con alto contenido de minerales alcalinos y con pH estable de 8.8.

Al tener las características de salinidad anteriores y conocer las condiciones climáticas para la zona, se puede decir que no es apta para todo cultivo, en especial para aquellos cuyo pH es inferior al neutro, sin embargo las características de la especie vegetal a cultivar permiten un desarrollo radicular efectivo.

Análisis Químico

Se realizó el respectivo análisis químico en dos sectores distantes dentro del área levantada y se les denominó sector crítico 1 y sector crítico 2 arrojando resultados muy similares en ambos lugares por lo que se puede decir que el área es uniforme.

El análisis químico permitió observar alta cantidad de material alcalino y el bajo contenido de menores, lo que indica alto pH; siguiendo las recomendaciones de este análisis se pudo conocer los requerimientos de fertilizantes necesarios para el cultivo, sin embargo para el cultivo de VETIVER estos requerimientos son pocos y depende de la adaptación del cultivo al terreno.

El análisis químico recomienda la aplicación de fertilizantes orgánicos (gallinaza, compost, etc.) a razón de 1 ton/ha en mezcla con roca fosfórica a razón de 350 Kg/ha al menos en el momento de la siembra. Se aplica una parte del fertilizante en el momento que se abre el hoyo de siembra y la otra parte alrededor del tallo después de sembrado; una ventaja de la materia orgánica es que supone mayor conservación de la humedad.

Se debe adicionar fertilizantes menores, sin embargo esto se puede dejar para después de siembra del cultivo y verificación de la adaptación en campo.

Análisis Físico

El estudio físico confirma el análisis inicial de observación que indica material mineral consolidado, contiene baja porosidad, de textura **franco arcillo arenosa** y **estable** lo que indica que es poco probable la ocurrencia de deslizamientos

independientemente de la topografía. Lo que se genera es erosión a causa de las lluvias. Con este análisis se puede realizar el cálculo de requerimientos hídricos del cultivo.

4.2 Caracterización del territorio

Con el objeto de identificar los lugares esenciales en donde se llevó a cabo el conjunto de actividades para recuperar el suelo, se realizó una zonificación donde se pueda indicar los lugares primordiales donde se implementaran dichas soluciones, para esto se hace necesario la elaboración de un mapa digital de elevación (figura 24).



Figura 24. Linderos del terreno **Fuente:** Google Earth.

4.2.1 Mapa digital de elevación.

Se construyó el mapa digital elevación donde se puede identificar los rangos de las pendientes y donde se ubicaron los puntos más altos que se presentan desde el color amarillo al rojo, y los más bajos y continuos de la zona que son de color verde (figura 25).

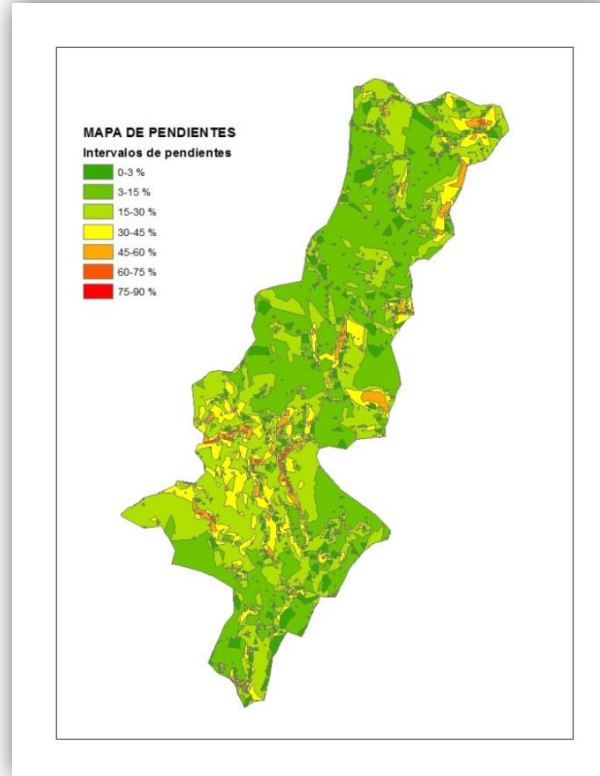


Figura 25. Mapa de pendientes [Escala no definida]

Tabla 8. Pendientes

Número	Pendiente (%)
1	0-3
2	3-15
3	15-30
4	30-45
5	45-60
6	60-75

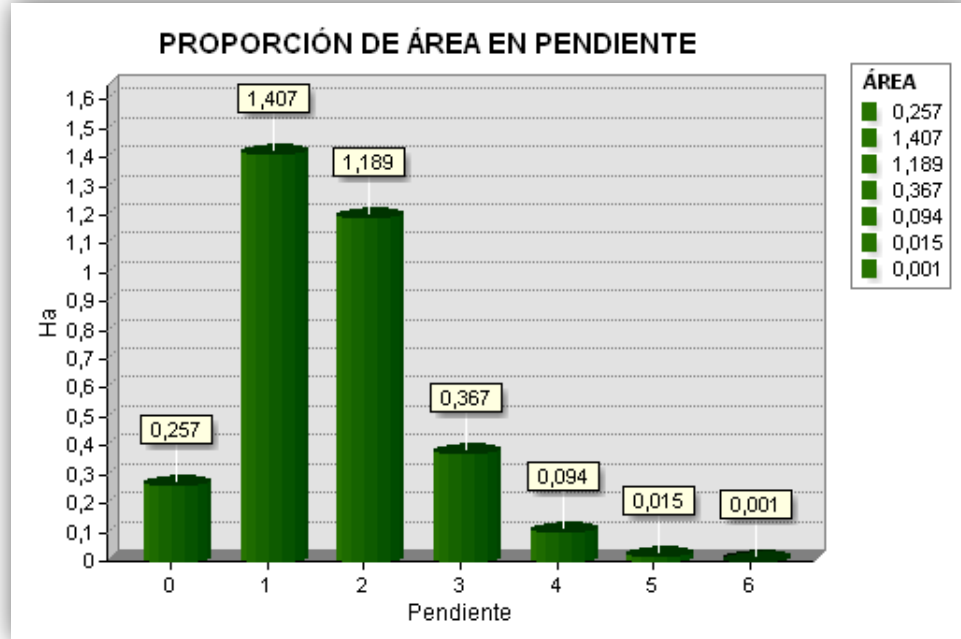


Figura 26. Pendiente en área

Las pendientes entre 0% y 30 % representan la mayor área del terreno con más de 2,5 ha. y representa el lugar adecuado para realizar una reforestación, mientras que el área de pendientes entre 30% y 60% se presenta como un lugar adecuado para el planteamiento de barreras que ayudan a reducir la erosión (figura 26).

4.2.2 Precipitación de Diseño

Con el periodo de retorno para 15 años, se seleccionó la precipitación de diseño que equivale a 100,5 mm con una probabilidad de ocurrencia del 6,7% (tabla 9).

$$P_d = 100,5 \text{ mm}$$

Tabla 9. Periodo de retorno y selección de precipitación de diseño

AÑO	LLUVIA (mm)	LLUVIA ORDEN (mm)	Nº ORDEN (m)	PERIODO RETORNO T (años)	PROBABILIDAD P (%)
2000	73,2	100.5	1	15	6.7
2001	84	96.2	2	7.5	13.3
2002	96,2	96	3	5	20.0
2003	74,8	89.7	4	3.8	26.7
2004	69,3	89.1	5	3	33.3

2005	86,3	86.3	6	2.5	40.0
2006	85,0	85	7	2.1	46.7
2007	96,0	84	8	1.9	53.3
2008	89,1	83	9	1.7	60.0
2009	70,2	81.3	10	1.5	66.7
2010	83,0	74,8	11	1.4	73.3
2011	81,3	73.2	12	1.3	80.0
2012	100,5	70.2	13	1.2	86.7
2013	89,7	69.3	14	1.1	93.3

4.2.3 Caudal instantáneo

Se calculó el valor del coeficiente de drenaje **C** mediante la siguiente ecuación.

$$C = 4,573 + 0,162E$$

$$C = 4,573 + 0,162 * 48,4$$

$$C = 12,41$$

Donde,

C: Coeficiente de drenaje

E: Escorrentía (mm)

Para calcular el caudal de escorrentía se utilizó la ecuación de **Ciprés Creek**

$$Q = CA^{5/6}$$

Donde,

Q: Descarga de diseño (lt/seg)

C: Coeficiente de drenaje

A: Área (has)

Se calculó el caudal que ingresa al área de estudio y que es procedente de las partes altas de la cuenca. Se calculó el caudal a evacuar en cada dren.

Tabla 10. Caudal de diseño

Sector	Coeficiente C	A (has)	A ^(5/6)	Q (lt/s)	Qdiseño (lt/s)
A1	12.41	1.69	1.55	19.22	19.22
A2	12.41	0.57	0.63	7.77	26.99
A3	12.41	1.67	1.53	19.03	19.03
A4	12.41	1.53	1.43	17.69	36.72
A5	12.41	1.24	1.20	14.85	14.85

4.2.4 Estimación de la pérdida de suelo

Para estimar la pérdida de suelo, se utilizó la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) que expresa el promedio de pérdidas a largo plazo.

$$A = RKLSCP$$

Factor erosividad

Para el área de estudio se determinó el coeficiente de erosividad de las lluvias (R) anual (tabla 11), de acuerdo a las precipitaciones que se presentaron.

Tabla 11. Cálculo del factor de erosividad R anual

Año	Mes (Más lluvioso)	p' (Precipitación en mm)	p'^2 (mm ²)	P (Anual en mm)	R= p'^2/P(mm)
2000	Febrero	303.1	91869.6	1275.4	72.0
2001	Noviembre	236.2	55790.4	1021.4	54.6
2002	Marzo	224.1	50220.8	1192.5	42.1
2003	Noviembre	309	95481.0	1143.3	83.5
2004	Noviembre	339.9	115532.0	1281.3	90.2
2005	Diciembre	380.6	144856.4	1361	106.4
2006	Noviembre	280.3	78568.1	1454.2	54.0
2007	Abril	288.5	83232.3	1488.6	55.9
2008	Noviembre	470.8	221652.6	2129	104.1
2009	Marzo	284.3	80826.5	1433.5	56.4
2010	Noviembre	353.9	125245.2	1602.6	78.2
2011	Noviembre	458.3	210038.9	2175.7	96.5
2012	Noviembre	376	141376.0	1359	104.0
2013	Noviembre	225.2	50715.0	1104.9	45.9
				Media	74.6

Índice de erodabilidad

Se halló la permeabilidad en campo, dato necesario para calcular el índice de erosividad (Anexo G). El índice de erodabilidad fue calculado utilizando las propiedades del suelo, hallados en el laboratorio y siendo determinado por la ecuación de **Paulet**, lo anteriormente relacionado, se encuentra consignado en la tabla 12.

Tabla 12. Índice de erodabilidad

Arcilla (Ac)	Limo (L)	Arena Fina (Arf)	M	Materia orgánica (a) %	Estructura (b) (mm)	Permeabilidad (c)	100*K	K
20.6	23.4	56	6304.3 6	0.29	0.8	5.45	54.99	0.55

Estimación de la pérdida de suelo USLE

$$A = RKLSCP$$

$$A = 74.57 * 0.55 * 1.5 * 0.10 * 0.6$$

$$A = 3.7 \text{ Ton/ha}$$

4.2.5 Balance hídrico

Se realizó un balance hídrico teniendo en cuenta la principal característica de la entrada y la salida de agua del área.

$$P = E + I + ETp$$

Precipitación

Se adquirió la información de precipitaciones totales del IDEAM de la estación Aeropuerto Benito Salas de la ciudad de Neiva y se observó su variación en el tiempo (figura 27).

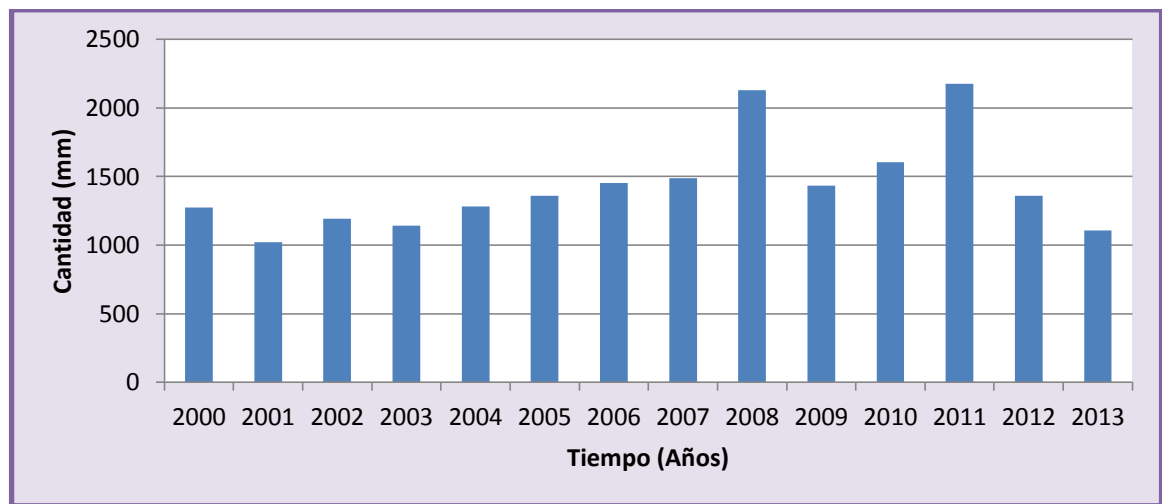


Figura 27. Precipitación anual

Evapotranspiración.

Para la determinación de la evapotranspiración se utilizó el método de **Blanney – Criddle**.

$$ET_p = ET_p' * \frac{K_G}{K'}$$

Para el fácil manejo de datos, se registraron todos los cálculos en la tabla 13. Haciendo el cálculo de la Etp tomando como ejemplo el año 2013.

Tabla 13. Etp año 2013

Mes	T (°C)	$\frac{T+17.8}{21.8}$	P (%)	f (cm)	Kt	Eto	Kc	ETp'	K'	ETp
Enero	28.4	2.1	8.4	17.9	1.12	20.08	0.48	9.64	0.85	84.9
Febrero	27.3	2.1	7.6	15.8	1.09	17.18	0.6	10.31	0.85	90.8
Marzo	27.8	2.1	8.5	17.7	1.11	19.58	0.75	14.69	0.85	129.4
Abril	28.9	2.1	8.2	17.6	1.14	20.07	0.85	17.06	0.85	150.3
Mayo	27	2.1	8.5	17.5	1.08	18.90	0.87	16.44	0.85	144.8
Junio	28.6	2.1	8.3	17.6	1.13	19.85	0.9	17.86	0.85	157.4
Julio	28.4	2.1	8.5	18.1	1.12	20.30	0.9	18.27	0.85	160.9
Agosto	28.8	2.1	8.5	18.2	1.14	20.65	0.87	17.97	0.85	158.3
Septiembre	29.2	2.2	8.2	17.7	1.15	20.31	0.85	17.27	0.85	152.1
Octubre	28.8	2.1	8.5	18.1	1.14	20.53	0.8	16.42	0.85	144.7
Noviembre	26.7	2.0	8.2	16.7	1.07	17.84	0.65	11.60	0.85	102.2
Diciembre	27	2.1	8.4	17.3	1.08	18.72	0.6	11.23	0.85	98.9
			$\sum_1^n f$	210.0			$\sum_1^n ET_p'$	178.75	0.85	1574.6

En la figura 28 se observa la distribución anual de la evapotranspiración en los últimos 14 años.

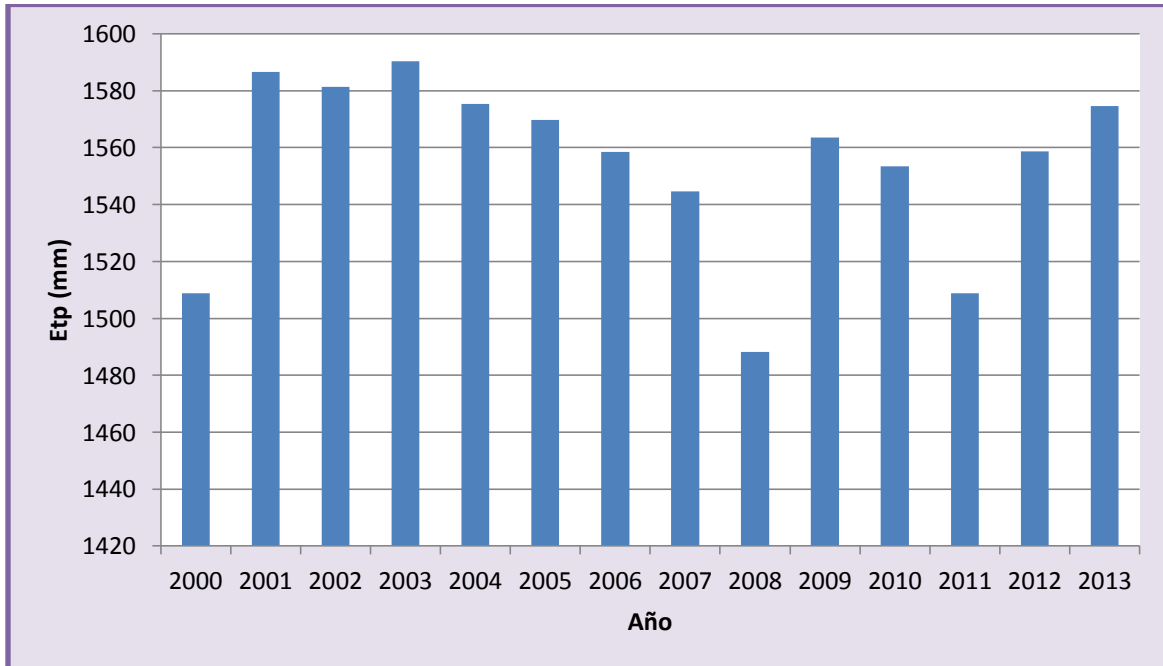


Figura 28. Variación anual Etp

Se realizó el balance hídrico tomando los valores de precipitación y Etp observándose déficit de recarga hídrica en la mayoría del tiempo y con dos años de altas precipitaciones (figura 29).

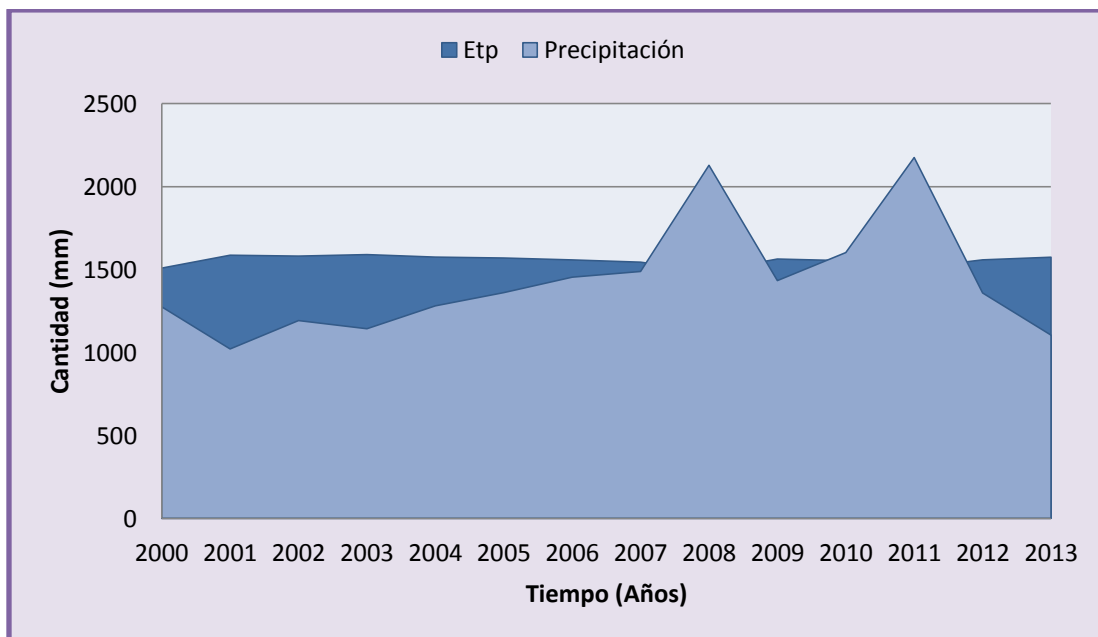


Figura 29. Balance Hídrico

4.3 Plan estructural para el desarrollo de actividades

4.3.1 Barreras vivas

Dentro de las clases de barreras vivas se puede encontrar el VETIVER, dada las características de este tipo de gramínea se utilizó como cultivo de recuperación y conservación de suelos.

4.3.2 Ensayo de siembra de VETIVER

El día 16 DE Noviembre de 2013 se sembró a manera de ensayo, dos plantas de vetiver para observar su adaptación al área, se procedió a realizar un control el 15 de Diciembre.

Estado actual de Vetiver

Verificando el estado de la siembra de Vetiver se pudo observar una buena disposición para el desarrollo de la misma, teniendo en cuenta la fecha de siembra en que se realizó, siendo mejor, la temporada de lluvias en la que se puede presentar un desarrollo favorable de la plantación (figuras 30A y 30B).

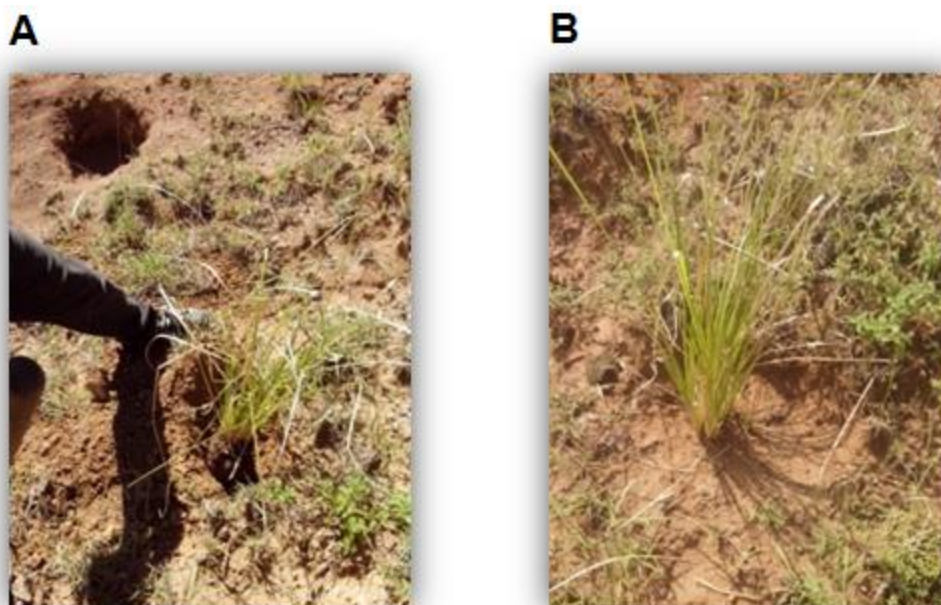


Figura 30. A) Vetiver antes y B) después de la siembra

Las figuras 31A y 31B muestran la misma planta de VETIVER con un mes de diferencia, se observa la mejora que tuvo durante este tiempo, el color más verde y con las hojas punteadas dispuestas al crecimiento. Se realizó nuevamente una visita de campo el día 25 de Febrero del 2014, observándose características similares a las figuras 31 A y 31 B.

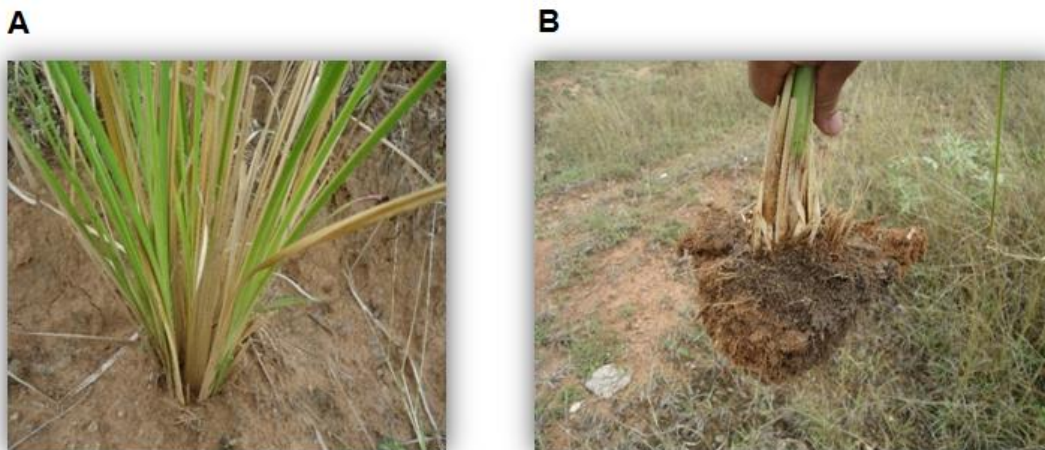


Figura 31. A) Condición física

B) Bulbo de suelo

Se observó que algunas hojas VETIVER presentaron clorosis, lo cual a primera vista se puede concluir la falta de agua que puede estar necesitando el cultivo, sin embargo, al arrancar el pasto del suelo se pudo analizar la adaptación de la planta al suelo.

Raíz de VETIVER

Se arrancó la planta del suelo. Como se observa en las figura 32A y 32B, algunos tallos de las hojas se observan de color amarillo pálido que son síntomas de secamiento, sin embargo la raíz del mismo tallo permanece en perfectas condiciones, se observa el bulbo de tierra que forma la planta indicando un buen agarre y adaptación al terreno, lo cual muestra ser efectivo en la práctica, de la prevención de la erosión del suelo en el área de estudio.

Comparación de la Raíz de VEIVER y Pasto Tiatino

Se tomó una muestra de la raíz de VETIVER y del pasto Tiatino el cual es nativo de la región y se puede observar la diferencia en el sistema radicular de las dos plantas, siendo de mayor contención la raíz del VETIVER. Además al momento de extraerlas del suelo, se tuvo que realizar una mayor tensión en el VETIVER que

en el pasto Tiatino, inclusive cuando la apariencia de secamiento del VETIVER se observara deteriorada.



Figura 32. A) y B) Comparación de raíces

Se retiró la tierra de la raíz y se pudo analizar que esta perforó el suelo natural del área de estudio en busca de agua.

4.3.3 Distribución de la siembra:

La forma a sembrar el cultivo se realizó de acuerdo a las curvas de nivel del terreno. El área a sembrar fue de aproximadamente 1 ha, de acuerdo a la topografía. La cantidad de plantas disponibles para la siembra fue de 4000 plantas.

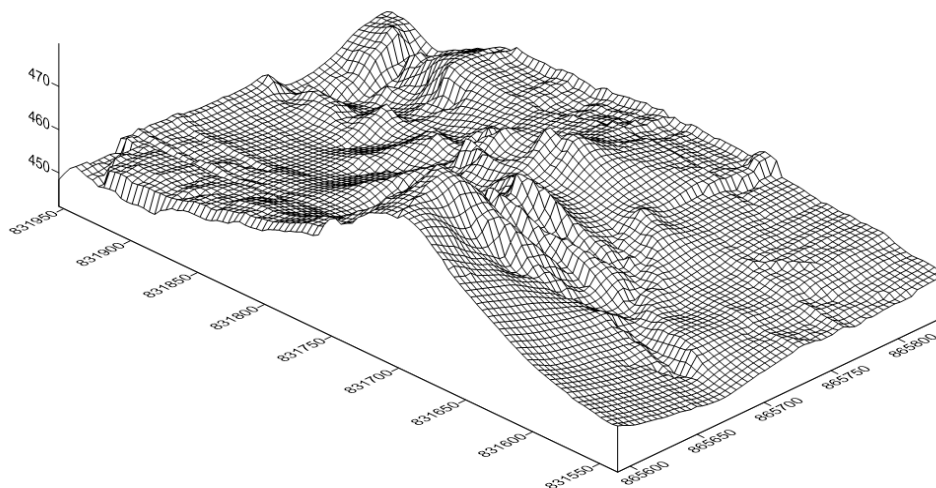


Figura 33. Modelación

Se realizó un modelado 3d del área para conocer la topografía y guiarnos al diseñar la distribución del cultivo (figuras 33 y 34).

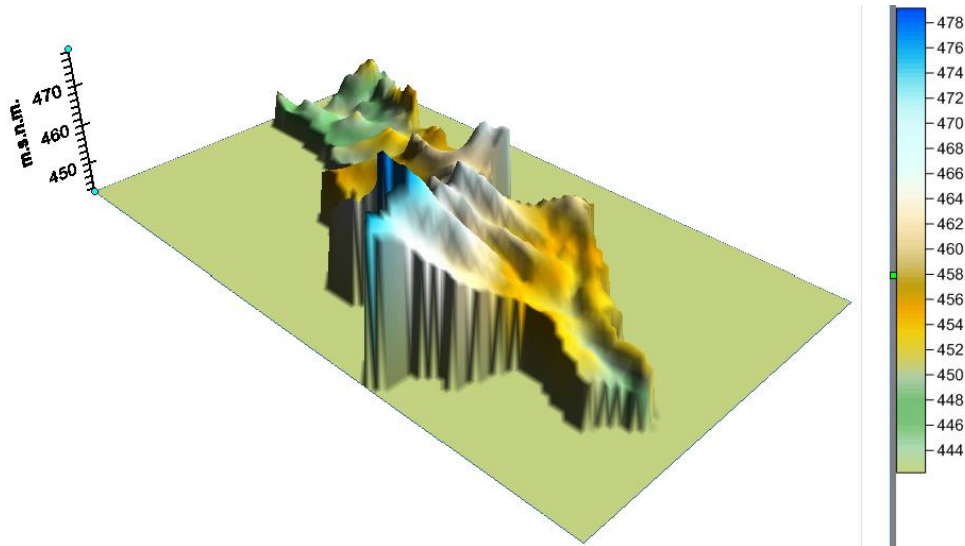


Figura 34. Mapa de Elevación del terreno

La distribución de la siembra se realizó en lo mejor posible y, de forma perpendicular al flujo de agua, con el fin de interceptar la erosión causada por la misma.

- Al realizarse en curvas de nivel, la variable principal para la distribución de la siembra fue la elevación.
- El objetivo del sistema es la interceptación de suelo erosionado.
- A medida que se fue realizando el estacado, se realizó la apertura de los hoyos y la siembra de forma simultánea.

4.3.5 Replanteo

Se realizó un replanteo con GPS en los puntos de mayor relevancia, donde sería instalado el VETIVER. Con la ayuda del Google Earth se identificaron en el mapa satelital, los puntos críticos donde se sembró el VETIVER (figura 35).

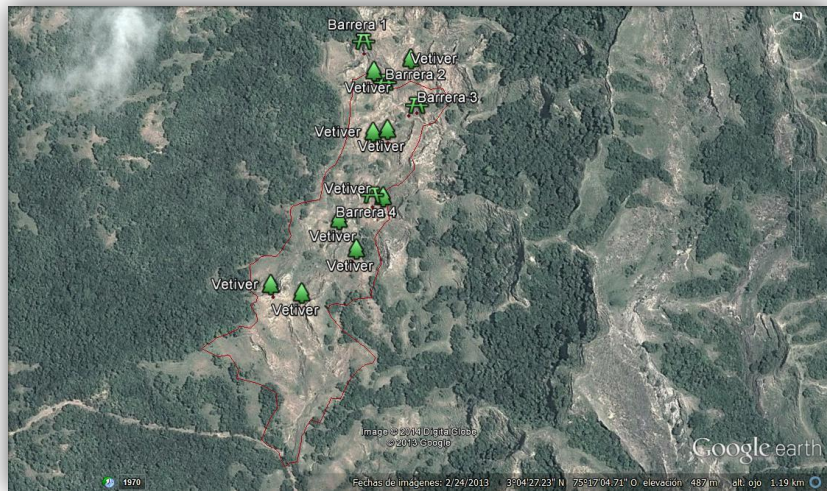


Figura 35. Ubicación de puntos estratégicos en software

Con la ayuda de un trabajador contratado por la FAM, se fabricaron estacas de madera redonda, que se encontraban en el área para la ubicación de los puntos más importantes donde se sembró el vetiver (figura 36).



Figura 36. Ubicación de estacas

4.3.6 Siembra

Seleccionado el sistema de siembra se procede a la ejecución del proyecto.

La Fundación del Alto Magdalena estuvo encargada de calcular el presupuesto y mediante este se contrató a la empresa **JotAservi Ltda.** Para contratar el personal necesario para la elaboración de esta obra, se utilizó la mano de obra de los alrededores del área proporcionando así, empleo a la región.

Se transportó el VETIVER desde el vivero hasta la zona de descarga, dejándose bajo la sombra, donde permaneció cerca de una semana mientras se realizaba la construcción de las brechas, durante ese tiempo se regó por medio de un carro tanque (figura 37A y 37B).

A



Figura 37. A) Transporte

B



B) Alistamiento

Se alistó el vetiver cortandolo en la parte superior, dejandolo de una longitud de hojas de entre 15 y 20 cm, lo que permite una menor cantidad de consumo de agua y el brotar de nuevas hojas.

Mientras se alistaba el VETIVER, se realizaba las brechas en los puntos replanteados, dadas las condiciones del suelo (ver sección análisis de suelos), hubo la necesidad de utilizar herramienta para romper, como picas y palines para las zonas más blandas, al igual que palas para retirar el suelo (figura 38A y 38B).

A**B**

Figura 38. A) Elaboración de brechas B) Aplicación de abono orgánico

Según las recomendaciones dadas en el estudio de suelos, los materiales utilizados como fertilizantes fueron: Abono orgánico y Roca fosfórica. Además se agregó la materia orgánica según las indicaciones del análisis de suelos, adaptándolo a la forma de la siembra.

Se realizó la siembra a una distancia de 15 cm entre bolsas y a 25 cm entre eje aproximado de cada VETIVER, se retiró de la bolsa y posteriormente se ubicó en la brecha arrojándole suelo para su fijación al terreno (figuras 39A y 39B).

A**B**

Figura 39. A) y B) Siembra de Vetiver

4.3.7 Estado final del establecimiento

Se observó a partir de las figura 40 y en el anexo J, el resultado obtenido de la siembra de vetiver.



Figura 40. Estado final del Vetiver

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El diagnóstico permitió conocer variables importantes de estudio como son los aspectos biofísicos, el uso al que se le da el suelo, el tipo de utilidad que genera, entre otros, dichos datos complementan junto a la caracterización el uso actual del suelo y su proyección de utilidad.
- La caracterización realizada permitió conocer aspectos medioambientales fundamentales del área como la precipitación, Etp, pérdida del suelo para conocer el comportamiento histórico del área, dicha obtención de datos permitió ejecutar una serie de actividades que permitirán una recuperación del suelo y estabilización de taludes.
- Con la siembra del Vetiver se ha permitido una recuperación del suelo y una cierta estabilidad del talud, presentando un buen establecimiento, adaptándose a las condiciones del lugar y se observó una mortalidad baja. Se espera una reducción de los procesos erosivos ocasionados por la escorrentía.
- Se diseñaron dos obras de bioingeniería complementarias como son el dique y el dissipador con los requerimientos técnicos generales y de acuerdo a las condiciones del terreno halladas, dicha obras fueron seleccionadas teniendo en cuenta criterios económicos y de fácil manejo. Estas obras ayudará la reducción de los procesos erosivos, evitando la pérdida de suelo a largo plazo.
- Se calculó el requerimiento hídrico necesario para el cultivo, sin embargo el área no cuenta con un sistema de riego específico y los sistemas de cultivos a implementar necesitan de agua al menos en su etapa inicial por lo tanto se recomienda la aplicación de agua utilizando bombas de espalda, como mecanismo provisional conociendo que cerca al lugar no pasa un afluente hídrico, y el cultivo sembrado no genera una tasa de retorno económica, pero sí, una recuperación ambiental.
- Se recomienda realizar una reforestación con las plantas nativas del lugar o plantas que ofrezcan una buena adaptación, dicha siembra se debe hacer de manera complementaria y en conjunto para una óptima recuperación del área.

- Se sugiere el aporte de Mulch al terreno, lo que permite no solo el aumento de la capa orgánica sino la reducción de la erosión hídrica al minimizar el golpe de la gota en el suelo.
- Se recomienda seguir con la investigación en una segunda etapa donde se incluya no solo actividades puntuales para la recuperación de suelos y estabilidad de taludes si no un sistema de actividades que permita evaluar la evolución de la recuperación del área.

BIBLIOGRAFIA

- ALEGRE ORIHUELA, Julio. Manual sobre el uso y manejo del Grass Vetiver (*Chrosopogon zizanioides*). Perú. Diciembre, 2007. [Citado 5 de Enero de 2014]. Disponible en internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd68/ManualVetiver.pdf>.
- ARTEAGA, Edwin. Prácticas de Conservación de Suelos y Aguas validadas por el Proyecto JALDA. Bolivia. 2003.
- Agricultura y Cambio Climático en el Huila. Grupo de Investigación Hidroingeniería y Desarrollo agropecuario GHIDA. Neiva. Noviembre, 2007, Vol. 1. ISBN 978-958-8324-28-9.
- CIFUENTES, Miguel. Instalación, Administración, operación y Mantenimiento de proyectos de irrigación a pequeña escala, Neiva-Huila, Septiembre de 2006
- Departamento de Edafología y Química Agrícola Universidad de Granada. España. Visto el 5 de Enero de 2014 en Url: <http://edafologia.ugr.es/gestionsuelos/grupoa/tema5.pdf>
- DUSSÁN, Astrid Lorena y VARGAS NARVÁEZ, Adriana. Determinación de la pérdida de suelo por escorrentía (real y simulada) en la cuenca alta del río magdalena, comparando diferentes arreglos productivos implementados... Universidad Surcolombiana. Neiva. 2007
- FERNANDEZ REYNOSO, Demetrio S.; MARTINEZ MENES, Mario R. y RAMIREZ ORTEGA, María de Lourdes. Catálogo de Obras y prácticas de conservación de suelo y agua. Colegio de postgraduados. México. 2009. 66 p.
- FUNDACIÓN DEL ALTO MAGDALENA. Caracterización y Composición Florística en el área de protección "Oso Hormiguero" Municipio de Aipe. Huila. 2013.

- HUDSON, Norman. *Soil Conservation* Versión española por José M. García Ruiz y Juan Pablo Martínez Rica. Editorial Reverté. Barcelona. 2006
- JARAMILLO B, Javier. Curso: Drenaje agrícola –Notas de clase-. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 2010.
- MARTINEZ MENES, Mario; FERNANDEZ REYNOSO, Demetrio y SALAS MARTINEZ, Rodiberto. Hidrología aplicada a las pequeñas obras hidráulicas. Colegio de Postgraduados. México.
- RAMIREZ, Jaime. Bioingeniería Colombiana. Control de la erosión con Vetiver. [Citado 1 de Noviembre de 2014] Disponible en internet: www.vetivernet.com.co
- R.P.C. MORGAN. Erosión y conservación del suelo. Traducido. Mundi-Prensa. España1996.
- SALAZAR, Luis Fernando. Conservación y restauración ecológica del suelo y agua. [diapositivas]. Universidad de Caldas: Manizales. 69 diapositivas.
- SUAREZ DIAZ, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales; Universidad Industrial de Santander; Bucaramanga; 1998 [Citado 5 de Enero de 2014] Disponible en: www.vetivercolsas.com
- Visto el 22 de Junio de 2014 en Url: <http://calificaciones.weebly.com/uploads/1/0/6/5/10652/blanney.pdf>

ANEXOS ANEXO A

Valores máximos mensuales de precipitación (mm)

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)
EN 24 HORAS

FECHA DE PROCESO : 2014/07/17			ESTACION : 21115020 APTO BENITO SALAS										FECHA-INSTALACION 1930-ENE		FECHA-SUSPENSIÓN	
LATITUD 0256 N			TIPO EST	SS	DEPTO		HUILA		MUNICIPIO		NEIVA					
LONGITUD 7517 W			ENTIDAD	01	IDEAM		CORRIENTE		LAS CEIBAS							
ELEVACION 0439 m. s. n. m			REGIONAL	04	HUILA-CAQUET											

A#O	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *	

2004	1	01	66.3	35.4	22.3	50.5	10.9	6.3	11.1	5.1	34.7	69.3	61.7	64.2	69.3	
2005	1	01	74.6	86.3	33.8	42.9	14.8	11.0	6.6	57.9	13.5	57.9	72.3	84.7	86.3	
2006	1	01	53.0	35.0	85.0	75.5	1.8	28.3	13.0	2.0	7.3	78.6	69.2	34.9	85.0	
2007	1	01	60.4	6.0	25.2	72.3	27.3	4.6	22.2	5.0	3.1	96.0	37.6	57.8	96.0	
2008	1	01	88.4	39.0	52.0	76.4	58.3	2.1	14.2	19.8	56.0	59.5	89.1	17.6	89.1	
2009	1	01	68.1	59.6	60.8	47.8	39.8	4.3	2.5	54.5	5.9	70.2	36.0	37.0	70.2	
2010	1	01	4.2	9.7	7.2	62.0	83.0	51.8	32.6	3.4	32.0	59.3	78.8	48.4	83.0	
2011	1	01	43.4	37.9	43.6	81.3	72.0	16.3	31.2	28.2	58.9	15.0	57.5	74.7	81.3	
2012	1	01	33.9	6.0	20.4	64.4	6.2	3.2	22.1	2.8	7.5	47.3	100.5	29.3	100.5	
2013	1	01	38.3	51.4	12.2	66.6	89.7	3.2	4.5	8.9	5.7	23.9	46.2	37.6	89.7	
MEDIOS			53.1	36.6	36.3	64.0	40.4	13.1	16.0	18.8	22.5	57.7	64.9	48.6	39.3	
MAXIMOS			88.4	86.3	85.0	81.3	89.7	51.8	32.6	57.9	58.9	96.0	100.5	84.7	100.5	
MINIMOS			4.2	6.0	7.2	42.9	1.8	2.1	2.5	2.0	3.1	15.0	36.0	17.6	1.8***	

** C O N V E N C I O N E S **

EST = ESTADO DE LA INFORMACION

** AUSENCIAS DE DATO **

** ORIGENES DE DATO **

1 : Preliminares Ideam
2 : Definitivos Ideam
3 : Preliminares Otra Entidad
4 : Definitivos Otra Entidad

1 : Ausencia del observ
2 : Desperfecto instru.
3 : Ausencia instrument
4 : Dato rechazado
6 : Nivel superior
7 : Nivel inferior
8 : Curva de gastos
9 : Seccion inestable
A : Instr. sedimentado
M : Maximo no extrapol.
* : Datos insuficientes

1 : Registrados
3 : Incompletos
4 : Dudosos
6 : Est. Regresion
7 : Est. Interpolacion
8 : Est. Otros metodos
9 : Generados (Series)

ANEXO B

Prueba de Infiltración

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

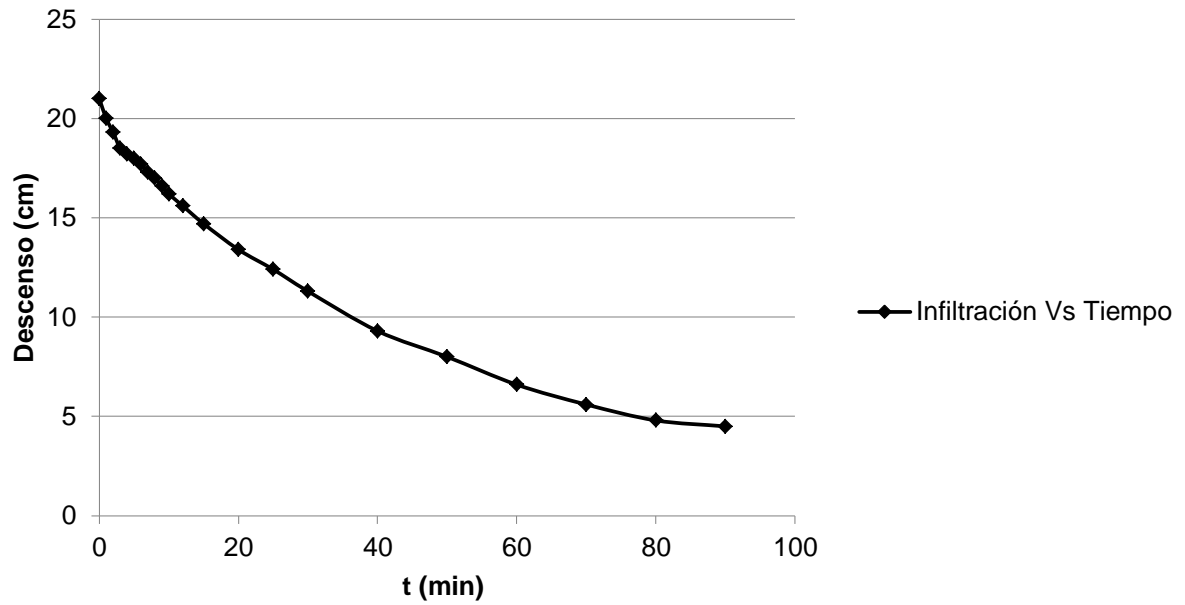
FACULTAD DE INGENIERIA

Finca: OSO HORMIGUERO Lote: Pasto Tiatino
Textura: Análisis de suelos Humedad del suelo: Análisis de suelos
Fecha: 28 de Julio de 2014 Prueba No. 1

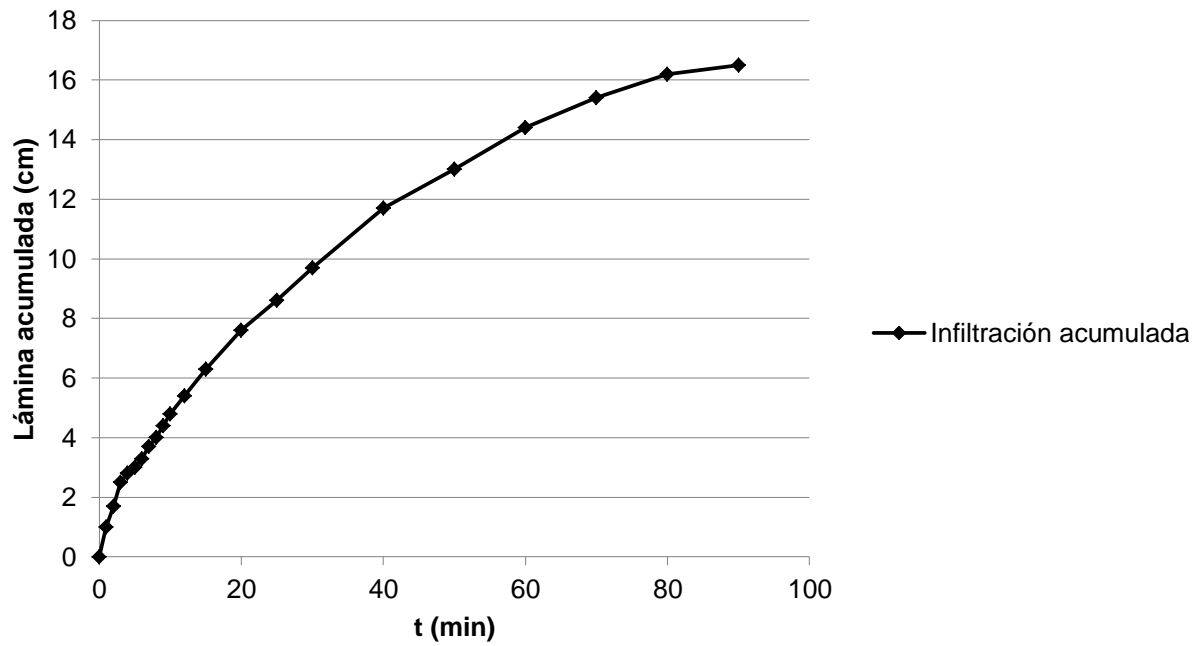
TABLA 14. Registros de datos – prueba de infiltración

Tiempo (min.)	Lectura (cm)	Incremento lectura (cm)	Infiltración acumulada (cm)
0	21	0	0
1	20	1	1
2	19.3	0.7	1.7
3	18.5	0.8	2.5
4	18.2	0.3	2.8
5	18	0.2	3
6	17.7	0.3	3.3
7	17.3	0.4	3.7
8	17	0.3	4
9	16.6	0.4	4.4
10	16.2	0.4	4.8
12	15.6	0.6	5.4
15	14.7	0.9	6.3
20	13.4	1.3	7.6
25	12.4	1	8.6
30	11.3	1.1	9.7
40	9.3	2	11.7
50	8	1.3	13
60	6.6	1.4	14.4
70	5.6	1	15.4
80	4.8	0.8	16.2
90	4.5	0.3	16.5

Pruebas de Infiltración N° 1



Infiltración acumulada



$$I = 6.31 \text{ cm/h}$$

CLASIFICACION	I (cm/h)	K (m/día)
• Muy lenta	< 0.10	< 0.03
• Lenta	0.1 - 0.5	0.03 - 0.12
• Modera/te lenta	0.5 - 2.0	0.12 - 0.5
• Moderada	2.0 - 6.3	0.5 - 1.5
• Moder/te rápida	6.3 - 12.7	1.5 - 3.0
• Rápida	12.7 - 25.4	3.0 - 4.5
• Muy rápida	> 25.4	> 4.5

IGAC, 1996

Clasificación es ***Moderadamente rápida***

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

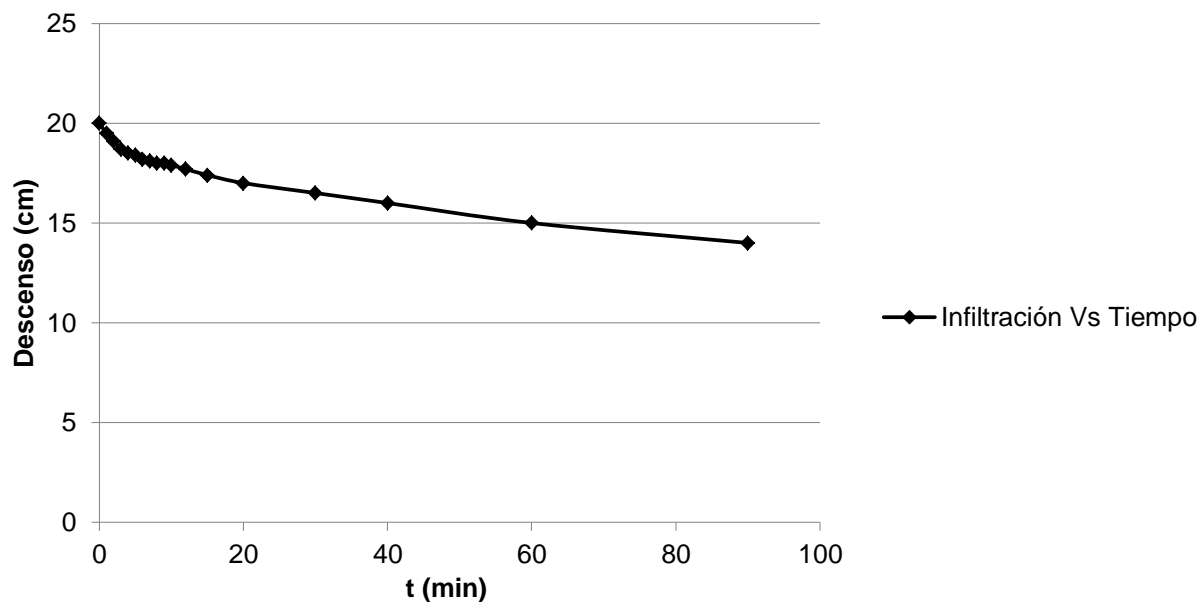
FACULTAD DE INGENIERIA

Finca: OSO HORMIGUERO Lote: Pasto Tiatino
Textura: Análisis de suelos Humedad del suelo: Análisis de suelos
Fecha: 28 de Julio de 2014 Prueba No. 2

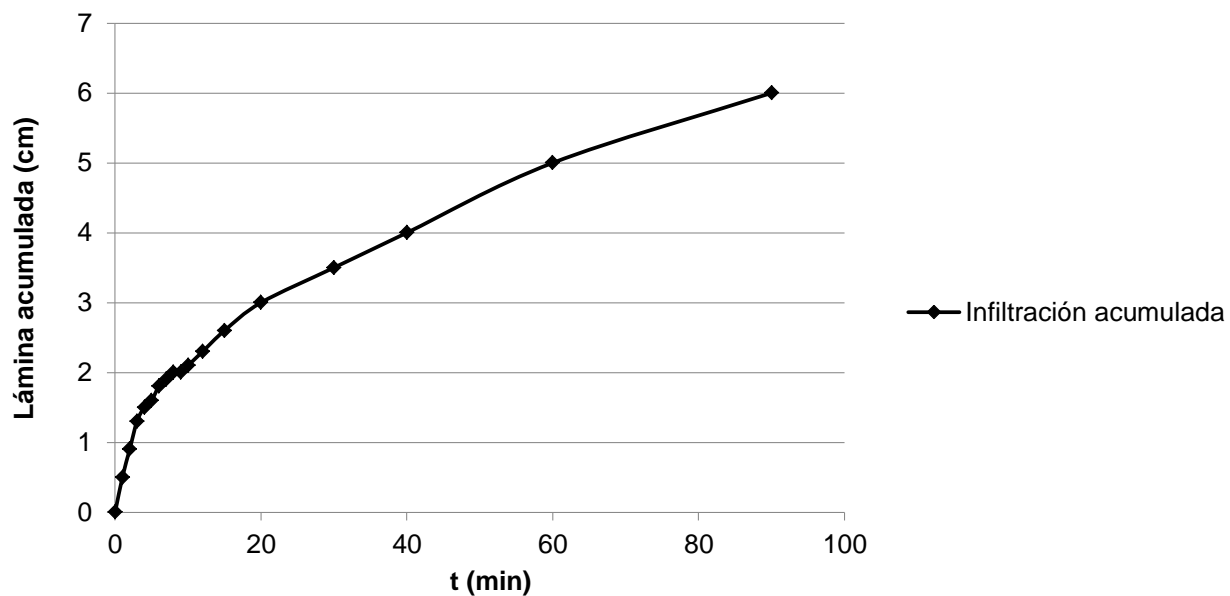
TABLA 15. REGISTROS DE DATOS – PRUEBA DE INFILTRACION

Tiempo (min.)	Lectura (cm)	Incremento lectura (cm)	Infiltración acumulada (cm)
0	20	0	0
1	19.5	0.5	0.5
2	19.1	0.4	0.9
3	18.7	0.4	1.3
4	18.5	0.2	1.5
5	18.4	0.1	1.6
6	18.2	0.2	1.8
7	18.1	0.1	1.9
8	18	0.1	2
9	18	0	2
10	17.9	0.1	2.1
12	17.7	0.2	2.3
15	17.4	0.3	2.6
20	17	0.4	3
30	16.5	0.5	3.5
40	16	0.5	4
60	15	1	5
90	14	1	6

Prueba de Infiltración N° 2



Infiltración acumulada



$$I = 2.1 \text{ cm/h}$$

CLASIFICACION	I (cm/h)	K (m/día)
• Muy lenta	< 0.10	< 0.03
• Lenta	0.1 - 0.5	0.03 - 0.12
• Modera/te lenta	0.5 - 2.0	0.12 - 0.5
• Moderada	2.0 - 6.3	0.5 - 1.5
• Moder/te rápida	6.3 - 12.7	1.5 - 3.0
• Rápida	12.7 - 25.4	3.0 - 4.5
• Muy rápida	> 25.4	> 4.5

IGAC, 1996

Clasificación es **Moderada**

$$I_{\text{Promedio}} = \frac{2.1 \text{ cm/h} + 6.31 \text{ cm/h}}{2} = 42.1 \text{ mm/h}$$



ANEXO C

Cuadro de Clasificación agrológica de los suelos

147

CUADRO DE CLASIFICACION AGROLÓGICA DE LOS SUELOS (Según el Soil Conservation Service)

Los grupos hidrológicos en que se pueden dividir los suelos son utilizados en planeamientos de cuencas para la estimación de la escorrentía a partir de la precipitación. Las propiedades de los suelos que son considerados para estimar la tasa mínima de infiltración para suelos "desnudos" luego de un humedecimiento prolongado son: profundidad del nivel freático de invierno, infiltración y permeabilidad del suelo luego de humedecimiento prolongado y profundidad hasta un estrato de permeabilidad muy lenta. La influencia de la cobertura vegetal es tratada independientemente.

Los suelos han sido clasificados en cuatro grupos A, B, C y D de acuerdo al potencial de escorrentía.

A. (Bajo potencial de escorrentía). Suelos que tienen alta tasa de infiltración aún cuando muy húmedos. Consisten de arenas o gravas profundas bien o excesivamente drenados. Esos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua. incluyen: Psamments ¹ excepto por aquellas en los subgrupos Líticos, Aquicos o Aquodicos; suelos que no estén en los grupos C o D y que pertenezcan a las familias fragmentarias, esqueleto-arenosas; suelos grosarénicos de Udults y Udalfs; y suelos en subgrupos Arénicos de Udults y Udalfs excepto por aquellas en familias arcillosas o finas.

B. (Moderadamente bajo potencial de escorrentía). Suelos con tasas de infiltración moderadas cuando muy húmedas. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a bien drenados, suelos con textura moderadamente finas a moderadamente gruesas y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderadas (suelos que no estén en los grupos A, C o D).

C. (Moderadamente alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración lenta cuando muy húmedos. Consiste de suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; suelos de textura moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a sales o alkali o suelos con mesas moderadas. Esos suelos pueden ser pobremente drenados o bien moderadamente bien drenados con estratos de permeabilidad lenta a muy lenta (Fragipan, harpan, sobre roca dura) a poca profundidad (50-100 cm) (comprende suelos en subgrupos albicos o aquicos; suelos en subgrupos arénicos de aquents, aquepts, aquellas, aqualls y aquulas familias finas, muy finas o arcillosas excepto aquellas con mineralogía caolínica, oxídica o haloisítica; humots y orthods; suelos con fragipanes de horizontes petrocálcicos; suelos de familias "poco profundas" que tienen substratos permeables; suelos en subgrupos líticos con roca permeable o fracturada que permita la penetración del agua).

D. (Alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración muy lenta cuando muy húmedos. Consiste de suelos arcillosos con alto potencial de expansión; suelos con nivel freático permanente; suelos con "claypan" o estrato arcilloso superficial; suelos con infiltración muy lenta debido a sales o alkali y suelos poco profundas sobre material caso impermeable. Estos suelos tienen una tasa de transmisión de agua muy lenta (Incluye: todos los Vertisoles y Aquods; suelos de Aquents, Aquepts, Aquols, Aqualls y Aquults, excepto los subgrupos Arénicos en familias francas, suelos con horizontes mátricos, suelos en subgrupos líticos con substratos impermeables; y suelos en familias poco profundas que tienen un substrato impermeable).

ANEXO D

Selección de Número de Curva CN

148

NUMERO DE CURVA DE ESCORRENTÍA SEGÚN COMPLEJO HIDROLÓGICO SUELO-COBERTURA

(Para condiciones de humedad antecedente II y Pérdidas = 0.2S)

Uso de la tierra o cubierta	Tratamiento o práctica	Condiciones hidrológicas	Grupo hidrológico			
			A	B	C	D
Barbecho	en surcos	deficientes	77	86	91	94
Cultivos en líneas	en surcos	deficientes	72	81	88	91
	en surcos	buenas	67	78	85	89
	en fajas a nivel	deficientes	70	79	81	88
	en fajas a nivel	buenas	65	75	82	86
	en fajas a nivel & terr.	deficientes	66	74	80	82
	en fajas a nivel & terr.	buenas	62	71	78	81
Cereales	en surcos	deficientes	65	76	84	88
	en surcos	buenas	63	75	83	87
	en fajas a nivel	deficientes	63	74	82	85
	en fajas a nivel	buenas	61	73	81	84
	en fajas a nivel & terr.	deficientes	61	72	79	82
	en fajas a nivel & terr.	buenas	59	70	78	81
Leguminosas muy densas o prade- ras en rotación	en surcos	deficientes	66	77	85	89
	en surcos	buenas	58	72	81	85
	en fajas a nivel	deficientes	64	75	83	85
	en fajas a nivel	buenas	55	69	78	83
	en fajas a nivel & terr.	deficientes	63	73	80	83
	en fajas a nivel & terr.	buenas	51	67	76	80
Pastos		deficientes	68	79	86	89
		regulares	49	69	79	84
		buenas	39	61	74	80
	en fajas a nivel	deficientes	47	67	81	88
	en fajas a nivel	regulares	25	59	75	83
	en fajas a nivel	buenas	6	35	70	79
Praderas (permanentes)		buenas	30	58	71	78
Bosques		deficientes	45	66	77	83
		regulares	36	60	73	79
		buenas	25	55	70	77
Terrazas			59	74	82	86
Carreteras sin firmar			72	82	87	89
Carreteras afirmadas			74	84	90	92

ANEXO E

PORCENTAJE MENSUAL DE HORAS LUZ (p) Procedimiento de Blaney-Criddle-1950

Latitud Norte	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
40°	6.73	6.73	8.3	8.92	9.99	10.08	1.034	9.56	8.41	7.78	6.73	6.53
38°	6.83	6.79	8.34	8.9	9.92	9.95	10.1	9.47	8.38	7.8	6.82	6.66
36°	6.99	6.86	8.35	8.85	9.31	9.83	9.99	9.4	8.36	7.85	6.92	6.79
34°	7.1	6.91	8.36	8.8	9.72	9.7	9.88	9.33	8.36	7.9	8.02	6.92
32°	7.2	6.97	8.37	8.72	9.36	9.6	9.77	9.28	8.34	7.93	7.11	7.05
30°	7.3	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
28°	7.4	7.02	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.27	7.27
26°	7.49	7.12	8.4	8.64	9.37	9.3	9.49	9.1	8.32	8.06	7.36	7.35
24°	7.58	7.17	8.4	8.6	9.3	9.19	9.41	9.05	8.31	8.1	7.43	7.46
22°	7.76	7.22	8.41	8.57	9.22	9.12	9.31	9	8.3	8.13	8.5	8.56
20°	7.73	7.26	8.2	8.52	8.14	9.02	9.25	8.95	8.3	8.19	7.58	7.98
18°	7.88	7.26	8.4	8.46	9.06	8.99	9.2	8.81	8.29	8.24	7.27	7.8
16°	7.94	7.3	8.42	8.45	8.98	8.98	9.07	8.8	8.28	8.24	7.72	7.9
14°	7.08	7.39	8.43	8.49	8.9	8.73	8.99	8.79	8.28	8.28	7.85	8.04
12°	8.08	7.4	8.44	8.43	8.54	8.64	8.9	8.79	8.27	8.28	7.85	8.05
10°	8.11	7.4	8.44	8.43	8.81	8.57	8.84	8.74	8.26	8.29	7.89	7.08
8°	8.13	7.49	8.45	8.39	8.75	8.51	8.77	8.7	8.25	8.31	7.89	8.11
6°	8.19	7.49	8.47	8.39	8.73	8.48	8.75	8.79	8.25	8.41	7.95	8.19
4°	8.2	7.53	8.46	8.33	8.65	8.4	8.67	8.63	8.21	8.43	7.95	8.2
2°	8.43	7.62	8.47	8.22	8.51	8.25	8.52	8.5	8.2	8.45	8.16	8.43
0°	8.49	7.67	8.49	8.22	8.22	8.49	8.49	8.49	8.19	8.49	8.22	8.49
Latitud Sur												
0°	8.49	7.67	8.49	8.22	8.49	8.22	8.49	8.49	8.19	8.49	8.22	8.49
2°	8.55	7.71	8.49	8.19	8.44	8.17	8.43	8.44	8.19	9.52	8.27	8.55
4°	8.64	7.76	8.5	8.17	8.34	8.08	8.2	8.41	8.19	8.56	8.33	8.65
6°	8.71	7.81	8.5	8.12	8.3	8	8.19	8.37	8.18	8.59	8.38	8.74

ANEXO F

Análisis fisicoquímico del suelo

 <p style="font-size: small;">Laboratorio de Recursos Sustentables y Ambientales</p>	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA		
	NIT. 891.180.084-2		
	CODIGO: RS-FR-02	FECHA: 2013 05 22	VERSION 000 Pág. 1 de 1
FORMATO DE RESULTADOS PRUEBAS FISICAS			

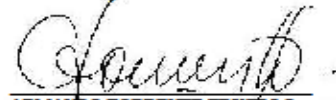
DATOS DEL CLIENTE	
Solicitante: Fundación Alto Magdalena	Ciudad: Neiva
Teléfono: 3155285136	email: eduardocmjneiva@hotmail.com
INFORMACION DE LA MUESTRA	
Finca: Dina	Nº Muestra Laboratorio: 237
Vereda: No reporta	ID cliente: Crítico 1
Municipio: Aipe	Fecha muestreo: No reporta
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2013/10/31
Cultivo: Vetiver	Fecha análisis: 2013/11/15
Nº Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2013/12/03
Nº Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados Nº: 061

PARAMETROS FISICOS		RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO
Retención de Humedad	0.03 Mpa	29.8	%	Membranas Richards
	0.3 Mpa	21.1		
	0.5 Mpa	19.2		
	1 Mpa	18.0		
	1.5 MPa	18.5		
Fracción mineral	Arena (A)	56.0	%	Bouyoucos
	Limo (L)	23.4		
	Arcilla (Ar)	20.6		
Textura	Franco arcillo arenoso		Clase	
Densidad aparente	1.60		g/cm ³	Terrón parafinado
Densidad real	2.43		g/cm ³	Picnómetro
Porosidad total	34.15		%	Relación densidades
Estabilidad estructural (DPM)	0.8		mm	Yoder
	Ligeramente estable		Clase	
Límites de Atterberg	Límite líquido	34.8	%	Cazuela Casagrande Organoléptico-Rollitos IP = LL - LP
	Límite plástico	17.4		
	Índice de plasticidad	17.4		
Coel	0.075		Coeficiente	Estándar
	Características no verticas		Clase	
Permeabilidad de suelo	-		-	Carga constante
Conductividad hidráulica en campo	-		-	Pozo barrenado
Infiltración en campo	-		-	Anillos infiltrómetros


NOTA: Los resultados son válidos únicamente por la muestra analizada.

RECOMENDACIONES:

Material mineral de baja porosidad que al fraccionamiento presenta textura franco arcillo arenosa, ligeramente estable y características no verticas. Requiere tratamiento antes de proceder a la siembra del Vetiver (incorporación de materia orgánica estabilizada).



ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio

 LABGAA Laboratorio de Recursos Geoagroambientales	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA		
	NIT. 891.180.084-2		
	CODIGO: RS-FR-01	FECHA: 2013 17 06	VERSION 002 Pag. 1 de 1
INFORME ENSAYOS ANALISIS DE SUELO			

DATOS DEL CLIENTE	
Solicitante: Fundación del Alto Magdalena	Ciudad: Neiva
Teléfono: 3155285136	email: eduardocmjeiva@hotmail.com
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Finca: Dina	N° Muestra Laboratorio: 237
Vereda: No reporta	ID cliente: Critical
Municipio: Aipe	Fecha muestreo: No reporta
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2013/10/31
Cultivo: Vetiver	Fecha análisis: 2013/11/29
N° Cadena de custodia: NA	Fecha entrega: 2013/11/02
N° Plan de muestreo: NA	Informe de resultados N°: 061

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	NUTRIMENTO Puros	REQUERIMIENTO Kg/ha ¹	MÉTODO
pH	-	8.8	-	-	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	0.29	N	30	Walkley - Black
C.I.C.	cmol ⁺ .kg ⁻¹	22.68	-	-	NH ₄ OA _c - pH 7
Fosforo (P)	ppm	<0.01	P ₂ O ₅	25	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	90.62	-	-	NH ₄ OA _c - AA
Magnesio (Mg)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	86.17	-	-	
Sodio (Na)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	1.02	-	-	
Potasio (K)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.23	K ₂ O	30	
Bases Totales (BT)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	178.04	-	-	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	>100	-	-	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	0.09	S	10	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	1.87	Fe	7	Doble Ácido - AA
Manganeso (Mn)	ppm	1.55	Mn	5	
Cobre (Cu)	ppm	0.17	Cu	2	
Cinc (Zn)	ppm	0.28	Zn	3	
Boro (B)	ppm	0.17	B	1	H ₂ O Caliente
Acidez intercambiable	cmol ⁺ .kg ⁻¹	-	-	-	Volumetrica
Relación Ca/Mg	-	1.05	-	-	Relación catiónica
Relación (Ca + Mg)/K	-	781.82	-	-	
Relación Mg/K	-	381.06	-	-	
TEXTURA	Clase	FARa	Franco arcillo arenoso		Organoléptico

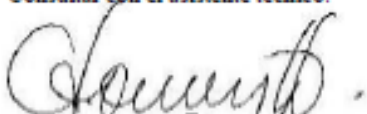
NOTA 1: Los resultados son válidos únicamente por la muestra analizada.

NOTA 2: El presente informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.

RECOMENDACIONES:


La siembra al inicio de la época de lluvias minimiza las labores de riego generando menores costos. Aplicar fertilización orgánica: gallinaza, bovinaza o lombricompost (1 ton/ha) en mezcla con Roca Fosfórica (350 kg/ha) como abono al momento de la siembra y luego a los 150 días. El abono al momento de la siembra se realiza en dos (2) etapas: una cuando se hace el surco para el trasplante y la otra, cuando ya se ha realizado la siembra, que se coloca abono en superficie alrededor de los esquejes. Adicionar fertilización foliar de elementos menores en forma de sulfatos.

Consultar con el asistente técnico.



ARMANDO TORRENTE TRUJILLO

Coordinador Laboratorio

 LABGAA Laboratorio de Recursos Geológico-Ambientales	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA			
	NIT. 891.180.084-2			
	CODIGO: RS-FR-01	FECHA 2013 17 06		VERSION 002 Pag. 1 de 1
INFORME ENSAYOS ANALISIS DE SUELO				

DATOS DEL CLIENTE	
Solicitante: Fundación del Alto Magdalena	Ciudad: Nerva
Teléfono: 3155285136	email: eduardocmjneiva@hotmail.com
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Finca: Dina	Nº Muestra Laboratorio: 238
Vereda: No reporta	ID cliente: Critico 2
Municipio: Aipe	Fecha muestreo: No reporta
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2013/10/31
Cultivo: Vetiver	Fecha análisis: 2013/11/29
Nº Cadena de custodia: NA	Fecha entrega: 2013/11/02
Nº Plan de muestreo: NA	Informe de resultados N°: 062

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	NUTRIMENTO PUROS	REQUERIMIENTO Kg/ha ¹	MÉTODO
pH	-	8.4	-	-	NTC 5264
Carbono Organico (CO)	%	0.27	N	30	Walkley - Black
C.I.C.	cmol·kg ⁻¹	22.82	-	-	NH ₄ OA ₄ - pH 7
Fosforo (P)	ppm	<0.01	P ₂ O ₅	25	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol·kg ⁻¹	89.72	-	-	NH ₄ OA ₄ - AA
Magnesio (Mg)	cmol·kg ⁻¹	87.46	-	-	
Sodio (Na)	cmol·kg ⁻¹	0.24	-	-	
Potasio (K)	cmol·kg ⁻¹	0.13	K ₂ O	30	
Bases Totales (BT)	cmol·kg ⁻¹	177.56	-	-	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	>100	-	-	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	0.05	S	10	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	1.26	Fe	8	Doble Ácido - AA
Manganeso (Mn)	ppm	3.42	Mn	5	
Cobre (Cu)	ppm	0.20	Cu	3	
Cinc (Zn)	ppm	0.27	Zn	4	
Boro (B)	ppm	0.15	B	1	H ₂ O Caliente
Acidez intercambiable	cmol·kg ⁻¹	-	-	-	Volumétrica
Relación Ca/Mg	-	1.03	-	-	Relación catiónica
Relación (Ca + Mg) / K	-	1343.43	-	-	
Relación Mg/K	-	663.16	-	-	
TEXTURA	Clase	FArA	Franco arcillo arenoso		Organoléptico

NOTA 1: Los resultados son válidos únicamente por la muestra analizada.

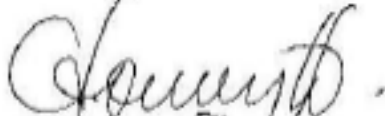
NOTA 2: El presente informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.

RECOMENDACIONES:

La siembra del vetiver al inicio de la época de lluvias minimiza las labores de riego.

Aplicar fertilización orgánica: gallinaza, bovinaza o lombricompost (1 ton/ha) en mezcla con Roca Fosfórica (350 kg/ha) como abono al momento de la siembra y luego a los 150 días. El abono al momento de la siembra se realiza en dos (2) etapas: una cuando se hace el surco para el trasplante y la otra, cuando ya se ha realizado la siembra, que se coloca abono en superficie alrededor de los esquejes. Adicionar fertilización foliar de elementos menores en forma de sulfatos.

Consultar con el asistente técnico.



ARMANDO TORRENTE TRUJILLO

Coordinador Laboratorio

ANEXO G

Resultados y muestra de cálculos

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERIA

TABLA 1. PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA- METODO DEL POZO BARRENADO INVERSO (PORCHE).

Finca: OSO HORMIGUERO

Lote: Pasto Tiatino

Textura: Análisis de suelos

Humedad del suelo: Análisis de suelos

Fecha: 28 de Julio de 2014

Prueba No: 1

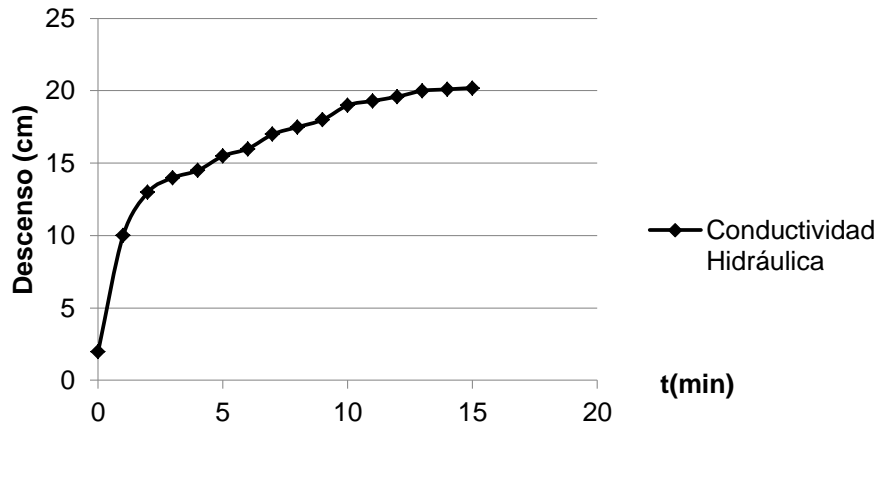
Profundidad del nivel freático: No hallado

Profundidad del pozo: 40 cm

Diámetro del pozo: 8 cm

PRUEBA 1	
Tiempo (min.)	Lectura (cm)
0	2
1	10
2	13
3	14
4	14.5
5	15.5
6	16
7	17
8	17.5
9	18
10	19
11	19.3
12	19.6
13	20
14	20.1
15	20.2

Conductividad Hidráulica (Prueba 1)



<i>K</i> = Conductividad hidráulica		
<i>H</i>₀ = Altura inicial (cm)		
<i>H</i>_t = Altura final (cm) en el tiempo <i>t_n</i>		
<i>r</i> = radio del pozo (cm)		
<i>t</i>₀ = tiempo inicial (seg)		
<i>t</i>_n = tiempo final (seg)		
<i>H</i>₀ =	38,0	Cm
<i>H</i>_t =	19,8	Cm
<i>r</i> =	4,0	Cm
<i>t</i>₀ =	0	Seg
<i>t</i>_n =	900	Seg
<i>K</i> =	7,08	m/día
INTERPRETACION		
Muy Rápida		

Clasificación de la conductividad hidráulica	
k (m/día)	Interpretación
< 0,03	Muy lenta
0,03 - 0,12	Lenta
0,12 - 0,38	Moderadamente lenta
0,38 - 1,20	Moderada
1,20 - 2,90	Moderadamente Rápida
2,90 - 4,30	Rápida
> 4,30	Muy Rápida

$$\text{Conductividad hidráulica } (K) = \frac{432 * r * \ln\left(h_0 + \frac{r}{2}\right) - \ln\left(h_n + \frac{r}{2}\right)}{t_n - t_0}$$

$$K = \frac{432 * 4,00 * \ln(38 + 2 \text{ cm}) - \ln(19,8 + 2 \text{ cm})}{900 \text{ sg}} = 7,08 \text{ m/día}$$

RESULTADOS Y MUESTRA DE CALCULOS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERIA

TABLA 1. PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA- METODO DEL POZO BARRENADO INVERSO (PORCHE).

Finca: OSO HORMIGUERO

Lote: Pasto Tiatino

Textura: Análisis de suelos

Humedad del suelo: Análisis de suelos

Fecha: 28 de Julio de 2014

Prueba No: 2

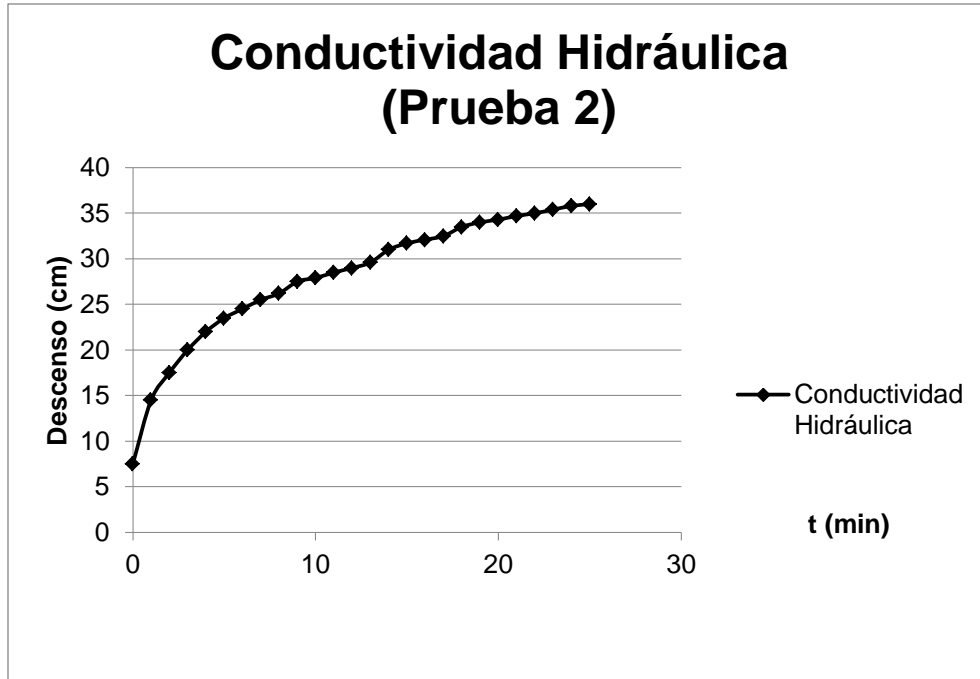
Profundidad del nivel freático: No hallado

Profundidad del pozo: 40 cm

Diámetro del pozo: 7.5 cm

PRUEBA 2	
Tiempo (min.)	Lectura (cm)
0	7.5
1	14.5
2	17.5
3	20
4	22
5	23.5
6	24.5
7	25.5
8	26.2
9	27.5
10	27.9
11	28.5
12	29
13	29.6
14	31
15	31.7
16	32.1
17	32.5
18	33.5
19	34
20	34.3
21	34.7

22	35
23	35.4
24	35.8
25	36



<i>K= Conductividad hidráulica</i>		
<i>H₀= Altura inicial (cm)</i>		
<i>H_t= Altura final (cm) en el tiempo t_n</i>		
<i>r= radio del pozo (cm)</i>		
<i>t₀= tiempo inicial (seg)</i>		
<i>t_n= tiempo final (seg)</i>		
<i>H₀=</i>	32.5	<i>cm</i>
<i>H_t=</i>	4	<i>cm</i>
<i>r=</i>	3,75	<i>cm</i>
<i>t₀=</i>	0	<i>Seg</i>
<i>t_n=</i>	1500	<i>Seg</i>
<i>K=</i>		<i>m/día</i>
INTERPRETACION		
Rápida		

Clasificación de la conductividad hidráulica	
k (m/día)	Interpretación
< 0,03	Muy lenta
0,03 - 0,12	Lenta
0,12 - 0,38	Moderadamente lenta
0,38 - 1,20	Moderada
1,20 - 2,90	Moderadamente Rápida
2,90 - 4,30	Rápida
> 4,30	Muy Rápida

$$\text{Conductividad hidráulica (K)} = \frac{432 * r * \ln\left(h_o + \frac{r}{2}\right) - \ln\left(h_n + \frac{r}{2}\right)}{t_n - t_o}$$

$$K = \frac{432 * 3,75 * \ln(32,5 + 1,875 \text{ cm}) - \ln(4 + 1,875 \text{ cm})}{1500 \text{ sg}} = 3,82 \text{ m/día}$$



$$K = K_1 + K_2 = 7,08 \text{ m/día} + 3,82 \text{ m/día}$$

$$K = 5,45 \text{ m/día}$$

ANEXO H

COEFICIENTE DE CULTIVO K_c PARA CULTIVOS PERENNES

Mes	Caña	Alfalfa	Pasto	Vid	Cítricos	Frutales de hoja caduca	Frutales de hoja perenne
1	0,30	0,65	0,48	0,20	0,65	0,20	0,60
2	0,35	0,75	0,60	0,23	0,67	0,25	0,75
3	0,50	0,85	0,75	0,30	0,69	0,35	0,85
4	0,60	1,00	0,85	0,50	0,70	0,65	1,00
5	0,77	1,10	0,87	0,70	0,71	0,85	1,10
6	0,90	1,13	0,90	0,80	0,72	0,95	1,12
7	0,98	1,12	0,90	0,80	0,72	0,98	1,12
8	1,02	1,08	0,87	0,75	0,71	0,85	1,05
9	1,02	1,00	0,85	0,67	0,70	0,50	1,00
10	0,98	0,90	0,80	0,50	0,68	0,30	0,85
11	0,90	0,80	0,65	0,35	0,67	0,20	0,75
12	0,78	0,65	0,60	0,25	0,65	0,20	0,60

ANEXO I

COEFICIENTES GLOBALES DE USOS CONSUNTIVOS K_G PARA DIFERENTES CULTIVOS

Cultivo	Periodo de crecimiento vegetativo	Coeficientes Globales	
		K_G	
		Región húmeda	Región árida
Aguacate	Todo el año	0.5	0.55
Ajonjolí	3 a 4 meses	0.8	
Alfalfa	Entre heladas	0.8	0.85
	En invierno	0.6	
Algodón	6 a 7 meses	0.6	0.65
Arroz	3 a 5 meses	1	1.2
Cacahuete	5 meses	0.6	0.65
Cacao	Todo el año	0.75	0.8
Café	Todo el año	0.75	0.75
Camote	5 a 6 meses	0.6	
Caña de azúcar	Todo el año	0.75	0.9
Cártamo	5 a 8 meses	0.55	0.65
Cereales de granos pequeños (Alpiste) (Avena) (Cebada) (Centeno) (Trigo)	3 a 6 meses	0.75	0.85
Cítricos	7 a 8 meses	0.5	0.65
Chile	3 a 4 meses	0.6	
Espárrago	6 a 7 meses	0.6	
Fresa	Todo el año	0.45	0.6
Frijol	3 a 4 meses	0.6	0.7
Frutales de hueso y pepita (hoja caduca)	Entre heladas	0.6	0.7
Garbanzo	4 a 5 meses	0.6	0.7
Girasol	4 meses	0.5	0.65
Gladiola	3 a 4 meses	0.6	
Haba	4 a 5 meses	0.6	0.7
Hortalizas	2 a 4 meses	0.6	
Jitomate	4 meses	0.7	
Lechuga y col	3 meses	0.7	
Lenteja	4 meses	0.6	0.7
Lino	7 a 8 meses	0.7	0.8
Maíz	4 a 7 meses	0.75	0.85
Mango	Todo el año	0.75	0.8
Melón	3 a 4 meses	0.6	
Nogal	Entre heladas	0.7	
Papa	3 a 5 meses	0.65	0.75
Palma Datilera	Todo el año	0.65	0.8
Palma de coco	Todo el año	0.8	0.9
Papaya	Todo el año	0.6	0.8
Plátano	Todo el año	0.8	1
Pasto de gramíneas Pastos de trebol	Todo el año	0.75	
Ladino	Todo el año	0.8	0.85
Remolacha	6 meses	0.65	0.75
Sandía	3 a 4 meses	0.6	
Sorgo	3 a 5 meses	0.7	
Soya	3 a 5 meses	0.6	0.7
Tabaco	4 a 5 meses	0.7	0.8
Tomate	4 a 5 meses	0.7	
Zanahoria	2 a 4 meses	0.6	

ANEXO J

Resultado del establecimiento del vetiver

