


	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, 05 de abril de 2016

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Oscar Fernando Atagualpa Charry, con C.C. No. 1075233213,

Juan David Sanmiguel Calderón, con C.C. No. 1080182957,

Autores de la tesis y/o trabajo de grado

Titulado DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR ESCORRENTÍA (MEDIANTE UN SIMULADOR DE LLUVIA TIPO CIAT) EN DISTINTOS SISTEMAS PRODUCTIVOS IMPLEMENTADOS EN ZONAS DE INFLUENCIA DE LOS PARQUES NATURALES REGIONALES DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA EN EL MARCODEL PROYECTO ESTUDIO Y DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PARA EL MANEJO Y ADMINISTRACIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS DE CARÁCTER REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA






Presentado y aprobado en el año 2016 como requisito para optar al título de Ingeniero Agrícola;

Autorizamos al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

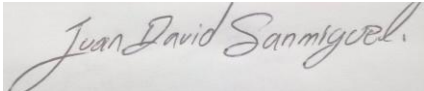
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					   	
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

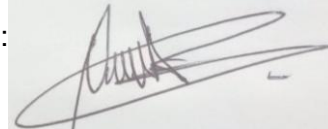
EL AUTOR/ESTUDIANTE:





Firma:



EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:



	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:

DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR ESCORRENTÍA (MEDIANTE UN SIMULADOR DE LLUVIA TIPO CIAT) EN DISTINTOS SISTEMAS PRODUCTIVOS IMPLEMENTADOS EN ZONAS DE INFLUENCIA DE LOS PARQUES NATURALES REGIONALES DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA EN EL MARCO DEL PROYECTO ESTUDIO Y DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PARA EL MANEJO Y ADMINISTRACIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS DE CARÁCTER REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Atagualpa Charry	Oscar Fernando
Sanmiguel Calderón	Juan David

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:





Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Torrente Trujillo	Armando

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Torrente Trujillo	Armando

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					  	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2016 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 158

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas_X_ Fotografías_X_ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general_X_ Grabados___ Láminas___
 Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o
 Cuadros_X_

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Microsoft office word

MATERIAL ANEXO: Ninguno

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Intensidad de lluvia	Intensities rainfall
2. Escorrentía	Runoff
3. Infiltración	Infiltration
4. Erosión	Erosion

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

En este trabajo se evaluó la susceptibilidad de suelos a la erosión hídrica en sistemas productivos característicos de dos Parque Naturales Regionales del departamento del Huila donde predominan cultivos de Café, Frijol y Mora en 4 lotes con pendientes entre 12 – 40%, mediante el uso de un mini-simulador de lluvia portátil tipo CIAT que funcionan bajo el sistema de goteo, a condiciones controladas. Se realizaron treinta y seis (36) simulaciones de lluvia con una duración de 45 minutos dentro de seis (6) tratamientos con tres repeticiones y dos (2) intensidades de lluvia media (60 mm/h) y alta (120 mm/h) para determinar la lámina



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

infiltrada (mm), lámina de escorrentía (mm) la cantidad de suelo erodado (t.ha-1), apoyado con una caracterización de análisis de propiedades físicas y químicas de suelos. Las muestras de suelo y escorrentía superficial fueron analizadas en laboratorio de recursos GEOAGROAMBIENTALES de la universidad Surcolombiana, siguiendo los procedimientos de análisis de suelos del IGAC. Los análisis reportaron para estos suelos una textura franco arenosa, pH 4.5 a 5.1 correspondientes a suelos ácidos, con porcentaje de CO menor al 5%, CIC entre 19-38 cmol+*kg-1. Determinándose la cantidad de suelo desplazado por la escorrentía superficial en lluvias simuladas, obteniéndose una media estadísticas de suelo erodado en terreno para cultivos de Café (7,3 g/m2), Frijol (6 g/m2) y Mora (3,7 g/m2) en tratamientos con cobertura vegetal y sin cobertura vegetal aérea (11,8 g/m2), (15 g/m2), (8,9 g/m2) en su mismo orden respectivamente. Utilizando las variables que se relacionan estadísticamente en cada tratamiento, se obtuvieron modelos estadísticos que predicen el comportamiento real de la erosión en estos sistemas productivos (café agroforestal), (café tradicional, mora sin cobertura), (frijol después de una quema y mora con cobertura). Con las variables predictivas de Intensidad de lluvia, Nivel de cobertura vegetal y lámina de escorrentía

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

In this paper were evaluated the susceptibility of soils to water erosion in typical production systems of two Regional Natural Park of the department of Huila where dominated cultures of coffee, bean and Blackberry in 4 batches with slopes between 12-40%, using a mini portable rainfall simulator type CIAT operating with drip system, under controlled conditions. Thirty six (36) rainfall simulations were performed with a duration of 45 minutes in six (6) treatments with three replicates and two (2) intensities average rainfall (60 mm/h) and high (120 mm/h) to determine infiltrated sheet of water (mm), sheet runoff (mm) the amount of eroded soil (t ha-1), backed with a characterization of physical and chemical analysis of soil properties. Soil samples and surface runoff were analyzed in GEOAGROAMBIENTALES laboratory resources at Surcolombiana University, following the procedures soil analysis from IGAC. The analyzes reported for these soils a loamy sandy texture, pH 4.5 to 5.1 corresponding to acid soils with lower percentage of 5% CO, CIC between 19-38 cmol + * kg-1. the amount of soil displaced by surface runoff under simulated rainfall was determined, yielding an average statistics soil eroded land for Coffee plantations (7.3 g/m2), Beans (6 g/m2) and Blackberry (3.7 g / m2) in mulched treatments without aerial vegetation cover (11.8 g/m2) (15 g/m2) (8.9g/m2) respectively. Using the variables that relate statistically in each treatment, statistical models predicting the actual behavior of erosion in these production systems (agroforestry coffee) were obtained (traditional coffee, blackberry unhedged), (beans after burning and blackberry with cover). With rain intensity predictor variables, level vegetation cover and sheet runoff.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: Rodrigo Alberto Pachón Bejarano

Firma:

Nombre Jurado: Felipe Quimbaya

Firma:

**DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR ESCORRENTÍA
(MEDIANTE UN SIMULADOR DE LLUVIA TIPO CIAT) EN DISTINTOS
SISTEMAS PRODUCTIVOS IMPLEMENTADOS EN ZONAS DE
INFLUENCIA DE LOS PARQUES NATURALES REGIONALES DEL
DEPARTAMENTO DEL HUILA EN EL MARCO DEL PROYECTO
ESTUDIO Y DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PARA EL
MANEJO Y ADMINISTRACIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS DE
CARÁCTER REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA**

**JUAN DAVID SANMIGUEL CALDERÓN
OSCAR FERNANDO ATAGUALPA CHARRY**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA HUILA
2016**

**DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR ESCORRENTÍA
(MEDIANTE UN SIMULADOR DE LLUVIA TIPO CIAT) EN DISTINTOS
SISTEMAS PRODUCTIVOS IMPLEMENTADOS EN ZONAS DE
INFLUENCIA DE LOS PARQUES NATURALES REGIONALES EN EL
MARCO DEL PROYECTO ESTUDIO Y DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE
POLÍTICA PARA EL MANEJO Y ADMINISTRACIÓN DE LAS ÁREAS
PROTEGIDAS DE CARÁCTER REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DEL
HUILA**

**JUAN DAVID SANMIGUEL CALDERÓN
OSCAR FERNANDO ATAGUALPA CHARRY**

**Informe final de la Pasantía Supervisada presentado para optar al título de Ingeniero
Agrícola**

**Director INTERNO
ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Ingeniero Agrícola PhD.**

**DIRECTOR EXTERNO
CAMILO AUGUSTO AGUDELO PERDOMO
Ingeniero Agrónomo MSc**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA HUILA
2016**

Contenido

Introducción.....	10
1. Marco Conceptual.....	13
1.1 Erosión.....	13
1.2 Erosión hídrica.....	13
1.3 Infiltración.....	13
1.4 Escorrentía.....	14
1.5 Tasa de formación y Tasa de pérdida del suelo.....	14
1.6 Tolerancia de pérdida de suelo (T).....	15
1.7 Control de la erosión: técnicas de conservación de suelos.....	16
1.8 Simuladores de lluvia.....	17
1.8.1 Descripción del mini-simulador de lluvia CIAT.....	18
1.8.2 Simulador De Lluvia (Partes Para El Montaje En Campo).....	20
1.8.3 Especificaciones de la simulación de lluvia.....	21
1.9 Ecuación universal de pérdida de suelo (USLE).....	22
1.9. 1 Erosividad de la lluvia.....	23
1.9.2 Erodabilidad del suelo.....	24
1.9.3 Pendiente y longitud del terreno.....	25
1.9.4 Efecto de la cobertura.....	25
1.10 Aspectos Físicos Del Suelo.....	25
1.10 Materiales y Equipos.....	27
1.11 Descripción de Área de Estudio.....	28
2. METODOLOGÍA.....	31
2.1 Fase 1. Fase de evaluación en oficina.....	32
2.1.1 Selección de áreas y fincas piloto para la investigación:.....	33
2.1.2 Sistemas Productivos Seleccionados:.....	33
2.1.3 Localización del área de estudio:.....	34
2.1.4 Lotes Seleccionados De Parques Naturales Regionales del Departamento del Huila.....	35
2.1.5 Descripción de tratamientos implementados.....	38
2.2 fase 2. Evaluación en campo con mini-simulador de lluvia.....	40
2.3 Fase 3. Evaluaciones físicas e hidrodinámicas, químicas del suelo en laboratorio y análisis de resultados.....	41
2.3.1 Determinación de las características físicas del suelo en laboratorio.....	41

2.3.2	Determinación de las características hidrodinámicas del suelo en campo.	44
2.3.2.1	Infiltración.	44
2.3.2.2	Conductividad Hidráulica.....	44
2.4	Índice de Erosividad.....	46
2.5	Índice de Erodabilidad (K).....	47
2.6	Factor longitud y gradiente de la pendiente (LS).....	48
2.7	Factor P. Prácticas de conservación.....	49
2.8	Factor C del cultivo.....	49
2.9	Determinaciones químicas del suelo.....	51
2.10	Determinación de Sedimentos y Escorrentía.....	51
2.11	Cálculo de Lámina Infiltrada, Lámina de Escorrentía y Suelo Erodado.....	56
2.12	Procedimientos en laboratorio para determinación de sedimentos.	57
2.12.1	Medición del % humedad.....	57
2.12.2	Metodología para la medición de erosión en laboratorio utilizando el papel filtro.....	59
2.13	Análisis estadístico de los datos.....	61
3.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	62
3.1	Características generales de los sectores estudiados.....	62
3.1.1	PNR: SIBERIA – CEIBAS.....	62
	Vereda: Sanmiguel-Sistema productivo: Café (Sin Sombra).....	62
3.1.2	PNR: Cerro Páramo de Miraflores.....	64
3.2	Análisis físico de los suelos.....	67
3.3	Índice de Erosividad.....	68
3.4	Índice de Erodabilidad (k).....	69
3,5	Factor Pendiente (Ls).....	70
3.6	Factor Prácticas de conservación (P).....	71
3.7	Factor Cobertura vegetal (C).....	71
3.8	Características hidrodinámicas de los suelosó.....	72
3.9	Análisis químico del suelo.....	73
3.9.1	Observaciones y recomendaciones de los análisis químicos para los sistemas productivos evaluados.....	76
3.10	Descripción del comportamiento de las variables (lamina infiltrada, lamina escorrentía y suelo perdido, % de humedad, cobertura vegetal) presenten en cada simulación de lluvia con el mini-simulador de lluvia tipo CIAT y análisis del potencial erosivo de las lluvias.	83
3.11	Análisis estadístico.....	98

3.11.1 Prueba de Normalidad para cada Tratamiento	98
3.11.2 Comparación de Medias por Tratamientos.....	98
4. Conclusiones.....	109
5. Recomendaciones	111
6. Bibliografía.....	112
7. Anexos.....	116

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Clases de degradación por erosión hídrica</i>	15
Tabla 2. <i>Descripción detallada de cada uno los componentes del Mini-simulador de lluvias con el que se realizan las pruebas.</i>	27
Tabla 3. <i>Materiales para cada evaluación con Mini-Simulador de Lluvias</i>	27
Tabla 4. <i>Cobertura de los 5 Parques Naturales Regionales y un Distrito Regional De Manejo Integrado.</i>	30
Tabla 5. <i>Sistemas productivos Seleccionados</i>	33
Tabla 6. <i>Sistemas productivos con sus tratamientos de cobertura</i>	34
Tabla 7. <i>Coberturas para sistemas productivos. 1. Agroforestal; 2. Tradicional; 3. Con Barbecho; 4. Después de una quema; 5. Con cobertura vegetal aérea; 6. Sin cobertura vegetal aérea</i>	39
Tabla 8. <i>Clasificación de lluvia según su intensidad</i>	41
Tabla 9. <i>Parámetros y Técnicas para los análisis físicos del suelo</i>	42
Tabla 10. <i>Clasificación de la Infiltración</i>	44
Tabla 11. <i>Parámetros y Técnicas para el análisis químico de los suelos</i>	51
Tabla 12. <i>Variación de la intensidad promedio para diferentes alturas de columna de agua.</i>	54
Tabla 13. <i>Variación de la intensidad promedio y del volumen total recolectado para diferentes columnas de agua.</i>	54
Tabla 14. <i>Cálculo de Erosividad para los diferentes tratamientos e intensidades</i>	68
Tabla 15. <i>Factor de Erodabilidad K para las diferentes localidades</i>	69
Tabla 16. <i>Clasificación de los suelos de acuerdo con el Índice de Erodabilidad (k)</i>	70
Tabla 17. <i>Cálculos para el factor LS en diferentes tratamientos e intensidades</i>	70
Tabla 18. <i>Factor P, para los diferentes cultivos evaluados</i>	71
Tabla 19. <i>Factor C, para los diferentes cultivos evaluados</i>	72
Tabla 20. <i>Propiedades hidrodinámicas del suelo en los sistemas productivos de estudio</i> .	73
Tabla 21. <i>Fertilizantes y dosis recomendadas de aplicación</i>	76
Tabla 22. <i>Fertilizantes y dosis recomendadas de aplicación</i>	78
Tabla 23. <i>Fertilizantes y dosis recomendadas de aplicación</i>	80
Tabla 24. <i>Fertilizantes y dosis recomendadas de aplicación</i>	81

Tabla 25. <i>Resumen de interpretación de análisis químico de suelos</i>	82
Tabla 26. <i>Simulación de lluvia con intensidad media sistema productivo café agroforestal (bajo sombra).</i>	84
Tabla 27. <i>Simulación con lluvia de intensidad alta sistema productivo café agroforestal (bajo sombra).</i>	85
Tabla 28. <i>Simulación con lluvia de intensidad media sistema productivo café tradicional (sin sombra.)</i>	86
Tabla 29. <i>Simulación con lluvia de intensidad alta sistema productivo café (sin sombra)</i> 87	
Tabla 30. <i>Simulación con lluvia de intensidad baja sistema productivo Frijol asociado a Maíz</i>	89
Tabla 31. <i>Simulación con lluvia de intensidad alta sistema productivo Frijol asociado a Maíz.</i>	90
Tabla 32. <i>Simulación con lluvia de intensidad media sistema productivo Frijol asociado a Maíz.</i>	91
Tabla 33. <i>Simulación con lluvia de intensidad alta sistema productivo Frijol asociado a Maíz</i>	92
Tabla 34. <i>Simulación con lluvia de intensidad media sistema productivo Mora</i>	94
Tabla 35. <i>Simulación con lluvia de intensidad alta sistema productivo Mora</i>	94
Tabla 36. <i>Simulación con lluvia de intensidad media sistema productivo Mora</i>	95
Tabla 37. <i>Simulación con lluvia de intensidad media sistema productivo Mora</i>	96
Tabla 38. <i>Comparación de los tratamientos con el mini-simulador de lluvias y cuantificación del grado de erosión del suelo en los sistemas productivos estudiados.</i>	97

Lista de figuras

<i>Figura 1. Curvas de infiltración para diferentes texturas de suelo.</i>	14
<i>Figura 2. Tolerancia de pérdidas de suelo.</i>	16
<i>Figura 3. Mini-simulador de lluvias y sus partes.</i>	19
<i>Figura 4. Áreas Protegidas del Departamento del Huila.</i>	29
<i>Figura 5. Proceso Metodológico, realizado en el estudio de erosión</i>	32
<i>Figura 6. Lote Vereda Primavera, Café Agroforestal</i>	35
<i>Figura 7. Lote Café sin sombra, vereda Sanmiguel</i>	36
<i>Figura 8. Cultivo de frijol asociado a maíz, vereda Alto Corozal, Gigante.</i>	37
<i>Figura 9. Cultivo de mora, vereda Alto Corozal, Gigante</i>	37
Figura 10. Prueba de infiltración con anillos concéntricos	44
Figura 11. Montaje para prueba de conductividad hidráulica saturada	45
<i>Figura 12. Gráfica de Intensidad promedio (mm/h) calculada a partir del volumen aplicado</i>	55
<i>Figura 13. Ilustración como se mide la pendiente en campo.</i>	56
<i>Figura 14. Latas de atún rotuladas para el peso y secado de las muestras de humedad.</i>	58
<i>Figura 15. Muestras de humedad pesadas y secadas al horno</i>	58
<i>Figura 16. Muestras de agua de escorrentía</i>	
<i>muestras con suelo erodado.</i>	59
<i>Figura 17. Proceso de filtrado de</i>	
<i>muestras</i>	59
<i>Figura 18. Se deposita el agua de la muestra</i>	
<i>muestras</i>	59
<i>Figura 19. Proceso de filtrado de</i>	
<i>muestras</i>	59
<i>Figura 20. Horno para el secado de muestras</i>	60
<i>Figura 21. Pesado del papel filtro con suelo seco, después de 24 horas al horno.</i>	60
<i>Figura 22. Uso Actual del suelo.</i>	62
<i>Figura 23. Cobertura vegetal, Horizonte A.</i>	63
<i>Figura 24. Barreras vivas para control de erosión, pasto Vetiver</i>	63
<i>Figura 25. Uso del mini-simulador de lluvias en el sitio.</i>	64
<i>Figura 26. Montaje del mini-simulador de lluvias</i>	
<i>Existente</i>	65
<i>Figura 27. Cobertura vegetal</i>	

Figura 28. <i>Área efectiva tratamiento después de una quema, evaluado con el mini-simulador</i>	65
Figura 29. <i>Montaje mini-simulador de lluvias</i> Figura 30. <i>Uso Actual del suelo</i>	66
Figura 31. <i>Medias de erosión por tratamiento</i>	98
Figura 32. <i>Correlación de la lámina infiltrada con la erosión</i>	99
Figura 33. <i>Correlación de intensidad con la erosión</i>	100
Figura 34. <i>Correlación de lámina aplicada con la erosión</i>	100
Figura 35. <i>Correlación del % de cobertura con respecto a la erosión</i>	101
Figura 36. <i>Correlación del % de cobertura con respecto a la erosión</i>	102
Figura 37. <i>Correlación de la lámina aplicada con respecto a la erosión</i>	102
Figura 38. <i>Correlación de la lámina de escorrentía con respecto a la erosión</i>	103
Figura 39. <i>Correlación del % de cobertura con respecto a la erosión</i>	103
Figura 40. <i>Predicción del modelo estadístico para la erosión en el tratamiento 1.</i>	104
Figura 41. <i>Dispersión de los valores de erosión para el diseño del modelo.</i>	105
Figura 42. <i>Predicción del modelo estadístico para la erosión en el tratamiento 2.</i>	105
Figura 43. <i>Predicción del modelo estadístico para la erosión en el tratamiento 4.</i>	106
Figura 44. <i>Dispersión de los valores de erosión para el diseño del modelo</i>	107
Figura 45. <i>Predicción del modelo estadístico para la erosión en el tratamiento 5.</i>	107
Figura 46. <i>Dispersión de los valores de erosión para el diseño del modelo</i>	107
Figura 47. <i>Predicción del modelo estadístico para la erosión en el tratamiento 6.</i>	108

Introducción

La agricultura ha sido identificada como una de las actividades que causan más impacto adverso al ambiente en el área rural. Las diferentes labores agrícolas y el uso de agroquímicos contribuyen a la contaminación del suelo y de las fuentes de agua, así mismo, provoca la erosión y pérdida de nutrientes del suelo afectando la productividad del cultivo y el ambiente.

Según Morgan (1994) "La erosión es un proceso natural, pero su distribución en el tiempo y en el espacio, es el resultado de circunstancias físicas y humanas. Desde que la tierra se cultivó por primera vez, la erosión del suelo por el agua y el viento han sido un problema constante". En cuanto a la degradación del suelo, FAO (1980) define como "un proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir (cuantitativamente o cualitativamente) bienes o servicios" (p. 86)

Según FAO (2002), los agentes más importantes que actúan en la erosión son el agua y el viento. En función de esto se conocen dos tipos de erosión, la eólica y la hídrica. A nivel mundial, la erosión hídrica es el tipo más importante de degradación de suelos y ocupa aproximadamente 1,093 millones de hectáreas (56%) del área total afectada por degradación de suelo inducida por el hombre. La erosión eólica es, a continuación, la que afecta mayor superficie y ocupa 548 millones de hectáreas (28%) del área afectada.

El 40 por ciento del territorio de Colombia está erosionado, ha perdido su cobertura vegetal y está en franco desgaste, un diagnóstico que fue emitido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). Según (IDEAM, 2001) en Colombia más de 2'300.000 ha son erosionadas, a una escala superior a 1.8 t. km² año

El manejo adecuado de las zonas protegidas del departamento del Huila conlleva a la restauración y conservación de ecosistemas ricos en flora, fauna, recursos hídricos y paisajísticos, los cuales albergan gran parte de la riqueza biológica del país; la población que habita en estas zonas, han desarrollado diferentes prácticas agropecuarias, desforestaciones y aprovechamiento inadecuado de los recursos presentes en la zona.

Después de tipificar y caracterizar los sistemas productivos que se desarrollan al interior de las áreas protegidas, se procede a realizar una evaluación para medir la erosión en los sistemas productivos existentes y más representativos, además de sistemas productivos que se encuentren en el contexto de desarrollo sostenible que se hallen en los 5 parques naturales regionales, Cerro Banderas Ojo Blanco, Cerro Páramo de Miraflores, La Siberia – Ceibas, Serranía de Minas, Corredor Biológico Guácharos – Puracé y en el Distrito de Manejo Integrado Tatacoa, de esta forma se pretende avanzar en el conocimiento de la susceptibilidad de los suelos a la erosión, en la erodabilidad de las lluvias, en la medición de la pérdida de suelo, en la adopción de políticas de desarrollo sostenible, en el manejo, uso y conservación de suelos en cada uno de los sistemas productivos evaluados por este estudio con el fin de determinar el deterioro del suelo en estas áreas y elaborar un plan de manejo acorde y sostenible para ser desarrollada por la población que habitan en ellas.

Para esta investigación se adopta el uso de un Mini-simulador de lluvia tipo CIAT como herramienta fundamental para la cuantificación de la infiltración, escorrentía y pérdida de suelo generados por una regadera de lluvia ajustable a la intensidad sobre un área de prueba definida 1280 cm² o 0,1280 m². La duración, intensidad y energía cinética de la lluvia pueden ser modificadas con el simulador, dando alta sensibilidad de los resultados de la prueba para diferentes intensidades de lluvia (medias y altas), cobertura vegetal, pendientes del terreno, humedades del suelo, en sistemas productivos de café, Frijol y Mora, apoyando de una caracterización de los suelos para las propiedades físicas, hidrodinámicas y químicas. En el desarrollo del protocolo experimental de medición de la erosión en sistemas productivos de las áreas protegidas del departamento del Huila en el marco del proyecto Estudio y Diseño de Instrumentos de Política para el Manejo y Administración de las Áreas Protegidas de Carácter Regional del Departamento del Huila.

Si no se detiene el aumento de las zonas atacadas con problemas de erosión, la frontera agrícola se verá disminuida aún más, disminuirá gradualmente la producción de alimentos y aumentará la pobreza en las zonas atacadas. Con el objetivo de prevenir estos problemas se han adelantado estudios que permitan comprender este proceso, para así poder prevenirlo y detener su avance.

Con este estudio se busca hacer seguimiento y monitoreo de los recursos suelo – agua, con miras a la toma de decisiones efectivas y el ordenamiento integral de los recursos existentes. Se espera que estos importantes esfuerzos conduzcan efectivamente a planes de mitigación, control, educación, cambio en las prácticas productivas agropecuarias y a alternativas viables tanto para la conservación de los suelos como para asegurar la calidad de vida de los habitantes de la región.

1. Marco Conceptual

1.1 Erosión

La erosión del suelo es la sustracción de materiales superficiales por la acción del viento o del agua. El agua, en las formas pluvial (lluvias) o de escorrentía (escurrimiento) favorece la aparición y desarrollo de este proceso debido a que su contacto con el suelo vence la resistencia de las partículas del suelo dejándolas libres para que puedan ser transportadas por la escorrentía superficial, generándose el proceso de erosión.

1.2 Erosión hídrica

Es el proceso por el cual se fraccionan y arrastran las partículas del suelo por el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo. Cuando la gota impacta directamente al suelo, la fuerza del impacto fracciona los agregados y los hace propensos a arrastre por la acción de los flujos superficiales de agua (escorrentía) y a la vez causa daño en la estructura superficial del perfil del suelo. Si el suelo está en zona plana, los agregados separados se depositan y producen capas, a veces minúsculas, de alta densidad y sellamiento superficial. Bajo condiciones de suelo sellado, la pérdida de suelo es poca, pero se causa daño en la estructura superficial restringiendo la entrada de agua y el flujo de gases, sin los cuales las plantas no pueden tomar alimentos o respirar.

1.3 Infiltración

La infiltración se define como el paso del agua de la superficie hacia el interior del suelo. A medida que el agua infiltra desde la superficie, las capas superiores del suelo se van humedeciendo de arriba hacia abajo, alterando gradualmente su humedad.

Los principales factores que controla la infiltración son: características internas del perfil del suelo (textura, estructura, permeabilidad y límites entre horizontes del suelo), condición superficial (cubierta vegetal y estabilidad estructural), humedad del suelo, intensidad y distribución de la precipitación en el año.

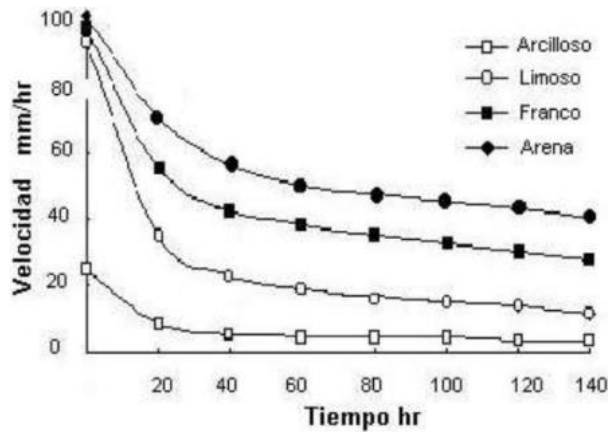


Figura 1. Curvas de infiltración para diferentes texturas de suelo.

1.4 Escorrentía

La escorrentía ocurre cuando el suelo se satura después de un evento de lluvia. El exceso de agua que no se infiltra por el suelo corre libremente por la superficie de las estructuras, del terreno bajo cultivo o bajo pastoreo arrastrando todo tipo de contaminantes y ocasionando la erosión del terreno. Un manejo adecuado de la escorrentía permite controlar el exceso del agua de lluvia que no se infiltra por el suelo, además de la erosión del suelo y la eventual sedimentación de los cuerpos de agua.

1.5 Tasa de formación y Tasa de pérdida del suelo

La gran diferencia existente entre la tasa de formación y de pérdida del suelo, motiva la ejecución de estudios sobre cuyos resultados se respalden programas de prevención de la erosión en sus diferentes formas; en esta dirección apunta la definición de una tasa tolerable de pérdida de suelo.

La pérdida de suelo por erosión se expresa, habitualmente, en unidades de peso o volumen por unidad de superficie y tiempo (t/ha y año). En una revisión sobre la erosión en condiciones naturales, Young (1969) cita valores como 0.0045 t/ha.año para áreas de relieve moderado y 0.45 t/ha. año para relieves escarpados. Mientras que, para tierras agrícolas estas cifras varían entre 45 y 450 t/ha. año.

Pero evidentemente la Tasa Tolerable de Erosión tiene debilidades, puesto que medir la velocidad de formación de suelo no es posible en la práctica, ya que son tan lentas que no pueden determinarse con facilidad. Según Buol, *et al.* (1973), las velocidades de formación del suelo en el mundo varían entre 0.01 y 7.7 mm/año. Sin embargo, Zachar (1982) los valores más altos son excepcionales y la media se sitúa alrededor de 0.1 mm/año.

La comparación de las tasas de formación y de pérdida de suelo bajo tales condiciones climáticas y topográficas del trópico, dibuja un serio problema de sostenibilidad a las intervenciones del territorio destinadas a su aplicación a la agricultura o al pastoreo; de ello se tiene clara manifestación en territorio colombiano, en donde se da una utilización de la tierra que supera la vocación propia de ella o capacidad de uso (IGAC, 1988), y que ha dado origen a diferentes grados de expresión del fenómeno erosivo.

1.6 Tolerancia de pérdida de suelo (T)

Según Wischmeier & Smith (1978) definen como el “máximo nivel de erosión del suelo que permite un elevado nivel de productividad del cultivo, sostenible económica e indefinidamente”.

Tabla 1. Clases de degradación por erosión hídrica

Categoría	Pérdida de suelo	
	Ton/ha/año	mm/año
Ninguna a ligera	Menor 10	Menor 0.6
Moderada	10 – 50	0.6 - 3.3
Alta	50 – 200	3.3 - 13.3
Muy alta	Mayor 200	Mayor 13.3

Según FAO (1980), las clases de erosión se clasifican en cuatro categorías

Algunos factores o aspectos importantes que determinan la tolerancia de pérdida de suelo se ven reflejados en el siguiente mapa conceptual.

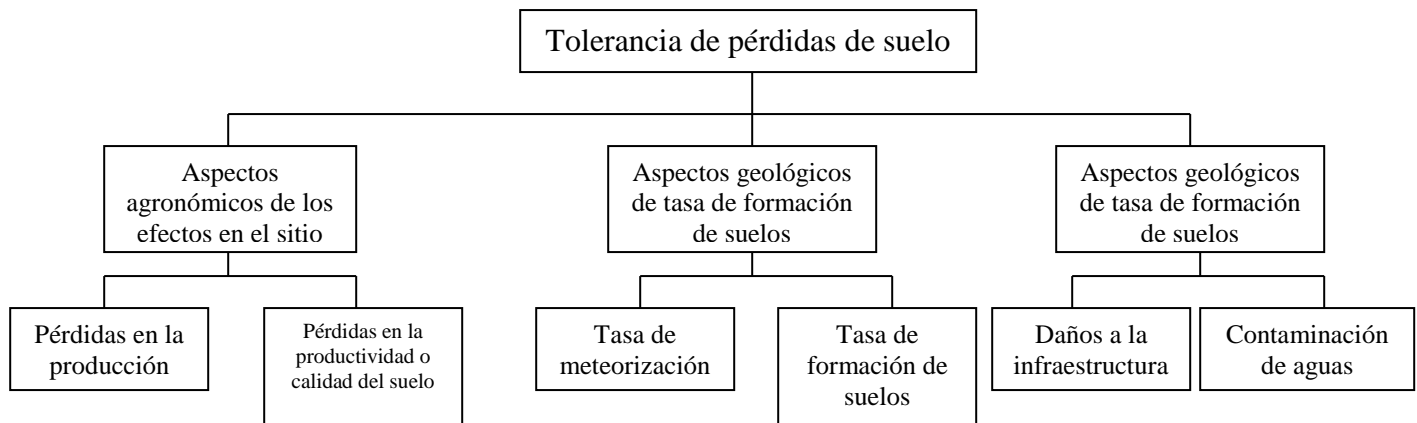


Figura 2. Tolerancia de pérdidas de suelo.

1.7 Control de la erosión: técnicas de conservación de suelos.

Las técnicas de conservación de suelos que pueden ser más asequibles y de fácil aplicación, para el agricultor, con el fin de tener mayor eficiencia en el control de erosión, son:

- La siembra de plantas de coberturas y abonos verdes
- La labranza conservacionista o labranza mínima
- Los sistemas agroforestales
- Las barreras vivas
- Terrazas individuales
- Zanjas de ladera
- Terrazas angostas

Luego "la conservación del suelo es un tema realmente interdisciplinario, ya que entre otros aspectos requiere: información sobre el riesgo de erosión, conocimiento de los procesos geomorfológicos que intervienen y de los factores que los controlan; conocimiento de los sistemas agrícolas y de la estructura social en que se desarrollan; aptitud para diseñar prácticas aceptadas por los agricultores y respetuosas con el medio y capacidad para ejecutar cualquier propuesta y aconsejar dentro de un marco legal sobre su mantenimiento. (Morgan, 1994).

1.8 Simuladores de lluvia

Según Meyer (1988) los simuladores de lluvia son una herramienta de la investigación para aplicar agua en forma similar a la lluvia natural. Estos instrumentos son usados en muchos tipos de experimentos hidrológicos y de erosión de suelo.

Meyer (1988) describe las características que debe tener un simulador de lluvia:

- Distribución de tamaño de gotas similares a la de una lluvia natural.
- Velocidad de impacto de la gota cercana a la de una gota natural
- Intensidades de lluvia en el rango de lluvias de interés.
- Tamaño del área de investigación satisfactoriamente representativa de las condiciones a ser evaluadas
- Características de la gota y de intensidad uniforme sobre el área de estudio
- Angulo perpendicular de impacto al suelo
- Al variar la temperatura y presentarse viento las condiciones de la lluvia deben permanecer constantes
- Posibilidad de mover el simulador de un área de estudio a otra.

Según Cobo (1998), los simuladores de lluvia se dividen en dos grandes grupos: los simuladores que utilizan el método de goteo para la producción de lluvia y aquellos que usan boquillas pulverizadoras donde las gotas salen con una determinada velocidad inicial. Los simuladores de gota constante no presentan velocidades terminales cercanas a las de una lluvia natural, pero tienen la ventaja de ser livianos una vez se ha evacuado toda el agua de su interior, además la construcción es más rápida, más sencilla y menos costosa que la de los simuladores que utilizan boquillas y bombas para imprimirle presión al agua. Según Meyer en 1988, los simuladores de lluvia son un gran acierto como herramienta de investigación, siempre y cuando sus datos sean analizados cuidadosamente y teniendo muy en cuenta las características del aparato en cuestión.

1.8.1 Descripción del mini-simulador de lluvia CIAT

El Mini-simulador portátil de lluvia del CIAT diseñado por Amézquita y Cobo 1998 (Figura 3), está catalogado en el grupo de los simuladores que utilizan el método de goteo para formar la lluvia y tiene la característica de ser portátil para poder realizar evaluaciones en zonas de ladera de difícil acceso.

La formación de gotas se realiza mediante agujas hipodérmicas cortadas, las cuales se pueden cambiar a otros diámetros para producir diferentes tamaños de gota para poder simular varias intensidades de lluvia. El simulador está equipado con un sistema de vaso de Mariotte, el cual permite aumentar o disminuir la cabeza de presión sobre las agujas y así, regular el número de gotas por unidad de tiempo.

El Mini-simulador cuenta con la posibilidad de ser utilizado en laboratorio y en el campo su área de evaluación en campo es 30cm por 42cm. En él la altura de emisión de gotas es en promedio de 1m, en el laboratorio, esta altura puede incrementarse hasta 5m con un dispositivo que permite ascenderlo.

Este equipo puede trabajar con rangos de diámetro de gota entre 2.5 y 4.0mm e intensidades correspondientes de lluvia de 40 a 200 mm h-1.

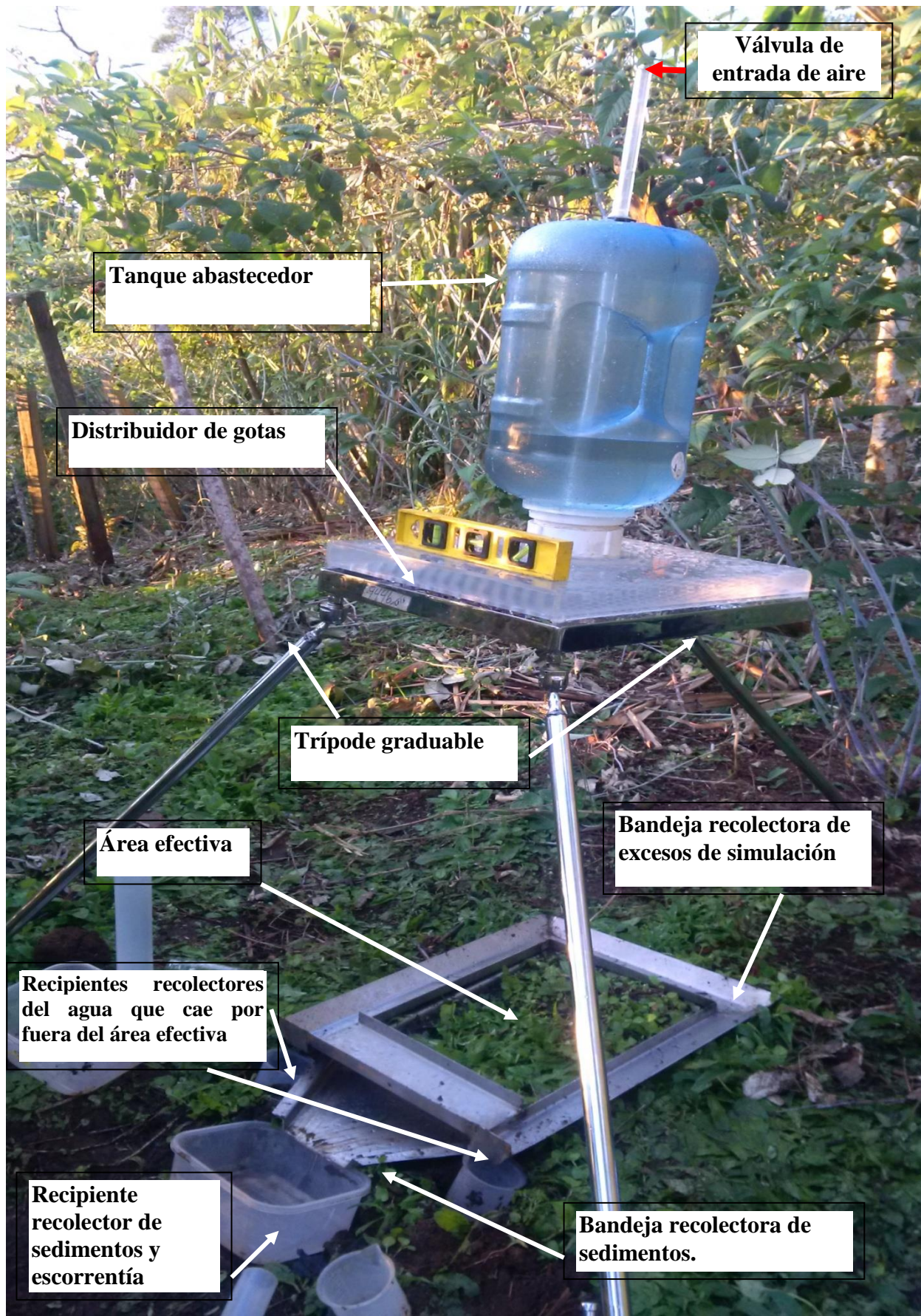


Figura 3. Mini-simulador de lluvias y sus partes.

1.8.2 Simulador De Lluvia (partes para el montaje en campo)

El Mini-simulador de lluvia CIAT consta de cuatro partes y recomendaciones adicionales para su transporte y protección en campo contra el viento para evitar errores experimentales de la lluvia simulada.

1. Sistema formador de gotas con presión constante (sistema Mariotte).
2. Trípode graduable para soporte y nivelación del sistema formador de gotas.
3. Bandeja recolectora del agua que no cae en el área efectiva.
4. Bandeja recolectora de sedimentos y de escorrentía.

Sistema formador de gotas: Este sistema consta de tres partes: a) Bandeja de agujas hipodérmicas (distribuidor de gotas) que consta de 333 agujeros distribuidos espacialmente en forma de espiral, b) Tanque abastecedor de agua, c) Válvula de entrada de aire (vaso de Mariotte), la cual es un tubo que permite calibrar la cabeza para producir una intensidad de lluvia dada.

Trípode graduable para soporte y nivelación del sistema formador de gotas: La base del Mini-simulador de lluvia consta de tres patas terminadas en punta (tipo teodolito) para asegurar el aparato firmemente al suelo. Dos de estas patas son extensibles para facilitar la nivelación del Mini-simulador en terrenos pendientes. La otra pata es fija y da una altura de 1 metro sobre el nivel del suelo.

Bandeja recolectora del agua que no cae en el área efectiva: La bandeja recolectora de excedentes se sitúa sobre la bandeja de escorrentía y recoge el agua que no cayó sobre el área de estudio, delimita un área de 58 cm por 48 cm, los volúmenes recolectados en esta bandeja son de gran importancia para calcular el volumen infiltrado mediante el balance hídrico.

Bandeja recolectora de sedimentos y de escorrentía: La bandeja de escorrentía delimita un área de 40cm por 32cm, tiene una sección de 5cm que se entierra en el suelo para forzar una infiltración vertical evitando flujos horizontales.

Cortina rompe vientos: Esta cortina evita el error experimental por causa del arrastre de la lluvia simulada por causa del viento.

1.8.3 Especificaciones de la simulación de lluvia

Según Morgan (1986), la erosividad de la lluvia es una función de su intensidad y duración, masa, diámetro y velocidad terminal de las gotas. Es importante describir y especificar cada uno de estos aspectos de la lluvia generada por el mini-simulador.

Diámetro y masa de las gotas de lluvia: Cobo (1998), en la evaluación del mini-simulador de lluvia reporta que las gotas formada con agujas número 24, tienen un diámetro y una masa de 2.75mm y 0.00992g respectivamente, este cálculo lo realizo por el método de las bolitas de harina propuesto por Bently (1904).

Velocidad terminal de las gotas: Cobo (1998) determinó para diferentes diámetros de aguja, la velocidad terminal, generada por el mini-simulador y encontró que para las agujas número 24 con diámetro de 2.75mm la velocidad terminal es equivalente a 4.59 m/s, valor semejante a los reportados por Laws (1941).

Energía cinética: La energía de la lluvia por ser un parámetro importante en la determinación de la erosividad de la lluvia, ha sido estudiada por autores como Laws, Parson, Wishmeier y Smith, encontrando relaciones entre energía y la intensidad de la lluvia natural. Estas relaciones no se pueden utilizar para calcular la energía de la lluvia obtenidas del mini-simulador de lluvia, debido a que la velocidad terminal de las gotas es baja comparada con la de la lluvia natural y el diámetro de las gotas es constante, evento que no ocurre en las lluvias naturales.

Cobo (1998) calcula la energía cinética producida por la lluvia generada por el mini-simulador de lluvia a partir de la siguiente ecuación:

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Donde **E** es la energía cinética en julios, **m** es la masa de las gotas de lluvia y **v** la velocidad terminal de las gotas, todo en el sistema MKS, y obtuvo valores de energía cinética de 14.05 y 21.08 J/mm*m2 para intensidades de 80 y 120mm/h respectivamente con gotas de diámetros de 2.75mm.

1.9 Ecuación universal de pérdida de suelo (USLE)

Realizada por el servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos y definida por *Wischmeier y Smith en 1958*. Esta ecuación planteó por primera vez todos los factores que propician y controlan la pérdida de suelo, en función de los factores que intervienen en el proceso de pérdida de suelo.

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo incorpora observaciones y resultados de más de 20 años de estudio en el Medio Oeste de los EEUU. Esta ecuación sirve para la predicción de la erosión en un lugar determinado en ton ha-1 año-1. La ecuación se expresa a continuación:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Dónde: **A** es el promedio anual de pérdida de suelo en toneladas por hectárea, **R** es la capacidad erosiva de las lluvias en términos de la energía cinética actuante, **K** es la susceptibilidad del suelo a ser fraccionado y dispersado por las gotas de agua lluvia, **L** es el factor que mide el efecto de la longitud de la pendiente, **S** es el factor que mide el efecto de la inclinación del terreno, **C** es el factor clase del cultivo o cobertura y **P** es el factor de prácticas de control de la erosión, tomando como punto de referencia la situación de un terreno arado y sembrado en dirección de la pendiente (*Montenegro 1990*).

El factor **R** (erosividad de la lluvia) es el único factor de la ecuación universal de pérdida de suelo, que no puede ser manejado por el hombre, ya que proviene de las lluvias naturales. Los demás factores, son susceptibles a ser modificados o controlados por intervención humana. La erosividad del suelo (**K**) puede ser modificada con la acción del manejo del suelo (como lo demuestra esta investigación), sea para hacerlo más resistente o

más susceptible al impacto de la gota. La pendiente puede ser modificada por medio de la adecuación de tierras; la longitud de la pendiente con barreras vivas, y la cobertura y el manejo del suelo dependen del sistema de uso de suelo que el agricultor implemente.

Según el modelo USLE, los factores que afectan la erosión son: la pendiente del terreno, la longitud de la pendiente, erosividad de la lluvia, la erodabilidad del suelo, la cobertura del suelo y el manejo que del suelo se hace.

1.9. 1 Erosividad de la lluvia.

La erosividad de la lluvia es la capacidad que tienen las gotas de agua de separar agregados o partículas de suelo. Esta fuerza de separación es determinada por la energía cinética que posee la gota de agua al golpear el suelo. Numerosos autores como Morgan (1986) y Lal (1990) consideran el factor R o erosividad de la lluvia como el más importante factor de erosión.

La lluvia tiene varias características que inciden en la erosión del suelo, tales como: velocidad terminal o velocidad con que choca la gota contra el suelo, diámetro de la gota de lluvia, intensidad, duración y lámina de agua caída, entre otros. La energía cinética está determinada por la masa y la velocidad, y por ende incrementos en estas dos variables generan aumentos en la energía cinética. Según *Kirkby et al., (1984)* la velocidad terminal y el diámetro de las gotas de lluvia están directamente relacionados, a medida que aumenta el diámetro de la gota aumenta la velocidad terminal y mientras mayor sea la velocidad, mayor es el impacto y mayor será la cantidad de suelo dispersado. El diámetro de las gotas está relacionado con la intensidad de la lluvia. Ellos afirman que en lluvias con intensidades entre el intervalo de 50 mm h-1 a 100 mm h-1 y mayores a 200 mm h-1 predominan las gotas de agua con diámetros superiores a 4 mm, en otras intensidades las gotas tienen diámetros menores a 4 mm. Las gotas entre 5.5 y 6.0 mm son inestables por la turbulencia.

Morgan en 1986 señala la intensidad de lluvia como el parámetro más importante en cuanto a erosión se refiere. Este efecto de la intensidad de lluvia es ilustrado por los datos tomados

en Zanesville, Ohio, entre 1934 y 1942, donde se encontraron 183 eventos de lluvia erosiva, los cuales mostraron que el suelo perdido por causa de la lluvia, se incrementa al aumentar la intensidad de la tormenta.

En la búsqueda de definir parámetros de erosividad de la lluvia se ha encontrado que la energía cinética de la lluvia se correlaciona con la pérdida de suelo. Se definió el índice KE (energía cinética de la lluvia) en relación con la intensidad de lluvia para la región tropical.

$$KE = 29.8 - 127.5/I \quad (1)$$

Las investigaciones han ido un poco más lejos de querer determinar la energía cinética y han tratado de arrojar índices que se correlacionen con la pérdida de suelo, para esto se formuló el EI30 (*Wischmeier y Smith, 19583*), I30 y $KE > 25$ (*Hudson, 1965*).

1.9.2 Erodabilidad del suelo.

La erodabilidad se define como la susceptibilidad del suelo a ser dispersado en partículas texturales o agregados más pequeños, por acción de las gotas de lluvia. *Wischmeier, Johnson y Cross (en Morgan 1986)* calcularon de acuerdo con la ecuación de *Wischmeier y Smith* el nomograma del factor K o erodabilidad del suelo, en donde las variables tomadas en cuenta para determinar este índice son el porcentaje de limos y arenas finas, la estructura y la permeabilidad del suelo. La literatura reporta que los suelos limosos (contenidos de 40 a 60% de limos) son más fácilmente erodables, mientras que las partículas grandes como arenas son más difíciles de arrastrar, en cambio las arcillas al crear fuerzas cohesivas entre sí, dificultan su separación del agregado.

La humedad representa un papel importante en la estabilidad de agregados, pues entre mayor sea el contenido de agua en el suelo menores serán las fuerzas cohesivas, ocasionando un ablandamiento del suelo que facilita la separación de este por la acción de la gota de lluvia. Aunque las fuerzas adhesivas aumentan, estas son de menor grado que las cohesivas.

1.9.3 Pendiente y longitud del terreno.

El aumento de la pendiente tiene un gran efecto en la pérdida de suelo, puesto que ayuda a la generación de corrientes superficiales, las cuales arrastran los agregados separados por el impacto de las gotas de lluvia. Si la velocidad de la corriente es alta, esta puede pasar de ser sólo un factor de transporte a un factor de desprendimiento y transporte, convirtiéndose en un problema aún más grave. Los factores que intervienen en la velocidad de los flujos de escorrentía son el volumen de agua, el grado de la pendiente y la longitud de esta.

1.9.4 Efecto de la cobertura.

La cobertura del suelo, sea viva o muerta, impide que las gotas de agua impacten directamente sobre el suelo protegiéndolo de la degradación, debido a que la energía que trae la gota de lluvia se absorbe en el follaje o la cobertura muerta.

La pendiente y la cobertura son factores que influyen notablemente en el arrastre del suelo. La pendiente además de facilitar la escorrentía que arrastra las partículas separadas por la gota de lluvia, incrementa la velocidad del flujo a valores en los que es capaz de desprender el suelo. La efectividad de las plantas coberturas depende de la altura y continuidad de la capa, densidad de la cobertura y densidad de raíces.

1.10 Aspectos Físicos Del Suelo

Según Montenegro en 1990 el suelo es el resultado de numerosas interacciones dinámicas tanto de componentes orgánicos como inorgánicos. De la integración de todos estos componentes se deriva este cuerpo natural, cuya función más importante ha sido la de construir el medio para el desarrollo vegetal.

El comportamiento mecánico de la fase sólida determina las propiedades físicas del suelo, las cuales en asociación con las características químicas proporcionan el medio necesario para la vida vegetal.

Varios autores han tomado la densidad aparente como una medida de la estructura del suelo, tal es el caso de Amézquita (1998) que presenta las diferencias halladas en la densidad aparente como el resultado de cuatro diferentes sistemas de labranza: labranza convencional, cincel vibratorio, mulch tiller y siembra directa, arrojando los valores más bajos de densidad aparente, el tratamiento con cincel vibratorio. Este estudio de Amézquita muestra cómo los diferentes sistemas de uso del suelo influyen en las propiedades físicas.

La textura fue tomada por el Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU como influyente en la erodabilidad (K). Para hallar la erodabilidad es necesario tener tres propiedades físicas (porcentaje de limos y arenas finas y un factor de estructura del suelo) y el porcentaje de materia orgánica.

También se ha relacionado la estabilidad de agregados (hallada por diferentes métodos) con la materia orgánica y con la presencia de óxidos de hierro y aluminio. Particularmente Rivera (1999) muestra cómo la materia orgánica es mayor en los agregados de 1-2 mm y disminuye con el tamaño de los agregados en suelos de la zona cafetera de Colombia. Amézquita (comunicación personal) sugiere la materia orgánica como una propiedad física del suelo por tener gran influencia en la agregación de este y por ende en la estabilidad y porosidad del mismo. Esto es corroborado por Oyedele (1999).

La estructuración del suelo por la materia orgánica, los microinvertebrados y los macroinvertebrados, conlleva a la formación de poros, por donde fluye el agua, y el aire. Greenlad (1979) realizó una clasificación de poros por su diámetro y función, él los llamó macroporos, mesoporos y microporos. Los macroporos son los encargados de permitir el flujo del aire y el agua, los mesoporos son los que almacenan el agua y puede ser entendido como el agua aprovechable para las plantas, y los microporos tienen agua fuertemente ligada y difícilmente la aportan a las plantas.

Amézquita en 1998 señala la labranza como la causante de los cambios en la estructura del suelo, en el espacio poroso del suelo y en los procesos que ellos afectan con relación con el crecimiento de las plantas. Amézquita considera como una buena distribución de poros un rango de 10 a 15% de macroporos, 20 a 25% de mesoporos y entre 10 a 15% los microporos.

1.10 Materiales y Equipos

El Mini-simulador de lluvias cuenta de varios componentes para su instalación en campo (Tabla 2), además de otros utensilios que son indispensables en el momento de instalarlo para realizar la simulación, como de igual manera en el momento después de haberla realizado (Tabla 3).

Tabla 2. Descripción detallada de cada uno los componentes del Mini-simulador de lluvias con el que se realizan las pruebas.

Cantidad	Descripción
1	Distribuidor de gotas. “bandeja en acrílico de 50cm de largo, 48cm de ancho y 8cm de alto con 333 perforaciones, en las cuales van instaladas agujas hipodérmicas recortadas.
1	Tanque Abastecedor. Construido mediante la adaptación de un Botellón de 18 litros al distribuidor de gotas. Mediante acoples de PVC de 4 pulgadas.
1	Válvula de entrada de aire. Consta de un tubo de acrílico de 80cm de largo con un diámetro de 18mm, una válvula reguladora de dos salidas y un tapón de 5cm de diámetro con una perforación de 18mm.
1	Trípode graduable. Consta de una base metálica que soporta el distribuidor de gotas; tres patas en acero inoxidable de un metro de largo telescópicas que permiten incrementar su largo hasta 1.8 metros.
1	Bandeja recolectoras de sedimentos Construidas en acero inoxidable calibre 16 con un marco reforzado en acero inoxidable de 4mm, dimensiones de 32cm x 40cm
1	Bandejas recolectoras de sedimentos y de excesos de simulación. Construidas en acero inoxidable calibre 16 con dimensiones 50cm x 48cm

Tabla 3. Materiales para cada evaluación con Mini-Simulador de Lluvias

1	Mini-simulador de lluvia (figura 2)
1	Porra de caucho para enterrar la bandeja recolectora de sedimentos y escorrentía
6	Recipientes plásticos 2 para recolectar la muestra de sedimentos y escorrentía y 4 para recolectar el agua que no cae en el área efectiva.

1	Pala para enterrar los recipientes plásticos
1	Nivel para medir la pendiente y facilitar la instalación del trípode y del sistema formador de gotas
2	Bolsas plásticas para recolectar muestra de suelo para determinar la humedad antes y después de la simulación.
1	Rollo de cinta de enmascarar para rotular las muestras
2	Marcadores para tomar registros
1	Cuadro de registros
2	Probeta plástica de 500cc y 100cc
1	Embudo que permita recolectar toda la lluvia simulada.
1	Cronometro para registrar el tiempo.
1	Embudo para facilitar el llenado del tanque abastecedor del sistema formador de gotas.
2	Botellas de 20 litros para llevar agua
1	Tijeras para remover cobertura
20	Tarros plásticos o de vidrio para recolectar muestras de escorrentía.
1	Barrera rompe vientos
1	Equipo de laboratorio para la toma de muestras de suelo

1.11 Descripción de Área de Estudio

El estudio tiene como área de interés los 5 Parques Naturales Regionales y el Distrito de Manejo Integrado Tatacoa del departamento del Huila, en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional Del Huila se encuentran distribuidos en 23 municipios y 194 veredas del departamento del Huila, de los cuales la CAM ha identificado 3.231 predios y priorizó 330 para compra.

El estudio priorizo en primera instancia la evaluación de la erosión para dos (2) parques naturales regionales (La Siberia - Ceibas y Cerro Paramo Miraflores).

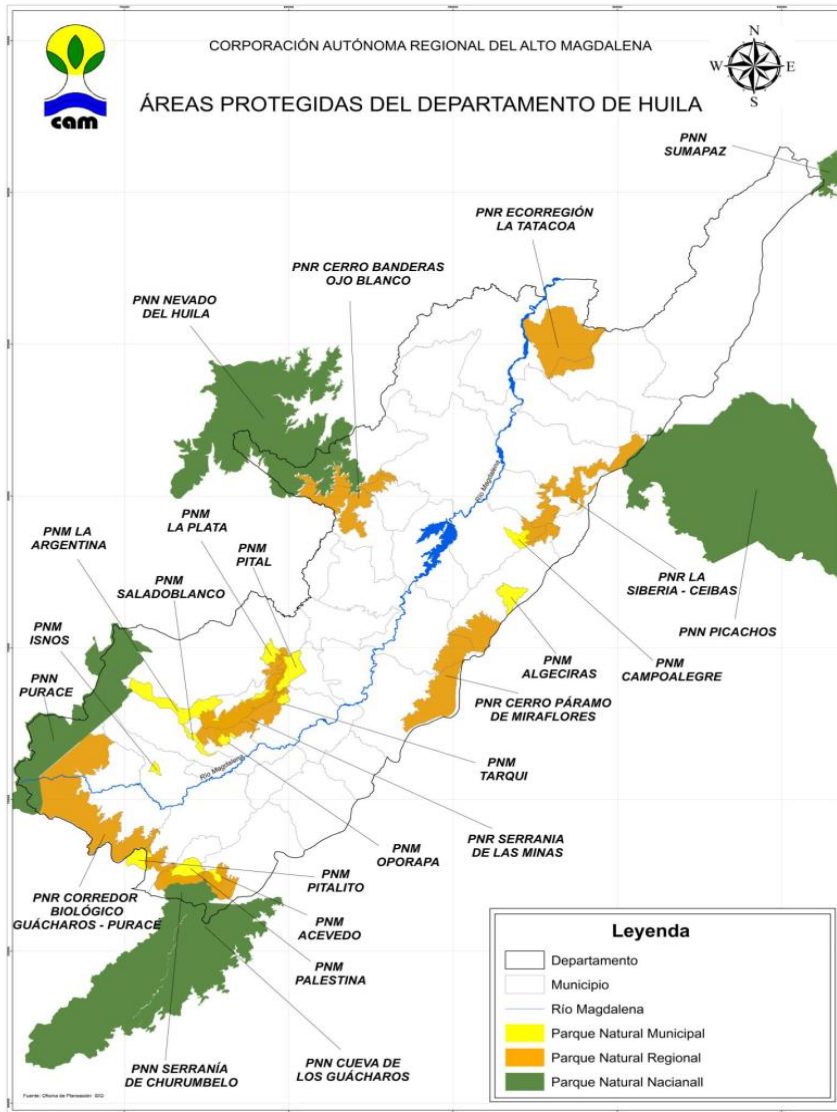


Figura 4. Áreas Protegidas del Departamento del Huila

Tabla 4. Cobertura de los 5 Parques Naturales Regionales y un Distrito Regional De Manejo Integrado.

No.	Parque Natural Regional	Municipios	No. Veredas	Predios Identificados
1	LA SIBERIA - CEIBAS	Neiva	4	433
		Campoalegre	6	
		Tello	2	
		Algeciras	2	
		Rivera	10	
2	CERRO BANDERAS - OJO BLANCO	Iquira	18	375
		Teruel	5	
		Palermo	5	
		Santa María	3	
3	SERRANÍA DE MINAS	La Argentina	15	990
		La Plata	9	
		Oporapa	10	
		Tarqui	17	
		Pital	9	
4	CERRO PARAMO MIRAFLORES "RIGOBERTO URRIBARRIEN" (partially obscured)	Gigante	7	657
		Garzón	21	
		Algeciras	12	
5	CORREDOR BIOLÓGICO GUÁCHAROS – PURACÉ	Acevedo	6	644
		Palestina	4	
		Pitalito	7	
		San Agustín	14	
1	LA TATACOA	Villavieja	8	132
		Baraya	ND	
TOTAL		23	194	3.231

2. METODOLOGÍA

El control de la erosión permite conocer la situación de los campos y evitar la pérdida y deterioro de las zonas de cultivo, la erodabilidad del suelo es un índice que indica la susceptibilidad a la erosión y depende de las propiedades de cada suelo (FAO, 1997).

Para medir la pérdida de suelo ocasionada por la lluvia se han utilizado diferentes métodos. Este trabajo utiliza como herramienta fundamental el simulador de lluvia y busca evaluar las relaciones existentes entre suelo perdido, escorrentía, infiltración, propiedades físicas, hidrodinámicas, química del suelo, en diferentes estados de cobertura vegetal, dos intensidades de lluvia que permitan tomar decisiones a futuro en cuanto al manejo y administración de estas áreas estratégicas en el departamento del Huila.

El estudio se realizará en tres etapas:

- 1.** Fase de evaluación en Oficina
- 2.** Fase de evaluación en campo con Mini-simulador de lluvia CIAT y toma de muestras de suelo.
- 3.** Fase de evaluación de características físicas, hidrodinámicas, químicas del suelo en laboratorio y determinación de suelo perdido, infiltración y escorrentía.

Resumen. En la primera fase se realiza la recopilación de información, análisis bibliográfico y cartográfico preliminares y detallados, base de datos de la CAM de productores de los Parque Naturales Regionales, selección de fincas pilotos para la investigación, georreferenciación, firma de acuerdos de participación, elección de sistemas productivos a evaluar y visitas a campo. La segunda fase, es la más compleja y principalmente trata de la ejecución de todas las actividades de campo como instalación del Mini-simulador de lluvia, simulación de lluvia en los arreglos productivos a dos diferentes intensidades, el establecimiento de tecnologías para la medición de ciertos parámetros edafológicos (escorrentía, infiltración, erosión, conductividad hidráulica, propiedades químicas, textura, estabilidad estructural, densidad aparente y real, etc.). Y la última fase se enfoca principalmente en manejo o procesamiento de datos de campo, análisis de laboratorio y análisis de resultados (Figura 4).



Figura 5. Proceso Metodológico, realizado en el estudio de erosión

2.1 Fase 1. Fase de evaluación en oficina

Es la etapa inicial del estudio que permitió recolectar toda la información básica de interés para llevar a cabo las investigaciones, para establecer el plan de muestreo. Finalmente se realizó una visita de campo y un muestreo preliminar. Después se reunió información sobre las condiciones ambientales y las prácticas culturales que controlan los procesos de erosión/sedimentación en el área.

El objetivo del muestreo de suelos es obtener información confiable sobre el suelo, La toma de muestras de suelos es la principal fuente de variabilidad en los resultados finales por lo que, ante la imposibilidad de muestrear toda el área de estudio, es fundamental lograr un muestreo representativo. La representatividad puede definirse como el grado en cual las muestras de forma “exacta” y precisa representan una característica de una población, variación de parámetro en un punto de muestreo o una condición ambiental.

2.1.1 Selección de áreas y fincas piloto para la investigación: Se seleccionaran predios de todas las tipologías identificadas en este trabajo que cuenten con las siguientes características: Deben ser predios representativos de las condiciones físicas, biológicas y socioeconómicas de los Parques Naturales Regionales; de fácil acceso; todos los productores deben tener la disponibilidad de implementar las recomendaciones en las prácticas de manejo, así como de permitir el acceso del equipo de investigación; los productores deben tener un conocimiento mínimo que les permita el diligenciamiento de registros; así como que deben firmar un acuerdo de compromiso sobre su participación en el proceso de investigación.

2.1.2 Sistemas Productivos Seleccionados: Para evaluar la pérdida de suelos en los arreglos productivos es necesario seleccionar escenarios con niveles de cobertura y manejos diferentes, estos con el fin de determinar los niveles de erosión que ocasionan las prácticas agrícolas establecidas en zonas de influencia de los Parques Naturales Regionales.

Para el establecimiento de las pruebas con el Mini-simulador se deben seleccionar arreglos productivos con un buen desarrollo vegetativo (tabla 5).

Tabla 5. *Sistemas productivos Seleccionados*

Sistema Productivo	PNR	Tratamiento
Café	Siberia – Ceibas	Sin Sombra
Café	Siberia – Ceibas	Agroforestal
Frijol	Cerro Paramo Miraflores	Asociado a Maíz
Mora	Cerro Paramo Miraflores	Tradicional

2.1.3 Localización del área de estudio: Los sitios de muestreo se seleccionaron mediante criterios de zonificación considerando condiciones del estado y uso actual del suelo, tales como: Pendiente, cobertura vegetal, sistemas productivos típicos del parque, ubicación en zonas de influencia de los parques naturales regionales del departamento del Huila, prácticas de manejo de conservación de suelos y costos disponibles. Integrando los criterios mencionados se seleccionaron dos (2) P.N.R del Huila y 4 predios que implementan sistemas productivos como uso actual del suelo.

Los estudios se harán dependiendo de su cobertura vegetal diferenciados en seis (6) tratamientos para analizar la erosión (Tabla 6):

Tabla 6. *Sistemas productivos con sus tratamientos de cobertura*

Sistema Productivo	Cobertura Vegetal	Tratamientos
Café	Agroforestal	Tratamiento 1
	Sin Sombra	Tratamiento 2
Frijol	Con Barbecho (Rastrojos en el suelo)	Tratamiento 3
	Con quemas	Tratamiento 4
Mora	Con cobertura vegetal aérea	Tratamiento 5
	Sin cobertura vegetal aérea	Tratamiento 6

2.1.4 Lotes Seleccionados De Parques Naturales Regionales del Departamento del Huila

PNR: Siberia – Ceibas

Lote 1: Se encuentra en la vereda La Primavera del municipio de Neiva Huila, el predio recibe el nombre de El Mesón, cuyo propietario es el señor Fredy Caquimbo Vargas, el sistema productivo de estudio es café variedad castillo con dos (2) años de establecido, maneja control de erosión y técnicas de conservación de suelos como barreras vivas de pasto vetiver y sombrío de nogal cafetero y plantas de plátano (sistemas agroforestales) en los extremos del lote tiene barreras vivas con árboles maderables sembrados con anterioridad. La siembra fue con labranza mínima. Manejo agronómico con enriquecimiento a base de enmiendas químicas. Su ubicación geográfica es de coordenadas 2°52'28.10" al Norte y 75° 6'11.20" al Oeste y presenta una altura de 1771 msnm.



Figura 6. Lote Vereda Primavera, Café Agroforestal

Lote 2: Está ubicado en la vereda San Miguel del municipio de Neiva Huila, el predio recibe el nombre de Antofagasta, cuyo propietario es el señor Yovanny Yagüe Rodríguez, el sistema productivo de estudio es Café variedad castillo con ocho (4) años de sembrado se encuentra en producción, como técnicas de control de la erosión maneja cobertura vegetal abundante en grama y plateo en casa árbol de café, fue sembrado en labranza mínima y

posee barreras vivas de árboles nativos en uno de los extremos del lote. Se realiza abonado a base de enmiendas químicas. Su ubicación geográfica es de coordenadas $2^{\circ}51'34.26''$ al Norte y $75^{\circ}5'4.99''$ al Oeste y su altura es de 1908 msnm.



Figura 7. Lote Café sin sombra, vereda Sanmiguel

PNR: Cerró Páramo de Miraflores

Lote 1: Se encuentra ubicado en la vereda Alto tres esquinas del municipio de Gigante Huila, el nombre del predio es La Esperanza, cuyo propietario es el señor John Jairo Rico, tiene un sistema productivo de Frijol asociado a Maíz, maneja técnicas de conservación de suelos (sistema agroforestal) con árboles frutales de (naranja, mandarina), plantas de plátano y yuca. Es un lote mecanizado, presenta canales de drenajes y abundante cobertura vegetal con presencia de musgo en la superficie del suelo. Se abona el suelo con productos químicos. Su ubicación geográfica es de coordenadas $2^{\circ}18'23.05''$ al Norte y $75^{\circ}28'19.15''$ al Oeste, su altura es de 1793 msnm.



Figura 8. Cultivo de frijol asociado a maíz, vereda Alto Corozal, Gigante

Lote 2: Se encuentra ubicado en la vereda de Alto Corozal del municipio de Gigante Huila, el nombre del predio es El Paraíso, su propietario es el señor Pedro Pastor Forero Serna, tiene un sistema productivo de Mora de espinas sembrado hace ocho (8) años. Hace dos años no se fertiliza el lote, como técnicas de conservación se implementó la siembra en labranza mínima, plateo en cada planta de mora y abundante cobertura vegetal nativa. Su ubicación geográfica es de 2°18'40.52" al Norte y 75°28'2.17" al Oeste y su altitud es de 2006 msnm.



Figura 9. Cultivo de mora, vereda Alto Corozal, Gigante

2.1.5 Descripción de tratamientos implementados.

Café Agroforestal: Hace referencia a un cultivo de café castillo con sombra de nogal cafetero, tres calles de pasto vetiver y barreras vivas en sus extremos del lote, se retira la capa aérea vegetal utilizando unas tijeras podadoras, teniendo cuidado de no disturbar el suelo.

Café Sin sombra: Hace referencia a un cultivo de café castillo, establecido en un lote sin sombra. Se procede a retirar la capa aérea vegetal del suelo en el área efectiva de estudio, siguiendo la metodología del manual del simulador de lluvias.

Frijol Con Barbecho: Hace referencia al material vegetal que se encuentra en el lote después de realizar la práctica cultural de corte o desyerbe con machete o guadaña, entre ese material se encuentran rastros de hojas del frijol, maíz, naranja, mandarina, limón, plátano, musgos y pastos de tipo maleza o arvenses.









Frijol Con quema: Se procede a realizar la quema en el área efectiva escogida en cada uno de los 6 lugares seleccionados que presentan similitudes de pendiente, utilizando como fuente de combustión gasolina. Se enciende fuego y se deja arder hasta que finalice la combustión del material vegetal existente, después de esto se retira el material vegetal aéreo calcinado sin disturbar el suelo en su interior.

Mora Con cobertura: Se deja el material vegetal existente el día de las pruebas, como las hojas de la mora, pastos y diferentes arvenses del sitio, presente en el área del simulador de lluvias.

Mora Sin cobertura: Se procede a retirar la capa vegetal aérea del suelo, en el área efectiva de estudio, con unas tijeras podadoras, teniendo cuidado de no disturbar el suelo como describe la metodología del manual del simulador de lluvias.

Los diferentes tratamientos evaluados para cada sistema productivo se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Coberturas para sistemas productivos. 1. Agroforestal; 2. Tradicional; 3. Con Barbecho; 4. Después de una quema; 5. Con cobertura vegetal aérea; 6. Sin cobertura vegetal aérea

1. 	2. 
3. 	
4. 	
5. 	6. 

2.2 fase 2. Evaluación en campo con mini-simulador de lluvia

En cada uno de los tratamientos descritos, se realizaron las mediciones con el Mini-simulador portátil de lluvia. Para este caso se implementó la metodología propuesta en el Manual del mini-simulador de lluvia CIAT del (**CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL CIAT**) escrito por el doctor EDGAR AMEZQUITA y el ingeniero JOSE MANUEL CAMPO (2004).

Para la evaluación de la erosión se utiliza el mini-simulador de lluvias CIAT directamente en cultivos establecidos con anterioridad en el tiempo, se plantean dos intensidades promedio de lluvia 60 y 120 mm/h, por un tiempo de 45 minutos con toma de muestras cada 5 minutos para determinar el inicio de la escorrentía y el comportamiento de las demás variables presentes en la simulación de lluvia.

El experimento se diseñó con tres repeticiones en cada tratamiento, Se instaló y niveló el simulador de lluvia, y por último se calibró la intensidad en cuestión haciendo uso del vaso de Mariotte. Para cada evaluación se midió la intensidad (mm h⁻¹), la escorrentía (mm), la infiltración (mm), humedad inicial (%), humedad final (%) y la pérdida de suelo (gr).

La escorrentía se recolectó en recipientes, midiendo el volumen cada cinco minutos, con el fin observar el comportamiento de la escorrentía, la infiltración y la erosión en el tiempo, con una intensidad de lluvia constante, por convenciones, la escorrentía se trabajó en mm.

Los sólidos disueltos en la escorrentía se midieron a partir de muestras de aproximadamente 100 ml, las cuales se secaron en el horno a 105° C durante 24 horas, para luego tomar su peso y así conocer el suelo perdido. El suelo perdido en gramos se divide por el área efectiva para expresar la pérdida de suelo en gramos por metro cuadrado.

Se realizaron 36 simulaciones de lluvia en los 4 lotes mencionados anteriormente, utilizando el formato de toma de datos (Anexo 8) planteado por Amézquita y Campo (2004).

Para determinar la intensidad y duración de las lluvias se tuvo en cuenta a Morgan (1986), pues él resume que la mayor erosión se presenta en las lluvias naturales con láminas entre 30 y 60 mm.

Tabla 8. *Clasificación de lluvia según su intensidad*

Intensidad de Lluvia	Acumulación en 1 hora
DÉBIL	Menos de 2 mm
MODERADA	Entre 2.1 y 15 mm
FUERTE	Entre 15.1 y 30 mm
MUY FUERTE	Entre 30.1 y 60 mm
TORRENCIAL	Mas de 60mm

2.3 Fase 3. Evaluaciones físicas e hidrodinámicas, químicas del suelo en laboratorio y análisis de resultados

Se tomaron muestras de suelos recolectadas en campo, las cuales fueron en doce (12) repeticiones para cada Sistema Productivo, para estudiar el suelo en su forma física, se evaluaron en el laboratorio de recursos GEOAGROAMBIENTALES universidad Surcolombiana, facultad de ingeniería las siguientes determinaciones:

2.3.1 Determinación de las características físicas del suelo en laboratorio

- **Muestras Disturbadas:** Con las muestras disturbadas, las cuales se tomaron en doce (12) repeticiones para cada parcela a una profundidad de 0 – 20 cm para determinar erodabilidad.
- **Muestras sin Disturbar:** Se tomaron dos muestras por parcela en cilindros de 2.5 cm de alto por 5 cm diámetro. Útiles para determinar estructura, estabilidad estructural, relación peso-volumen y densidad, tanto en suelos duros como blandos. Las muestras se recogen y almacenan en cilindros que se puede sellar para el transporte hasta el laboratorio.
- Para la determinación en el laboratorio de las propiedades físicas e hidrodinámicas del suelo se siguió las metodologías del IGAC 2006.

Tabla 9. *Parámetros y Técnicas para los análisis físicos del suelo*

PARAMETRO	TECNICA ANALITICA
Textura	Bouyucos
Densidad Aparente	Terron Parafinado
Densidad Real	Picnómetro
Capacidad de Campo	Membranas Richards
Punto de Marchites Permanente	Membranas Richards
Estabilidad Estructural	Yoder
Porosidad Total	Relación de Densidades
Conductividad hidráulica saturada	Pozo Barrenado
Infiltración	Anillos Infiltrómetros

Textura. La determinación de textura se hizo por el método del hidrómetro o Bouyucos (IGAC 1990).

Densidad Real. Esta propiedad se determinó mediante el método del picnómetro o método del agua para densidad de partículas (Forsythe, 1980).

Densidad Aparente. Se utiliza el método del terrón parafinado, hallando el volumen por diferencia entre el peso en el aire y el peso en el agua.

Porosidad total. Esta característica se calcula con base en la densidad real y aparente, mediante la siguiente relación:

$$\eta = (1 - \rho_a/\rho_r) 100$$

$$\rho_a = \text{Densidad Aparente}$$

$$\rho_r = \text{Densidad Real}$$

Retención de Humedad. El punto de 0.03 MPa de tensión se halla mediante la olla de presión y representa el estado de humedad óptimo del suelo para las plantas denominado coeficiente de capacidad de campo, y el punto de 1.5 MPa de tensión se obtuvo con la membrana ó plato de presión y corresponde al estado de humedad crítico para las plantas, denominado punto de marchitamiento permanente. En todos los casos se utilizan muestras disturbadas.

Humedad Aprovechable. Se estima como la diferencia entre el contenido de agua a 0.03 y 1.5 MPa.

Estabilidad de Agregados. Se realizó por el método del tamiz húmedo o Yoder, con los tamices de 6.3 mm, 4 mm, 2 mm y 1 mm.

Diámetro medio ponderado de los agregados tamizados en agua (DMP) (Kemper y Rosenau, 1986) (modificado por Pla, 1983).

$$DMP = \sum_{i=1}^n D_i * P_i$$

Expresa la relación entre el diámetro medio de una clase de tamaño dada y la fracción de peso de esta clase de tamaño, respecto al peso total en la muestra de suelo. Para su determinación se hace uso de la información generada en la prueba de tamizado en húmedo de los agregados del suelo.

Donde:

DMP = diámetro medio ponderado

Di = diámetro medio de una clase de tamaño dada

Pi = fracción de peso de la clase de tamaño correspondiente

2.3.2 Determinación de las características hidrodinámicas del suelo en campo.

2.3.2.1 Infiltración. Se mide en campo mediante el método de los anillos concéntricos y se aplicó el modelo de Kostiakov para la determinación de lámina infiltrada acumulada, tasa de infiltración e infiltración básica del suelo.



Figura 10. Prueba de infiltración con anillos concéntricos

Tabla 10. Clasificación de la Infiltración

Infiltración cm/hr	Interpretación
< 0.1	Muy lenta
0.1 – 0.5	Lenta
0.5 – 2.0	Moderadamente lenta
2.0 – 6.3	Moderada
6.3 – 12.7	Moderadamente rápida
12.7 – 25.4	Rápida
> 25.4	Muy Rápida

Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, Plantas y Aguas para riego.

2.3.2.2 Conductividad Hidráulica. Debido a que no se encontró nivel freático en ninguna de las fincas se utilizó para la determinación de la conductividad hidráulica el Método inverso de Auger Hole; este procedimiento recibe también el nombre del Método de Porchet. El Procedimiento consiste en abrir un agujero de 10 cm. de diámetro en el suelo (Figura 11) por medio de un barreno y llenarlo de agua hasta una altura h_1 , momento en que

se pone en marcha el cronómetro ($t_1 = 0$). Cuando el nivel ha descendido a h_n se lee el tiempo t_n . El valor de la permeabilidad viene dado por la siguiente fórmula:

$$k = 432r * \frac{\ln(h_1 + \frac{r}{2}) - \ln(h_n + \frac{r}{2})}{t_n - t_1}$$

Dónde:

K = Conductividad Hidráulica en m/día

r = es el radio del pozo en cm

h_1 y h_n = altura inicial y altura final del agua en cm

t_1 y t_n = tiempo para la altura inicial y final en segundos

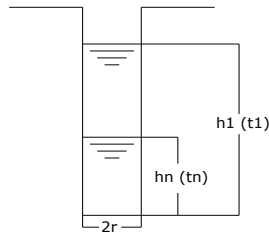


Figura 11. Montaje para prueba de conductividad hidráulica saturada

Tabla 11. Clasificación de la conductividad hidráulica

Conductividad hidráulica m/día	Interpretación
< 0,03	Muy lenta
0,003-0,12	Lenta
0,12-0,38	Moderadamente lenta
0,38-1,20	Moderadamente lenta
1,20-2,90	Moderadamente rápida
2,90-4,30	Rápida
>4,30	Muy Rápida

Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, Plantas y Aguas para riego.

2.4 Índice de Erosividad

Según Wischmeier y Smith, (1978) el factor Erosividad de la lluvia es un índice numérico que expresa la capacidad de la lluvia para erosionar el suelo, se define como la suma del producto de la energía total de la precipitación por su máxima intensidad en treinta minutos para todos los eventos importantes de precipitación en un área durante un año promedio.

Debido a que se toma una precipitación constante los valores de I se definen para cada simulación.

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Donde E es la energía cinética en julios, m es la masa de las gotas de lluvia (0.00992g) y v la velocidad terminal de las gotas (4.59 m/s), todo en el sistema MKS, y obtuvo valores de energía cinética de 14.05 y 21.08 J/mm*m² para intensidades de 80 y 120mm/h respectivamente con gotas de diámetros de 2.75mm.

El valor del Índice de Erosividad del evento pluvial se obtuvo de la fórmula desarrollada por Smith y Wischmeier (1963), pero se toma la variable de energía cinética formulada por la metodología del mini-simulador de lluvias tipo CIAT; este parámetro es igual al producto de la energía de las gotas de lluvia y su Intensidad máxima la cual fue constante en un periodo de tiempo en 30 minutos.

$$R = E * I_{30}$$

R: Erosividad en unidades $\text{j/mm} \cdot \text{m}^2 \text{ hora}$

Ec: Energía cinética total para un evento de precipitación.

I₃₀: Se genera a partir de la intensidad utilizada para cada simulación de lluvia.

2.5 Índice de Erodabilidad (K)

Según Wischmeir (1969) el índice de erodabilidad representa la susceptibilidad del suelo y reconoce que sus propiedades físicas están estrechamente relacionadas a las tasas de erosión, además cuantifica el carácter cohesivo de un tipo de suelo y su resistencia a desprenderse y ser transportado debido al impacto de las gotas y al flujo superficial de agua.

Para la determinación del factor K se hizo uso de las propiedades del suelo y características morfológicas de levantamientos, que fueron analizadas por el laboratorio obteniendo así los parámetros que implica este análisis (*Anexo 5*)

- Porcentaje de limo y arena muy fina (diámetros de partículas entre 0.002 - 0.10 mm).
- Porcentaje de arena excluyendo la arena muy fina (diámetros de partículas entre 0.10 y 2.00 mm).
- Porcentaje de materia orgánica.
- Estructura: tipo y clase.
- Permeabilidad del perfil.

La clasificación de los suelos de los diferentes experimentos se obtiene con el índice de erodabilidad (K) determinado por 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

El parámetro M se calcula a través de la ecuación:

$$M = (\% \text{ lim } o + \text{arenasmuyfinas}) * (100 - \% \text{ arcillas})$$

Para el análisis textural se utilizó el método de Bouyoucos Tradicional de igual forma para la determinación del porcentaje de materia orgánica se utilizó el método NTC 5403 método B

2.6 Factor longitud y gradiente de la pendiente (LS)

A medida que la escorrentía se acumula en una pendiente alargada, su capacidad de desprender y transportar se incrementa. La longitud de la pendiente y su inclinación se mide en el lugar en que se intenta calcular la pérdida de suelos.

El valor de los factores LS se obtuvo aplicando la ecuación de Wischmeier y Smith (1978):

$$LS = (La/100) * 0.76 + 0.535 + 0.0076S^2$$

Donde:

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

La: Longitud de la pendiente en pies.

S: Pendiente en %.

La longitud de la pendiente, se toma la longitud del área efectiva estudiada en situ. Eso quiere decir que esa longitud es de 40 cm o 1.31 ft.

El valor de S es tomado de la micropendiente hallada para cada simulación, para cultivos de café su promedio fue de 34, para el de frijol su promedio fue de 13, finalmente para el cultivo de mora tuvo un promedio de 26 %.

2.7 Factor P. Prácticas de conservación

El factor P es la relación de pérdida de suelo entre una parcela donde se han aplicado prácticas mecánicas de conservación de suelos (contornos, barreras vivas, cultivos Agroforestales, etc) para el control de la erosión, y las pérdidas que se producen en una parcela si tales prácticas no se utilizan y el laboreo se efectúa en el sentido de la pendiente. Cuando las prácticas de conservación no se aplican o son muy pocas el valor de P es igual a 1.

2.8 Factor C del cultivo

Este factor indica el efecto de la cubierta vegetal en la pérdida de suelo. Se expresa como la relación entre la pérdida de suelo de un área o parcela con una vegetación dada y sistemas de manejo específicos, y la pérdida de suelo en una parcela en barbecho continuo, limpia y arada, en el sentido de la pendiente, a intervalos regulares. Los valores de C son pequeños cuando el suelo está protegido del impacto del agua de lluvia y de la acción de la escorrentía superficial, y viceversa; es decir, a mayor valor de C, menor es la cobertura del suelo, es decir, hay menor protección.

La determinación de C se hace a partir de valores tabulados según se trate de cultivos agrícolas o vegetación forestal. Wischmeier y Smith, (1978), publicaron numerosas tablas del factor C por tipos de cultivos, etapa de desarrollo y sistemas de manejo. Así como también una tabla para vegetación de gramínea-arbustal y otra para bosque. (Barrios, 1995).

Dissmeyer y Foster, (1982), presentan un procedimiento paramétrico para estimar el factor C en tierras forestales basado en subfactores como: porcentaje de suelo desnudo, porcentaje de suelo desnudo con matriz densa de raíces finas, cobertura y altura del dosel y contenido de materia orgánica.

- Porcentaje de suelo desnudo: El suelo desnudo es de importancia para la erosión, porque ésta es función de la cantidad de suelo expuesto. Para la correcta interpretación del suelo desnudo hay que tener en cuenta que se considera como cubierta de los terrenos a las ramas, troncos, restos de talas o a materiales rocosos sobre la superficie del suelo. El dato necesario a estimar es el porcentaje del área ocupada por el suelo desnudo.
- Porcentaje de suelo desnudo con matriz de raíces finas: Una matriz densa de raíces finas está usualmente presente en las primeras dos pulgadas de los suelos forestales. Aunque después de que los árboles son removidos la matriz de raíces residuales continúan protegiendo al suelo de las fuerzas erosivas de la lluvia y escorrentía. Este subfactor sólo se aplica al suelo desnudo.
- Cobertura del dosel: Este subfactor se aplica a la cubierta vegetal sobre el suelo desnudo. El subfactor se evalúa estimando el porcentaje de suelo desnudo que • tiene cobertura del dosel sobre sí. Las áreas abiertas del dosel donde la lluvia puede pasar no forma parte del subfactor.
- Contenido de materia orgánica: Bajo bosques permanentes el suelo superficial acumula un alto contenido de materia orgánica, éste hace al suelo menos erodable. Este subfactor es de 0,70 cuando el suelo superficial tiene 2,5 cm. de espesor de materia orgánica.

En caso de los diferentes sistemas productivos evaluados, los tratamientos que se estudiaron representan valores distintos de factor C, teniendo en cuenta el procedimiento paramétrico anterior.

2.9 Determinaciones químicas del suelo

Tabla 11. *Parámetros y Técnicas para el análisis químico de los suelos*

Parámetro	Técnica Analítica
Ph	NTC 5264
Carbono Orgánico	NTC 5403 Método B
C.I.C	NTC 5268
Fosforo (P)	NTC 5350
Calcio (Ca)	NTC 5349
Magnesio (Mg)	NTC 5349
Sodio (Na)	NTC 5349
Potasio (K)	NTC 5349
Bases Totales	Suma de Cationes
Saturación de Bases (SB)	Relación Catiónica
Azufre (S)	NTC 5402
Hierro (Fe)	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	NTC 5526 método DTPA
Cobre (Cu)	NTC 5526 método DTPA
Zinc (Zn)	NTC 5526 método DTPA
Boro (B)	Agua Caliente
Acides Intercambiable	NTC 5263
Relación Ca/Mg	Relación catiónica
Relación (Ca+Mg)/K	Relación catiónica
Relación Mg/K	Relación catiónica
Una recomendación para cultivo por muestra	

2.10 Determinación de Sedimentos y Escorrentía

El Mini-simulador de Lluvia CIAT se ha utilizado con éxito para comparar la pérdida de suelo, la infiltración y la escorrentía en parcelas bajo diferentes tratamientos de cobertura utilizando la siguiente metodología.

Antes de hacer la prueba de simulación es necesario con anterioridad haber calibrado el Mini-simulador para la intensidad requerida.

- **Identificación del lugar de simulación.**

El lugar donde se realizará la simulación debe representar las características del tratamiento o sistema productivo que se desea evaluar.

- **Instalación de la bandeja recolectora de sedimentos y de escorrentía.**

Es recomendable antes de enterrar la bandeja de escorrentía marcar los sitios donde irán los recipientes plásticos que recolectan el agua dentro y fuera del área efectiva.

Con la ayuda de una pala y con el cuidado de no disturbar el área de estudio demarcada por la bandeja se hacen huecos en el lugar donde irán los recipientes para facilitar los cambios y las mediciones de los volúmenes recogidos.

Posteriormente se procede a enterrar la bandeja en forma uniforme con la ayuda de una porra de caucho hasta que el borde de la bandeja pendiente abajo quede a ras con la superficie del suelo para evitar encharcamientos que alteren el flujo normal de la escorrentía.

- **Remoción de la cobertura.**

Con el cuidado de no disturbar el suelo se remueve toda la cobertura vegetal presente en el área de estudio demarcada por la bandeja con el fin de disminuir la variabilidad de las propiedades evaluadas por causa de la cobertura. Después de remover la cobertura se coloca la bandeja. Esta remoción se aplicó para 4 de los 6 tratamientos evaluados.

- **Instalación del trípode o soporte del sistema formador de gotas.**

El trípode debe quedar nivelado para darle mayor estabilidad al simulador y evitar variaciones en la lluvia simulada, para facilitar esta nivelación es necesario que las patas graduables se ubiquen pendientes abajo y la fija pendiente arriba.

- **Instalación del sistema formador de gotas.**

Sobre el trípode nivelado se coloca el sistema formador de gotas, luego se remueve la tapa que protege las agujas y se coloca sobre la bandeja recolectora de excesos para proteger el área de estudio durante la calibración de la intensidad.

- **Toma de muestra suelo.**

Las muestras de suelo se toman para determinar en laboratorio la humedad antes de la simulación, estas deben tomarse a profundidad de 0-5 cm por fuera del área de estudio, para evitar su disturbación, las bolsas plásticas donde se guardarán las muestras deben rotularse y sellarse para evitar la pérdida de la humedad.

- **Ajuste de la intensidad.**

Antes de realizar la calibración de la intensidad requerida es recomendable cerciorarse de que la lluvia simulada cubra completamente el área de estudio y no caiga por fuera de esta., Para tal fin se hace una prueba utilizando poca agua en el tanque abastecedor para facilitar el movimiento y la posterior nivelación en el caso de que las gotas caigan por fuera del área de estudio.

Posteriormente se llena completamente el tanque abastecedor y se coloca el tubo de entrada de aire a la altura correspondiente para la intensidad requerida de acuerdo a la (Tabla 12), en el momento que las burbujas de agua salen por la parte inferior del tubo se procede con la ayuda del embudo a recolectar el volumen total de la lluvia simulada en un tiempo de 3 min.

Tabla 12. Variación de la intensidad promedio para diferentes alturas de columna de agua.

Columna de agua (cm)	Tiempo (min)	Lámina promedio (mm)	Intensidad promedio (mm/h)
9	2	2.17	65.07
10	2	2.54	76.16
11	2	2.74	82.33
12	2	3.10	92.93
13	2	3.29	98.72
14	2	3.68	110.44
15	2	3.84	115.23
16	2	4.04	121.12

Este valor se compara con el requerido para la intensidad deseada (Tabla 13). Si el volumen obtenido es menor al requerido se aumenta la columna de agua sacando un poco el tubo, y se vuelve a recolectar el volumen total en 3 minutos, si este es mayor al requerido se baja el tubo y se vuelve a evaluar hasta que ambos volúmenes sean aproximadamente iguales.

Tabla 13. Variación de la intensidad promedio y del volumen total recolectado para diferentes columnas de agua.

Columna de agua (cm)	Tiempo (min)	Lámina promedio ¹ (mm)	Intensidad Promedio ² (mm/h)	Volumen total (cc)
10	3	2.54	76.13	472
11	3	2.74	82.33	513
12	3	3.10	92.93	582
13	3	3.29	98.72	619
14	3	3.68	110.44	696
15	3	3.84	115.23	727
16	3	4.04	121.12	765

¹Promedio de lámina caída en los pluviómetros en 3 minutos

²Cálculo de la intensidad (lámina promedio/3)*60

Para el cálculo de la intensidad del mini-simulador de lluvias se estableció una ecuación de regresión lineal graficando la intensidad de lluvia promedio² (mm/h) de la tabla (13) en la ordenada contra el volumen total (cc) en la abscisa.

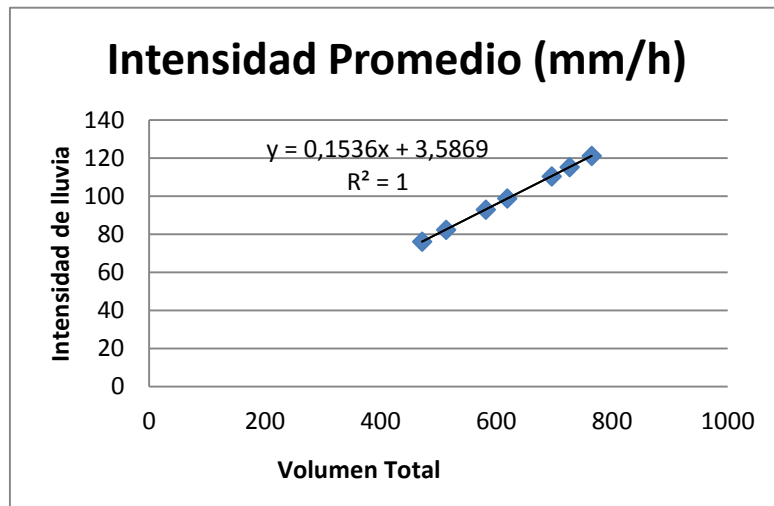


Figura 12. Gráfica de Intensidad promedio (mm/h) calculada a partir del volumen aplicado

Se reemplaza el volumen recolectado de la tabla 13 en el embudo después de tres minutos de simulación en la X de la ecuación lineal.

- **Inicio de la simulación.**

Después de haber ajustado la intensidad cerramos la válvula de entrada de aire, esperamos a que cese la lluvia simulada y seguimos el siguiente procedimiento:

- ✓ Se retira la tapa protectora de las agujas que está sobre la bandeja de escorrentía.
- ✓ Se colocan los recipientes que recolectarán los volúmenes de exceso y de escorrentía en sus respectivos sitios.
- ✓ Se abre la válvula y simultáneamente se pone a correr el tiempo.
- ✓ Se toma el tiempo en el cual inicia la escorrentía y se registra.
- ✓ Al completar los primeros 5 min de simulación se cambian los recipientes y se miden los volúmenes recolectados en los 6 recipientes y se registran.
- ✓ Los volúmenes de agua de escorrentía se envasan en frascos plásticos previamente rotulados con el tiempo correspondiente, el volumen del agua que no cae (excesos) no es necesario guardarlo, este procedimiento se realiza cada 5 min hasta completar los 45 min, tiempo en el cual se cierra la válvula y termina la simulación.

- ✓ Con la ayuda de una brocha se recolecta en un recipiente con tapa el suelo presente en la bandeja de escorrentía que no fue arrastrado completamente por el agua y se toma una muestra de suelo dentro del área de estudio para determinar la humedad final del suelo.

- **Medición de la pendiente.**

Con la ayuda de un nivel, una vara de 100 cm y un flexómetro se mide la pendiente h la cual es necesaria para calcular el volumen aplicado, el volumen infiltrado, y el volumen de escorrentía en términos de lámina.

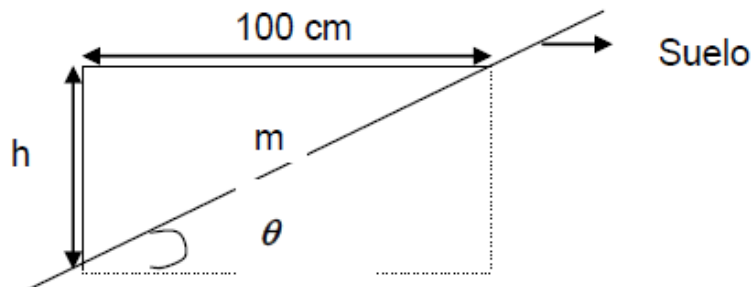


Figura 13. Ilustración como se mide la pendiente en campo.

2.11 Cálculo de Lámina Infiltrada, Lámina de Escorrentía y Suelo Erodado

Área efectiva. Debido a la inclinación del terreno debe calcularse el área real sobre la cual se aplica la lámina de agua, la cual es la proyección del área de la bandeja a un plano horizontal. Esto sugiere que el área sobre la cual cae la lluvia simulada es menor a la bandeja de campo.

$$A_e = A \cdot \cos(\theta) \quad (3)$$

Donde A_e es el área efectiva, A es el área de la bandeja y (θ) es el ángulo de inclinación del terreno. En la Figura 4 se observa que;

$$\cos(\theta) = 100 \text{ cm} / m \quad (4)$$

Donde los 100 cm es la longitud de la vara utilizada en campo y m es la longitud en cm de la hipotenusa del triángulo que se forma en la figura (4), m se expresa en función h mediante el teorema de Pitágoras:

$$m = \sqrt{h^2 - 100^2} \quad (5)$$

Entonces la ecuación 3 expresada en función de h quedaría así:

$$Ae = A * 100 / \sqrt{h^2 - 100^2} \quad (6)$$

La lámina de agua aplicada es igual al volumen aplicado dividido por el área efectiva.

La lámina de escorrentía es igual al volumen de escorrentía sobre el área efectiva.

Lámina de agua que no cae dentro del área efectiva. Esta lámina es igual al volumen del agua que no cae dentro del área efectiva (excesos) sobre el área efectiva.

La lámina infiltrada es igual a la lámina aplicada menos la suma de las láminas de escorrentía más la lámina del agua que no cae dentro del área de estudio.

Suelo Erodado. Las muestras de escorrentía son llevadas a laboratorio donde se secan al horno y luego son pesadas, el suelo perdido en gramos se divide por el área efectiva para expresar la pérdida de suelo en gr/m².

2.12 Procedimientos en laboratorio para determinación de sedimentos.

En el laboratorio Geo-Agroambiental de la Universidad Surcolombia se hicieron los procedimientos para determinar el % de humedad, tanto inicial como final. De igual manera se calculó la pérdida de suelo por erosión, generada por el mini-simulador de lluvias tipo CIAT, en el área efectiva de este.

2.12.1 Medición del % humedad

En el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana, se llevaron las 72 muestras de humedad (36 de inicial y 36 de final) tomadas de las simulaciones realizadas en el PNR

Siberia Ceibas y Cerro Paramo Miraflores. Se utilizaron latas de atún previamente rotuladas con los datos de la zona y el número de simulación, para depositar la muestra de suelo, pesarla y llevarla al horno.



Figura 14. Latas de atún rotuladas para el peso y secado de las muestras de humedad.

Primero las latas se pesaron en la balanza analítica y luego se toma una muestra de suelo de aproximadamente 10 gr tanto de humedad inicial como de final, posteriormente son depositadas en el horno a una temperatura de 105° para su secado por 24 horas.



Figura 15. Muestras de humedad pesadas y secadas al horno

2.12.2 Metodología para la medición de erosión en laboratorio utilizando el papel filtro

Para el desarrollo de ésta metodología se debe tomar una muestra de agua de escorrentía que muchas veces contiene suelo que ha sido arrastrado por la fuerza del agua y depositado en la bandeja de escorrentía donde se mide el volumen en mililitros y se embasa en recipientes de vidrio, cada unidad de papel filtro es pesada individualmente antes de ser utilizada, consistente en un beaker o franco de vidrio de boca ancha que permita contener un embudo y el papel filtro plegado dentro.

Para ilustrar mejor esta metodología se apoyará la descripción con fotografías tomadas los días de las simulaciones en campo y el trabajo desarrollado en el laboratorio Geoambientales de la universidad Surcolombiana.



Figura 16. Muestras de agua de escorrentía erodado.



Figura 17. Proceso de filtrado de muestras con suelo



Figura 18. Se deposita el agua de la muestra



Figura 19. Proceso de filtrado de muestras

Una vez la totalidad del agua de la muestra ha sido filtrada se retira el papel filtro del montaje para ser conducido al horno donde se procede al secado del mismo a temperatura de 105°C por 24 horas,



Figura 20. Horno para el secado de muestras



Figura 21. Pesado del papel filtro con suelo seco, después de 24 horas al horno.

Al finalizar el secado cada unidad de papel filtro es pesada nuevamente para hallar la diferencia de peso y así determinar la cantidad de suelo de cada muestra.

Manejo de la información para estimar la cantidad de sedimentos por metro cuadrado:

Posterior al proceso de filtrado en el laboratorio se tabularon los valores de sedimentos obtenidos en cada tratamiento conociendo el valor corresponde a la cantidad de suelo en cada muestra de escorrentía después del evento de lluvia simulada en cada lote.

2.13 Análisis estadístico de los datos

Los datos se analizaron con en el Software IBM SPSS Statistic 21, para tres cultivos diferentes, los cuales fueron sometidos a distintos tratamientos para medir su nivel de erosión y determinar su grado de relación. Primero se realiza una comparación de normalidad, que busca observar que tan regular es el comportamiento de los datos para cada una de las simulaciones evaluadas. Posteriormente ya sabiendo si sigue un comportamiento normal o no, se realiza una correlación de tratamientos utilizando pruebas de Pearson, para datos de tendencia normal y prueba de Spearman, para datos de tendencia no normal.

Para las comparaciones entre tratamientos se utilizaron dos métodos, la Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes y la Prueba T Student para muestras independientes, estas se utilizaron para ver la significancia que hay entre los tratamientos en cada cultivo.

Finalmente determinando las correlaciones y las comparaciones de los tratamientos a través de cada uno de los métodos estadísticos, se realiza un modelo estadístico, el cual predice el comportamiento de la erosión, solo con la variable que más se correlaciona (variable predictora), que es la variable independiente que se puede utilizar para predecir el valor de otra, logrando marcar una tendencia del comportamiento de la erosión, con la variable que más influye para que esta aumente o disminuya.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Características generales de los sectores estudiados

3.1.1 PNR: SIBERIA – CEIBAS

Vereda: Sanmiguel-Sistema productivo: Café (Sin Sombra)

El área de evaluación está en cultivo de café castillo de cuatro (4) años, es un sistema que se encuentra en producción, con manejo agronómico normal, se realizan dos fertilizaciones al año, con implementación de barreras vivas de árboles nativos de la zona, ubicado en la ladera de la montaña, posee una pendiente general de 33% siendo un terreno escarpado, maneja riego por gravedad aplicado al lote por manguera, la topografía vecina es ondulada con paisaje de colinas y no se observan fenómenos graves de erosión, se evidencia terrazas por pisoteo de ganado en colinas cercanas al sistema productivo.

Posee abundante cobertura de grama natural, el suelo es de consistencia friable con abundantes microorganismos en el perfil del suelo. En el primer horizonte se observan abundantes raíces vivas, finas a muy finas y de distribución normal, debido al buen porcentaje de cobertura vegetal que ofrece resistencia a la erosión haciendo un amarre del suelo, como se muestra en la foto cobertura vegetal y horizonte A.



Figura 22. Uso Actual del suelo.



Figura 23. Cobertura vegetal, Horizonte A.

Vereda: Primavera-Sistema productivo: Café (Con Sombra)

El área de evaluación se ubica en la cuenca de río Ceibas en la parte alta, en el sitio conocido con el nombre de El Mesón es posible su acceso en vehículo. El cultivo actual es café en estado de desarrollo (2 años) asociado a Nogal cafetero y Pasto vetiver en tres calles, el relieve es de pendiente escarpada, característica predominante en la zona, el lote tiene una pendiente general de 35%, y barreras vivas en los límites del lote con árboles establecidos con anterioridad en el tiempo.

El sistema productivo se maneja sin riego posee cobertura abundante nativa y grama natural. No se evidencian procesos de erosión, El suelo es de consistencia friable, regular presencia de microorganismos, abundantes raíces vivas de tamaño mediano y gruesas con distribución normal en el primer horizonte.



Figura 24. Barreras vivas para control de erosión, pasto Vetiver



Figura 25. Uso del mini-simulador de lluvias en el sitio.

3.1.2 PNR: Cerro Páramo de Miraflores

Vereda Alto Tres Esquinas: Cultivo Frijol Asociado a Maíz

El sitio seleccionado se ubica en la finca La Esperanza, el relieve es montañoso, de topografía quebrada, cobertura de bosque nativo e introducido (coníferas), cultivos de frijol, plátano, maíz y mora; no se evidencian procesos importantes de erosión. El área de evaluación corresponde a un suelo preparado, mecanizado, cuenta con drenaje superficial y un cultivo establecimiento de Frijol Asociado a Maíz, con una pendiente general del 18%, clasificándose como fuertemente inclinado.

El suelo es de consistencia friable, ligeramente pedregoso, regular presencia de microorganismos, la superficie del suelo está cubierta por musgo demostrando que experimento periodos de encharcamiento o mal drenaje, en su interior se observan raíces vivas de tamaño medio y gruesas de distribución normal. Se muestra el sitio donde se ubicó el mini-simulador de lluvias. (Figura 26)



Figura 26. Montaje del mini-simulador de lluvias



Figura 27. Cobertura vegetal Existente



Figura 28. Área efectiva tratamiento después de una quema, evaluado con el mini-simulador

Vereda: Alto Corozal-Sistema productivo: Mora

El sitio se ubicó en la finca el paraíso, El cultivo actual es Mora de espinas en estado de producción, (4 años de establecido) con gran cobertura al suelo por el abundante material orgánico que aporta (hojas y ramas) y con buena representación de vegetación nativa. El lote tiene una pendiente general del 35%, en sus alrededores el relieve es montañoso, de topografía quebrada, con coberturas de bosque nativo y cultivos de frijol y tomate de árbol, no se evidencian en el sitio procesos de erosión graves.

El suelo posee presencia de microorganismos, abundantes raíces vivas de tamaño medio y grueso de distribución normal en el primer horizonte.



Figura 29. Montaje mini-simulador de lluvias



Figura 30. Uso Actual del suelo

3.2 Análisis físico de los suelos

En general, los suelos estudiados son poco a moderadamente profundos, poseen textura Franco arenosa para los lotes de **Café (Agroforestal y Tradicional sin sombra)** y arenoso franco para los lotes de **(Mora y Frijol asociado a Maíz)**, con ligeros cambios en profundidad, densidades aparentes bajas y densidades reales correspondientes a suelos minerales, con presencia baja, media y alta de materia orgánica, la capacidad de aire y la porosidad de los suelos son bajas, el agua disponible para las plantas varía de baja a media en los diferentes suelos estudiados. La infiltración varía de moderada a muy rápida y la conductividad hidráulica de moderadamente rápida a muy rápida, aspecto de buena medida que está relacionado con la textura, densidad aparente y porosidad.

Las características físicas generales muestran escaso desarrollo en el perfil pedogenético de los suelos, con horizontes superficiales medianamente profundos, donde la fracción textural dominante en el perfil son las arenas de variados tamaños y de moderada estabilidad estructural por presencia de agentes agregantes del suelo como arcillas y materia orgánica.

No se evidencian problemas de drenaje, lo que se valida con las características de conductividad hidráulica e infiltración de los mismos.

La densidad aparente baja está estrechamente asociada a las texturas livianas, fracciones de arena, materia orgánica, tiempo e intensidad de uso de la tierra de los suelos estudiados y al mismo tiempo consecuente con los valores de porosidad total, pues está claro que al existir un mayor espacio aéreo la densidad aparente tiende a disminuir (Montenegro, 1990). La mejor característica de porosidad y densidad aparente se observa en el lote de Café Agroforestal, mientras que en el lote de Café tradicional sin sombra la porosidad es muy baja y la densidad aparente media indicando la intensificación en los procesos de compactación del suelo, disminuyendo la capacidad de aire del suelo, restringiendo el paso libre del agua gravitacional.

También se puede decir que la materia orgánica disminuye en función del tiempo e intensidad de uso. Los menores valores en materia orgánica coinciden con los valores bajos de densidad real, lleva a concluir que la materia orgánica afecta el valor de densidad real.

La capacidad de humedad gravimétrica de los suelos de estudio es variada y el agua aprovechable para las plantas varía de (8,78%) bajo para (café Sin sombra), (16,17%) medio para (Frijol asociado a maíz) y bueno (27,04 y 28,97%) para (café agroforestal y Mora) respectivamente. Ver en anexo 5 tabla análisis físicos del suelo.

3.3 Índice de Erosividad

Para los cultivos de café, frijol asociado a maíz y mora se calculó la erosividad, mostrando que los mayores índices eran para intensidades promedio de 120 mm/h en todos los tratamientos evaluados, mientras que las intensidades promedio de 60 mm/h eran 3 a 4 veces menores para las demás intensidades.

Tabla 14. Cálculo de Erosividad para los diferentes tratamientos e intensidades

Sistema Productivo	Tratamiento	Intensidad de lluvia (mm/h)	Energía cinética (J/mm*m ²)	Erosividad R (J*m ⁻² *mm*hora ⁻¹)	Erosividad R (MJ/mm*Ha hora)
Café Agroforestal	Con Sombra	63	11,07	697,22	6,97
	(Sin Cobertura Vegetal aérea)	120	21,08	2529,60	25,30
Café Tradicional	Sin Sombra (Sin Cobertura Vegetal aérea)	61	10,72	653,66	6,54
		120	21,08	1791,98	17,92
Frijol asociado a Maíz	Con Cobertura Vegetal	74	13,00	961,95	9,62
		120	21,08	2529,60	25,30
	Con Quema (sin cobertura vegetal)	66	11,59	765,20	7,65
		120	21,08	2529,60	25,30
Mora	Con Cobertura Vegetal	64	11,24	719,53	7,20
		115	20,20	2323,19	23,23
	Sin Cobertura Vegetal aérea	65	11,42	742,19	7,42
		118	20,73	2445,98	24,46

3.4 Índice de Erodabilidad (k)

Al analizar el índice para las diferentes localidades se demuestra que la mayor erodabilidad se presenta en los suelos del Sistema productivo Frijol asociado a Maíz en la vereda alto tres esquinas con (0,138 Ton/Ha), mostrando el segundo mayor porcentaje de limos y arenas finas (que contribuyen a generar una mayor escorrentía y en consecuencia mayor erosión superficial), seguido por Café Agroforestal con (0,103 Ton/ha) este mostrando los valores más altos de limos y arenas fina, haciéndolo un suelos moderadamente erodables por su textura franco arenosa. Por el contrario, los menores índices de erodabilidad corresponden a los suelos donde se encuentran los sistemas productivos de café sin sombra y Mora con (0,077 Y 0,081 Tn/ha) respectivamente, presentan los menores contenidos de limos y arenas finas, así como una rápida infiltración, estructura media y mayores niveles de materia orgánica, siendo estos suelos menos susceptibles a la erosión según sus propiedades físicas.

Los parámetros de estructura y permeabilidad del suelo se clasifican de acuerdo a las características del perfil, según el tamaño y el tipo de estructura.

Tabla 15. Factor de Erodabilidad K para las diferentes localidades

Parámetros	Sistema Productivo			
	Café sin sombra	Café agroforestal	Frijol asociado a Maíz	Mora
% Arena	78,6	68,7	78,7	84,7
% Limo	9,00	20,9	16,9	10,9
% Arcilla	12,4	10,4	4,4	4,4
% Arena Fina	12,3	14	8,81	10,81
a % (materia Orgánica)	2,9	5,1	1,4	1,7
b (Estructura) *	2	2	2	2
c (Permeabilidad) **	2	1	2	1
M (Fracción de limos y arenas finas)	1865,88	3386,88	2457,87	2075,47
K (Ton/Ha)	0,077	0,103	0,138	0,081

* Estructura según USDA - Estados Unidos. 2: Fina y 3: media

** Permeabilidad según USDA - Estados Unidos. 1: Rápida; 2: moderada a rápida; 3: moderada; 5: Lenta

Tabla 16. Clasificación de los suelos de acuerdo con el Índice de Erodabilidad (k)

Sitio	Clasificación según CIDIAT	Rango Obtenido	Rango Establecido
Mora	Medianamente erodable	0,081	0.05 < K ≤ 0.10
Frijol asociado a Maíz	Medianamente erodable	0,138	
Sanmiguel (Café sin sombra)	Medianamente erodable	0,077	
Primavera (Café Agroforestal)	Medianamente erodable	0,103	

*Determinado por el método de Paulet

3,5 Factor Pendiente (Ls)

Este factor fue evaluado teniendo en cuenta la longitud del área efectiva. La cual fue de 40 cm o 1,31 ft. Con el simulador de lluvia, utilizando bandeja protectora del distribuidor de gotas y multiplicando por 2 el valor encontrado, se obtuvieron los siguientes valores, para cada intensidad de lluvia evaluada a partir de diferentes micropendientes que son directamente proporcionales al cambio del factor LS.

Tabla 17. Cálculos para el factor LS en diferentes tratamientos e intensidades

Sistema Productivo	Tratamiento	Intensidad de lluvia (mm/h)	Micropendiente S (%)	Longitud de la pendiente del área efectiva La (ft)	LS
Café Agroforestal	Con Sombra (Sin Cobertura Vegetal aérea)	63	38	1,31	7,38
		120	40	1,31	12,70
Café Tradicional	Sin Sombra (Sin Cobertura Vegetal aérea)	61	24	1,31	4,92
		120	40	1,31	12,70
Frijol asociado a Maíz	Con Cobertura Vegetal	74	12	1,31	1,64
		120	12	1,31	1,64
	Con Quema (sin cobertura vegetal)	66	13	1,31	1,83
Mora		120	12	1,31	1,64
	Con Cobertura Vegetal	64	22	1,31	4,22
		115	18	1,31	3,01
	Sin Cobertura Vegetal aérea	65	34	1,31	9,33
		118	31	1,31	7,85

3.6 Factor Prácticas de conservación (P)

Los mejores en cuanto a prácticas de conservación fue el frijol ($P=0,2$), debido a que es un cultivo Agroforestal, cuyo mayor asocio es el maíz, pero de igual manera se encontraban yuca, mandarina, naranja y platanales. Otra de las prácticas que hacían, era el desarrollo de canales de drenaje para evitar encharcamientos y posibles escorrentías generadas por una alta intensidad de lluvia. El café con sombra presentaba unas buenas prácticas de conservación ($P=0,40$), ya que es un cultivo agroforestal, que va asociado a Nogales y presenta barreras vivas con pasto Vetiver colocadas entre cada 3 surcos del cultivo. En el tratamiento de café sin sombra las prácticas de conservación ($P=0,60$), se caracterizaban por la alta densidad de pastos presentes en la zona, además de que se sembraban en pequeñas terrazas. Finalmente, el cultivo de mora, las prácticas de conservación ($0,60$), eran buenas ya que el suelo presentaba una densidad de pastos y tipos de arvenses, que ayudaban al sostenimiento del suelo, además que la forma de cultivo era en pequeñas terrazas y la expansión de la mora genera sombra, evitando que el golpe de la gota de lluvia no propiciara una erosión alta.

Tabla 18. Factor P, para los diferentes cultivos evaluados

Cultivo	Factor P
Café con sombra	0,40
Café sin sombra	0,60
Frijol asociado a maíz	0,2
Mora	0,60

3.7 Factor Cobertura vegetal (C).

Teniendo en cuenta otros estudios para la determinación de la cobertura vegetal, como lo son el de Cortolima en la microcuenca mayor del río Totare, los cuales hicieron un estudio detallado, teniendo en cuenta el porcentaje de suelo desnudo, el porcentaje de suelo desnudo con matriz de raíces finas, cobertura dosel y el contenido de materia orgánica. Por las características nombradas para cada uno de los cultivos, se estimaron los valores de C, como se encuentran representados en la tabla 19.

Tabla 19. Factor C, para los diferentes cultivos evaluados

Cultivo	Factor C
Café sin sombra	0,180
Café con sombra	0,090
Frijol asociado a maíz	0,210
Mora	0,2

3.8 Características hidrodinámicas de los suelos

El movimiento interno del agua en el suelo en los lotes de estudio en las diferentes veredas resultó con clasificación moderadamente rápida, rápida y muy rápida, explicado por la constitución textural de todo el perfil. A pesar que la conductividad hidráulica en los lotes es rápida, se presentó el fenómeno de escorrentía superficial y erosión por escorrentía con los eventos de lluvia simulada, lo cual es atribuible a otras características del suelo como bajo contenido de materia orgánica, densidad aparente media, porosidad total baja, alto porcentaje de humedad del suelo, alta pendiente y variables simuladas como la intensidad de lluvia que cae en determinado tiempo.

En el sistema productivo **café sin sombra** se presentan los valores más bajos en cuanto a infiltración y conductividad hidráulica en comparación con los demás sistemas productivos en evaluación, arrojando como resultado infiltración moderada y conductividad hidráulica moderadamente rápida, presenta muy baja porosidad y densidad real media pero no se evidencia problemas de sellamiento superficial debido a su textura Franco arenosa, contenido medio de materia orgánico.

En el sistema productivo de **Frijol asociado a Maíz** la infiltración resulto moderada motivo por el cual el lote presentaba musgo en su superficie y canales de drenaje problema que el agricultor ya había identificado y dado solución, su conductividad hidráulica es moderadamente rápida, presenta baja porosidad mostrando que están relacionadas entre sí.

En el resto de los sistemas productivos **café agroforestal y Mora** la infiltración muy rápida y la conductividad hidráulica muy rápida a rápida. Esto indica que el drenaje interno del suelo es adecuado y se requiere dosificar el suministro de agua de riego acorde con la capacidad de infiltración de cada uno de los suelos estudiados.

Las pruebas de infiltración realizadas indican que la capacidad de infiltración se ve beneficiada por la porosidad, así como por la existencia de pequeñas grietas producidas por las lombrices, las raíces de plantas allí cultivadas y por los contenidos de materia orgánica medios y altos que se observan en los horizontes superficiales, de acuerdo a las observaciones en campo se estima que la velocidad de infiltración se debe a la formación estructural de los suelos, donde se presenta una formación particular de materia orgánica en agregados de porosidad media y baja que permite el flujo del agua de una forma rápida. La tasa de infiltración presentó índices muy altos lo cual concuerda con las pruebas de conductividad realizadas.

Tabla 20. *Propiedades hidrodinámicas del suelo en los sistemas productivos de estudio*

Sistema Productivo	Infiltración Básica (cm/h)	Clasificación	Conductividad Hidráulica (m/día)	Clasificación
Café Sin Sombra	3,19	Moderada	1,94	Moderadamente rápida
Café Agroforestal	64,65	Muy rápida	2,84	Muy rápida
Frijol asociado a Maíz	2,36	Moderada	1,96	Moderadamente rápida
Mora de espinas	46,77	Muy rápida	3,07	Rápida

3.9 Análisis químico del suelo.

Los suelos estudiados para este trabajo presentan pH muy fuertemente ácido en el sistema productivo (Café sin sombra y Mora), hasta Extremadamente ácido en (Café agroforestal) y fuertemente ácido en (Frijol asociado a Maíz). En general los contenidos de materia orgánica de los suelos son bajos a excepción del sistema productivo de (café agroforestal) donde el valor medio.

El fenómeno de la acidez reduce el crecimiento de las plantas, ocasionan disminución de la disponibilidad de algunos nutrimentos como Ca, Mg, K, P, favorece la solubilización de

elementos tóxicos para las plantas como el Al y Mn, También se observan problemas de acumulación de aluminio intercambiable, elemento que impide el desarrollo de las raíces de las plantas en profundidad.

La capacidad de intercambio de los suelos es media a alta. Este parámetro indica el grado potencial de fertilidad del suelo. Los contenidos del elemento fósforo son bajos en los sistemas productivos (café sin sombra y café agroforestal) altos en (Frijol asociado a Maíz) y medios en (Mora).

En general los contenidos de Calcio, Magnesio y sodio son bajos a excepción de (Frijol asociado a Maíz) donde el nivel de calcio es medio, Los niveles de sodio son normales, no existiendo riesgo de sodificación en el suelo. Los niveles de Potasio son óptimos a excepción de (Café sin sombra). La Saturación de bases en los distintos suelos estudiados es baja, significando que en las prácticas de fertilización deben fraccionarse los fertilizantes a aplicar para evitar su lixiviación en el perfil del suelo, teniendo baja eficiencia los procesos de abonamiento. Los altos niveles de hierro en el suelo desfavorecen las relaciones iónicas frente al resto de las bases intercambiables del suelo, esto significa la existencia de procesos antagónicos en la asimilación y nutrición de otros elementos para las plantas como son el Magnesio y el Potasio, que probablemente mostrarán algunas deficiencias en las plantas.

Los niveles de Azufre en el suelo son bajos en (café sin sombra y café agroforestal) y medios en (Frijol asociado a Maíz y Mora). En cuanto a los elementos menores se observan deficiencias de Cinc, Manganeso, Cobre y valores óptimos de Boro.

Los niveles encontrados de carbono Orgánico en los cuatro sistemas productivos de estudio muestra contenidos que van desde Bajo para (frijol asociado a Maíz y Mora), medio para (Café sin sombra y Café Agroforestal) este parámetro químico mide el estado de descomposición de la materia orgánica, entre mayor sea el % de humus mayor será la fijación de Aniones: Nitrógeno, Fosforo, Azufre, Boro, Cloro, Molibdeno encontrándose para los cultivos estudiados, Entonces el % de Materia Orgánica es la fuerza que usa el

suelo para retener los aniones, esta propiedad es muy importante debido a que es la única que es capaz de fijar aniones y cationes a la vez y contiene tres veces la capacidad coloidal de la arcilla.

Como resultado del análisis físico-químico de los suelos, se observa que predominan las fracciones minerales de texturas gruesas con suelos básicamente franco arenosos y arenoso franco, con bajos contenidos de materia orgánica, media a alta capacidad de intercambio catiónico, suelos insaturados, bajos niveles de bases intercambiables, alta acidez intercambiable con algunas deficiencias de elementos menores y relaciones iónicas deficientes por los altos niveles de Hierro en el suelo. A continuación, se realiza la interpretación del análisis químico de suelos individual de cada sistema productivo seleccionado.

Estas características químicas de los suelos son el resultado de los procesos de meteorización e intemperización de las rocas formadoras del suelo, la interacción del microclima en las distintas vertientes y la actividad de los organismos en condiciones específicas de relieve o paisaje, como de los aportes de materia orgánica al suelo y enmiendas químicas.

Cabe resaltar que las características químicas y de fertilidad se ven afectadas por la granulometría, así, por ejemplo, la fracción arenosa tiene bajo contenido de potasio, calcio, magnesio y fosfatos mientras que las fracciones limosas y arcillosas pueden contener cantidades considerables. También la distribución de las partículas en el suelo por tamaño, se relacionan con otras propiedades del suelo, como contenido de materia orgánica; los suelos de texturas arenosas presentan en general menos materia orgánica y nitrógeno, en comparación con suelos de textura finas, ello puede deberse a una mayor oxidación en los medios de textura gruesa.

3.9.1 Observaciones y recomendaciones de los análisis químicos para los sistemas productivos evaluados

PNR: SIBERIA – CEIBAS-Vereda: Sanmiguel-Sistema productivo: Café (Sin Sombra)

Observación: El suelo es muy fuertemente ácido, posee una capacidad de intercambio catiónico y carbón orgánico medio, bajo en fósforo, bajos niveles de cationes intercambiables (Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio), bajo en saturación de bases y en bases totales, en su contenido de elementos menores presenta bajos niveles de (Manganeso, Cobre, Cinc), óptima cantidad de boro y bajo en azufre. Presenta alta concentración de aluminio intercambiable y de hierro, los cuales pueden afectar el crecimiento de las raíces y producir toxicidad en el suelo.

De esto va depender el balance que se debe hacer de la cantidad de cationes que se deben agregar al suelo en su medida exacta para poder balancear el suelo y encontrar la relación ideal.

Recomendación: Incorporar Cal dolomita en dosis de 800 kg/ha para neutralizar la fuerte acidez del suelo perjudicial para el buen balance en la nutrición del café.

El plan agrícola exige un permanente manejo de abonos verdes y la aplicación balanceada de materiales orgánicos (gallinaza o vermicompost) para favorecer las condiciones del suelo en la producción, además de suplir las deficiencias anotadas.

Tabla 21. Fertilizantes y dosis recomendadas de aplicación

FUENTES	DOSIS DE FERTILIZANTES (Bultos/ha)
Urea	4
Fosforita Huila	4
Cloruro de Potasio	4
Agrimins menores	1

En planta adulta no exceder los 40 gramos de fertilizante por planta.

Época y forma de aplicación:

La época de aplicación está relacionada con las lluvias y curva de crecimiento del cafeto. Lo recomendable es realizar tres fertilizaciones en las épocas siguientes:

Por la característica textural del suelo, se recomienda el fraccionamiento de los fertilizantes en la producción agrícola.

1. mayo o junio,
2. Agosto o septiembre,
3. Octubre o noviembre

Las dos primeras realizarlas con fórmula completa, y la tercera con fuente de Nitrógeno (Urea, Sulfato de Amonio). Si por razones económicas, solo pueden hacerse dos aplicaciones, hágalo en las siguientes épocas y con los correspondientes fertilizantes.

- mayo/junio-----fuente Nitrogenada
- agosto/septiembre-----fórmula completa

Para lograr un mejor aprovechamiento del fertilizante, es necesario considerar lo siguiente:

- La mayor población de raíces absorbentes, se encuentra en los primeros 20 a 30 cm. de profundidad del suelo.
- De acuerdo a lo anterior, el fertilizante debe aplicarse a la mitad de distancia entre el tallo y la punta de las bandolas, esparciéndolo al voleo.
- El fertilizante debe quedar en contacto con el suelo húmedo, limpiando antes el monte y la hojarasca.
- En terrenos inclinados, colocarlo en la parte superior de la planta en forma de media luna, al voleo, para evitar que se lave la lluvia.
- No debe fertilizarse cafetales viejos y agotados porque no se logran los resultados deseados. Tampoco deben ser fertilizados aquellos que se resepan el próximo año.

PNR: SIBERIA – CEIBAS - Vereda: Primavera-Sistema productivo: Café
(Agroforestal)

El suelo es extremadamente ácido, bajo en fósforo, bajo en saturación de bases y en bases totales. Presenta alta concentración de aluminio intercambiable y de hierro, los cuales se deben neutralizar para evitar efectos negativos sobre el crecimiento de las raíces y su toxicidad en el suelo. Presenta alta capacidad de intercambio catiónico conferida por el nivel de materia orgánica y los complejos arcillo – húmicos constitutivos del suelo. Presenta bajos contenidos de cationes intercambiables (Calcio, Magnesio, Sodio), óptimo contenido de potasio. Los niveles en que se encuentran los elementos menores (Manganeso, Cobre, Cinc) son bajos, óptimo para el contenido de Boro y bajo para Azufre.

Recomendación: Incorporar Cal dolomita en dosis de 700 kg/ha para neutralizar la fuerte acidez del suelo perjudicial para el buen balance en la nutrición del café.

Por las características físicas del suelo, también se sugiere el fraccionamiento en la aplicación de abonos y fertilizantes. Igualmente es necesaria la aplicación de abonos verdes y compost al suelo para mejorar los niveles de materia orgánica.

Tabla 22. Fertilizantes y dosis recomendadas de aplicación

FUENTES	DOSIS DE FERTILIZANTES (Bultos/ha)
Urea	3,5
Fosforita Huila	4
Cloruro de Potasio	3
Agrimins menores	1

En planta adulta no exceder los 40 gramos de fertilizante por planta.

Época y forma de aplicación: La época de aplicación está relacionada con las lluvias y curva de crecimiento del café. Lo recomendable es realizar tres fertilizaciones en las épocas siguientes:

1. mayo o junio,
2. Agosto o septiembre,
3. Octubre o noviembre

Las dos primeras realizarlas con fórmula completa, y la tercera con fuente de Nitrógeno (Urea, Sulfato de Amonio). Si por razones económicas, solo pueden hacerse dos aplicaciones, hágalo en las siguientes épocas y con los correspondientes fertilizantes.

- mayo/junio-----fuente Nitrogenada
- agosto/septiembre-----fórmula completa

Para lograr un mejor aprovechamiento del fertilizante, es necesario considerar lo siguiente:

- La mayor población de raíces absorbentes, se encuentra en los primeros 20 a 30 cm. de profundidad del suelo.
- De acuerdo a lo anterior, el fertilizante debe aplicarse a la mitad de distancia entre el tallo y la punta de las bandolas, esparciéndolo al voleo.
- El fertilizante debe quedar en contacto con el suelo húmedo, limpiando antes el monte y la hojarasca.
- En terrenos inclinados, colocarlo en la parte superior de la planta en forma de media luna, al voleo, para evitar que se lave la lluvia.
- No debe fertilizarse cafetales viejos y agotados porque no se logran los resultados deseados. Tampoco deben ser fertilizados aquellos que se resepan el próximo año.

Cerro Páramo de Miraflores-Vereda Alto Tres Esquinas: Cultivo Frijol Asociado a Maíz

El suelo es fuertemente ácido por aluminio intercambiable y bajo contenido de bases totales. Presenta alta concentración de hierro que puede alcanzar niveles tóxicos afectando el normal desarrollo de la plantación, bajo contenido de carbono orgánico, su contenido de cationes intercambiable es medio para el Calcio, óptimo para el Potasio, alto para el fosforo y bajo para (Magnesio y Sodio), presenta media capacidad de intercambio catiónico, este parámetro químico es muy importante debido al balance que se debe hacer de la cantidad exacta de cationes que se deben agregar al suelo para poder lograr el equilibrio. Su contenido de elementos menores muestra los aniones (Azufre y Boro) en clasificación media, bajo para (Manganeso y Cobre) y óptimo para Cinc.

Recomendación: Mezclar 3 ton/ha de gallinaza con 800 kg de cal dolomita e incorporar al suelo por hectárea para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo y neutralizar la acidez intercambiable por aluminio.

Tabla 23. *Fertilizantes y dosis recomendadas de aplicación*

FUENTES	DOSIS DE FERTILIZANTES (Bultos/ha)
Urea	3,5
Fosforita Huila	5
Cloruro de Potasio	3,5
Sulfato de Manganeso	Aplicar en lo posible en forma de quelatos al suelo.

Época y forma de aplicación

Aplicar el total de la fosforita al inicio de la siembra y fraccionar la aplicación del resto de los fertilizantes en cuatro (4) aplicaciones, preferiblemente antes del periodo de lluvias o con abastecimiento de riego para llevar el suelo a la humedad de capacidad de campo. Es necesario fraccionar las aplicaciones de los fertilizantes para evitar su lavado, ya que el suelo posee textura gruesa.

La fertilización realizarla a lo largo del surco de siembra en forma de banda y de manera uniforme.

Cerro Páramo de Miraflores-Vereda: Alto Corozal-Sistema productivo: Mora

Suelo muy fuertemente ácido con baja saturación de bases. Presenta acidez intercambiable por aluminio y alta concentración de hierro, los cuales pueden alcanzar niveles tóxicos para el cultivo. Posee alta capacidad de intercambio catiónico, pero bajo contenido de carbono orgánico, nivel medio de cationes intercambiable para (Fosforo y Calcio), bajo para (Magnesio y sodio) y óptimo contenido de Potasio, en cuanto a elementos menores el suelo se encuentra con niveles bajos de (Manganeso y Cinc), medio para Azufre y Óptimo contenido de Boro.

Recomendación: Incorporar Cal dolomita en cantidad de 700 kg/ha para neutralizar la acidez por aluminio y balancear los nutrientes del suelo. La cal dolomita también supe las deficiencias de calcio y magnesio en el suelo para la producción del cultivo de mora.

Se recomienda la aplicación de abonos verdes y abonamiento orgánico al suelo para restablecer la materia orgánica perdida en el tiempo.

Tabla 24. *Fertilizantes y dosis recomendadas de aplicación*

FUENTES	DOSIS DE FERTILIZANTES (Bultos/ha)
Urea	3,5
Fosforita Huila	6
Sulfato de Potasio	3
Agrimins menores	1

Época y forma de aplicación:

Aplicar el total de la fosforita al inicio y fraccionar la aplicación del resto de los fertilizantes haciendo tres (3) aplicaciones al año preferiblemente antes del periodo de lluvias.

Tabla 25. Resumen de interpretación de análisis químico de suelos

Sistema Productivo	café sin sombra	café con sombra	Frijol Asocio Maíz	Mora
Ph	Muy fuertemente ácido	Extremadamente ácido	Fuertemente ácido	Muy fuertemente ácido
Carbono Orgánico (CO)	Medio	Medio	Bajo	Bajo
C.I.C	Media	Alta	Media	Alta
Fósforo (P)	Bajo	Bajo	Alto	Medio
Calcio (Ca)	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Magnesio (Mg)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Sodio (Na)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Potasio (K)	Bajo	Optimo	Optimo	Optimo
Bases Totales (BT)	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Saturación de bases (SB)	Insaturado	Insaturado	Insaturado	Insaturado
Azufre (S)	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Hierro (Fe)	Muy alto	Muy alto	Extremadamente alto	Extremadamente alto
Manganeso (Mn)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Cobre (Cu)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Cinc (Zn)	Bajo	Bajo	Optimo	Bajo
Boro (B)	Optimo	Optimo	Medio	Optimo
Acidez intercambiable	Alto	Alto	Alto	Alto
Relación Ca/Mg	Relación ideal	Relación Ideal	Relación ideal	Relación ideal
Relación (Ca + Mg)/K	Relación ideal	Relación baja	Relación Baja	Relación Media
Relación Mg/K	Relación Media	Relación Baja	Relación Baja	Relación Baja

Instituto Geográfico Agustín Codazzi -Consideraciones generales para interpretar análisis de suelos.

3.10 Descripción del comportamiento de las variables (lámina infiltrada, lámina escorrentía y suelo perdido, % de humedad, cobertura vegetal) presenten en cada simulación de lluvia con el mini-simulador de lluvia tipo CIAT y análisis del potencial erosivo de las lluvias.

Se realiza un análisis detallado de los impactos de las intensidades de la lluvia sobre los sistemas productivos de estudio y sus tratamientos en los distintos sectores seleccionados en zonas de influencia de los parques naturales regionales del departamento.

A continuación, se presentan los resultados con el mini-simulador de lluvia (Tablas 22 a la 34) en las pruebas de simulación de lluvias con registros acumulados de láminas aplicadas, escorrentía, excesos, lámina infiltrada y erosión del suelo a intensidades de lluvia media y alta para cada sistema productivo seleccionado, teniendo en consideración el relieve y el tipo de cobertura, además la humedad inicial y final del suelo.

PNR: SIBERIA – CEIBAS - Vereda: Primavera-Sistema productivo: Café (Con Sombra)

El mayor componente de la lluvia de intensidad media, corresponde a la lámina que se infiltra en el suelo (98%), registrando una leve escorrentía (1,5%) del volumen total de agua aplicado. Se observa una leve ganancia de humedad (2,18%) en los primeros centímetros de profundidad del suelo, por el cambio de humedad al finalizar la prueba de simulación.

Se aprecia que el fenómeno de escorrentía aparece solo hasta el minuto (40) de transcurrida la prueba, evidencia de un buen comportamiento relacionado con las propiedades físicas de este suelo (Tabla 26).

Tabla 26. Simulación de lluvia con intensidad media sistema productivo café agroforestal (bajo sombra).

Área Efectiva (m ²)		0,123	Intensidad de lluvia (mm/h)	63		
Humedad Gravimétrica Inicial (%)		38,54	Micro-Pendiente (%)	30		
Humedad Gravimétrica Final (%)		40,72	Cobertura Vegetal (%)	35		
Tiempo de Simulación (min)	Lámina Aplicada Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Escorrentía Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Excesos (mm/ m ²)	Lámina de Infiltración Acumulada (mm/ m ²)	Erosión Acumulada (gr/ m ²)	Suelo Erodado (Ton/ha)
5	5,71	0	0,490	5,22	0	0
10	11,419	0	0,571	10,848	0	0
15	17,129	0	0,481	16,648	0	0
20	22,838	0,016	0,489	22,333	0	0
25	28,548	0,016	0,555	27,977	0	0
30	34,258	0,016	0,457	33,785	0	0
35	39,967	0,179	0,473	39,315	0	0
40	45,677	0,448	0,311	44,918	0,277	0,003
45	51,387	0,791	0,041	50,555	2,153	0,022

No se evidencian diferencias significativas con el caso anterior, describiéndose similar comportamiento, el mayor componente de la lluvia de intensidad alta, corresponde a la lámina que se infiltra en el suelo (99%), registrando una leve escorrentía (1%) del volumen total de agua aplicado. Se observa una leve ganancia de humedad (2,66%) en los primeros centímetros de profundidad del suelo, por el cambio de humedad al finalizar la prueba de simulación.

El fenómeno de escorrentía aparece hasta el minuto (20) y continúa hasta terminar la simulación, en respuesta a la intensidad alta el suelo erodado es el doble que la intensidad anterior. Para ambos casos se tiene una erosión ligera

Sistema productivo café agroforestal vereda la primavera.

Tabla 27. Simulación con lluvia de intensidad alta sistema productivo café agroforestal (bajo sombra).

Área Efectiva (m ²)		0,121	Intensidad de lluvia (mm/h)		120,3	
Humedad Gravimétrica Inicial (%)		42,72	Micro-Pendiente (%)		35	
Humedad Gravimétrica Final (%)		45,38	Cobertura Vegetal (%)		38	
Tiempo de Simulación (min)	Lámina Aplicada Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Escorrentía Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Excesos (mm/ m ²)	Lámina de Infiltración Acumulada (mm/ m ²)	Erosión Acumulada (gr/ m ²)	Suelo Erodado (Ton/ha)
5	10,385	0,065	1,704	8,616	0	0,0000
10	20,769	0,13	1,476	19,163	0	0,0000
15	31,154	0,211	1,363	29,58	0	0,0000
20	41,538	0,292	1,452	39,794	0,035	0,0004
25	51,923	0,373	1,234	50,316	0,035	0,0004
30	62,307	0,438	1,071	60,798	0,035	0,0004
35	72,692	0,519	1,055	71,118	0,035	0,0004
40	83,076	0,616	0,941	81,519	2,031	0,0203
45	93,461	0,705	1,007	91,749	5,406	0,0541

El suelo al momento de iniciar la prueba con el mini-simulador de lluvias se hallaba a un nivel de humedad inferior (38,54%) a la Capacidad de campo (CC = 73,52 %), alcanzando al final de la prueba (40,72%) para la intensidad de lluvia media, lo mismo sucedió para la intensidad de lluvia alta, presentando una humedad inicial de (42,72%) y (45,38%) humedad final. En las dos intensidades de lluvia estudiadas, los niveles de humedades al inicio y al final de las pruebas fueron inferiores al coeficiente óptimo de capacidad de campo para este suelo.

La respuesta a las intensidades de lluvia dadas en pérdida de suelo es ligera para ambos casos (1,8 gr/m²) para la intensidad media (63mm/h), presentando en el suelo una micropendiente de 38%, para la intensidad alta (120mm/h) se observa perdidas de suelo que triplican la cantidad de suelo perdido de la primera intensidad (5,4 gr/m²), el suelo tenía una micropendiente de 35%.

El lote es de pendiente escarpada, cobertura con pasto (alta densidad), pero sin su cobertura aérea y material vegetal nativo, factores que mitigan el impacto de la lluvia sobre el área expuesta debido a la presencia de raíces que se encuentran en los primeros centímetros del

suelo, manteniendo agregado y permitiendo el paso de agua en todas sus direcciones ayudando en el proceso de infiltración. Razón por la cual en ambos casos se observa baja escorrentía y una gran infiltración que contrarresta el fenómeno de erosión hídrica para este tratamiento y en coincidencia con el resultado del método de Paulet que lo clasifica como medianamente erodable (0,103 Ton/año) y el segundo mayor valor en susceptibilidad a la erosión después del lote café sin sombra.

PNR: SIBERIA – CEIBAS - Vereda: Sanmiguel-Sistema productivo: Café Tradicional (Sin Sombra)

Se observa que una fracción importante de la lluvia de intensidad media se infiltra en el suelo, siendo la escorrentía baja (1,28%) del total del agua aplicada, pero en este caso la escorrentía está presente desde los primeros (5) minutos de lluvia y el suelo perdido supera el valor obtenido para intensidad alta en café agroforestal aun siendo la erosión ligera.

Tabla 28. Simulación con lluvia de intensidad media sistema productivo café tradicional (sin sombra.)

Área Efectiva (m ²)		0,124	Intensidad de lluvia (mm/h)		61	
Humedad Gravimétrica Inicial (%)		36,03	Micro-Pendiente (%)		24	
Humedad Gravimétrica Final (%)		40,28	Cobertura Vegetal (%)		33	
Tiempo de Simulación (min)	Lámina Aplicada Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Escorrentía Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Excesos (mm/ m ²)	Lámina de Infiltración Acumulada (mm/ m ²)	Erosión Acumulada (gr/ m ²)	Suelo Erodado (Ton/ha)
5	5,045	0,121	0,952	3,972	0,049	0,0005
10	10,09	0,161	0,767	9,162	0,656	0,0066
15	15,136	0,209	0,808	14,119	0,694	0,0069
20	20,181	0,256	0,786	19,139	1,383	0,0138
25	25,226	0,304	0,729	24,193	2,064	0,0206
30	30,271	0,344	0,746	29,181	2,813	0,0281
35	35,316	0,384	0,770	34,162	3,505	0,0351
40	40,362	0,432	0,698	39,232	4,285	0,0429
45	45,407	0,56	1,554	43,293	6,088	0,0609

En presencia de lluvias de intensidad alta se observa un comportamiento por ahora diferente donde se inducen grandes pérdidas de suelo (25,73 g/m²) siendo el valor más alto en el estudio y de erosión considerable, por la alta concentración del agua de escorrentía que corresponde al (55%) del total de agua aplicada, fracción responsable del volumen de arrastre de sedimentos bajo la condición desprotegida del suelo, con una ganancia de humedad (12,72%) en los primeros centímetros de profundidad del suelo.

La infiltración para este caso llega al (45%) del agua total aplicada y puede relacionarse con las características físicas del suelo como alta densidad aparente y moderada conductividad hidráulica. Se aprecia que el fenómeno de escorrentía aparece desde los primeros 5 minutos hasta finalizar la prueba. El lote cuenta con alta micropendiente.

Tabla 29. Simulación con lluvia de intensidad alta sistema productivo café (sin sombra)

Área Efectiva (m ²)		0,119		Intensidad de lluvia (mm/h)		120	
Humedad Gravimétrica Inicial (%)		33,06		Micro-Pendiente (%)		40	
Humedad Gravimétrica Final (%)		45,78		Cobertura Vegetal (%)		30	
Tiempo de Simulación (min)	Lámina Aplicada Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Escorrentía Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Excesos (mm/ m ²)	Lámina de Infiltración Acumulada (mm/ m ²)	Erosión Acumulada (gr/ m ²)	Suelo Erodado (Ton/ha)	
5	9,938	1,947	1,444	6,547	0,418	0,0042	
10	19,877	5,841	1,444	12,592	1,556	0,0156	
15	29,815	11,763	1,298	16,754	3,283	0,0328	
20	39,753	17,604	1,314	20,835	5,572	0,0557	
25	49,692	23,526	1,428	24,738	8,056	0,0806	
30	59,63	29,481	1,217	28,932	11,642	0,1164	
35	69,568	35,971	1,395	32,202	15,891	0,1589	
40	79,507	41,893	1,460	36,154	20,495	0,2050	
45	89,445	48,643	1,509	39,293	25,733	0,2573	

El suelo se hallaba con un nivel de humedad superior (36,03%) al coeficiente óptimo de capacidad de campo (CC = 14,06%), por lluvias ocurridas durante las primeras horas de la mañana y en la tarde, el día de prueba con el mini-simulador de lluvias. Los niveles de humedad al final del proceso resultaron menores al nivel saturación del suelo.

Para este tratamiento el suelo tenía una pendiente del 24%, presenta una pérdida de suelo de (6,09 gr/m²) siendo erosión ligera para intensidad media, pero mayor al tratamiento anterior de café con sombra superando la pérdida de suelo en las dos intensidades de trabajo. Se evidencia una buena infiltración y baja escorrentía.

Sistema productivo café tradicional vereda Sanmiguel.

Para intensidad alta la pérdida de suelo fue (25,73 gr/m²) erosión considerable, siendo la mayor erosión en todos los tratamientos de estudio, mostrando relación con el aumento de la intensidad, este efecto pudo deberse a que el suelo tenía alto contenido de humedad y el espacio poroso se encontraba cerca al nivel de saturación, el suelo estaba sin cobertura vegetal área, poseía un pendiente alta del 40%, la lámina de escorrentía fue alta superando la lámina de infiltración, siendo la mayor de todos los cultivos y tratamientos, revelando que la escorrentía tiene relación directa con la pérdida de suelo.

El terreno tiene relieve escarpado, cuenta con abundante cobertura en pasto, que fue contado en su parte aérea para la realización de la prueba solo en el área efectiva donde se realizan las simulaciones. Es el de menor susceptibilidad a la erosión (0,077 Ton/año) según la ecuación de Paulet que relacionan (los % de Arena, Limo, Arcilla, Arena fina, Materia Orgánica y las propiedades de Estructura y permeabilidad. Coincidiendo con los menores niveles de limos y arenas finas que lo hacen obtener esta clasificación. Pero para este estudio hubo variables diferentes que afectan fuertemente al suelo generando erosión como respuesta: variables influyentes micropendiente, contenido de humedad del suelo, cobertura vegetal y lámina aplicada.

Cerro Páramo de Miraflores-Vereda Alto Tres Esquinas:

Cultivo Frijol Asociado a Maíz Con cobertura vegetal:

Existe una importante fracción de infiltración (98%) con un bajo nivel de escorrentía (2%) con la ocurrencia de lluvias de media intensidad, siendo la cobertura vegetal el factor de mayor significancia en la protección del suelo contra los procesos erosivos del agua lluvia y su escorrentía mostrando un desprendimiento de suelo ligero (1,9 g/m²)

El inicio de la escorrentía se dio a partir del minuto 30 de iniciada la simulación de lluvia. Como se observa en la tabla 26.

Tabla 30. Simulación con lluvia de intensidad baja sistema productivo Frijol asociado a Maíz

Área Efectiva (m ²)		0,119	Intensidad de lluvia (mm/h)		74	
Humedad Gravimétrica Inicial (%)		36,18	Micro-Pendiente (%)		12	
Humedad Gravimétrica Final (%)		48,73	Cobertura Vegetal (%)		75	
Tiempo de Simulación (min)	Lámina Aplicada Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Escorrentía Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Excesos (mm/ m ²)	Lámina de Infiltración Acumulada (mm/ m ²)	Erosión Acumulada (gr/ m ²)	Suelo Erodado (Ton/ha)
5	6,295	0	0,708	5,587	0	0,0000
10	12,59	0	0,786	11,804	0	0,0000
15	18,886	0,079	0,881	17,926	0	0,0000
20	25,181	0,197	0,779	24,205	0	0,0000
25	31,476	0,354	0,669	30,453	0	0,0000
30	37,771	0,501	0,529	36,741	0,02	0,0002
35	44,067	0,665	0,162	43,24	0,221	0,0022
40	50,362	0,838	0,201	49,323	0,693	0,0069
45	56,657	1,035	0,027	55,595	1,907	0,0191

No existen diferencias significativas en el comportamiento de las variables involucradas en las simulaciones de lluvia con el anterior caso, debido a que en este tratamiento con cobertura e intensidad alta en respuesta a la pérdida de suelo se tiene erosión ligera (2,01 g/m²), alta infiltración en el perfil del suelo (99%) del total de lámina aplicada y una muy baja escorrentía (1%) presente desde el minuto 40. Para este tratamiento se hace clara la importancia de la cobertura vegetal como agente protector y conservador del suelo.

Tabla 31. Simulación con lluvia de intensidad alta sistema productivo Frijol asociado a Maíz.

Área Efectiva (m ²)		0,127	Intensidad de lluvia (mm/h)	120		
Humedad Gravimétrica Inicial (%)		27,08	Micro-Pendiente (%)	12		
Humedad Gravimétrica Final (%)		41,39	Cobertura Vegetal (%)	75		
Tiempo de Simulación (min)	Lámina Aplicada Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Escorrentía Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Excesos (mm/ m ²)	Lámina de Infiltración Acumulada (mm/ m ²)	Erosión Acumulada (gr/ m ²)	Suelo Erodado (Ton/ha)
5	9,443	0	1,810	7,633	0	0,0000
10	18,886	0	1,511	17,375	0	0,0000
15	28,329	0	1,496	26,833	0	0,0000
20	37,771	0	1,432	36,339	0	0,0000
25	47,214	0	1,416	45,798	0	0,0000
30	56,657	0	1,416	55,241	0	0,0000
35	66,1	0	1,385	64,715	0	0,0000
40	75,543	0,065	1,351	74,127	0,453	0,0045
45	84,986	0,097	1,320	83,569	2,011	0,0201

Frijol Después de una quema (Sin cobertura vegetal aérea):

En respuesta a la simulación de lluvia media efectuada en este tratamiento sin cobertura vegetal después de una quema la erosión es mayor a la presentada en el tratamiento con cobertura a las dos intensidades media y alta, la escorrentía, fracción responsable del volumen de arrastre de sedimentos bajo la condición desprotegida del suelo fue del (28%), la lámina de infiltración fue buena (71%) de la lámina total aplicada al suelo, se observa una considerable ganancia de humedad (14,68%), el evento de escorrentía se hace presente desde los primeros 10 minutos.

Tabla 32. Simulación con lluvia de intensidad media sistema productivo Frijol asociado a Maíz.

Área Efectiva (m ²)		0,127	Intensidad de lluvia (mm/h)		66	
Humedad Gravimétrica Inicial (%)		34,92	Micro-Pendiente (%)		13	
Humedad Gravimétrica Final (%)		49,6	Cobertura Vegetal (%)		30	
Tiempo de Simulación (min)	Lámina Aplicada Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Escorrentía Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Excesos (mm/ m ²)	Lámina de Infiltración Acumulada (mm/ m ²)	Erosión Acumulada (gr/ m ²)	Suelo Erodado (Ton/ha)
5	5,121	0,055	0,709	4,357	0	0,0000
10	10,242	1,473	0,756	8,013	0,918	0,0092
15	15,363	2,97	0,788	11,605	2,038	0,0204
20	20,484	4,522	0,819	15,143	2,952	0,0295
25	25,605	6,121	0,756	18,728	4,083	0,0408
30	30,726	7,76	0,756	22,210	5,345	0,0535
35	35,847	9,43	0,930	25,487	6,185	0,0619
40	40,967	11,155	0,945	28,867	7,474	0,0747
45	46,088	12,896	0,945	32,247	9,176	0,0918

Con la ocurrencia de lluvias de alta intensidad se observa un fuerte impacto sobre el suelo desnudo y en consecuencia una importante pérdida de suelo (18,09g/m²), correspondiendo el (71%) a agua infiltrada y un (28%) de escorrentía. Es decir, disminuye la infiltración e incrementa la escorrentía en comparación con ocurrencias de lluvia de intensidad media.

Es evidente el aumento de erosión en el mismo sistema productivo siendo el mismo lote de estudio, pero bajo diferentes tratamientos de cobertura del suelo, apreciándose también que el tiempo en que aparece la escorrentía es mucho menor que su tratamiento homólogo.

Tabla 33. Simulación con lluvia de intensidad alta sistema productivo Frijol asociado a Maíz

Área Efectiva (m ²)		0,127	Intensidad de lluvia (mm/h)	120		
Humedad Gravimétrica Inicial (%)		28,87	Micro-Pendiente (%)	12		
Humedad Gravimétrica Final (%)		43,77	Cobertura Vegetal (%)	27		
Tiempo de Simulación (min)	Lámina Aplicada Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Escorrentía Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Excesos (mm/ m ²)	Lámina de Infiltración Acumulada (mm/ m ²)	Erosión Acumulada (gr/ m ²)	Suelo Erodado (Ton/ha)
5	9,718	1,999	1,259	6,460	0,103	0,0010
10	19,435	4,36	1,306	13,769	1,143	0,0114
15	29,153	6,878	1,275	21,000	2,604	0,0260
20	38,87	9,475	1,298	28,097	3,843	0,0384
25	48,588	12,308	1,180	35,100	4,08	0,0408
30	58,305	15,298	1,102	41,905	6,884	0,0688
35	68,023	18,367	1,416	48,240	10,291	0,1029
40	77,74	21,514	1,298	54,928	13,987	0,1399
45	87,458	24,724	1,243	61,491	18,096	0,1810

Sistema productivo de Frijol asociado a Maíz en la vereda alto tres esquinas.

El suelo se hallaba por debajo de la capacidad de campo (53,27%) al inicio de la prueba con el mini-simulador de lluvias y al finalizar los niveles de humedad, llegaron al coeficiente óptimo de capacidad de campo. El suelo desnudo después de una quema, exhibió los mayores valores de erosión, tanto a intensidad de lluvia media (9,2gr/m²) como a intensidad de lluvia alta (18,1gr/m²). Estos resultados demuestran el efecto del fuerte impacto de las lluvias sobre el suelo desprotegido de cobertura y labrado siendo alto el potencial cinético y arrastre de partículas del suelo, para este tratamiento es importante la ganancia de humedad en el suelo para intensidad alta (15%) en lluvia de (45 min), el comportamiento de las láminas tienen diferencias significativas en cuanto a escorrentía manifestando altos niveles presentando el según valor más alto del estudio para intensidad alta.

Este tipo de prácticas en el manejo de los suelos en zonas de influencia de parque naturales, deben evitarse cambiando el uso a cultivos densos permanentes, que aseguren la conservación y la sostenibilidad del suelo.

Para el tratamiento con cobertura vegetal (con barbecho), al inicio de la prueba el suelo tiene un contenido de humedad menor a la capacidad de campo, al terminar el evento de lluvia llega cerca a su capacidad óptima de humedad. Para la intensidad de lluvia media se aprecia una pérdida de suelo (1,91 gr/m²) y para lluvia alta (2,01 gr/m²) no observando cambios significativos en la pérdida de suelo por intensidades, la cobertura de restos de cosecha, hojas y musgo en el suelo, ejerce su efecto protector, amortiguando el impacto de la gota y su arrastre, resultando un efecto positivo muy importante a favor de la conservación del suelo.

El lote es de relieve fuertemente inclinado, es el de mayor susceptibilidad a la erosión según método de Paulet (0,138 Ton/año), coincidiendo con los mayores niveles de limos y arenas finas (que contribuyen a generar una mayor escorrentía y en consecuencia mayor erosión superficial), a pesar que es el lote con menor pendiente de los estudiados.

Cerro Páramo de Miraflores-Vereda: Alto Corozal-Sistema productivo:

Mora con cobertura vegetal:

Para intensidad media de lluvia, ocurre una alta lámina infiltrada de agua al suelo (99%) y escasa escorrentía (0.08%), con mínimo impacto sobre el desprendimiento y arrastre de partículas del suelo y presentándose el fenómeno de erosión solo a partir del minuto 40.

Tabla 34. Simulación con lluvia de intensidad media sistema productivo Mora

Área Efectiva (m ²)		0,125	Intensidad de lluvia (mm/h)		64	
Humedad Gravimétrica Inicial (%)		40,22	Micro-Pendiente (%)		21	
Humedad Gravimétrica Final (%)		59,31	Cobertura Vegetal (%)		70	
Tiempo de Simulación (min)	Lámina Aplicada Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Escorrentía Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Excesos (mm/ m ²)	Lámina de Infiltración Acumulada (mm/ m ²)	Erosión Acumulada (gr/ m ²)	Suelo Erodado (Ton/ha)
5	5,045	0	0,575	4,47	0	0,0000
10	10,09	0	0,575	9,515	0	0,0000
15	15,135	0	0,750	14,385	0	0,0000
20	20,18	0	0,750	19,43	0	0,0000
25	25,226	0	0,751	24,475	0	0,0000
30	30,271	0	0,735	29,536	0	0,0000
35	35,316	0	0,751	34,565	0	0,0000
40	40,361	0,008	0,790	39,563	0,084	0,0008
45	45,406	0,032	0,718	44,656	1,118	0,0112

Se observa un significativo incremento de la lámina de escorrentía (26%) frente a la lámina infiltrada (73,5%) para lluvias de intensidad alta, pero no origina un cambio en los valores de pérdidas de suelo.

Tabla 35. Simulación con lluvia de intensidad alta sistema productivo Mora

Área Efectiva (m ²)		0,126	Intensidad de lluvia (mm/h)		115	
Humedad Gravimétrica Inicial (%)		45,68	Micro-Pendiente (%)		18	
Humedad Gravimétrica Final (%)		60,01	Cobertura Vegetal (%)		70	
Tiempo de Simulación (min)	Lámina Aplicada Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Escorrentía Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Excesos (mm/ m ²)	Lámina de Infiltración Acumulada (mm/ m ²)	Erosión Acumulada (gr/ m ²)	Suelo Erodado (Ton/ha)
5	9,526	1,191	1,191	7,144	0	0,0000
10	19,052	3,295	1,151	14,606	0,241	0,0024
15	28,578	5,915	1,365	21,298	0,523	0,0052
20	38,104	9,051	1,508	27,545	0,988	0,0099
25	47,63	11,472	1,310	34,848	1,237	0,0124
30	57,156	14,33	1,397	41,429	1,662	0,0166
35	66,683	17,347	1,429	47,907	2,137	0,0214
40	76,209	19,887	1,270	55,052	2,553	0,0255
45	85,735	22,348	1,270	62,117	3,073	0,0307

Mora sin cobertura vegetal:

El mayor componente de la lluvia de intensidad media, corresponde a la lámina que se infiltra en el suelo (94%), registrando una leve escorrentía (5%) del volumen total de agua aplicada. Se observa una importante ganancia de humedad (10,46%) en los primeros centímetros de profundidad del suelo, por el cambio de humedad al finalizar la prueba de simulación.

Se aprecia que el fenómeno de escorrentía aparece desde que se inicia la prueba simulación hasta el final de la misma, presentando mayor pérdida de suelo que el tratamiento anterior con cobertura vegetal a intensidad media.

Tabla 36. Simulación con lluvia de intensidad media sistema productivo Mora

Área Efectiva (m ²)		0,121	Intensidad de lluvia (mm/h)		65	
Humedad Gravimétrica Inicial (%)		45,11	Micro-Pendiente (%)		34	
Humedad Gravimétrica Final (%)		55,57	Cobertura Vegetal (%)		25	
Tiempo de Simulación (min)	Lámina Aplicada Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Escorrentía Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Excesos (mm/ m ²)	Lámina de Infiltración Acumulada (mm/ m ²)	Erosión Acumulada (gr/ m ²)	Suelo Erodado (Ton/ha)
5	4,951	0,041	0,429	4,481	0,003	0,0000
10	9,902	0,191	0,413	9,298	0,229	0,0023
15	14,853	0,315	0,594	13,944	0,229	0,0023
20	19,804	0,521	0,611	18,672	0,498	0,0050
25	24,755	0,81	0,611	23,334	0,825	0,0083
30	29,705	1,19	0,627	27,888	1,389	0,0139
35	34,656	1,512	0,644	32,500	1,81	0,0181
40	39,607	1,826	0,611	37,170	2,528	0,0253
45	44,558	2,206	0,627	41,725	3,835	0,0384

En presencia de lluvias de intensidad alta se observa un comportamiento por ahora diferente donde se inducen a mayores pérdidas de suelo (17,926 g/m²) siendo el valor más alto en el estudio para mora y de erosión considerable, por la media concentración del agua de escorrentía que corresponde al (13%) del total de agua aplicada, fracción responsable del volumen de arrastre de sedimentos bajo la condición desprotegida del suelo, con una ganancia de humedad (15,25%) en los primeros centímetros de profundidad del suelo.

La infiltración para este caso llega al (86%) del agua total aplicada que es una buena cantidad. Se aprecia que el fenómeno de escorrentía aparece desde los primeros 5 minutos hasta finalizar la prueba. El lote cuenta con alta micropendiente.

Tabla 37. Simulación con lluvia de intensidad media sistema productivo Mora

Área Efectiva (m ²)		0,122	Intensidad de lluvia (mm/h)		118	
Humedad Gravimétrica Inicial (%)		47,59	Micro-Pendiente (%)		31	
Humedad Gravimétrica Final (%)		62,84	Cobertura Vegetal (%)		20	
Tiempo de Simulación (min)	Lámina Aplicada Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Escorrentía Acumulada (mm/ m ²)	Lámina de Excesos (mm/ m ²)	Lámina de Infiltración Acumulada (mm/ m ²)	Erosión Acumulada (gr/ m ²)	Suelo Erodado (Ton/ha)
5	8,997	0	1,472	7,525	0	0,0000
10	17,994	0,818	1,636	15,540	1,074	0,0107
15	26,992	1,84	1,472	23,680	2,443	0,0244
20	35,989	3,599	1,636	30,754	4,102	0,0410
25	44,986	4,826	1,309	38,851	6,21	0,0621
30	53,983	6,053	1,390	46,540	8,716	0,0872
35	62,981	7,28	1,227	54,474	11,509	0,1151
40	71,978	8,711	1,309	61,958	14,469	0,1447
45	80,975	10,51	1,260	69,205	17,926	0,1793

Sistema productivo de Mora en la vereda alto corozal.

Para el tratamiento con cobertura vegetal, el día de las pruebas con el mini-simulador el suelo se encontraba con un nivel de humedad inferior a la capacidad de campo (84,14%), alcanzando al final de la prueba niveles de humedad aún por debajo del nivel óptimo, pero que se encuentra dentro del rango de agua aprovechable para las plantas abundante cobertura vegetal, por restos de ramas y plantas de porte bajo que nacen como maleza en el lote. La respuesta a las intensidades de lluvia en pérdidas de suelo es ligera y no presentan diferencias significativas. Para intensidad media (1,1gr/m²) e intensidad alta (3,1gr/m²).

Para el tratamiento sin cobertura vegetal aérea en respuesta a las intensidades de lluvias aplicadas la pérdida de suelo fue para intensidad media (3,84 gr/m²) y (17,92g/m²) para intensidad alta. En estos tratamientos si se encontraron diferencias significativas en cuanto a la respuesta de la erosión respecto a las coberturas del suelo e intensidades de lluvia.

Para este suelo se muestra alta escorrentía en los dos tratamientos con intensidad alta evidenciando la importancia de la cobertura en la agregación del suelo, debido a que en el tratamiento con cobertura vegetal existe mayor lámina de escorrentía (22,35mm/m²) pero menor pérdida de suelo. Caso contrario ocurren en el tratamiento sin cobertura donde existió una lámina de escorrentía de (10,51mm/m²) perdiéndose 8 veces más la cantidad de suelo.

El lote es de relieve muy escarpado, se clasifica como medianamente erodable siendo el segundo menor valor según método de Paulet (0,081 Ton/año), coincidiendo con los mayores niveles de limos y arenas finas (que contribuyen a generar una mayor escorrentía y en consecuencia mayor erosión superficial), a pesar que es el lote con menor pendiente de los estudiados.

Tabla 38. Comparación de los tratamientos con el mini-simulador de lluvias y cuantificación del grado de erosión del suelo en los sistemas productivos estudiados.

Sistema Productivo	Tratamiento	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)	Lamina total aplicada (mm/m ²)	Lamina total Infiltrada (mm/m ²)	Lamina total Escorrentía (mm/m ²)	Micropendiente (%)	Intensidad de lluvia (mm/h)	Erosión (g/m ²)
Café Agroforestal	Con Sombra (Sin Cobertura Vegetal aérea)	38,54	40,72	51,39	50,56	0,79	38	63	2,15
		42,72	45,38	93,46	91,75	0,71	35	120	5,41
Café Tradicional	Sin Sombra (Sin Cobertura Vegetal aérea)	36,03	40,28	45,41	43,39	0,56	24	61	6,09
		33,06	45,78	89,45	40	48,643	40	120	25,73
Frijol asociado a Maíz	Con Cobertura Vegetal	36,18	48,73	56,66	55,6	1,03	12	74	1,91
		27,08	41,39	84,99	83,56	0,2	12	120	2,01
	Con Quema (sin cobertura vegetal)	34,92	49,6	46,1	33,19	12,9	13	66	9,2
		28,87	43,77	87,46	62,73	24,7	12	120	18,1
Mora	Con Cobertura Vegetal	40,22	59,31	45,41	44,66	0,032	21	64	1,1
		45,68	60,01	85,74	63,39	22,35	18	115	3,1
	Sin Cobertura Vegetal aérea	45,11	55,57	44,56	42,35	2,21	34	65	3,84
		47,59	62,84	80,97	70,46	10,51	31	118	17,92

*En Negrilla, se resaltan los tratamientos con mayor pérdida de suelo.

3.11 Análisis estadístico

3.11.1 Prueba de Normalidad para cada Tratamiento

Primero se observó si las distribuciones de cada tratamiento eran normales, y para esto se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, mostrando que el Tratamiento 1 ($P=0,052$), Tratamiento 3 ($P=0,409$), tratamiento 4 ($P=0,372$) y tratamiento 5 ($P=0,101$) si seguían una distribución normal, lo contrario paso con el tratamiento 2 ($P=0,013$) y tratamiento 6 ($P=0,004$), que no presentan la distribución lo cual se determinó las Pruebas a utilizar para comparar entre tratamientos.

3.11.2 Comparación de Medias por Tratamientos

Para el primer cultivo se aplicó la Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes, lo cual determino que la distribución de erosión para los dos tratamientos es la misma ($P=0,394$), de igual manera se utilizó esta prueba para el tercer cultivo llegando a la misma conclusión ($P=0,589$), por otro lado, para el segundo cultivo se trabajó con la Prueba T Student para muestras dependientes, donde se pudo verificar que aunque había una diferencia entre el tratamiento 3 y el tratamiento 4, no existían diferencias significativas entre sus medias ($P=0,062$), y muy posiblemente esto se debería al variabilidad de los datos, no obstante su nivel de significancia se acerca mucho al esperado ($\alpha=0,05$). Todo lo anterior se resume en la figura 31.

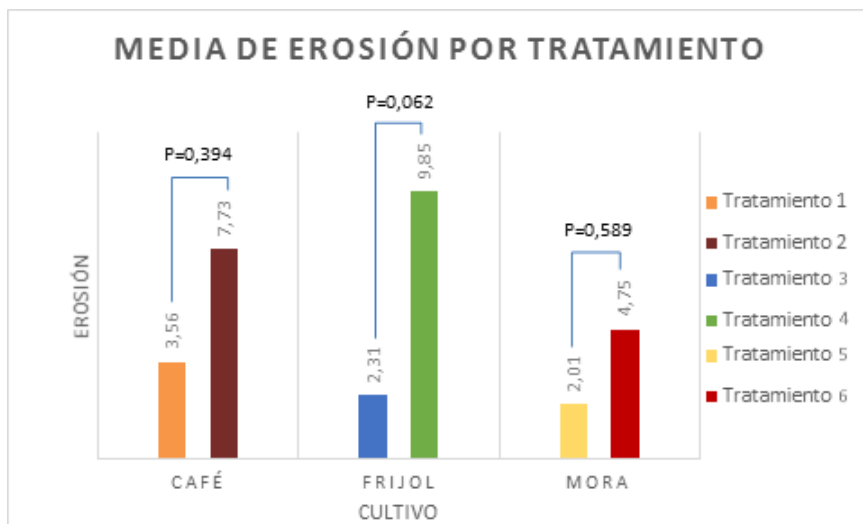


Figura 31. Medias de erosión por tratamiento

3.11.3 Correlación de variables por Tratamientos

Se determinó la correlación de las variables más significativas para que existiera erosión, gracias al coeficiente de correlación de Pearson (si el Tratamiento seguía una distribución normal) y el Rho de Spearman (si el Tratamiento no seguía una distribución normal). Estas Correlaciones se encuentran en la sección de Anexos (9-14).

A continuación, se muestran gráficamente las variables más importantes con respecto a la erosión, que fueron significativas para que existiera ésta.

Café Agroforestal (Tratamiento 1)

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar las variables con mayor relación a causar Erosión, las variables más significativas fueron Intensidad ($P=0,000$), Lamina Aplicada ($P=0,000$) y Lamina Infiltrada ($P=0,000$), todas ellas tuvieron correlación positiva con la erosión, es decir, a medida que alguna de ellas aumenta, así mismo lo hará la Erosión, por tanto, entre más alto sea el nivel de cada variable la Erosión producida será mayor.

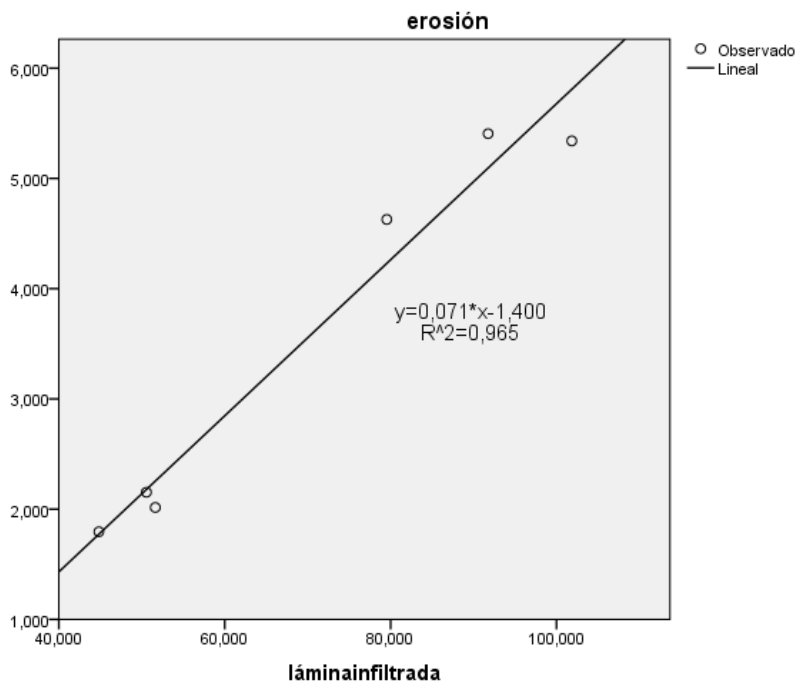


Figura 32. Correlación de la lámina infiltrada con la erosión

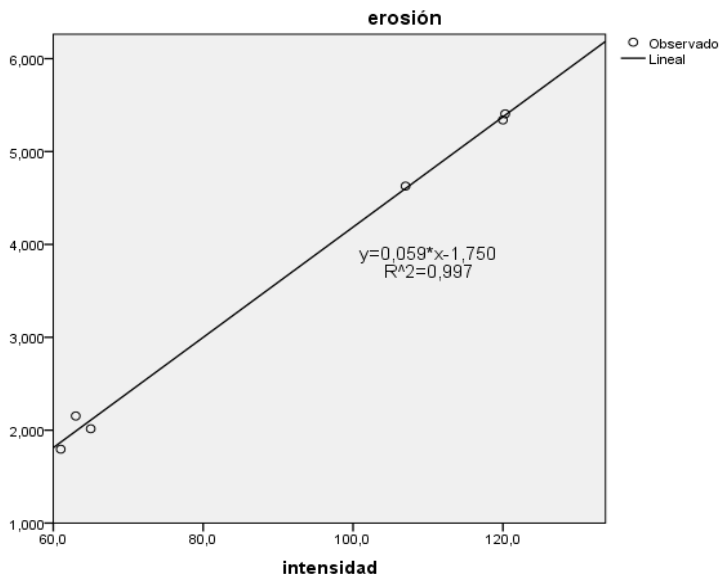


Figura 33. Correlación de intensidad con la erosión

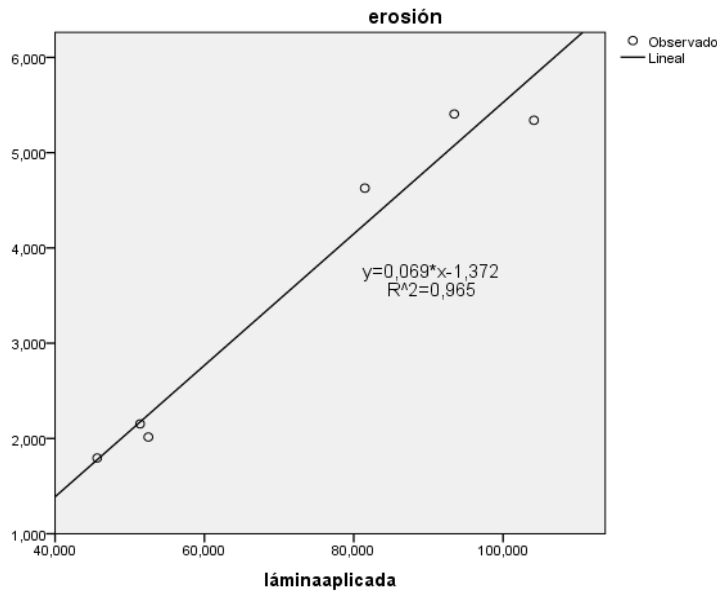


Figura 34. Correlación de lámina aplicada con la erosión

Café Sin sombra (Tratamiento 2)

Se utilizó el Rho de Spearman para determinar las variables con mayor relación a causar erosión, y la variable con mayor significancia fue la Cobertura ($P=0,019$), y ésta tuvo correlación negativa, es decir, a medida que la cobertura aumenta la Erosión disminuye, por tanto a altos niveles de cobertura menor Erosión producida se tendrá.

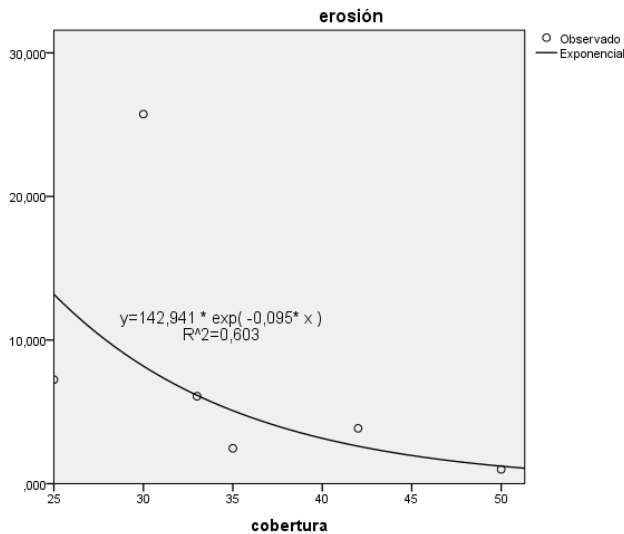


Figura 35. Correlación del % de cobertura con respecto a la erosión

Frijol con Barbecho (Tratamiento 3)

No se encontraron relaciones significativas entre ninguna variable y la erosión. (Véase Anexo 12)

Frijol después de una quema (Tratamiento 4)

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar las variables con mayor relación a causar Erosión, las variables más significativas fueron Cobertura (P=0,019), y Lamina Escorrentía (P=0,011), donde la Cobertura tuvo correlación negativa con la erosión, es decir, a medida que ésta aumenta entonces disminuye la Erosión, por otro lado, la Lámina de Escorrentía tuvo correlación positiva, es decir, que si ella aumenta, entonces la Erosión también lo hará, por tanto, entre mayor sea el nivel de Cobertura, menor será el nivel de Erosión y entre mayor sea el nivel de Lamina Escorrentía, mayor será el de Erosión.

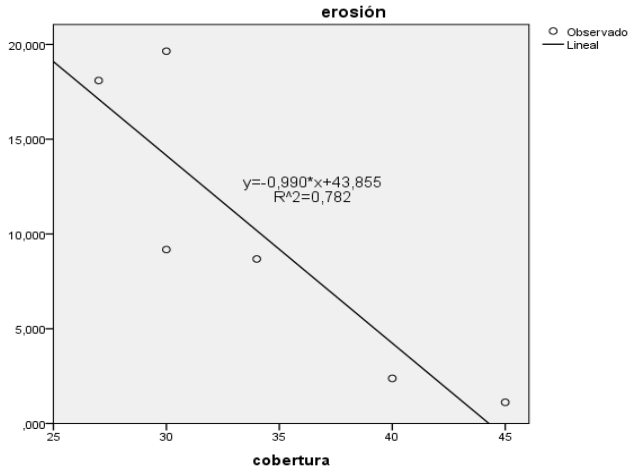


Figura 36. Correlación del % de cobertura con respecto a la erosión

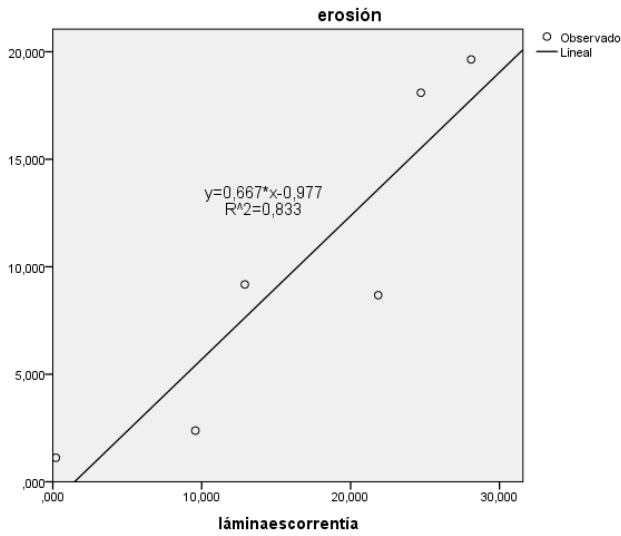


Figura 37. Correlación de la lámina aplicada con respecto a la erosión

Mora con cobertura vegetal aérea (Tratamiento 5)

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar las variables con mayor relación a causar Erosión, la variable más significativa fue la Lámina Escorrentía ($P=0,014$), y ésta tuvo correlación positiva, es decir que, si ella aumenta, entonces la Erosión también lo hará, por tanto, entre mayor nivel de Lamina Escorrentía, mayor será el de Erosión.

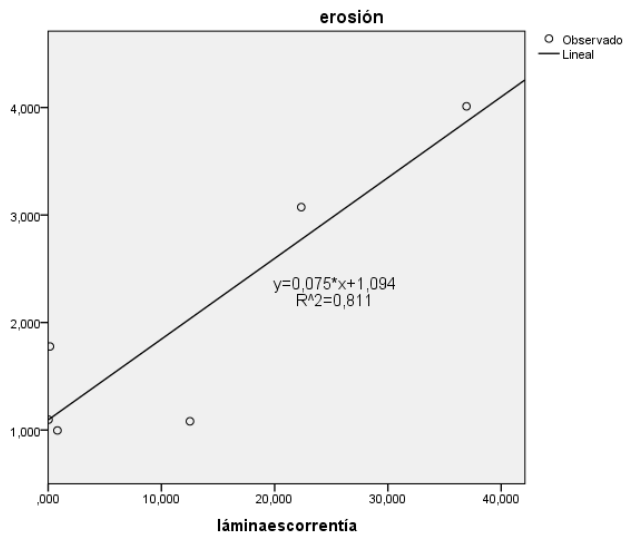


Figura 38. Correlación de la lámina de escorrentía con respecto a la erosión

Mora sin cobertura vegetal aérea (Tratamiento 6)

Se utilizó el Rho de Spearman para determinar las variables con mayor relación a causar erosión, y la variable con mayor significancia fue la Cobertura ($P=0,015$), y ésta tuvo correlación negativa, es decir, a medida que la cobertura aumenta la Erosión disminuye, por tanto, a mayor nivel de Cobertura, menor nivel de Erosión habrá.

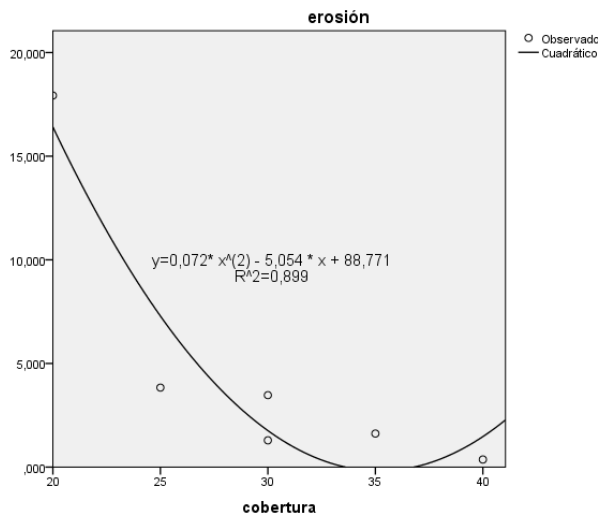


Figura 39. Correlación del % de cobertura con respecto a la erosión

3.11.4 Modelos Estadísticos de Regresión para cada Tratamiento

Los modelos estadísticos, que se utilizaron para determinar el comportamiento de la erosión en cada Tratamiento, fueron en el caso que siguiera una distribución normal la *Regresión Lineal Múltiple*, y en el caso contrario se utilizaron *Regresiones No Lineales*.

Modelo Tratamiento 1

Se utilizó la Regresión Lineal Múltiple, dejando en evidencia la Intensidad como variable predictiva a lo largo de las simulaciones, no obstante las variables Lamina Aplicada y Lamina Infiltrada, que ya anteriormente se mostraba como también modelaban la erosión, en este caso no son introducidas en el modelo, debido a la alta relación que tienen con la Intensidad, todas estas variables, además el gráfico de dispersión muestra como los valores no representan una tendencia, por consiguiente el modelo es adecuado para el tratamiento. (Véase Anexos 9).

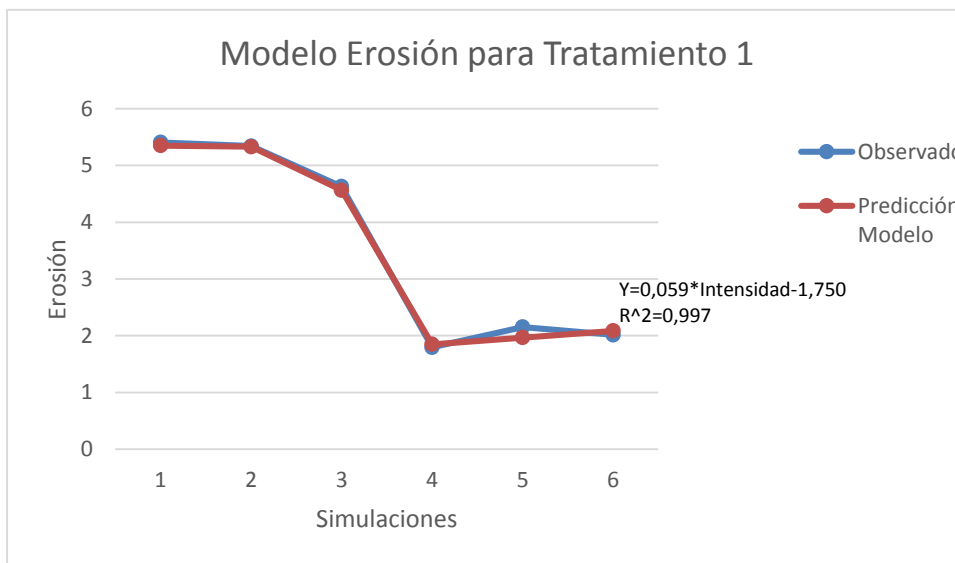


Figura 40. Predicción del modelo estadístico para la erosión en el tratamiento 1.

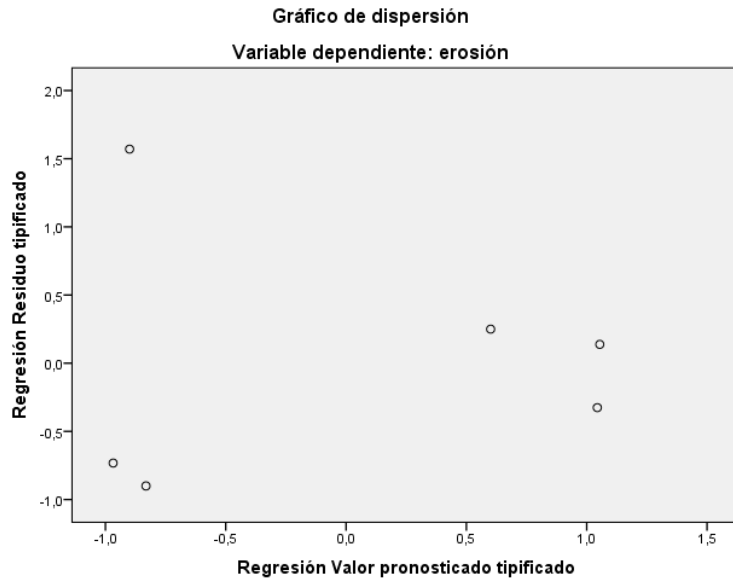


Figura 41. Dispersión de los valores de erosión para el diseño del modelo.

Modelo Tratamiento 2

Debido a que el Tratamiento 2 no mostraba una distribución normal, se realizó un modelo de Regresión Exponencial, el cual se trabajó con la Cobertura como variable predictiva, debido a la alta relación que ésta había tenido con la Erosión, y siendo la única variable que lo hizo (Véase Anexos 10).

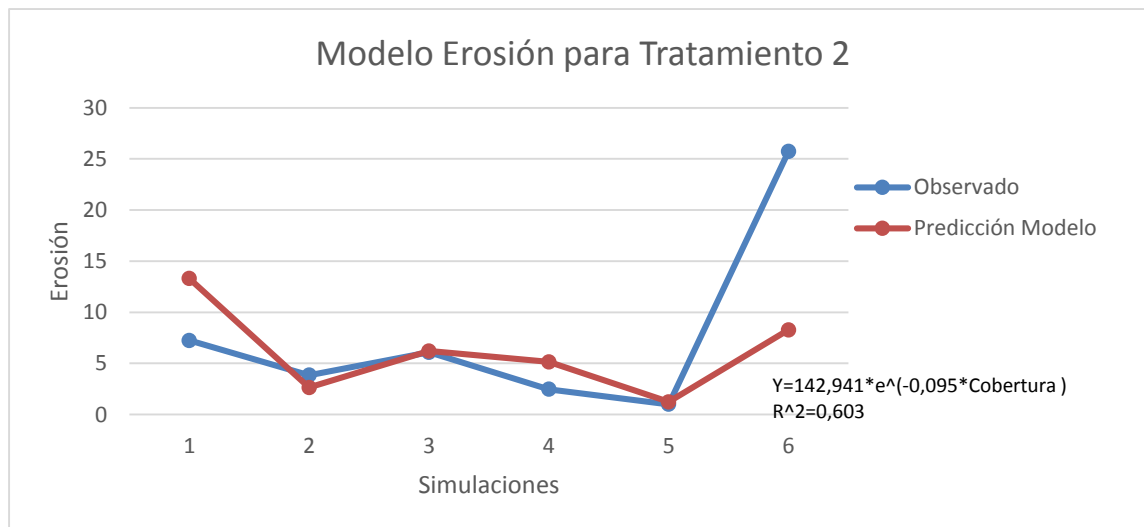


Figura 42. Predicción del modelo estadístico para la erosión en el tratamiento 2.

Modelo Tratamiento 3

Debido a que en este Tratamiento no se halló ninguna relación significativa entre las variables y la Erosión, no se pudo determinar un modelo de Regresión Útil para determinar el mismo con respecto a la Erosión (Véase Anexo 11).

Modelo Tratamiento 4

Se utilizó la Regresión Lineal Múltiple, dejando en evidencia la Lámina Escorrentía como variable predictiva a lo largo de las simulaciones, no obstante, ésta variable también está muy relacionada con la Cobertura, de aquí, que la misma no esté en el modelo pese a tener bastante relación con reducir la erosión (Véase Anexo 12).

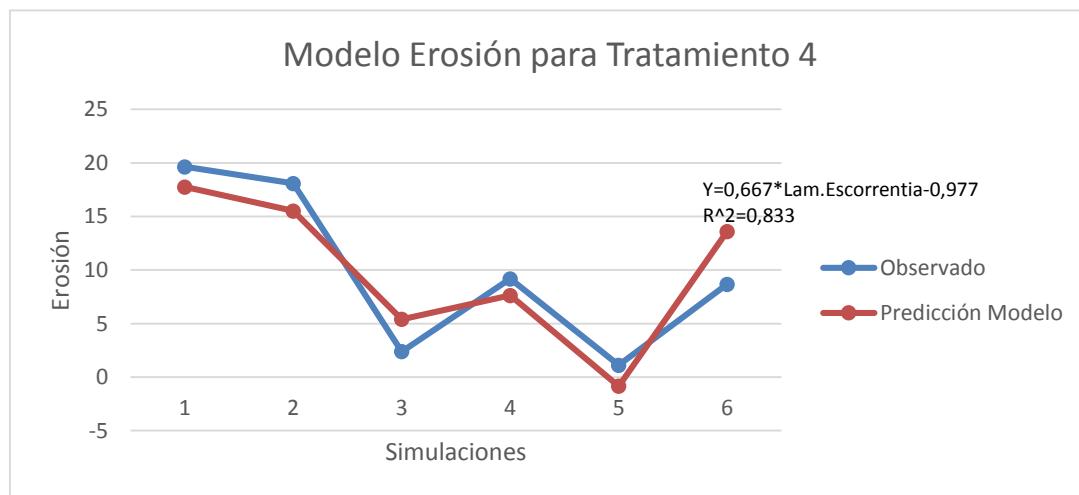


Figura 43. Predicción del modelo estadístico para la erosión en el tratamiento 4.

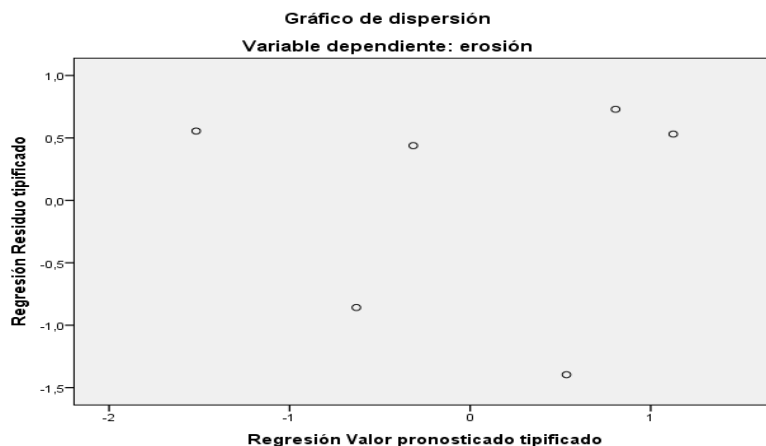


Figura 44. Dispersión de los valores de erosión para el diseño del modelo

Modelo Tratamiento 5

Se utilizó la Regresión Lineal Múltiple, dejando en evidencia la Lámina Escorrentía y la Cobertura como variables predictivas a lo largo de las simulaciones, no obstante, la Lámina Escorrentía es la variable que mejor hace predecir el modelo, debido a que ésta es la única variable que aparece relacionada en este Tratamiento con la Erosión (Véase Anexo 13).

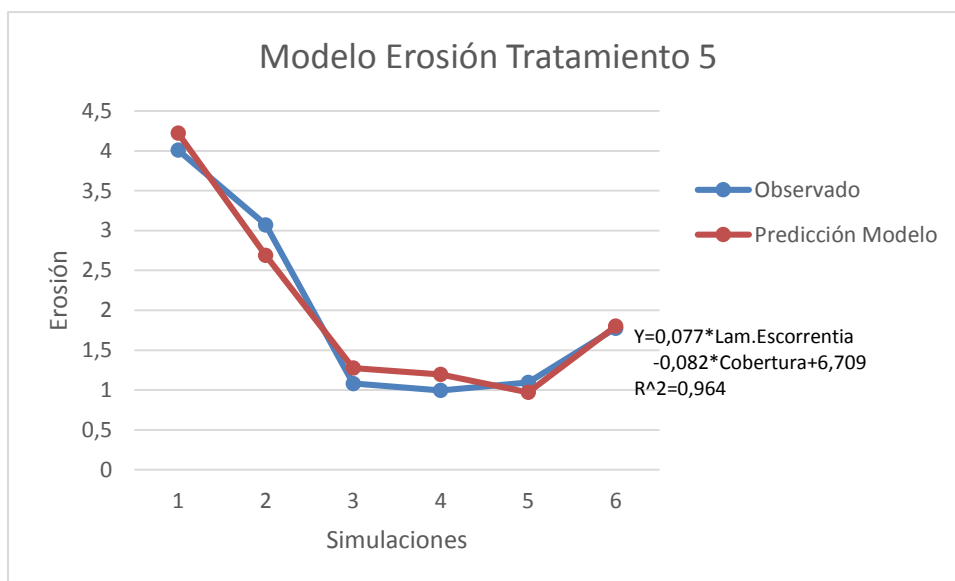


Figura 45. Predicción del modelo estadístico para la erosión en el tratamiento 5.

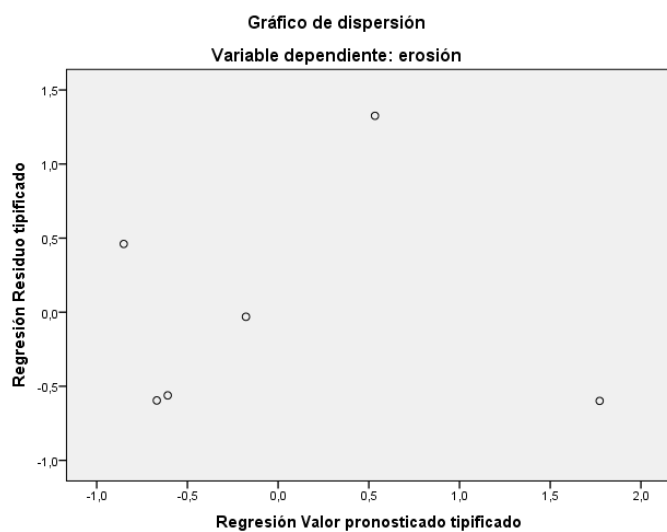


Figura 46. Dispersión de los valores de erosión para el diseño del modelo

Modelo Tratamiento 6

Debido a que el Tratamiento 6 no mostraba una distribución normal, se realizó un modelo de Regresión Cuadrático, el cual se trabajó con la Cobertura como variable predictiva, debido a la alta relación que ésta había tenido con la Erosión, y siendo la única variable que lo hizo (Véase Anexos 14).

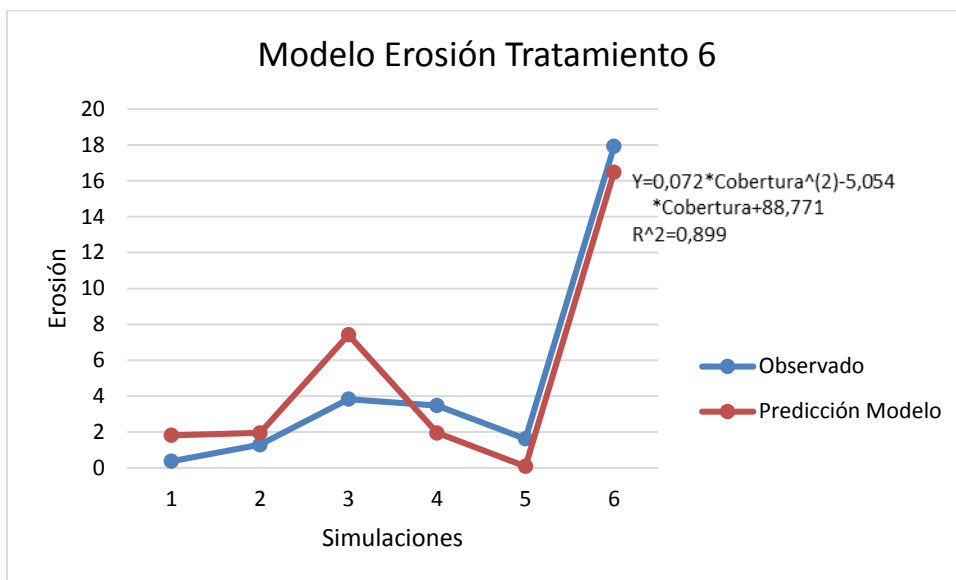


Figura 47. Predicción del modelo estadístico para la erosión en el tratamiento 6.

4. Conclusiones.

Los suelos estudiados predominan las fracciones minerales de texturas gruesas con suelos básicamente franco arenosos y arenoso franco, fuertemente ácidos, con bajos contenidos de materia orgánica, media a alta capacidad de intercambio iónico, suelos insaturados, bajos niveles de bases intercambiables, alta acidez intercambiable con algunas deficiencias de elementos menores y relaciones iónicas deficientes por los altos niveles de Hierro en el suelo.

Por las características físicas y químicas actuales de los suelos de estudio, se sugiere en prácticas de cultivo, el fraccionamiento de abonos y fertilizantes al suelo. Es necesario la aplicación de abonos verdes y vermicompost al suelo para mejorar los niveles de materia orgánica, la aplicación de cal dolomita como enmienda para neutralizar la acidez. Aplicar algunos elementos menores deficientes en el suelo en formas quelatadas, para favorecer su disponibilidad y asimilación por las plantas.

Se evidencia en las simulaciones realizadas que los aumentos en la intensidad de lluvia es directamente proporcional a los aumentos en las láminas de escorrentía y por lo tanto genera fuertes crecientes en los resultados de suelo perdido, lo que señala que el suelo responde en diferentes formas a la intensidad de lluvia.

En general se observa que el proceso erosivo está muy influenciado por la capacidad de infiltración del suelo, la cual regula la escorrentía y por su parte la escorrentía está relacionada con la pérdida de suelo, es decir, que si la infiltración es alta, la pérdida de suelo será baja.

El mini-simulador se adaptó a las condiciones presentes en la zona de estudio para evaluar la susceptibilidad a la erosión, permitiendo comparar los tratamientos con cobertura vegetal y sin cobertura vegetal aérea ante las variables de medición como pérdida de suelo escorrentía e infiltración.

Según el estudio realizado se evidencia que para los tratamientos sin cobertura vegetal aérea con una intensidad torrencial existen las mayores pérdidas de suelo por erosión hídrica, mostrando las mayores pérdidas los sistemas productivos de Frijol asociado a maíz seguido de Café sin sombra y Mora respectivamente.

Los valores medios de pérdida de suelo por sistema productivo en (g/m^2) bajo intensidades medias y altas en las 36 simulaciones realizadas para el tratamiento 1 con cobertura vegetal mostro al café agroforestal en primer lugar con ($3,56 \text{ g}/\text{m}^2$), Frijol asociado a maíz ($2,31 \text{ g}/\text{m}^2$) y Mora ($2,01 \text{ g}/\text{m}^2$) para el tratamiento 2 sin cobertura vegetal aérea son en su orden de mayor a menor Frijol asociado a Maíz después de una quema ($9,85 \text{ g}/\text{m}^2$), Café sin sombra ($7,73 \text{ g}/\text{m}^2$) y Mora sin Cobertura vegetal aérea ($4,75 \text{ g}/\text{m}^2$).

En los análisis estadísticos se evidenció que las variables que más interactúan para determinar el valor de la erosión son la intensidad, lámina aplicada, lámina de escorrentía y lámina infiltrada.

La variable cobertura vegetal demostró en el estudio que es un factor de mejoramiento del suelo, ya que entre mayor % de cobertura existen menores perdidas de suelo en los sistemas productivos de frijol y mora, para sus respectivos tratamientos.

En el tratamiento 3 (frijol con barbecho) no existió una variabilidad de los datos analizados por los métodos estadísticos, debido a que su comportamiento resulto ser muy parecido, ya que, en los diferentes sitios de evaluación, la cobertura presente hacía que los resultados de erosión fueran semejantes, independientemente de la intensidad aplicada.

No es posible asociar de forma confiable el comportamiento de la escorrentía, infiltración y suelo perdido con las propiedades físicas y químicas de los suelos debido a que se realizó una caracterización de los lotes con uso del suelo de cultivos tomando solo una muestra para analizar, contándose con pocos datos para realizar correlaciones entre variables.

5. Recomendaciones

El presente estudio presenta al mini-simulador de lluvia como una herramienta efectiva para evaluar el suelo en cuanto a la erosión y sus características asociadas, por lo cual se recomienda para futuras investigaciones en este campo.

Es recomendable para futuras investigaciones tener más repeticiones por tratamiento para poder realizar un análisis estadístico con mayor confianza.

Se recomienda para futuras investigaciones tener un menor rango en las pendientes del suelo para que no sea una variable que afecte en la medición de la pérdida de suelo.

Para el análisis de suelos se recomienda un mayor número de repeticiones en las muestras analizadas para poder hallar correlaciones entre las demás variables de estudio como lámina de escorrentía, lámina de infiltración y suelo perdido.

6. Bibliografía

- ✓ Morgan, R.P.C. (1994) *Soil erosion and conservation*. Addison Wesley Longman Limited, London.
- ✓ FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (1980). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. FAO – PNUMA – UNESCO, Roma, Italia ,86 p.
- ✓ FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2002). *La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla en la tierra de cultivos*. Roma, Italia P. 174 y 175 total de p. 207.
- ✓ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). Sistema Nacional Ambiental Adscrito al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. 2001.
- ✓ Young A. (1969) *Present rete ofland erosior*. Nature 224, 851-852 p
- ✓ Buol, S. W., Hele, F. D. y McCracken, P. J. (1973) *Soil génesis and classification*. Ames I. A. Iowa State, University press.
- ✓ Zachar, D. (1982), *Soil erosión*, Ámsterdam, Elsevier
- ✓ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). (1988). *Suelos y Bosques de Colombia*. Bogotá: IGAC.
- ✓ Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses, a Guide to Conservation Planning Agriculture Handbook N° 537*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Washington, US. National Soil Survey Center. 2002. *Field Book for Describing and Sampling Soils Version 2.0. Natural Resources Conservation Service*. U.S. Department of Agriculture.

- ✓ MEYER, L. D. (1988), "Rainfall simulators for soil conservation research", En: LAL, R., *Soil erosion research methods*, Soil and water conservation, Iowa, U. S. A.
- ✓ Amezquita Edgar y Campo José Manuel, (2004) "*Manual del mini-simulador de lluvia CIAT*". Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Unidad de Suelos Sección Física de Suelos, Santiago de Cali, Colombia.
- ✓ MORGAN, R. P. C. (b), (1986) "Modeling soil erosion" En: *Soil erosion and conservation*, John Wiley & Sons, New York, Cap. 5.
- ✓ MORGAN, R. P. C. (1986), "Factors influencing erosion" En: *Soil erosion and conservation*, John Wiley & Sons, New York, Cap. 3.
- ✓ COBO, L., (1998) "*Diseño, construcción y evaluación de un Mini-simulador portátil de lluvia para estudios de susceptibilidad a la erosión en laderas*". Tesis Universidad Del Valle- Universidad Nacional Palmira, Colombia.
- ✓ MONTENEGRO G., H., MALAGON C., D. (1990), "*Propiedades físicas de los suelos*", Subdirección agrícola IGAC, Bogotá, Colombia.
- ✓ LAL, R., (1990) *Soil erosion in the tropics*, McGraw-Hill, Mew York, U, S. A.
- ✓ KIRKBY, M. J. & MORGAN, R. P. C., (1984) *Erosión de suelos*, Editorial Limusa S. A., México D. F.
- ✓ AMÉZQUITA, E. (1998) "Propiedades físicas de los llanos orientales y sus requerimientos de labranza", En: ROMERO C., G., ARISTIZABAL, Q. D., y JARMILLO S., C. A., *Memorias encuentro nacional de labranza de conservación*, Villavicencio, Meta, Colombia, p 145 - 174.

- ✓ OYEDELE, D. J., SCHJONNING, P., SIBBESEN, E., DEBOSZ, K. (1999) “*Aggregation and organic matter fractions of three Nigerian soils as affected by soil disturbance and incorporation of plant material*”, En: Soil & tillage research, Vol. 50, p 105 - 114.
- ✓ GREENLAND, D. J. & LAL, R., (1979) “*Soil conservation and management in the humid tropics*”, John Wiley & Sons, London.
- ✓ TORRES, E. A., (2000) “*Evaluación de la susceptibilidad a la erosión y de las características asociadas (infiltración y escorrentía) de dos suelos de ladera en el departamento del Cauca mediante la ayuda de un simulador de lluvia*”, Tesis, Universidad Nacional, Palmira Colombia.
- ✓ Grupo de Investigación Científica Hidroingeniería y Desarrollo Agropecuario GHIDA (2009). “*Propiedades hidrodinámicas de los suelos de la cuenca del río las ceibas e identificación de su susceptibilidad al proceso de erosión hídrica*”. Convenio 248, Fao- Usco, Universidad surcolombiana, Neiva, Colombia,
- ✓ Dussan Astrid Lorena y Vargas Narváez Adriana, (2007) “*Determinación de la pérdida de suelo por escorrentía (real y simulada) en la cuenca alta del río magdalena, comparando diferentes arreglos productivos implementados por el proyecto corredor biológico entre los parques nacionales naturales puracé y cueva de los guácharos*”. Informe final de la Pasantía Supervisada presentado para optar al título de Ingeniero Agrícola, Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia.
- ✓ Sainz Warta de Regoyos, (2003) “*Metodología para la evaluación de la erosión hídrica Con modelos informáticos. Aplicación del modelo Geowepp a dos pequeñas cuencas en Madrid*”. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid, España.

- ✓ Convenio Interinstitucional De Investigación Y Desarrollo Entre La Corporación Autónoma Regional Del Alto Magdalena Y El Centro Internacional De Agricultura Tropical –CIAT, “*Potencial De Generar Un Sistema De Compensación Por Servicios Ambientales: Estudio De Caso Cuenca Río Las Ceibas, Departamento Del Huila*”, Informe Final Santiago De Cali, Colombia, Octubre, 2007

- ✓ Rodríguez José Alexander, (2011) “*Desarrollo De Un Sistema De Monitoreo De Calidad Del Suelo: Para Agro ecosistemas De La Zona Cafetera De Colombia*”, Universidad Tecnológica De Pereira, Facultad De Ciencias Ambientales, Maestría En Eco tecnología, Pereira, Colombia

- ✓ Mojica Silva Francisco, “*Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, Plantas y Aguas para riegos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*”. Bogotá,D,E.,Colombia.

- ✓ Hernán D. Mena¹, Cristian C. Benavides¹, Jesús A. Castillo, (2010) “*Evaluación De La Susceptibilidad A La Erosión Hídrica De Un Vitric Haplustands, Mediante El Uso De Un Minisimulador De Lluvia, En Una Zona De Ladera En Colombia. Revista De Ciencias Agrícolas, Colombia*”.

7. Anexos

Anexo 1

TOMA DE MUESTRAS DE SUELOS PARA ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO



Anexo 2. Formato de Prueba de conductividad



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
PROGRAMA INGENIERIA AGRICOLA

**TABLA 2. PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA
METODO POZO BARRENADO (PORCHE)**

Finca: _____ Textura: _____
Municipio: _____ Humedad del suelo: _____
Lote: _____ Fecha: _____
Observador: _____

Tiempo (min.)	Lectura 1 (cm)	Tiempo (min.)	Lectura 1 (cm)
0		0	
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
6		6	
7		7	
8		8	
9		9	
10		10	

Observaciones:

Profundidad del nivel freático:



Profundidad del pozo: 34-33-33

Diametro del pozo: 8-8

Ecuación de Porche:

$$K_{\text{m}} = 432 r \left[\ln(h_0 + r/2) - \ln(h_w + r/2) \right] / (t_0 - t_w)$$

Anexo 4. Resultados Análisis Químicos.

	ENTREGA DE RESULTADOS						
	INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS						
CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014	Página	119 de 1


DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Juan David Sanmiguel (ONF ANDINA)	Ciudad: Neiva	Dirección: Calle 5 # 15- 11 Altico
Teléfono: 316 434 9593	email: filiusdeus777@gmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: Antofagosta	Matriz: Suelo	N° Muestra: 435-15
Vereda: San Miguel	ID cliente: Sitio 1, Punto 1	
Municipio: Neiva	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2015/11/23	
Cultivo: Café	Fecha análisis: 2015/12/07	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2015/12/18	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 533-15	

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	NUTRIMIENTO PUROS	REQUERIMIENTO kg.ha ⁻¹ año	MÉTODO
Ph	-	4.9	-	-	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	1.70	N	110	NTC 5403 método B
C.I.C.	cmol ⁺ .kg ⁻¹	24.10	-	-	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	2.95	P ₂ O ₅	30	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	1.88	Ca	30	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.50	Mg	18	
Sodio (Na)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.08	-	-	
Potasio (K)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.19	K ₂ O	120	
Bases Totales (BT)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	2.65	-	-	
Saturación de bases (SB)	%	11.0	-	-	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	8.07	S	10	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	115.21	-	-	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	1.86	Mn	7	
Cobre (Cu)	ppm	0.00	Cu	5	
Cinc (Zn)	ppm	0.75	Zn	4	
Boro (B)	ppm	0.59	-	-	H ₂ O Caliente
Acidez intercambiable	cmol ⁺ .kg ⁻¹	1.00	Cal	800	NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	3.77	-	-	Relación catiónica
Relación (Ca + Mg)/K	-	12.45	-	-	
Relación Mg/K	-	2.61	-	-	
TEXTURA	Clase	F	Franco		Organoléptico

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

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

NOTA 3: Los datos del cliente y la información son suministrados por quien radica la muestra en el Laboratorio.



ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio

Observaciones:

El suelo es muy fuertemente ácido, bajo en fósforo, bajo en saturación de bases y en bases totales. Presenta alta concentración de aluminio intercambiable y de hierro, los cuales pueden afectar el crecimiento de las raíces y producir toxicidad en el suelo.

Recomendación:

Incorporar Cal dolomita en dosis de 800 kg/ha para neutralizar la fuerte acidez del suelo perjudicial para el buen balance en la nutrición del café.

Fuentes y dosis de Fertilizantes:

Urea: 4 bultos/ha

Fosforita Huila: 4 bultos/ha

Cloruro de Potasio: 4 bultos/ha

Agrimins menores: 1 bulto/ha

En planta adulta no exceder los 40 gramos de fertilizante por planta.

Época y forma de aplicación:

La época de aplicación está relacionada con las lluvias y curva de crecimiento del café. Lo recomendable es realizar tres fertilizaciones en las épocas siguientes:

1. mayo o junio, 2. agosto o septiembre, 3. octubre o noviembre

Las dos primeras realizarlas con fórmula completa, y la tercera con fuente de Nitrógeno (Urea, Sulfato de Amonio). Si por razones económicas, solo pueden hacerse dos aplicaciones, hágalo en las siguientes épocas y con los correspondientes fertilizantes.

- mayo/junio-----fuente Nitrogenada
- agosto/septiembre-----fórmula completa

Para lograr un mejor aprovechamiento del fertilizante, es necesario considerar lo siguiente:

- La mayor población de raíces absorbentes, se encuentra en los primeros 20 a 30 cm. de profundidad del suelo.
- De acuerdo a lo anterior, el fertilizante debe aplicarse a la mitad de distancia entre el tallo y la punta de las bandolas, esparciéndolo al voleo.
- El fertilizante debe quedar en contacto con el suelo húmedo, limpiando antes el monte y la hojarasca.
- En terrenos inclinados, colocarlo en la parte superior de la planta en forma de media luna, al voleo, para evitar que se lave la lluvia.
- No debe fertilizarse cafetales viejos y agotados porque no se logran los resultados deseados. Tampoco deben ser fertilizados aquellos que se recepan el próximo año.

Se recomienda consultar con el asesor técnico especializado en el cultivo.



ENTREGA DE RESULTADOS

INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS



CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014	Página	121 de 1
---------------	-----------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	-----------------

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Juan David Sanmiguel (ONF ANDINA)	Ciudad: Neiva	Dirección: Calle 5 # 15- 11 Altico
Teléfono: 316 434 9593	email: filiusdeus777@gmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: El mesón	Matriz: Suelo	N° Muestra: 436-15
Vereda: Primavera	ID cliente: Sitio 1, Punto 2	
Municipio: Neiva	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2015/11/30	
Cultivo: Café	Fecha análisis: 2015/12/07	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2015/12/18	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 534-15	

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	NUTRIMIENTO PUROS	REQUERIMIENTO kg.ha ⁻¹	MÉTODO
pH	-	4.5	-	-	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	2.95	N	90	NTC 5403 método B
C.I.C.	cmol ⁺ .kg ⁻¹	38.64	-	-	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	2.39	P ₂ O ₅	30	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	1.34	Ca	30	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.35	Mg	18	
Sodio (Na)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	1.12	-	-	
Potasio (K)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.84	K ₂ O	80	
Bases Totales (BT)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	3.65	-	-	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	9.45	-	-	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	7.0	S	15	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	114.75	-	-	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	1.15	Mn	7	
Cobre (Cu)	ppm	0.10	Cu	4	
Cinc (Zn)	ppm	0.34	Zn	4	
Boro (B)	ppm	0.66	-	-	H ₂ O Caliente
Acidez intercambiable	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.84	Cal	700	NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	3.82	-	-	Relación catiónica
Relación (Ca + Mg)/K	-	2.01	-	-	
Relación Mg/K	-	0.42	-	-	
TEXTURA	Clase	F	Franco		Organoléptico

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

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

NOTA 3: Los datos del cliente y la información son suministrados por quien radica la muestra en el Laboratorio.

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio

FIN DEL INFORME

Observaciones:

El suelo es extremadamente ácido, bajo en fósforo, bajo en saturación de bases y en bases totales. Presenta alta concentración de aluminio intercambiable y de hierro, los cuales se deben neutralizar para evitar efectos negativos sobre el crecimiento de las raíces y su toxicidad en el suelo. Presenta alta capacidad de intercambio catiónico conferida por el nivel de materia orgánica y los complejos arcillo – húmicos constitutivos del suelo.

Recomendación:

Incorporar Cal dolomita en dosis de 700 kg/ha para neutralizar la fuerte acidez del suelo perjudicial para el buen balance en la nutrición del café.

Fuentes y dosis de Fertilizantes:

Urea: 3.5 bultos/ha

Fosforita Huila: 4 bultos/ha

Cloruro de Potasio: 3 bultos/ha

Agrimins menores: 1 bulto/ha

En planta adulta no exceder los 40 gramos de fertilizante por planta.

Época y forma de aplicación:

La época de aplicación está relacionada con las lluvias y curva de crecimiento del café. Lo recomendable es realizar tres fertilizaciones en las épocas siguientes:

1. mayo o junio,
2. agosto o septiembre,
3. octubre o noviembre

Las dos primeras realizarlas con fórmula completa, y la tercera con fuente de Nitrógeno (Urea, Sulfato de Amonio). Si por razones económicas, solo pueden hacerse dos aplicaciones, hágalo en las siguientes épocas y con los correspondientes fertilizantes.

- mayo/junio-----fuente Nitrogenada
- agosto/septiembre-----fórmula completa
-

Para lograr un mejor aprovechamiento del fertilizante, es necesario considerar lo siguiente:

- La mayor población de raíces absorbentes, se encuentra en los primeros 20 a 30 cm. de profundidad del suelo.
- De acuerdo a lo anterior, el fertilizante debe aplicarse a la mitad de distancia entre el tallo y la punta de las bandolas, esparciéndolo al voleo.
- El fertilizante debe quedar en contacto con el suelo húmedo, limpiando antes el monte y la hojarasca.
- En terrenos inclinados, colocarlo en la parte superior de la planta en forma de media luna, al voleo, para evitar que se lave la lluvia.
- No debe fertilizarse cafetales viejos y agotados porque no se logran los resultados deseados. Tampoco deben ser fertilizados aquellos que se recepan el próximo año.

Se recomienda consultar con el asesor técnico especializado en el cultivo.



ENTREGA DE RESULTADOS

INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS



CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014	Página	123 de 1
---------------	-----------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	-----------------

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Juan David Sanmiguel (ONF ANDINA)	Ciudad: Villavieja	Dirección: Calle 5 # 15- 11 Altico
Teléfono: 316 434 9593	email: filiusdeus777@gmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: Arenoso	Matriz: Suelo	N° Muestra: 437-15
Vereda: Líbano	ID cliente: Sitio 2, Punto 1	
Municipio: Villavieja	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2015/11/30	
Cultivo: Pasto	Fecha análisis: 2015/12/07	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2015/12/18	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 535-15	

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	NUTRIMIENTO PUROS	REQUERIMIENTO kg.ha ⁻¹	MÉTODO
pH	-	8.3	-	-	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	0.27	N	150	NTC 5403 método B
C.I.C.	cmol ⁺ .kg ⁻¹	21.0	-	-	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	412.76	-	-	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	19.33	-	-	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	2.48	Mg	15	
Sodio (Na)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.51	-	-	
Potasio (K)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	1.06	K ₂ O	120	
Bases Totales (BT)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	23.39	-	-	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	>100	-	-	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	10.86	S	10	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	1.48	Fe	10	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	7.41	-	-	
Cobre (Cu)	ppm	0.11	Cu	3	
Cinc (Zn)	ppm	0.88	Zn	3	
Boro (B)	ppm	0.82	-	-	H ₂ O Caliente
Acidez intercambiable	cmol ⁺ .kg ⁻¹	-	-	-	NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	7.79	-	-	Relación catiónica
Relación (Ca + Mg)/K	-	20.48	-	-	
Relación Mg/K	-	2.33	-	-	
TEXTURA	Clase	AF	Arenoso franco		Organoléptico

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

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

NOTA 3: Los datos del cliente y la información son suministrados por quien radica la muestra en el Laboratorio.

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio

FIN DEL INFORME

Observación:

Suelo medianamente alcalino, bajos contenidos de materia orgánica, altos niveles de fósforo y saturación de bases, especialmente relacionada con saturación de calcio. Presenta deficiencias de microelementos excepto boro.

Recomendación:

Aplicar gallinaza compostada y estabilizada al suelo o abono Ceagrodex en cantidad de 4 ton/ha para mejorar el nivel de materia orgánica en el suelo.

Fuentes y dosis de fertilizantes:

Urea: 6.5 bultos/ha

Cloruro de Potasio: 4 bultos/ha

Sulfato de hierro, cobre y cinc: Aplicar vía edáfica en forma de quelatos al suelo o por vía foliar.

Época y forma de aplicación de los fertilizantes:

Fraccionar la aplicación de los fertilizantes durante la época de crecimiento del pastizal preferiblemente al inicio del periodo de lluvias.

Aplicar el fertilizante al voleo preferiblemente con máquina esparcidora para mayor uniformidad en la distribución.

Consultar con el asistente técnico del cultivo.



ENTREGA DE RESULTADOS

INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS



CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014	Página	125 de 1
---------------	-----------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	-----------------

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Juan David Sanmiguel (ONF ANDINA)	Ciudad: Gigante	Dirección: Calle 5 # 15- 11 Altico
Teléfono: 316 434 9593	email: filiusdeus777@gmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: La Esperanza	Matriz: Suelo	N° Muestra: 438-15
Vereda: Alto Tres Esquinas	ID cliente: Sitio 3, Punto 1	
Municipio: Gigante	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2015/11/30	
Cultivo: Frijol, Maíz	Fecha análisis: 2015/12/07	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2015/12/18	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 536-15	

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	NUTRIMIENTO PUROS	REQUERIMIENTO kg.ha ⁻¹ Maíz	MÉTODO
pH	-	5.1	-	-	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	0.82	N	120	NTC 5403 método B
C.I.C.	cmol ⁺ .kg ⁻¹	19.12	-	-	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	52.19	P ₂ O ₅	40	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	4.57	Ca	25	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.96	Mg	20	
Sodio (Na)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.87	-	-	
Potasio (K)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.80	K ₂ O	110	
Bases Totales (BT)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	7.21	-	-	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	37.71	-	-	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	15.55	S	10	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	240.72	-	-	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	3.21	Mn	7	
Cobre (Cu)	ppm	3.13	-	-	
Cinc (Zn)	ppm	8.35	-	-	H ₂ O Caliente
Boro (B)	ppm	0.47	-	-	
Acidez intercambiable	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.92	Cal	800	NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	4.74	-	-	Relación catiónica
Relación (Ca + Mg)/K	-	6.88	-	-	
Relación Mg/K	-	1.20	-	-	
TEXTURA	Clase	FA	Franco arenoso		Organoléptico

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

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

NOTA 3: Los datos del cliente y la información son suministrados por quien radica la muestra en el Laboratorio.

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio

FIN DEL INFORME

Observación:

El suelo es fuertemente ácido por aluminio intercambiable y bajo contenido de bases totales. Presenta alta concentración de hierro que puede alcanzar niveles tóxicos afectando el normal desarrollo de la plantación.

Recomendación:

Mezclar 3 ton/ha de gallinaza con 800 kg de cal dolomita e incorporar al suelo por hectárea para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo y neutralizar la acidez intercambiable por aluminio.

Fuentes y dosis de fertilizantes:

Urea: 3.5 bultos/ha

Fosforita Huila: 5 bultos/ha

Cloruro de Potasio: 3.5 bultos/ha

Sulfato de manganeso: aplicar en lo posible en forma de quelatos al suelo.

Época y forma de aplicación

Aplicar el total de la fosforita al inicio de la siembra y fraccionar la aplicación del resto de los fertilizantes en cuatro (4) aplicaciones, preferiblemente antes del periodo de lluvias o con abastecimiento de riego para llevar el suelo a la humedad de capacidad de campo.

La fertilización realizarla a lo largo del surco de siembra en forma de banda y de manera uniforme.

Consultar con el asistente técnico del cultivo.



ENTREGA DE RESULTADOS

INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS



CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014	Página	127 de 1
---------------	-----------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	-----------------

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Juan David Sanmiguel (ONF ANDINA)	Ciudad: Gigante	Dirección: Calle 5 # 15- 11 Altico
Teléfono: 316 434 9593	email: filiusdeus777@gmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: El Paraíso	Matriz: Suelo	N° Muestra: 439-15
Vereda: Alto Corozal	ID cliente: Sitio 3, Punto 2	
Municipio: Gigante	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2015/11/30	
Cultivo: Mora	Fecha análisis: 2015/12/07	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2015/12/18	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 537-15	

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	NUTRIMIENTO PUROS	REQUERIMIENTO kg.ha ⁻¹	MÉTODO
pH	-	5.0	-	-	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	1.02	N	80	NTC 5403 método B
C.I.C.	cmol ⁺ .kg ⁻¹	32.81	-	-	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	26.69	P ₂ O ₅	40	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	4.11	Ca	30	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.78	Mg	12	
Sodio (Na)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.08	-	-	
Potasio (K)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.56	K ₂ O	80	
Bases Totales (BT)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	5.54	-	-	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	16.89	-	-	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	16.34	S	10	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	209.50	-	-	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	0.90	Mn	7	
Cobre (Cu)	ppm	0.12	Cu	3	
Zinc (Zn)	ppm	1.80	Zn	3	
Boro (B)	ppm	0.85	-	-	H ₂ O Caliente
Acidez intercambiable	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.78	Cal	700	NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	5.28	-	-	Relación catiónica
Relación (Ca + Mg)/K	-	8.69	-	-	
Relación Mg/K	-	1.38	-	-	
TEXTURA	Clase	F	Franco		Organoléptico

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

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

NOTA 3: Los datos del cliente y la información son suministrados por quien radica la muestra en el Laboratorio.

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio

FIN DEL INFORME

Observaciones:

Suelo muy fuertemente ácido con baja saturación de bases. Presenta acidez intercambiable por aluminio y alta concentración de hierro, los cuales pueden alcanzar niveles tóxicos para el cultivo.

Recomendación:

Incorporar Cal dolomita en cantidad de 700 kg/ha para neutralizar la acidez por aluminio y balancear los nutrientes del suelo. La cal dolomita también suple las deficiencias de calcio y magnesio en el suelo para la producción del cultivo de mora.

Fuentes y dosis de fertilizante:

Urea: 3.5 bultos/ha

Fosforita Huila: 6 bultos/ha

Sulfato de Potasio: 3 bultos/ha

Agrimins menores: 1 bulto/ha

Época y forma de aplicación:

Aplicar el total de la fosforita al inicio y fraccionar la aplicación del resto de los fertilizantes haciendo tres (3) aplicaciones al año preferiblemente antes del periodo de lluvias.

Consultar con el asistente técnico del cultivo.



ENTREGA DE RESULTADOS

INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS



CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014	Página	129 de 1
---------------	-----------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	-----------------

DATOS DEL CLIENTE

Solicitante: Juan David Sanmiguel (ONF ANDINA)	Ciudad: Villavieja	Dirección: Calle 5 # 15- 11 Altico
Teléfono: 316 434 9593	email: filiusdeus777@gmail.com	

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Finca: Buena Vista	Matriz: Suelo	N° Muestra: 440-15
Vereda: Líbano	ID cliente: Sitio 2, Punto 2	
Municipio: Villavieja	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2015/11/30	
Cultivo: Pastos	Fecha análisis: 2015/12/07	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2015/12/18	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 538-15	

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	NUTRIMIENTO PUROS	REQUERIMIENTO kg.ha ⁻¹	MÉTODO
pH	-	7.8	-	-	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	0.14	N	170	NTC 5403 método B
C.I.C.	cmol*.kg ⁻¹	27.00	-	-	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	80.30	-	-	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol*.kg ⁻¹	27.28	-	-	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol*.kg ⁻¹	3.78	Mg	15	
Sodio (Na)	cmol*.kg ⁻¹	0.50	-	-	
Potasio (K)	cmol*.kg ⁻¹	0.73	K ₂ O	140	
Bases Totales (BT)	cmol*.kg ⁻¹	32.28	-	-	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	>100	-	-	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	8.39	S	10	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	3.37	Fe	10	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	15.49	-	-	
Cobre (Cu)	ppm	0.24	Cu	3	
Zinc (Zn)	ppm	0.27	Zn	3	
Boro (B)	ppm	0.60	-	-	H ₂ O Caliente
Acidez intercambiable	cmol*.kg ⁻¹	-	-	-	NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	7.22	-	-	Relación catiónica
Relación (Ca + Mg)/K	-	42.72	-	-	
Relación Mg/K	-	5.20	-	-	
TEXTURA	Clase	FA	Franco arenoso		Organoléptico

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

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

NOTA 3: Los datos del cliente y la información son suministrados por quien radica la muestra en el Laboratorio.

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio

FIN DEL INFORME

Observación:

Suelo ligeramente alcalino, muy bajos contenidos de materia orgánica, altos niveles de fósforo y saturación de bases, especialmente relacionada con saturación de calcio. Presenta deficiencias de microelementos excepto boro.

Recomendación:

Aplicar gallinaza compostada y estabilizada al suelo o abono Ceagrodex en cantidad de 5 ton/ha para mejorar el nivel de materia orgánica en el suelo.

Fuentes y dosis de fertilizantes:

Urea: 7 bultos/ha

Cloruro de Potasio: 4.5 bultos/ha

Sulfato de hierro, cobre y cinc: Aplicar vía edáfica en forma de quelatos al suelo o por vía foliar.



Época y forma de aplicación de los fertilizantes:

Fraccionar la aplicación de los fertilizantes durante la época de crecimiento del pastizal preferiblemente al inicio del periodo de lluvias.

Aplicar el fertilizante al voleo preferiblemente con máquina esparcidora para mayor uniformidad en la distribución.

Consultar con el asistente técnico del cultivo.

Anexo 5. Resultados de los Análisis físicos de suelos

	ENTREGA DE RESULTADOS					
	INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS					
CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014	Página 131 de 158

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: ONF ANDINA	Ciudad: Neiva	Dirección: Calle 5 #15-11
Teléfono: 316 434 9593	email: filiusdeus777@gmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: Antofagosta	Matriz: Suelo	N° Muestra: 435-15
Vereda: San Miguel	ID cliente: sitio 1, punto 1	
Municipio: Neiva	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2015/11/30	
Cultivo: Café	Fecha análisis: 2015/12/04	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2015/12/07	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 533-15	

PARAMETROS FISICOS		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
Humedad a distintas tensiones (MPa)	Capacidad de campo (0.03)	% gravimetría	14.06	Membranas Richards
	Punto de marchitez permanente (1.5)		5.28	
Fracción mineral	Arena (A)	%	78.60	Bouyoucos
	Limo (L)		9.00	
	Arcilla (Ar)		12.40	
Textura		Franco arenoso		
Granulometría		g	-	Juego de tamices
Densidad aparente		g.cm ⁻³	1.52	Terrón parafinado
Densidad real		g.cm ⁻³	2.42	Picnómetro
Porosidad total		%	37.19	Relación de densidades
Estabilidad estructural (DPM)			1.63	Yoder
Límites de Atterberg (Líquido y plástico)			-	Cazuela de Casagrande
Coel			-	Estándar
Conductividad hidráulica saturada		m.dia ⁻¹	1.94	Pozo barrenado
Infiltración		cm.h ⁻¹	3.19	Anillos infiltrómetros

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

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

NOTA 3: Los datos del cliente y la información son suministrados por quien radica la muestra en el Laboratorio.


ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
 Coordinador Laboratorio

FIN DEL INFORME

**ENTREGA DE RESULTADOS****INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS**

CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014	Página	132 de 158
---------------	----------	----------------	---	-----------------	------	---------------	------------

DATOS DEL CLIENTE

Solicitante: ONF ANDINA	Ciudad: Neiva	Dirección: Calle 5 #15-11
Teléfono: 316 434 9593	email: filiusdeus777@gmail.com	

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Finca: El Mesón	Matriz: Suelo	N° Muestra: 436-15
Vereda: Primavera	ID cliente: sitio1 punto 2	
Municipio: Neiva	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2015/11/30	
Cultivo: Café	Fecha análisis: 2015/12/04	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2015/12/07	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 534-15	

PARAMETROS FISICOS		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
Humedad a distintas tensiones (MPa)	Capacidad de campo (0.03)	% gravimetría	73,52	Membranas Richards
	Punto de marchitez permanente (1.5)		46,48	
Fracción mineral	Arena (A)	%	68,70	Bouyoucos
	Limo (L)		20,90	
	Arcilla (Ar)		10,40	
Textura	Franco arenoso			
Granulometría	g	-	Juego de tamices	
Densidad aparente	g.cm ⁻³	0,96	Terrón parafinado	
Densidad real	g.cm ⁻³	2,12	Picnómetro	
Porosidad total	%	54,82	Relación de densidades	
Estabilidad estructural (DPM)		1.76	Yoder	
Límites de Atterberg (Líquido y plástico)		-	Cazuela de Casagrande	
Coef		-	Estándar	
Conductividad hidráulica saturada	m.dia ⁻¹	2.84	Pozo barrenado	
Infiltración	cm.h ⁻¹	64.65	Anillos infiltrómetros	

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

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

NOTA 3: Los datos del cliente y la información son suministrados por quien radica la muestra en el Laboratorio.

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio

FIN DEL INFORME

**ENTREGA DE RESULTADOS****INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS****CÓDIGO**

ER-FR-01

VERSIÓN

4

VIGENCIA

2014

Página133 de
158**DATOS DEL CLIENTE**

Solicitante: ONF ANDINA Ciudad: Neiva Dirección: Calle 5 #15-11

Teléfono: 316 434 9593 email: filiusdeus777@gmail.com



INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Finca: Arenoso	Matriz: Suelo	N° Muestra: 437-15
Vereda: Líbano	ID cliente: sitio 2 - punto 1	
Municipio: Villavieja	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2015/11/30	
Cultivo: Maíz	Fecha análisis: 2015/12/04	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2015/12/07	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 535-15	

PARAMETROS FISICOS		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
Humedad a distintas tensiones (MPa)	Capacidad de campo (0.03)	% gravimetría	16,56	Membranas Richards
	Punto de marchitez permanente (1.5)		6,85	
Fracción mineral	Arena (A)	%	86,70	Bouyoucos
	Limo (L)		7,90	
	Arcilla (Ar)		5,40	
Textura	Arenoso franco			
Granulometría	g	-	Juego de tamices	
Densidad aparente	g.cm ⁻³	1,52	Terrón parafinado	
Densidad real	g.cm ⁻³	2,48	Picnómetro	
Porosidad total	%	38.71	Relación de densidades	
Estabilidad estructural (DPM)		1.07	Yoder	
Límites de Atterberg (Líquido y plástico)		-	Cazuela de Casagrande	
Coef		-	Estándar	
Conductividad hidráulica saturada	m.dia ⁻¹	3.27	Pozo barrenado	
Infiltración	cm.h ⁻¹	34.06	Anillos infiltrómetros	

NOTA 1: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.**NOTA 2:** El presente informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin autorización del Coordinador del Laboratorio.**NOTA 3:** Los datos del cliente y la información son suministrados por quien radica la muestra en el Laboratorio.**ARMANDO TORRENTE TRUJILLO**
Coordinador Laboratorio

FIN DEL INFORME

	ENTREGA DE RESULTADOS						
	INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS						
CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014	Página	134 de 158

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: ONF ANDINA	Ciudad: Neiva	Dirección: Calle 5 #15-11
Teléfono: 316 434 9593	email: filiusdeus777@gmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: Sin Nombre	Matriz: Suelo	N° Muestra: 438-15
Vereda: Alto Corozal	ID cliente: sitio 3 - punto 1	
Municipio: Gigante	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2015/11/30	
Cultivo: Frijol	Fecha análisis: 2015/12/04	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2015/12/07	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 536-15	

PARAMETROS FISICOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
Humedad a distintas tensiones (MPa)	Capacidad de campo (0.03)	53,27	Membranas Richards
	Punto de marchitez permanente (1.5)	37,10	
Fracción mineral	Arena (A)	78,70	Bouyoucos
	Limo (L)	16,90	
	Arcilla (Ar)	4,40	
Textura	Arenoso franco		
Granulometría	g	-	Juego de tamices
Densidad aparente	g.cm ⁻³	1,22	Terrón parafinado
Densidad real	g.cm ⁻³	2,20	Picnómetro
Porosidad total	%	49,65	Relación de densidades
Estabilidad estructural (DPM)		1.78	Yoder
Límites de Atterberg (Líquido y plástico)		-	Cazuela de Casagrande
Coef		-	Estándar
Conductividad hidráulica saturada	m.dia ⁻¹	1.96	Pozo barrenado
Infiltración	cm.h ⁻¹	2.36	Anillos infiltrómetros

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



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

NOTA 3: Los datos del cliente y la información son suministrados por quien radica la muestra en el Laboratorio.



ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio

FIN DEL INFORME

	ENTREGA DE RESULTADOS						
	INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS						
CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014	Página	135 de 158

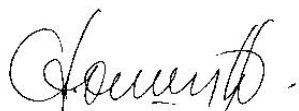
DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: ONF ANDINA	Ciudad: Neiva	Dirección: Calle 5 #15-11
Teléfono: 316 434 9593	email: filiusdeus777@gmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: El Paraíso	Matriz: Suelo	N° Muestra: 439-15
Vereda: Alto Corozal	ID cliente: sitio 3 - punto 2	
Municipio: Gigante	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2015/11/30	
Cultivo: Mora	Fecha análisis: 2015/12/04	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2015/12/07	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 537-15	

PARAMETROS FISICOS		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
Humedad a distintas tensiones (MPa)	Capacidad de campo (0.03)	% gravimetría	84,14	Membranas Richards
	Punto de marchitez permanente (1.5)		55,17	
Fracción mineral	Arena (A)	%	84,70	Bouyoucos
	Limo (L)		10,90	
	Arcilla (Ar)		4,40	
Textura	Arenoso franco			
Granulometría	G	-	Juego de tamices	
Densidad aparente	g.cm ⁻³	1,01	Terrón parafinado	
Densidad real	g.cm ⁻³	2,34	Picnómetro	
Porosidad total	%	47,72	Relación de densidades	
Estabilidad estructural (DPM)		1.67	Yoder	
Límites de Atterberg (Líquido y plástico)		-	Cazuela de Casagrande	
Coef		-	Estándar	
Conductividad hidráulica saturada	m.dia ⁻¹	3.07	Pozo barrenado	
Infiltración	cm.h ⁻¹	46.77	Anillos infiltrómetros	

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



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

NOTA 3: Los datos del cliente y la información son suministrados por quien radica la muestra en el Laboratorio.



ARMANDO TORRENTE TRUJILLO

FIN DEL INFORME

	ENTREGA DE RESULTADOS					
	INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS					
CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014	Página 136 de 158

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: ONF ANDINA	Ciudad: Neiva	Dirección: Calle 5 #15-11
Teléfono: 316 434 9593	email: filiuseus777@gmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: Buena Vista	Matriz: Suelo	N° Muestra: 440-15
Vereda: Líbano	ID cliente: sitio 2 - punto 2	
Municipio: Villavieja	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2015/11/30	
Cultivo: silvopastoril	Fecha análisis: 2015/12/04	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2015/12/07	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 538-15	

PARAMETROS FISICOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
Humedad a distintas tensiones (MPa)	Capacidad de campo (0.03)	%	Membranas Richards
	Punto de marchitez permanente (1.5)	gravimetría	
Fracción mineral	Arena (A)	%	Bouyoucos
	Limo (L)		
	Arcilla (Ar)		
Textura	Franco arenoso		
Granulometría	G	-	Juego de tamices
Densidad aparente	g.cm ⁻³	1,51	Terrón parafinado
Densidad real	g.cm ⁻³	2,58	Picnómetro
Porosidad total	%	41.47	Relación de densidades
Estabilidad estructural (DPM)		1.16	Yoder
Límites de Atterberg (Líquido y plástico)		-	Cazuela de Casagrande
Coef		-	Estándar
Conductividad hidráulica saturada	m.dia ⁻¹	5.43	Pozo barrenado
Infiltración	cm.h ⁻¹	3.18	Anillos infiltrómetros

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

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

NOTA 3: Los datos del cliente y la información son suministrados por quien radica la muestra en el Laboratorio.

Acuña

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio

FIN DEL INFORME

Anexo 6. Cuadro. Análisis físico de los suelos en los sistemas productivos estudiados.

Sistema Productivo	Horizonte Prof (cm)	Fracción mineral (%)	Textura	Estabilidad Estructural (DPM)	Densidad Real (g/cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad Total (%)	Humedad gravimétrica (%)			Infiltración (cm/h)	Conductividad Hidráulica (m/día)
								CC (MPa)	PMP (MPa)	AA		
Café sin Sombra	A 0-25	A: 78,60	Franco arenoso	1,63	2,42	1,52	37,19	14,06	5,28	8,78	3,19	1,94
		L: 9,00		Moderadamente estable			Muy baja					
		Ar: 12,40	Suelo liviano	Bajo								
café con Sombra	A 0-20	A: 68,70	Franco arenoso	1,76	2,12	0,96	54,82	73,52	46,48	27,04	64,65	2,84
		L: 20,90		Moderadamente estable			Satisfactoria					
		Ar: 10,40	Suelo liviano	Bajo								
Frijol Asociado a Maíz	A 0-20	A: 78,70	Arenoso franco	1,78	2,2	1,22	49,65	53,27	37,1	16,17	2,36	1,96
		L: 16,90		Moderadamente estable			Baja					
		Ar: 4,40	Suelo liviano	Bajo								
Mora	A 0-22	A: 84,70	Arenoso franco	1,67	2,34	1,01	47,72	84,14	55,17	28,97	46,77	3,07
		L: 10,90		Moderadamente estable			Baja					
		Ar: 4,40	Suelo liviano	Bajo								

Anexo 7. Análisis Químicos de los suelos en los sistemas productivos estudiados

Vereda			San Miguel		Primavera		Alto tres esquinas		Alto Corozal		MÉTODO
Sistema Productivo			Café Sin Sombra		Café con Sombra		Frijol asocio a Maíz		Mora de espinas		
PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	NUTRIMIENTO PUROS	REQUERIMIENTO kg.ha-1año	RESULTADOS	REQUERIMIENTO kg.ha-1año	RESULTADOS	REQUERIMIENTO kg.ha-1año	RESULTADOS	REQUERIMIENTO kg.ha-1año	RESULTADOS	
Horizonte	cm	-	-	A 0-25	-	A 0-20	-	A 0-20	-	A 0-22	-
pH	-	-	-	4.9	-	4.5	-	5.1	-	5.0	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	N	110	1.70	90	2.95	120	0.82	80	1.02	NTC 5403 método B
C.I.C	cmol+.kg-1	-	-	24.10	-	38.64	-	19.12	-	32.81	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	P ₂ O ₅	30	2.95	30	2.39	40	52.19	40	26.69	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol+.kg-1	Ca	30	1.88	30	1.34	25	4.57	30	4.11	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol+.kg-1	Mg	18	0.50	18	0.35	20	0.96	12	0.78	
Sodio (Na)	cmol+.kg-1	-	-	0.08	-	1.12	-	0.87	-	0.08	
Potasio (K)	cmol+.kg-1	K ₂ O	120	0.19	80	0.84	110	0.80	80	0.56	
Bases Totales (BT)	cmol+.kg-1	-	-	2.65	-	3.65	-	7.21	-	5.54	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	-	-	11.0	-	9.45	-	37.71	-	16.89	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	S	10	8.07	15	7.0	10	15.55	10	16.34	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	-	-	115.21	-	114.75	-	240.72	-	209.50	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	Mn	7	1.86	7	1.15	7	3.21	7	0.90	
Cobre (Cu)	ppm	Cu	5	0.00	4	0.10	-	3.13	3	0.12	
Cinc (Zn)	ppm	Zn	4	0.75	4	0.34	-	8.35	3	1.80	
Boro (B)	ppm	-	-	0.59	-	0.66	-	0.47	-	0.85	H ₂ O Caliente
Acidez intercambiable	cmol+.kg-1	Cal	800	1.00	700	0.84	800	0.92	700	0.78	NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	-	-	3.77	-	3.82	-	4.74	-	5.28	Relación catiónica
Relación (Ca + Mg)/K	-	-	-	12.45	-	2.01	-	6.88	-	8.69	
Relación Mg/K	-	-	-	2.61	-	0.42	-	1.20	-	1.38	
TEXTURA	Clase	Franco		F	Franco	F	Franco arenoso	FA	Franco	F	Organoléptico

Anexo 8. Formato para la toma de datos del Mini-Simulador de lluvias CIAT

FORMATO No. 1	
FICHA TECNICA PARA LA TOMA DE DATOS EN CAMPO DE SIMULACIONES DE LLUVIA	
FECHA	
SIMULACION NUMERO	
LOCALIDAD	
REPETICION	
TRATAMIENTO	
PENDIENTE GENERAL	
HUMEDAD INICIAL	
HUMEDAD FINAL	
INTENSIDAD	
ALTURA (micropendiente)	

Tiempo (min)	5	10	15	20	25	30	bandeja	Total
volumen aplicado (cc)								
volumen escorrentía (cc)								
volumen excesos (cc)								
volumen infiltrado (cc)								
erosion (P.F.V) g.								
erosion (P.F.V+S) g.								
erosion (suelo erodado) g.								
observaciones generales								
	P.C.V	P.C+S.H	P.C+S.S	%H				
Humedad inicio simulación								
Humedad final simulación								
Convenciones	(P.F.V)g peso frasco vacio (P.F.V+S)g peso frasco vacio más suelo P.C.V peso caja vacía P.C+S.H peso caja vacía más suelo húmedo P.C+S.S peso caja vacía más suelo seco %H porcentaje de humedad							

Anexo 9. Correlación Tratamiento 1 Cultivo 1

		intensidad	micropendiente	cobertura	láminaaplicada	láminaescorrentía	láminainfiltrada	erosión
intensidad	Correlación de Pearson	1	,096	-,343	,984**	,410	,984**	,999**
	Sig. (bilateral)		,856	,505	,000	,419	,000	,000
	Covarianza	859,962	10,787	-35,697	716,461	8,420	698,162	51,055
micropendiente	Correlación de Pearson	,096	1	-,535	,145	,163	,144	,108
	Sig. (bilateral)	,856		,274	,783	,757	,786	,838
	Covarianza	10,787	14,667	-7,267	13,821	,438	13,332	,722
Cobertura	Correlación de Pearson	-,343	-,535	1	-,328	,035	-,322	-,359
	Sig. (bilateral)	,505	,274		,526	,948	,534	,485
	Covarianza	-35,697	-7,267	12,567	-28,859	,086	-27,596	-2,217
láminaaplicada	Correlación de Pearson	,984**	,145	-,328	1	,564	1,000**	,982**
	Sig. (bilateral)	,000	,783	,526		,244	,000	,000
	Covarianza	716,461	13,821	-28,859	616,358	9,786	600,691	42,522
láminaescorrentía	Correlación de Pearson	,410	,163	,035	,564	1	,565	,404
	Sig. (bilateral)	,419	,757	,948	,244		,243	,427
	Covarianza	8,420	,438	,086	9,786	,489	9,557	,493
láminainfiltrada	Correlación de Pearson	,984**	,144	-,322	1,000**	,565	1	,982**
	Sig. (bilateral)	,000	,786	,534	,000	,243		,000
	Covarianza	698,162	13,332	-27,596	600,691	9,557	585,454	41,438
Erosión	Correlación de Pearson	,999**	,108	-,359	,982**	,404	,982**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,838	,485	,000	,427	,000	
	Covarianza	51,055	,722	-2,217	42,522	,493	41,438	3,040

Anexo 10. Correlación Tratamiento 2 Cultivo 1

		intensidad	micropendiente	cobertura	láminaaplicada	láminaesorrentía	láminainfiltrada	erosión
Intensidad	Correlación de Pearson	1	-,561	,063	,991**	,339	,990**	-,742
	Sig. (bilateral)		,246	,906	,000	,510	,000	,091
	Covarianza	709,442	-58,617	7,500	486,572	10,095	475,042	-19,474
Micropendiente	Correlación de Pearson	-,561	1	-,627	-,546	-,216	-,542	,724
	Sig. (bilateral)	,246		,182	,263	,680	,266	,104
	Covarianza	-58,617	15,367	-11,000	-39,414	-,947	-38,288	2,795
Cobertura	Correlación de Pearson	,063	-,627	1	,040	-,418	,042	-,162
	Sig. (bilateral)	,906	,182		,940	,410	,938	,759
	Covarianza	7,500	-11,000	20,000	3,281	-2,087	3,357	-,714
Láminaaplicada	Correlación de Pearson	,991**	-,546	,040	1	,311	1,000**	-,722
	Sig. (bilateral)	,000	,263	,940		,548	,000	,105
	Covarianza	486,572	-39,414	3,281	339,647	6,406	331,830	-13,115
Láminaesorrentía	Correlación de Pearson	,339	-,216	-,418	,311	1	,300	-,738
	Sig. (bilateral)	,510	,680	,410	,548		,564	,094
	Covarianza	10,095	-,947	-2,087	6,406	1,246	6,028	-,812
Láminainfiltrada	Correlación de Pearson	,990**	-,542	,042	1,000**	,300	1	-,714
	Sig. (bilateral)	,000	,266	,938	,000	,564		,111
	Covarianza	475,042	-38,288	3,357	331,830	6,028	324,247	-12,669
Erosión	Correlación de Pearson	-,742	,724	-,162	-,722	-,738	-,714	1
	Sig. (bilateral)	,091	,104	,759	,105	,094	,111	
	Covarianza	-19,474	2,795	-,714	-13,115	-,812	-12,669	,971

Anexo 11. Correlación Tratamiento 3 Cultivo 2

		intensidad	micropendiente	cobertura	láminaaplicada	láminaesorrentía	láminainfiltrada	erosión
Intensidad	Correlación de Pearson	1	-,648	-,440	,995**	,607	,994**	,595
	Sig. (bilateral)		,164	,382	,000	,201	,000	,213
	Covarianza	934,567	-27,300	-92,733	708,525	195,898	666,096	140,385
Micropendiente	Correlación de Pearson	-,648	1	,021	-,575	-,063	-,590	,102
	Sig. (bilateral)	,164		,968	,233	,906	,217	,847
	Covarianza	-27,300	1,900	,200	-18,448	-,912	-17,828	1,085
Cobertura	Correlación de Pearson	-,440	,021	1	-,450	-,852*	-,417	-,884*
	Sig. (bilateral)	,382	,968		,371	,031	,411	,019
	Covarianza	-92,733	,200	47,467	-72,145	-61,965	-62,965	-47,014
Láminaaplicada	Correlación de Pearson	,995**	-,575	-,450	1	,621	,999**	,637
	Sig. (bilateral)	,000	,233	,371		,188	,000	,173
	Covarianza	708,525	-18,448	-72,145	542,556	152,605	509,761	114,593
Láminaesorrentía	Correlación de Pearson	,607	-,063	-,852*	,621	1	,582	,913*
	Sig. (bilateral)	,201	,906	,031	,188		,226	,011
	Covarianza	195,898	-,912	-61,965	152,605	111,378	134,567	74,324
Láminainfiltrada	Correlación de Pearson	,994**	-,590	-,417	,999**	,582	1	,608
	Sig. (bilateral)	,000	,217	,411	,000	,226		,201
	Covarianza	666,096	-17,828	-62,965	509,761	134,567	480,229	102,768
Erosión	Correlación de Pearson	,595	,102	-,884*	,637	,913*	,608	1
	Sig. (bilateral)	,213	,847	,019	,173	,011	,201	
	Covarianza	140,385	1,085	-47,014	114,593	74,324	102,768	59,559

Anexo 12. Correlación Tratamiento 4 Cultivo 2

		intensidad	micropendiente	cobertura	láminaaplicada	láminaescorrentía	láminainfiltrada	erosión
Intensidad	Correlación de Pearson	1	-,483	,472	,994**	,831*	,991**	,596
	Sig. (bilateral)		,332	,344	,000	,040	,000	,212
	Covarianza	742,300	-27,300	77,100	588,847	341,449	547,966	20,430
Micropendiente	Correlación de Pearson	-,483	1	-,652	-,457	,042	-,511	,197
	Sig. (bilateral)	,332		,161	,362	,938	,301	,708
	Covarianza	-27,300	4,300	-8,100	-20,623	1,302	-21,491	,515
Cobertura	Correlación de Pearson	,472	-,652	1	,513	,047	,558	-,348
	Sig. (bilateral)	,344	,161		,298	,929	,250	,499
	Covarianza	77,100	-8,100	35,900	66,798	4,289	67,802	-2,624
Láminaaplicada	Correlación de Pearson	,994**	-,457	,513	1	,824*	,997**	,560
	Sig. (bilateral)	,000	,362	,298		,044	,000	,247
	Covarianza	588,847	-20,623	66,798	472,957	270,185	440,292	15,335
Láminaescorrentía	Correlación de Pearson	,831*	,042	,047	,824*	1	,782	,901*
	Sig. (bilateral)	,040	,938	,929	,044		,066	,014
	Covarianza	341,449	1,302	4,289	270,185	227,516	239,306	17,091
Láminainfiltrada	Correlación de Pearson	,991**	-,511	,558	,997**	,782	1	,505
	Sig. (bilateral)	,000	,301	,250	,000	,066		,307
	Covarianza	547,966	-21,491	67,802	440,292	239,306	411,994	12,900
Erosión	Correlación de Pearson	,596	,197	-,348	,560	,901*	,505	1
	Sig. (bilateral)	,212	,708	,499	,247	,014	,307	
	Covarianza	20,430	,515	-2,624	15,335	17,091	12,900	1,583

Anexo 13. Correlación Tratamiento 5 Cultivo 3

			intensidad	láminaaplicada	láminaescorrentía	láminainfiltrada	erosión	micropendiente	cobertura
Rho de Spearman	Intensidad	Coefficiente de correlación	1,000	,765	,638	,765	,406	-,532	-,132
		Sig. (bilateral)		,077	,173	,077	,425	,277	,803
	Láminaaplicada	Coefficiente de correlación	,765	1,000	,754	1,000**	,174	-,282	,162
		Sig. (bilateral)	,077		,084		,742	,588	,759
	láminaescorrentía	Coefficiente de correlación	,638	,754	1,000	,754	,543	,247	-,406
		Sig. (bilateral)	,173	,084		,084	,266	,637	,425
	láminainfiltrada	Coefficiente de correlación	,765	1,000**	,754	1,000	,174	-,282	,162
		Sig. (bilateral)	,077		,084		,742	,588	,759
	Erosión	Coefficiente de correlación	,406	,174	,543	,174	1,000	,339	-,899*
		Sig. (bilateral)	,425	,742	,266	,742		,510	,015
	Micropendiente	Coefficiente de correlación	-,532	-,282	,247	-,282	,339	1,000	-,564
		Sig. (bilateral)	,277	,588	,637	,588	,510		,244
	Cobertura	Coefficiente de correlación	-,132	,162	-,406	,162	-,899*	-,564	1,000
		Sig. (bilateral)	,803	,759	,425	,759	,015	,244	

Anexo 14. Correlación Tratamiento 5 Cultivo 3

			intensidad	micropendiente	cobertura	láminaaplicada	láminaescorrentía	láminainfiltrada	erosión
Rho de Spearman	Intensidad	Coefficiente de correlación	1,000	,853*	,029	,943**	,714	,600	,029
		Sig. (bilateral)		,031	,957	,005	,111	,208	,957
	Micropendiente	Coefficiente de correlación	,853*	1,000	-,177	,736	,794	,147	,088
		Sig. (bilateral)	,031		,738	,096	,059	,781	,868
	Cobertura	Coefficiente de correlación	,029	-,177	1,000	,257	-,657	,086	-,886*
		Sig. (bilateral)	,957	,738		,623	,156	,872	,019
	Láminaaplicada	Coefficiente de correlación	,943**	,736	,257	1,000	,543	,657	-,257
		Sig. (bilateral)	,005	,096	,623		,266	,156	,623
	Láminaescorrentía	Coefficiente de correlación	,714	,794	-,657	,543	1,000	,314	,543
		Sig. (bilateral)	,111	,059	,156	,266		,544	,266
	Láminainfiltrada	Coefficiente de correlación	,600	,147	,086	,657	,314	1,000	,086
		Sig. (bilateral)	,208	,781	,872	,156	,544		,872
	Erosión	Coefficiente de correlación	,029	,088	-,886*	-,257	,543	,086	1,000
		Sig. (bilateral)	,957	,868	,019	,623	,266	,872	

Anexo. 15 Base de datos para estudio estadístico

Cultivo	tratamiento	intensidad	micropendiente	% de cobertura	lámina aplicada (mm/m ²)	lámina de escorrentía (mm/m ²)	lámina infiltrada (mm/m ²)	Erosión (gr/m ²)
1	1	120,3	35	38	93,461	0,705	92,756	5,406
1	1	120	40	33	104,132	2,145	101,987	5,34
1	1	107	35	30	81,485	0,31	81,175	4,628
1	1	61	40	35	45,635	0,194	45,441	1,795
1	1	63	38	35	51,387	0,791	50,596	2,153
1	1	65	30	40	52,488	1,003	51,485	2,015
1	2	69	30	25	53,956	8,418	45,538	7,242
1	2	66,4	26	42	49,403	0,217	49,186	3,851
1	2	61	24	33	45,407	0,56	44,847	6,088
1	2	101	40	35	81,412	1,325	80,087	2,464
1	2	119,3	30	50	95,065	0,651	94,414	0,995
1	2	120	40	30	89,445	48,643	40,802	25,733
2	3	70	14	70	52,539	0,104	52,435	3,313
2	3	68,5	22	65	53,276	0,282	52,994	3,639
2	3	74	12	75	56,657	1,035	55,622	1,907
2	3	120	12	70	92,068	0,384	91,684	1,999
2	3	120	12	75	84,986	0,162	84,824	2,011
2	3	118	13	65	85,086	3,002	82,084	0,993
2	4	122	13	30	92,177	28,095	64,082	19,645
2	4	120	12	27	87,458	24,724	62,734	18,096
2	4	116	10	40	81,266	9,57	71,696	2,381
2	4	66	13	30	46,088	12,896	33,192	9,176
2	4	56	14	45	40,825	0,203	40,622	1,118
2	4	71	13	34	48,57	21,854	26,716	8,68
3	5	112	23	65	85,137	36,939	48,198	4,011
3	5	115	18	70	85,735	22,348	63,387	3,073
3	5	116	18	78	89,307	12,519	76,788	1,081
3	5	64	22	68	50,756	0,821	49,935	0,996
3	5	64	21	70	45,406	0,032	45,374	1,096
3	5	66	21	60	45,621	0,16	45,461	1,777
3	6	71	30	40	48,45	0,188	48,262	0,366
3	6	65	34	30	44,558	2,568	41,99	1,292
3	6	65	34	25	44,558	2,206	42,352	3,835
3	6	111	34	30	87,26	33,047	54,213	3,471
3	6	113	30	35	84,421	7,3	77,121	1,618
3	6	118	31	20	80,975	10,51	70,465	17,926

ANEXO 16. Base de Datos simulaciones. Tratamiento 1

Cultivo	Tratamiento	Intensidad	Micropendiente	Humedad Inicial	Humedad Final	Cobertura	Tiempo	Lámina Aplicada mm/m ²	Lámina Escorrentía mm/m ²	Lámina Infiltrada mm/m ²	Perdida de suelo gr/m ²	Total de erosión por simulación
Café	1	120,3	35	42,7158	45,3780	38	5	10,385	0,065	8,616	0	5,406
	1	120,3	35			38	10	20,769	0,065	19,163	0	
	1	120,3	35			38	15	31,154	0,081	29,58	0	
	1	120,3	35			38	20	41,538	0,081	39,794	0,035	
	1	120,3	35			38	25	51,923	0,081	50,316	0	
	1	120,3	35			38	30	62,307	0,065	60,798	0	
	1	120,3	35			38	35	72,692	0,081	71,118	0	
	1	120,3	35			38	40	83,076	0,097	81,519	1,996	
	1	120,3	35			38	45	93,461	0,089	91,749	3,375	
	1	120	40	39,7004	44,0383	33	5	11,57	0,16	9,576	0,356	5,34
	1	120	40			33	10	23,14	0,185	21,188	0,434	
	1	120	40			33	15	34,711	0,084	32,927	0,104	
	1	120	40			33	20	46,281	0,269	44,295	0	
	1	120	40			33	25	57,851	0,353	55,73	0,614	
	1	120	40			33	30	69,421	0,438	67,191	0,757	
	1	120	40			33	35	80,991	0,067	79,157	0	
	1	120	40			33	40	92,561	0,084	90,761	0,903	
	1	120	40			33	45	104,132	0,505	101,843	2,172	
	1	107	35	41,6741	43,8316	30	5	9,054	0	7,162	0	4,628
	1	107	35			30	10	18,108	0	16,313	0	
	1	107	35			30	15	27,162	0	25,155	0	
	1	107	35			30	20	36,215	0,082	34,356	0	
	1	107	35			30	25	45,269	0	43,377	0	
	1	107	35			30	30	54,323	0	52,496	0	
	1	107	35			30	35	63,377	0,082	61,338	0	
	1	107	35			30	40	72,431	0,065	70,669	2,235	
	1	107	35			30	45	81,485	0,081	79,535	2,393	
	1	61	40	37,456	40,325	35	5	5,071	0	4,259	0	1,795
	1	61	40			35	10	10,141	0	9,022	0	
	1	61	40			35	15	15,212	0	14,319	0	
1	61	40	35			20	20,282	0	19,471	0		
1	61	40	35			25	25,353	0	24,379	0		
1	61	40	35			30	30,423	0,032	29,45	0,185		
1	61	40	35			35	35,494	0,032	34,602	0,258		
1	61	40	35			40	40,565	0,065	39,753	0,274		
1	61	40	35			45	45,635	0,065	44,824	1,078		

	1	63	38	38,461	40,512	35	5	5,71	0	5,22	0	2,153
	1	63	38			35	10	11,419	0	10,848	0	
	1	63	38			35	15	17,129	0	16,648	0	
	1	63	38			35	20	22,838	0,016	22,333	0	
	1	63	38			35	25	28,548	0	27,977	0	
	1	63	38			35	30	34,258	0	33,785	0	
	1	63	38			35	35	39,967	0,163	39,315	0	
	1	63	38			35	40	45,677	0,269	44,918	0,277	
	1	63	38			35	45	51,387	0,343	50,555	1,876	
	1	65	30			35,981	38,405	40	5	5,832	0	
	1	65	30	40	10			11,664	0	11,175	0	
	1	65	30	40	15			17,496	0,033	16,933	0,024	
	1	65	30	40	20			23,328	0,114	22,643	0,285	
	1	65	30	40	25			29,16	0	28,589	0	
	1	65	30	40	30			34,992	0,163	34,339	0,245	
	1	65	30	40	35			40,824	0,163	40,131	0,188	
	1	65	30	40	40			46,656	0,245	45,84	0,457	
	1	65	30	40	45			52,488	0,285	51,631	0,816	

ANEXO 17. Base de Datos simulaciones. Tratamiento 2 del Café

Cultivo	Tratamiento	Intensidad	Micropendiente	Humedad Inicial	Humedad Final	Cobertura	Tiempo	Lámina Aplicada mm/m ²	Lámina Escorrentía mm/m ²	Lámina Infiltrada mm/m ²	Perdida de suelo gr/m ²	Total de erosión por simulación
Café	2	69	30	35,8740	49,8163	25	5	5,995	0,669	4,584	0,095	7,242
	2	69	30			25	10	11,99	1,158	9,943	0,229	
	2	69	30			25	15	17,985	1,223	15,799	0,237	
	2	69	30			25	20	23,98	1,028	21,99	0,397	
	2	69	30			25	25	29,976	0,734	28,279	0,399	
	2	69	30			25	30	35,971	1,175	33,98	1,57	
	2	69	30			25	35	41,966	0,653	40,449	1,391	
	2	69	30			25	40	47,961	1,615	45,367	1,382	
	2	69	30			25	45	53,956	0,163	52,847	1,542	
	2	66,4	26			39,5693	51,6761	42	5	5,489	0	
	2	66,4	26	42	10			10,978	0	9,848	0	
	2	66,4	26	42	15			16,468	0	15,402	0	
	2	66,4	26	42	20			21,957	0	20,794	0	
	2	66,4	26	42	25			27,446	0	26,38	0	
	2	66,4	26	42	30			32,935	0	31,861	0	
	2	66,4	26	42	35			38,424	0,04	37,343	0,645	
	2	66,4	26	42	40			43,913	0,081	42,848	1,263	
	2	66,4	26	42	45			49,403	0,096	48,24	1,943	
	2	61	24	36,0330	40,2839			33	5	5,045	0,121	3,972
	2	61	24			33	10	10,09	0,04	9,162	0,607	
	2	61	24			33	15	15,136	0,048	14,119	0,038	
	2	61	24			33	20	20,181	0,047	19,139	0,689	
	2	61	24			33	25	25,226	0,048	24,193	0,681	
	2	61	24			33	30	30,271	0,04	29,181	0,749	
	2	61	24			33	35	35,316	0,04	34,162	0,692	
	2	61	24			33	40	40,362	0,048	39,232	0,78	
	2	61	24			33	45	45,407	0,128	43,293	1,803	
	2	101	40			30,1291	42,1551	35	5	9,046	0,118	1,919
	2	101	40	35	10			18,092	0,168	1,767	0,03	
	2	101	40	35	15			27,137	0,202	1,767	0,032	
2	101	40	35	20	36,183			0,151	1,851	0,036		
2	101	40	35	25	45,229			0,101	1,986	0,035		
2	101	40	35	30	54,275			0,135	1,952	0,058		
2	101	40	35	35	63,32			0,101	1,935	0,045		
2	101	40	35	40	72,366			0,168	1,851	0,845		
2	101	40	35	45	81,412			0,181	1,902	1,356		
2	119,3	30	35,9583	50,7829	50			5	10,563	0,073	9,152	0,003

	2	119,3	30			50	10	21,126	0,073	19,584	0,018	
	2	119,3	30			50	15	31,688	0,09	30,196	0,073	
	2	119,3	30			50	20	42,251	0,082	40,767	0,106	
	2	119,3	30			50	25	52,814	0,065	51,444	0,106	
	2	119,3	30			50	30	63,377	0,073	61,9	0,107	
	2	119,3	30			50	35	73,94	0,073	72,529	0,134	
	2	119,3	30			50	40	84,502	0,073	83,026	0,148	
	2	119,3	30			50	45	95,065	0,049	93,711	0,3	
	2	120	40			30	5	9,938	1,947	6,547	0,418	
	2	120	40			30	10	19,877	3,894	14,538	1,138	
	2	120	40			30	15	29,815	5,922	22,595	1,727	
	2	120	40			30	20	39,753	5,841	32,598	2,289	
	2	120	40	35,43	49,48	30	25	49,692	5,922	42,341	2,484	
	2	120	40			30	30	59,63	5,955	52,458	3,586	
	2	120	40			30	35	69,568	6,49	61,683	4,249	
	2	120	40			30	40	79,507	5,922	72,124	4,604	
	2	120	40			30	45	89,445	6,75	81,186	5,238	25,733

ANEXO 18. Base de Datos simulaciones. Tratamiento 3 Frijol

Cultivo	Tratamiento	Intensidad	Micropendiente	Humedad Inicial	Humedad Final	Cobertura	Tiempo	Lámina Aplicada mm/m ²	Lámina Escorrentía mm/m ²	Lámina Infiltrada mm/m ²	Perdida de suelo gr/m ²	Total de erosión por simulación
Frijol	3	70	14	29,00	41,41	70	5	5,838	0	5,27	0	3,313
	3	70	14			70	10	11,675	0,008	11,099	0	
	3	70	14			70	15	17,513	0,016	16,945	0	
	3	70	14			70	20	23,351	0,008	22,822	0	
	3	70	14			70	25	29,188	0,016	28,62	0	
	3	70	14			70	30	35,026	0	34,6	0	
	3	70	14			70	35	40,863	0,014	40,177	0	
	3	70	14			70	40	46,701	0,018	46,038	1,365	
	3	70	14			70	45	52,539	0,024	51,86	1,948	
	3	68,5	22			25,69	31,29	65	5	5,92	0	
	3	68,5	22	65	10			11,839	0	11,143	0	
	3	68,5	22	65	15			17,759	0	16,991	0	
	3	68,5	22	65	20			23,678	0	22,95	0	
	3	68,5	22	65	25			29,598	0	28,91	0	
	3	68,5	22	65	30			35,517	0,008	34,813	0	
	3	68,5	22	65	35			41,437	0,056	40,813	0	
	3	68,5	22	65	40			47,356	0,094	46,692	1,196	
	3	68,5	22	65	45			53,276	0,124	52,612	2,443	
	3	74	12	36,18	48,73			75	5	6,295	0	5,587
	3	74	12			75	10	12,59	0	11,804	0	
	3	74	12			75	15	18,886	0,079	17,926	0	
	3	74	12			75	20	25,181	0,118	24,205	0	
	3	74	12			75	25	31,476	0,157	30,453	0	
	3	74	12			75	30	37,771	0,147	36,741	0,02	
	3	74	12			75	35	44,067	0,164	43,24	0,201	
	3	74	12			75	40	50,362	0,173	49,323	0,472	
	3	74	12			75	45	56,657	0,197	55,595	1,214	
	3	120	12			34,83	44,14	70	5	10,23	0,016	9,27
	3	120	12	70	10			20,46	0,031	19,311	0	
	3	120	12	70	15			30,689	0,031	28,982	0	
	3	120	12	70	20			40,919	0,047	39,534	0	
	3	120	12	70	25			51,149	0,047	49,732	0	
	3	120	12	70	30			61,379	0,055	59,876	0	
	3	120	12	70	35			71,608	0,047	70,192	0	
	3	120	12	70	40			81,838	0,039	80,477	0,567	
	3	120	12	70	45			92,068	0,071	90,62	1,432	
3	120	12	27,08	41,39	75			5	9,443	0	7,633	0

	3	120	12			75	10	18,886	0	17,375	0	
	3	120	12			75	15	28,329	0	26,833	0	
	3	120	12			75	20	37,771	0	36,339	0	
	3	120	12			75	25	47,214	0	45,798	0	
	3	120	12			75	30	56,657	0	55,241	0	
	3	120	12			75	35	66,1	0	64,715	0	
	3	120	12			75	40	75,543	0,065	74,127	0,453	
	3	120	12			75	45	84,986	0,097	83,569	1,558	
	3	118	13			65	5	9,454	0,079	8,446	0	
	3	118	13			65	10	18,908	0,055	17,671	0	
	3	118	13			65	15	28,362	0,095	26,975	0	
	3	118	13			65	20	37,816	0,15	36,327	0	
	3	118	13	38,22	51,28	65	25	47,27	0,236	45,616	0,08	
	3	118	13			65	30	56,724	0,465	54,967	0,07	
	3	118	13			65	35	66,178	0,709	64,256	0,3	
	3	118	13			65	40	75,632	0,63	73,741	0,232	
	3	118	13			65	45	85,086	0,583	83,195	0,311	0,993

ANEXO 19. Base de Datos simulaciones. Tratamiento 4 Frijol

Cultivo	Tratamiento	Intensidad	Micropendiente	Humedad Inicial	Humedad Final	Cobertura	Tiempo	Lámina Aplicada mm/m ²	Lámina Escorrentía mm/m ²	Lámina Infiltrada mm/m ²	Perdida de suelo gr/m ²	Total de erosión por simulación
Frijol	4	122	13	38,46	45,73	30	5	10,242	0,15	8,682	0,099	19,645
	4	122	13			30	10	20,484	1,418	17,49	0,805	
	4	122	13			30	15	30,726	2,364	27,07	1,542	
	4	122	13			30	20	40,967	2,757	36,603	2,02	
	4	122	13			30	25	51,209	4,569	45,064	0,232	
	4	122	13			30	30	61,451	4,483	54,881	2,715	
	4	122	13			30	35	71,693	4,002	65,642	3,832	
	4	122	13			30	40	81,935	4,176	75,869	3,956	
	4	122	13			30	45	92,177	4,176	86,11	4,444	
	4	120	12			28,87	43,77	27	5	9,718	1,999	
	4	120	12	27	10			19,435	2,361	15,768	1,04	
	4	120	12	27	15			29,153	2,518	25,36	1,461	
	4	120	12	27	20			38,87	2,597	34,975	1,239	
	4	120	12	27	25			48,588	2,833	44,575	0,237	
	4	120	12	27	30			58,305	2,99	54,214	2,804	
	4	120	12	27	35			68,023	3,069	63,538	3,407	
	4	120	12	27	40			77,74	3,147	73,295	3,696	
	4	120	12	27	45			87,458	3,21	83,004	4,109	
	4	116	10	27,95	48,81			40	5	9,03	0,016	7,679
	4	116	10			40	10	18,059	0,149	16,402	0	
	4	116	10			40	15	27,089	0,769	24,827	0,198	
	4	116	10			40	20	36,118	0,864	33,668	0,082	
	4	116	10			40	25	45,148	1,021	42,588	0,153	
	4	116	10			40	30	54,177	1,46	51,131	0,196	
	4	116	10			40	35	63,207	1,727	59,909	0,261	
	4	116	10			40	40	72,236	1,837	68,829	0,353	
	4	116	10			40	45	81,266	1,727	77,968	1,138	
	4	66	13			34,92	49,60	30	5	5,121	0,055	4,357
	4	66	13	30	10			10,242	1,418	8,067	0,918	
	4	66	13	30	15			15,363	1,497	13,078	1,12	
4	66	13	30	20	20,484			1,552	18,112	0,914		
4	66	13	30	25	25,605			1,599	23,249	1,131		
4	66	13	30	30	30,726			1,639	28,331	1,262		
4	66	13	30	35	35,847			1,67	33,247	0,84		
4	66	13	30	40	40,967			1,725	38,297	1,289		
4	66	13	30	45	46,088			1,741	43,402	1,702		

	4	56	14	30,79	42,66	45	5	4,536	0	4,142	0	1,118
	4	56	14			45	10	9,072	0	8,678	0	
	4	56	14			45	15	13,608	0,024	13,033	0	
	4	56	14			45	20	18,145	0,029	17,474	0	
	4	56	14			45	25	22,681	0,039	22,105	0	
	4	56	14			45	30	27,217	0,032	26,633	0	
	4	56	14			45	35	31,753	0	31,161	0	
	4	56	14			45	40	36,289	0,024	35,713	0,084	
	4	56	14			45	45	40,825	0,055	40,139	1,034	
	4	71	13			33,50	45,76	34	5	5,397	0	
	4	71	13	34	10			10,793	1,134	8,824	0,731	
	4	71	13	34	15			16,19	2,285	13,102	0,841	
	4	71	13	34	20			21,587	2,679	18,12	0,336	
	4	71	13	34	25			26,983	3,23	22,871	1,045	
	4	71	13	34	30			32,38	2,836	28,756	0,8	
	4	71	13	34	35			37,777	3,388	33,522	1,013	
	4	71	13	34	40			43,173	3,151	39,234	1,41	
	4	71	13	34	45			48,57	3,151	44,631	2,504	

ANEXO 20. Base de Datos simulaciones. Tratamiento 5 Mora

Cultivo	Tratamiento	Intensidad	Micropendiente	Humedad Inicial	Humedad Final	Cobertura	Tiempo	Lámina Aplicada mm/m ²	Lámina Escorrentía mm/m ²	Lámina Infiltrada mm/m ²	Perdida de suelo gr/m ²	Total de erosión por simulación
Mora	5	112	23	47,68	61,44	65	5	9,46	3,006	4,93	0,293	4,011
	5	112	23			65	10	18,919	3,287	14,029	0,357	
	5	112	23			65	15	28,379	4,008	22,88	0,294	
	5	112	23			65	20	37,839	5,411	30,904	0,239	
	5	112	23			65	25	47,298	4,008	41,687	0,704	
	5	112	23			65	30	56,758	4,329	50,938	0,388	
	5	112	23			65	35	66,218	4,008	60,879	0,515	
	5	112	23			65	40	75,677	4,329	70,05	0,366	
	5	112	23			65	45	85,137	4,553	79,06	0,855	
	5	115	18			45,68	60,01	70	5	9,526	1,191	
	5	115	18	70	10			19,052	2,104	15,797	0,241	
	5	115	18	70	15			28,578	2,62	24,593	0,282	
	5	115	18	70	20			38,104	3,136	33,46	0,465	
	5	115	18	70	25			47,63	2,421	43,899	0,249	
	5	115	18	70	30			57,156	2,858	52,901	0,425	
	5	115	18	70	35			66,683	3,017	62,237	0,475	
	5	115	18	70	40			76,209	2,54	72,398	0,416	
	5	115	18	70	45			85,735	2,461	82,004	0,52	
	5	116	18	52,22	72,45			78	5	9,923	0,508	7,827
	5	116	18			78	10	19,846	1,191	17,068	0	
	5	116	18			78	15	29,769	0,905	26,276	0	
	5	116	18			78	20	39,692	0,635	37,469	0	
	5	116	18			78	25	49,615	2,183	45,844	0	
	5	116	18			78	30	59,538	2,104	55,847	0,16	
	5	116	18			78	35	69,461	2,064	66,095	0,226	
	5	116	18			78	40	79,384	2,58	75,216	0,358	
	5	116	18			78	45	89,307	0,349	87,513	0,337	
	5	64	22			54,85	64,94	68	5	5,64	0	5
	5	64	22	68	10			11,279	0,08	10,479	0,096	
	5	64	22	68	15			16,919	0,08	16,087	0,114	
	5	64	22	68	20			22,558	0,08	21,742	0,119	
	5	64	22	68	25			28,198	0,08	27,382	0,133	
	5	64	22	68	30			33,837	0,136	33,013	0,136	
	5	64	22	68	35			39,477	0,048	38,709	0,058	
	5	64	22	68	40			45,116	0,149	44,26	0,15	
	5	64	22	68	45			50,756	0,168	49,3	0,19	

	5	64	21	40,22	59,31	70	5	5,045	0	4,47	0	1,096
	5	64	21			70	10	10,09	0	9,515	0	
	5	64	21			70	15	15,135	0	14,385	0	
	5	64	21			70	20	20,18	0	19,43	0	
	5	64	21			70	25	25,226	0	24,475	0	
	5	64	21			70	30	30,271	0	29,536	0	
	5	64	21			70	35	35,316	0	34,565	0	
	5	64	21			70	40	40,361	0	39,563	0,515	
	5	64	21			70	45	45,406	0,032	44,656	0,581	
	5	66	21			46,74	66,28	60	5	5,069	0	
	5	66	21	60	10			10,138	0	9,42	0	
	5	66	21	60	15			15,207	0	14,569	0	
	5	66	21	60	20			20,276	0	19,558	0	
	5	66	21	60	25			25,345	0	24,627	0	
	5	66	21	60	30			30,414	0	29,736	0	
	5	66	21	60	35			35,483	0,032	34,773	0,458	
	5	66	21	60	40			40,552	0,048	39,866	0,535	
	5	66	21	60	45			45,621	0,08	44,823	0,784	

ANEXO 20. Base de Datos simulaciones. Tratamiento 6 Mora

Cultivo	Tratamiento	Intensidad	Micropendiente	Humedad Inicial	Humedad Final	Cobertura	Tiempo	Lámina Aplicada mm/m ²	Lámina Escorrentía mm/m ²	Lámina Infiltrada mm/m ²	Perdida de suelo gr/m ²	Total de erosión por simulación
Mora	6	71	30	49,53	61,59	40	5	5,383	0	4,568	0	0,366
	6	71	30			40	10	10,767	0	9,984	0	
	6	71	30			40	15	16,15	0	15,285	0	
	6	71	30			40	20	21,533	0	20,669	0	
	6	71	30			40	25	26,917	0	26,052	0	
	6	71	30			40	30	32,3	0	31,419	0	
	6	71	30			40	35	37,684	0,114	36,705	0,154	
	6	71	30			40	40	43,067	0,033	42,284	0	
	6	71	30			40	45	48,45	0,041	47,545	0,212	
	6	65	34	42,12	56,03	30	5	4,951	0,132	4,39	0,091	1,292
	6	65	34			30	10	9,902	0,173	9,316	0,068	
	6	65	34			30	15	14,853	0,289	13,97	0,111	
	6	65	34			30	20	19,804	0,289	18,904	0,055	
	6	65	34			30	25	24,755	0,289	23,855	0,073	
	6	65	34			30	30	29,705	0,38	28,699	0,086	
	6	65	34			30	35	34,656	0,322	33,691	0,05	
	6	65	34			30	40	39,607	0,314	38,683	0,214	
	6	65	34			30	45	44,558	0,38	43,551	0,544	
	6	65	34	45,11	55,57	25	5	4,951	0,041	4,522	0,003	3,835
	6	65	34			25	10	9,902	0,15	9,489	0,226	
	6	65	34			25	15	14,853	0,124	14,135	0	
	6	65	34			25	20	19,804	0,206	18,987	0,269	
	6	65	34			25	25	24,755	0,289	23,855	0,327	
	6	65	34			25	30	29,705	0,38	28,699	0,564	
	6	65	34			25	35	34,656	0,322	33,691	0,421	
	6	65	34			25	40	39,607	0,314	38,683	0,718	
	6	65	34			25	45	44,558	0,38	43,551	1,307	
	6	111	34	44,72	59,16	30	5	9,696	2,723	5,702	0	3,471
	6	111	34			30	10	19,391	3,713	13,945	0,38	
	6	111	34			30	15	29,087	4,126	23,377	0	
6	111	34	30			20	38,782	3,713	33,584	0,462		
6	111	34	30			25	48,478	3,754	43,238	0		
6	111	34	30			30	58,173	3,796	52,892	0,597		
6	111	34	30			35	67,869	3,796	62,588	0		
6	111	34	30			40	77,564	3,713	72,448	0,8		
6	111	34	30			45	87,26	3,713	82,012	1,232		

	6	113	30	41,77	59,66	35	5	9,38	0	8,401	0	1,618
	6	113	30			35	10	18,76	0	17,7	0	
	6	113	30			35	15	28,14	0,408	26,754	0	
	6	113	30			35	20	37,52	0,612	35,889	0	
	6	113	30			35	25	46,9	0,653	45,188	0	
	6	113	30			35	30	56,281	1,06	54,241	0	
	6	113	30			35	35	65,661	1,223	63,458	0	
	6	113	30			35	40	75,041	1,631	72,39	0,399	
	6	113	30			35	45	84,421	1,713	81,729	1,219	
	6	118	31			47,59	62,84	20	5	8,997	0	
	6	118	31	20	10			17,994	0,818	15,541	1,074	
	6	118	31	20	15			26,992	1,022	24,497	1,369	
	6	118	31	20	20			35,989	1,759	32,594	1,659	
	6	118	31	20	25			44,986	1,227	42,451	2,108	
	6	118	31	20	30			53,983	1,227	51,366	2,506	
	6	118	31	20	35			62,981	1,227	60,527	2,793	
	6	118	31	20	40			71,978	1,431	69,238	2,96	
	6	118	31	20	45			80,975	1,799	77,916	3,457	