



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

**ASTRID LORENA DUSSÁN
ADRIANA VARGAS NARVÁEZ**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NOVIEMBRE DE 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

**ASTRID LORENA DUSSÁN
ADRIANA VARGAS NARVÁEZ**

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 DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NOVIEMBRE DE 2007**

NOTA DE ACEPTACIÓN

RODRIGO PACHON BEJARANO
Ing. Agrónomo MSc.
Jurado

FABIO SALINAS TEJADA
Ing. Agrónomo M.Sc.
Jurado

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Ing. Agrícola Ph. D
Director

Neiva, Noviembre de 2007

DEDICATORIA

A mis padres César y Albinia por quienes cada esfuerzo tiene sentido y a quienes les debo todo lo que soy; por su ejemplo, esfuerzo y eterna confianza gracias, sé que nunca dejaron de creer en mí!!!

A mis hermanos Oscar, Javier, Patricia, Iván, Marcela y Néstor quienes me han apoyado incondicionalmente y cada uno a su manera.

A mi compañera Astrid porque sin su comprensión, apoyo y esfuerzo este trabajo no hubiese sido posible. Mil Gracias por soportarme!!!

A mis amigos: Danielinha, María, Pilata, Negríto, Vicente, Eduard, Carlos, Lucha, Jorge, Níco, Pacho, Ana María, Ruber, Hugo, Rolito (en la lejanía...) por haberme permitido compartir a su lado cada sonrisa y haber estado también en los instantes no tan felices...y a los demás también!!!

Al profe Jairo de Jesús Perea (R.E.P.D.) por ser el maestro, a quien aún le debo sus palabras de aliento en los momentos en los que sentí desfallecer y porque sigo convencida de su eterna amistad.

“...el tiempo no es el amo de nuestros sueños. Convertirlos en realidad es vivir y trascender a través de ellos...”

Adriana

DEDICATORIA

A mi mamá Yolanda Dussán, que gracias a su esfuerzo logro que uno de sus mayores sueños se cumpliera, por eso este triunfo se lo dedico a ella que es la persona que se lo merece, a mi hermana que a pesar de las circunstancias no puede estar conmigo, donde se encuentre estoy segura que se siente muy orgullosa de mí.

A mis abuelos Rita y Tulio que siempre soñaron con que algún día llegaría a ser profesional, a mi familia que siempre creyeron en mis capacidades y fortalezas para asumir los riesgos.

A mi hijo Manuel Santiago quien será el beneficiado de toda la experiencia adquirida en los caminos recorridos de mi vida profesional, a Pedro Nel por compartir las cosas buenas y malas que nos enseña la vida.

Adriana Vargas por su apoyo, esfuerzo y dedicación para lograr que este triunfo se hubiera hecho posible!!!

A mis amigos: Yina, Marcela, Diana, Paola, Juan José, Diego Olaya, Hernán, Roosevelt, por compartir con mígo momentos de alegría, tristezas y triunfos.

Astrid Lorena Dussán.

AGRADECIMIENTOS

Se expresa agradecimientos por parte de las autoras a:

CAMILO AUGUSTO AGUDELO PERDOMO, Ingeniero Agrónomo M.Sc, Director Técnico Proyecto Corredor Biológico y Director Externo de la Pasantía.

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO, Ingeniero Agrícola, Ph.D. en Ciencias agrarias, Profesor Titular Universidad Surcolombiana y Director Interno de la Pasantía.

JAVIER HERNÁN MANCHOLA CHAVARRO, Ingeniero Agrícola Esp., Jefe Proyecto FFEM – CORMAGDALENA, ONF Andina.

CARLOS ALBERTO CUELLAR MEDINA, Ingeniero Agrónomo, Director Administrativo Proyecto Corredor Biológico.

RODRIGO ALBERTO PACHÓN BEJARANO, Ingeniero Agrónomo, Jurado.

FABIO SALINAS TEJADA, Ingeniero Agrónomo, Jurado.

CARLOS EMILIO REINA GALEANO, Ingeniero Agrónomo MSc, Director del Instituto de Ensayos e Investigaciones de la Facultad de Ingeniería – IDEI, Universidad Surcolombiana.

GLADYS QUINO, Secretaria del Programa de Ingeniería Agrícola, Universidad Surcolombiana.

FREDY CARABALI MOSQUERA, Ingeniero Agrícola, Especialista en Manejo en Modelos de simulación EPIC y SWAT.

ONF ANDINA SUCURSAL COLOMBIANA DE ONF INTERNACIONAL.

EI FONDS FRANCAIS POUT L'ENVIRONNEMENT MONDIAL – FFEM

La CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA – CAM.

La CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL RÍO GRANDE DE LA MAGDALENA – CORMAGDALENA.

Los PROFESORES DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA que contribuyeron en el desarrollo de ésta investigación.

Todas aquellas personas y entidades que de una u otra forma contribuyeron en la realización de ésta investigación.

CONTENIDO

	<i>Pág.</i>
RESUMEN	15
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN	19
1. MARCO CONCEPTUAL	21
1.1 Erosión	21
1.1.1 Generalidades.....	21
1.1.2 Pérdidas de suelo.	22
1.1.3 Erosión en Colombia.	22
1.2 Investigaciones sobre Pérdidas de Suelo en Colombia	23
1.3 Parcelas de Escorrentía	25
1.3.1 Generalidades.....	25
1.3.2 Diseño experimental.	25
1.3.3 Tamaño de las parcelas	25
1.3.4 Material de construcción de las parcelas	25
1.3.5 Sistema de recolección de material para análisis.....	26
1.4 Modelos para la estimación de pérdidas de suelo	28
1.4.1 Ecuación Universal de Pérdida de Suelo – USLE	29
1.4.2 El modelo de simulación EPIC (Environmental Policy Integrated Climate).....	32
1.4.3 Proyecto Corredor Biológico entre los Parques Nacionales Naturales Puracé y Cueva de los Guácharos	33
1.4.4 Implementación de Sistemas Productivos Sostenibles	34
2. METODOLOGÍA	36
2.1 Localización	36
2.1.1 Municipio de Palestina	38
2.1.2 Municipio de Pitalito	38
2.2 MÉTODO	38
2.2.1 Parcelas de Escorrentía	38
2.3 Arreglos Productivos Implementados	42
2.3.1 Arreglos establecidos por el Proyecto Corredor Biológico	42
2.4 Estudios Realizados	45
2.4.1 Análisis de Suelos.....	45
2.4.2 Conductividad Hidráulica	45
2.4.3 Infiltración	47
2.4.4 Periodo de Muestreo	48
2.4.5 Metodología del Papel Filtro	49
2.4.6 Manejo de información para estimar la cantidad de sedimentos por parcela ...	51
2.5 Metodología para la determinación de pérdida de suelo aplicando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo - USLE.	51

2.5.1 Índice de Erosividad.....	51
2.5.2 Índice de Erodabilidad (K)	53
2.5.3 Factor longitud y gradiente de la pendiente (LS)	54
2.5.4 Factor C del cultivo	55
2.5.5 Factor de las prácticas de conservación (P)	56
3. ESTUDIOS REALIZADOS	57
3.1 Resultados de los Estudios	57
3.1.1 Análisis Físico de Suelos	57
3.1.2 Pruebas de Conductividad Hidráulica	58
4. RESULTADOS	62
4.1 Determinación de la pérdida de suelo aplicando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo – USLE	62
4.1.1 Análisis de Precipitación.....	62
4.1.2 Índice de Erodabilidad (k)	64
4.1.3 Factor Longitud y Gradiente de la Pendiente (LS).....	65
4.1.4 Factor C del Cultivo	66
4.1.5 Estimación de pérdida de suelos durante los meses de enero y abril del 2007, en las diferentes prácticas de manejo aplicando los modelos correspondientes al estudio.....	66
4.2 Determinación de la pérdida de suelo.....	70
4.2.1 Pérdida de Suelo en Parcelas con Tratamiento de Mora	70
4.2.2 Pérdidas por Escorrentía en Parcelas con Café	72
4.2.3 Pérdidas por Escorrentía en las parcelas de cultivo semestrales en la Vereda Pinos.....	73
4.2.4 Pérdidas por Escorrentía Parcelas de Ganadería	74
4.3. Determinación de pérdida de suelo mediante el uso del Modelo de simulación EPIC (Environmental Policy Integrated Climate)	76
4.3.1 Hidrología.....	76
4.3.2 Evapotranspiración	78
4.3.3 Clima	79
4.3.4 Descripción de las Corridas.....	79
4.3.5 Pérdida de Suelos Simuladas por el Modelo Epic.....	80
4.4 Diferencia en producción de sedimentos entre tratamientos evaluados con el EPIC	84
5. CONCLUSIONES	87
6. RECOMENDACIONES.....	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	95

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Modelos para estimar las pérdidas de suelo por erosión. _____	28
Tabla 2. Materiales utilizados para la construcción de las parcelas _____	39
Tabla 3. Sistemas productivos evaluados _____	42
Tabla 4. Distancia y densidad de siembra _____	44
Tabla 5. Clasificación de la Conductividad hidráulica del suelo _____	46
Tabla 6. Clasificación de la Infiltración _____	48
Tabla 7. Clasificación de los suelos de acuerdo con el Índice de Erodabilidad (k) determinado por el método de Paulet _____	54
Tabla 8. Determinación Factor LS _____	55
Tabla 9. Factor de C manejo de Cultivos _____	56
Tabla 10. Valores del factor P para la USLE _____	56
Tabla 11. Análisis físico de los suelos _____	58
Tabla 12. Propiedades hidrodinámicas de los suelos en las veredas Jericó y Pinos ____	60
Tabla 13. Precipitación mensual para las tres localidades experimentales _____	62
Tabla 14. Clasificación de llluvias _____	62
Tabla 15. Índices de Erosividad (R) mayores a 5 mm para las diferentes localidades ____	64
Tabla 16. Factor de Erodabilidad K para los diferentes localidades _____	65
Tabla 17. Determinación Factor LS _____	65
Tabla 18. Factor de cobertura (C) estimado para Parcela de Mora Tradicional y Barreras vivas _____	66
Tabla 19. Pérdida de Suelo en Ton/ha*mes Vereda Jericó _____	67
Tabla 20. Pérdida de Suelo en Ton/ha*mes en la Vereda Pinos _____	67
Tabla 21. Pérdida de Suelo en Ton/ha*mes en la Finca Marengo _____	68
Tabla 22. Pérdida de Suelo por escorrentía por el método USLE _____	69
Tabla 23. Perdida de suelo en parcela con cultivo de mora en la Vereda Jericó _____	70
Tabla 24. Perdida de suelo real parcela cultivo de Café en la vereda Jericó _____	73
Tabla 25. Pérdida de suelo real parcela cultivos semestrales _____	74
Tabla 26. Pérdida de suelo real tratamiento ganadería _____	75
Tabla 27. Total de Pérdidas de suelo real _____	76
Tabla 28. Grupo Hidrológico en función del potencial de escorrentía para la determinación del CN (Número de curva del Método S.C.S) _____	77

Tabla 29. Números de Curva CN para el método del S.C.S para suelos agrícolas cultivados _____	78
Tabla 30. Archivos de entrada del modelo EPIC para los tratamientos tradicionales y alternativos _____	80
Tabla 31. Pérdida de suelo simulada por el modelo EPIC sin calibrar _____	81
Tabla 32. Calibración del factor C del modelo EPIC _____	83
Tabla 33. Valores simulados con el Modelo EPIC calibrado _____	83
Tabla 34. Diferencia entre tratamientos convencionales y alternativos _____	84
Tabla 35. Costos por la pérdida de suelos _____	85
Tabla 36. Pérdida de suelo en el horizonte A _____	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización Departamento del Huila _____	36
Figura 2. Localización Municipios de Palestina y Pitalito _____	37
Figura 3. Sistema Alternativo: Mora con barreras vivas _____	42
Figura 4. Sistema silvopastoril: Ganadería Semiestabulada _____	43
Figura 5. Sistema café bajo sombra _____	44
Figura 6. Sistema cultivos semestrales (maíz asociado con frijol) _____	44
Figura 7. Método Auger Hole _____	46
Figura 8. Ubicación del Anillo Infiltrómetro en terreno con pendiente _____	47
Figura 9. Representación del movimiento del agua _____	61

LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Divisor GEIB _____	26
Foto 2. a) Divisor vertederos y b) Divisor Agujeros _____	27
Foto 3. a) Divisor de tubos Agujeros y b) Divisor de tubos _____	27
Foto 4. Divisor de caudales _____	27
Foto 5. Divisor de caudal en acrílico _____	40
Foto 6. Obras para la recolección de sedimentos en el Tratamiento Mora convencional	40
Foto 7. a) Parcela en Jericó Mora con barreras vivas y b) café bajo sombra _____	40
Foto 8. a) Vista general de Parcelas en la Vereda Pinos y b) Tratamiento semestral labranza cero _____	41
Foto 9. Parcela de ganadería semiestabulada en Finca Marengo y b) Detalle de bordes en madera _____	41
Foto 10. Instalación Pluviómetro _____	41
Foto 11. Montaje para prueba de conductividad hidráulica saturada _____	46
Foto 12. Montaje prueba de infiltración _____	47
Foto 13. Capacitación al personal en las Veredas Jericó y Pinos _____	49
Foto 14. Proceso de filtrado de muestras _____	49
Foto 15. Muestras recolectadas y proceso de filtrado de muestras _____	50
Foto 16. Resultados después del proceso de secado a la estufa. _____	50

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Movimiento interno del agua en a) Parcelas de la Vereda Jericó y b) parcelas de la Vereda Pinos _____	59
Gráfica 2. Infiltración Básica en parcelas con a) Tratamiento Mora con barreras vivas y b) Tratamiento Cultivo de Café Convencional _____	60
Gráfica 3. Infiltración Básica en parcelas con a) Tratamiento Cultivos semestrales labranza convencional y b) Tratamiento Cultivos semestrales labranza cero _____	61
Grafica 4. Clasificación de eventos pluviométricos _____	63
Grafica 5. a) Relación Erosividad Vs Intensidad 30 minutos, b) Relación Erosividad Vs Precipitación _____	63
Gráfica 6. Determinación pérdida de suelo vereda Jericó _____	67
Gráfica 7. Determinación perdida de suelo vereda Los Pinos _____	68
Grafica 8. Pérdida de Suelo en la Finca Marengo _____	68
Gráfica 9. Pérdidas de Suelo en parcelas con cultivo de Mora en la vereda Jericó _____	71
Gráfica 10. Pérdidas por escorrentía parcelas de café _____	72
Gráfica 11. Pérdidas por escorrentía parcelas de semestrales _____	74
Grafica 12. Pérdidas por escorrentía parcelas de ganadería _____	75
Gráfica 13. Pérdida de suelo estimada por el modelo Epic _____	81
Gráfica 14. Relación pérdida medida y simulada por el Modelo Epic _____	82
Gráfica 15. Calibración modelo Epic _____	84

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Análisis Físico y Químico de Suelos.....	96
Anexo B. Registro de Información de Recolección de Muestras.....	109
Anexo C. Registro Pluviométrico.....	111
Anexo D. Registros Pruebas de Conductividad Hidráulica.....	113
Anexo E. Factor Erosividad Finca Marengo – Municipio de Pitalito.....	116
Anexo F. Factor Erosividad Vereda Jericó – Municipio de Palestina.....	119
Anexo G. Factor Erosividad Vereda Pinos – Municipio de Palestina.....	122
Anexo H. Eventos pluviométricos en las zonas de estudio.....	125
Anexo I. Análisis Textural (Método de Bouyoucos).....	126
Anexo J. Clasificación de los suelos de acuerdo con el índice de erodabilidad (K) determinado por el método de Paulet.....	128
Anexo K. Clasificación de la estructura del suelo por tipo y clase, adoptada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A).....	130
Anexo L. Estimación de Pérdida de Suelos en Ton/ha/Mes en las diferentes veredas del municipio de palestina y PITALITO, presentadas en los meses de Enero hasta Abril. .	132
Anexo M. Parámetros estándares generales para la corrida del modelo Epic.....	143
Anexo N. Descripción de Perfiles.....	151
Anexo O. Costos de Producción.....	152

RESUMEN

Aproximadamente el 40% del territorio colombiano corresponde a zonas de ladera, donde está ubicada gran parte de la población y se producen cantidades importantes de alimentos y materias primas como café, fríjol, maíz, plátano, papa, trigo, cebada y yuca entre otros (D.N.P. 1990); éstas condiciones, sumadas con las condiciones generales hacen que esos suelos presenten un alto potencial de degradación por erosión.

El Proyecto Corredor Biológico es una estrategia orientada a desarrollar acciones de manejo del área. En el marco de esta estrategia se viene desarrollando el componente de implementación de Sistema Productivos Sostenibles, cuyo objetivo es modificar las prácticas productivas para la región caracterizado por la conservación de los valores ambientales. Para evaluar la efectividad de los cambios propuestos es necesario un sistema de monitoreo, en el caso de la erosión se debe cuantificar cual es el impacto real y simulado sobre la pérdida de suelo a través de la construcción de parcelas de escorrentía, y así determinar si efectivamente se disminuyen los niveles de erosión y en que magnitud lo hacen.

La investigación se basó en la medición de la pérdida de suelo a través del seguimiento a parcelas de escorrentía durante 4 meses, la cuantificación de la pérdida de suelo se realizó a través de la validación de modelos ya implementados en otros estudios como la Ecuación USLE, Perdidas reales y la validación del modelo Epic (Environmental Policy Integrated Climate); para este análisis se seleccionaron tres fincas que representaran el manejo tradicional y alternativo de los cultivos, estas se encuentran localizadas en el municipio de Palestina (vereda Jericó y Pinos) y Pitalito (Finca marengo), para un total de 27 parcelas instaladas .

En cada sitio donde se ubicaron las parcelas se tomaron muestras para análisis físico y químico del suelo, de igual forma para la medición de las pérdidas diarias de suelo y escorrentía se registraron los eventos pluviométricos, esto con el fin de cuantificar los sedimentos totales de los sistemas de recolección a través del método de papel filtro, tomando una muestra de agua de 100 ml la cual se analizo en el laboratorio. Adicional a la medición directa también se cálculo la pérdida de suelo (toneladas/hectárea) para cada evento pluviométrico de las zona por medio de los modelos ya mencionados.

Los eventos pluviales durante el periodo experimental en las tres localidades se clasifican como eventos suaves debido a los bajos niveles de precipitación, menores a 12.5 mm; el total de precipitaciones suaves para este lugar fue de 58 con un 95%, Indicando que el periodo de observación se realizo en un tiempo de baja precipitación.

Según el método de Paulet, los índices de erodabilidad en los suelos de la vereda Pinos presentan mayor susceptibilidad a erosión (0,163 Ton/ha), por otro lado los menores índices de erodabilidad se presentan en la vereda Jericó.

Según los resultados de pérdidas medidas, los mayores valores de erosión se presentaron en el cultivo de café convencional (1.14 tn/ha/año contra 0.73 tn/ha/año en Café bajo sombra), la diferencia se atribuye principalmente al manejo de la cobertura en los tratamientos. Adicionalmente un factor que influye de manera importante en las pérdidas de suelo es la ejecución de prácticas de limpieza en las parcelas.

La cobertura densa es la práctica más eficiente de conservación de suelos y aguas como lo muestran los resultados de la erosión en las parcelas del cultivo de mora; la erosión para el cultivo de mora convencional fue de 0.99 tn/ha-año contra 0.51 tn/ha-año del cultivo de mora con barreras vivas.

Los cultivos con prácticas de labranza cero presentaron pérdidas de suelo menores (0.37 tn/ha-año) que los cultivos con prácticas de manejo convencional (0.53 tn/ha-año), estos últimos incluyen quema y remoción de la cobertura y movimiento de la capa superficial del suelo dejándolo propenso a la erosión y al arrastre de sedimentos pendiente abajo. Las mayores diferencias entre labranza convencional y labranza cero se presentaron al inicio del cultivo.

En el tratamiento con ganadería extensiva la erosión fue similar al de ganadería semiestabulada, 0.33 y 0.31 tn/ha-año respectivamente, demostrando que el efecto de la intensidad de la lluvia combinado con las prácticas de manejo en los cultivos asociados al grado de cobertura tienen influencia importante en la pérdida de suelo superficial por escorrentía en las zonas de ladera.

En la simulación con el modelo Epic se obtienen las menores pérdidas en los tratamientos con ganadería seguido de los tratamientos con labranza cero y convencional, las mayores pérdidas se presentaron en el cultivo café y mora en Jericó, aunque con grandes diferencias entre los tratamientos convencionales y los alternativos propuestos.

El análisis económico mostró que los costos más altos por unidad de área lo representan las prácticas alternativas café bajo sombra, valor atribuido principalmente a que son sistemas productivos con mayor nivel de tecnificación y menor producción.

ABSTRACT

40 percent of Colombian land belong to slope zones where is located a large extent of people and where is produced important food quantities as coffee, beans, corn, potatoes, wheat, barley and yucca between others (D.N.P. 1990); this conditions plus general zone conditions make that this soils have a high level of degradation by erosion.

Biologic Corridor Project is a strategy aimed to develop areas management actions. Within the framework of the strategy it is developing the component of Supportable Productive Systems implementation which objective is modify regional productive practices characterized by environmental conservation. To evaluate suggested changes effectiveness is necessary a monitoring system, in the erosion case is necessary assess real and simulated impact in soil loss with runoff plots, and in this way determine if the erosion level is reduced and the magnitude of this reduction.

Investigation is based in the soil lost measurement with the plots monitoring by four months; the assess was made through the models validation as USLE, real soil lost and EPIC model. For this analysis were selected three farms that represent traditional and alternative crops use. Farms are located in Palestina (sidewalk Pinos y Jerico) and Pitalito (Marengo Farm) municipalities, altogether 27 plots.

At each place it was take a sample for the physic and chemical soil analysis. For the soil lost daily measurement and runoff was

At each site where placed the plots were sampled for chemical and physical analysis of soil, likewise for the measurement of daily losses of soil, runoff and precipitation events occurred, this in order to quantify the total sediment the collecting systems through the filter paper method, it was made taking a sample of 100 ml of water which was analyzed in the lab. In addition to direct measurement also calculate soil loss (tons / hectare) for each rainfall event of the area by way of the mentioned models.

The storm events during the trial period at the three locations are classified as soft events due to the low levels of precipitation smaller than 12.5 mm. Total soft rainfall for this place was 58 with a 95percent, indicating that the period of observation been carried out in a time of low rainfall.

According to the method of Paulet, erodability rates in soils of the sidewalk Pines have higher susceptibility to erosion (0163 tons / ha), on the other hand the lowest levels of erodability are presented on the sidewalk Jerico.

According to the results of losses measures, the greatest values of erosion occurred in the conventional coffee-growing (1.14 ton / ha / year against 0.73 ton / ha / year at Cafe shade), the difference is mainly attributable to coverage managing in treatments. Additionally, a factor that has a significant impact on the loss of soil is carrying out cleaning practices in the plots.

The dense coverage is the most efficient practice of soil and water conservation as shown by the results of the erosion in the plots of the blackberry crop; erosion for growing conventional blackberry was 0.99 tn / ha-year against 0.51 tn / ha-year blackberry cultivation with alive barriers.

Crops with zero tillage practices had soil lost minors (0.37 ton / ha-year) that crop with conventional management practices (0.53 ton / ha-año), the latter include burning and clearing of coverage and movement of the topsoil leaving it prone to erosion and carrying sediment downhill. The biggest difference between zero tillage and conventional tillage were presented at the beginning of the crop.

Simulation with EPIC model show the lower losses in livestock treatments followed by treatment with zero tillage and conventional, the greatest losses were submitted in growing coffee and blackberry in Jerico, but with significant differences between conventional treatments and the alternative proposed.

Economic analysis showed that higher costs per unit area is represented in alternative practices coffee under shade, value attributed mainly because they are productive systems with a higher level of technical expertise and lower production.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso básico para el sostenimiento de nuestra región, su inadecuada utilización lo convierte en un recurso insostenible que paulatinamente lleva al empobrecimiento y al deterioro del medio ambiente.

Las causas, formas y dinámicas de la erosión son variadas; la búsqueda de máximos beneficios a corto plazo de la agricultura y la ganadería intensiva se ha convertido en la principal causa de degradación de este recurso natural. Algunas prácticas características de la agricultura intensiva, en incremento en los últimos tiempos, están propiciando un aumento de la presión y degradación de nuestros suelos.

Estos procesos degenerativos del suelo, especialmente en las zonas de ladera, tienen un amplio efecto en las cuencas del territorio nacional donde se presentan altos porcentajes de degradación por erosión, remoción en masa y/o sedimentación, entre las cuales se destaca la Cuenca del Río Magdalena con valores muy altos de degradación.

Por esta razón diversas entidades han desarrollado múltiples investigaciones acerca de este fenómeno y las prácticas que favorecen la conservación del recurso suelo; estas investigaciones han conducido a la formulación e implementación de estrategias en zonas donde se presenta gran presión por las prácticas indebidas de manejo y explotación. El Proyecto Corredor Biológico entre los Parques Nacionales Naturales Puracé y Cueva de los Guácharos –PCB- ha considerado uno de sus ejes centrales la estrategia de sistemas productivos sostenibles, como una forma de contribuir a la conservación de la diversidad biológica y cultural, y a su vez al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades, mediante el conocimiento y manejo de los ecosistemas naturales y los sistemas de producción agropecuaria.

Los sistemas de producción representan unidades en las que los agricultores toman las decisiones para garantizar el bienestar de la familia a partir de la explotación de los recursos naturales; cualquier estrategia que pretenda garantizar procesos de conservación con los productores, deberá considerar la importancia de los sistemas productivos, entender su funcionamiento, identificar sus deficiencias (tanto ambientales como económicas) y realizar propuestas concretas para mejorar la eficiencia de estos sistemas en su capacidad de reproducir el bienestar social y garantizar la conservación de los recursos.

Una de las variables de mayor importancia en la evaluación ambiental de sistemas productivos es el nivel de erosión ocasionado, puesto que la pérdida de suelo representa uno de los mayores impactos sobre el medio ambiente. La medición del grado de erosión puede ser hecha a través de métodos teóricos o empíricos y

de modelos experimentales. En relación a los modelos experimentales, uno de los más conocidos son las parcelas de escorrentía, estas involucran la captación del caudal líquido y sólido y ofrecen ventajas por su sencilla implementación y su alto grado de precisión. Sin embargo, requieren especial atención en su calibración y validación a las condiciones locales específicas.

El objetivo del presente trabajo es determinar las pérdidas de suelo en 8 arreglos productivos implementados por el proyecto Corredor Biológico, y evaluar la efectividad de sistemas productivos convencionales y alternativos con implementación de prácticas de conservación de suelos.

Con este trabajo se pretende disponer de información precisa de la erosión y su relación con los arreglos productivos evaluados, que sirva como soporte para la toma de decisiones de política hacia toda la región de la cuenca del Alto Magdalena.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1 Erosión

1.1.1 Generalidades.

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 (Duque y Escobar, 2002).

Para efectos del presente trabajo se tomo tres definiciones que consideran adecuadas y complementarias para la definición de erosión: una de las primeras definiciones de erosión de suelos fue hecha por Ellison (1947), afirmando que es un proceso de separación y transporte de materiales del suelo por agentes erosivos. Mutchler *et al.*, (1988) definieron la erosión como el desprendimiento, depósito y transporte de materiales del suelo por agentes erosivos. Según Kirkby y Morgan (1984) la erosión es la remoción del material superficial por acción del viento o el agua.

Los principales protagonistas de la erosión son el impacto de las gotas de lluvia que genera el desprendimiento por salpicadura, compacta el suelo, reduciendo la infiltración y aumentando la escorrentía; y la capacidad hidráulica del flujo superficial sobre una pendiente capaz de acarrear los sedimentos.

Según Meyer y Harmon (1984) la erosión del suelo causada por el agua se produce en tres etapas: 1) Las partículas de suelo son desprendidas por el impacto de las gotas de lluvia o por la acción del agua de escorrentía; 2) estas partículas desprendidas son arrastradas ladera abajo por la corriente del agua; 3) las partículas de suelo quedan depositadas en nuevos lugares. La primera etapa corresponde a la erosión como tal; la segunda corresponde a la pérdida de suelo y la última a la acumulación de sedimentos. Dado lo anterior es importante tener en cuenta que estos tres términos, que generalmente se utilizan de forma deliberada, tienen distintos significados en la tecnología de la erosión de suelos (Mitchel y Bubenzer, 1980).

1.1.2 Pérdidas de suelo.

Muchos procesos de nuestra agricultura tradicional exigen la remoción de la vegetación y otras prácticas que generan pérdidas de suelo en laderas y el depósito de sedimentos en los cursos de agua; éstas pérdidas de suelo repercuten en una gran cantidad de problemas, siendo los más importantes el descenso de la productividad de los suelos y la colmatación de las fuentes hídricas aguas abajo.

Los factores que actúan en la generación de la pérdida de suelo son los siguientes:

- Lluvia
- Morfometría del área vertiente
- Suelo
- Cobertura vegetal

La interacción entre las variables anteriormente mencionadas ha sido estudiada con métodos analíticos y modelos físicos. De estos estudios han resultado criterios generales aplicables a la determinación de una pérdida media de suelo anual en función de la lluvia media anual y la cobertura vegetal, o fórmulas elaboradas entre las cuales la más utilizada es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), propuesta por Wischmeier & Smith en 1958 con base en experiencias realizadas en los Estados Unidos desde 1917. Las variables utilizadas por la Formula son determinadas por el lugar y diferentes en cada caso, por lo tanto, la interacción de dichas variables conduce a resultados muy aproximados a la realidad de la zona estudiada.

La pérdida de suelo agrícola a nivel mundial debido a procesos erosivos se estima entre 6 y 7 millones de hectáreas por año registrándose una pérdida adicional anual de 1,5 millones de hectáreas por encharcamiento inundaciones, salinización y alcalinización (Brundtland et al., 1987, citado por FAO, 2005).

1.1.3 Erosión en Colombia.

Aproximadamente el 40% del territorio colombiano corresponde a zonas de ladera, donde está ubicada gran parte de la población y se producen cantidades importantes de alimentos y materias primas como café, fríjol, maíz, plátano, papa, trigo, cebada y yuca entre otros (D.N.P. 1990); éstas condiciones, sumadas con las condiciones generales hacen que esos suelos presenten un alto potencial de degradación por erosión.

Con base en un estudio de diagnóstico ambiental sobre la degradación de suelos y tierras (formaciones superficiales y rocas) por erosión, remoción en masa y sedimentación en Colombia (IDEAM, 2000), se puede estimar que un 48% del territorio colombiano en su extensión continental presenta algún grado de degradación por los anteriores procesos, de los cuales el 14.2% presenta una muy alta degradación, el 10.8% una alta degradación, el 8.9% una degradación moderada, el 9.5% una degradación baja y el 4.6% una muy baja degradación; las cuencas del territorio nacional tienen altos porcentajes de degradación por erosión, remoción en masa y/o sedimentación, entre las cuales se destaca la Cuenca del Río Magdalena, con un valor del 95% de degradación por erosión, remoción en masa y/o sedimentación, en más del 75% de su extensión.

Los principales factores responsables del acelerado proceso erosivo en Colombia son de orden natural, de manera especial el clima, el relieve y la naturaleza de las formaciones superficiales. Las áreas que presentan erosión superficial en mayor intensidad coinciden con zonas donde se presentan lluvias agresivas, mientras que los movimientos en masa se localizan con mayor frecuencia en zonas de relieve quebrado, de formaciones superficiales deleznable o con una estructura desfavorable (Lecarpentier *et al.*, 1977).

FAO (1983) reporta que los procesos de erosión en Colombia se deben a diversos factores entre ellos las malas prácticas de explotación agrícola y forestal. La pérdida de suelo se acelera cuando se cultivan tierras situadas en altas pendientes o se eliminan las coberturas vegetales, al igual que cuando se permite el sobrepastoreo o se talan indiscriminadamente los bosques.

Para poder cuantificar las pérdidas de suelo en una zona particular se debe realizar la determinación de las características específicas de cada región que permiten validar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo; las variables se logran a través de informaciones básicas como el relieve, la erosividad de la lluvia y la erodibilidad del suelo. Otras deben obtenerse por medio de la experimentación lo que permite obtener una serie de datos con significación estadística; las parcelas de escorrentía, por ser un trabajo llevado a cabo en campo, arrojan resultados con una gran aproximación a la situación real de la zona estudiada (FAO, 2005).

1.2 Investigaciones sobre Pérdidas de Suelo en Colombia

En el país se han realizado múltiples estudios sobre pérdida de suelos en las zonas de ladera, principalmente en café. Suárez (1996), determinó las pérdidas de suelo por erosión en cultivos de semibosque (café), densos (caña) y transitorios (yuca y piña), bajo diferentes sistemas de manejo. Observó que el uso (tipo de

cultivo), tiene que ver con las mayores o menores pérdidas de suelo por erosión. Las mayores pérdidas promedio de suelos durante 5 años fueron para el cultivo de la yuca ($3,52 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), mientras las menores pérdidas promedio fueron para la caña ($0,45 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), sin embargo la información sigue siendo muy limitada y no es suficiente para apoyar los procesos de toma de decisiones en el sector agropecuario.

Suárez de Castro (1951) determinó las pérdidas de suelo en terrenos desyerbados con azadón y machete en suelos Dystropepts. Los resultados del estudio muestran como los mayores promedios anuales de pérdidas de suelo por erosión ($429,57$ y $14,67 \text{ t/ha/año}$), se presentan donde se usa como herramienta de desyerba el azadón. Estas pérdidas se consideran de muy altas ($14,67 \text{ t/ha/año}$) a muy severas ($429,57 \text{ t/ha/año}$). También realizó un estudio para diferentes cultivos con varios sistemas de manejo (Rodríguez, Uribe y Suárez de Castro, 1962), el objetivo del estudio es evaluar el comportamiento del cultivo de café y los pastos en la protección de los suelos contra la erosión y las pérdidas de agua por escorrentía.

Uribe (1970) Determinó las pérdidas comparativas de suelo por erosión, durante 2,5 años, en cultivos de café Borbón al sol con una pendiente del 60%, en un suelo derivado de cenizas volcánicas (*melanudands*). El estudio demostró como las pérdidas de suelo donde se usa herbicidas en forma generalizada, son tres veces mayores que donde se usa el azadón.

En 1982 se realizó el estudio de las Pérdidas de suelo por erosión en cafetales al sol con manejo integrado de arvenses con 60% de pendiente por Gómez y Rivera.

Corpoica (2006) desarrolló la investigación titulada Comportamiento de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en la Orinoquía colombiana donde se determinó el coeficiente de erosividad R de las lluvias para la Orinoquía (1161) clasificando la precipitación con una capacidad erosiva media alta. El índice de erodabilidad K también fue hallado (0,082) clasificando el suelo como ligeramente erodable. Paralelamente fueron hallados los coeficientes de cultivo C para maíz (0.34), pasto (0.02), arroz (0.27) y soya (0.24), observándose una relación inversa entre el porcentaje de cobertura y el valor de este parámetro. Finalmente se determinó la pérdida total de suelo mediante USLE y se encontró que las pérdidas son menores en el tratamiento con pasto que en el suelo desnudo.

En Cenicafé se llevó a cabo una investigación titulada Evaluación del riesgo por erosión potencial de la zona cafetera central del departamento de Caldas en el 2006. Se encontró que cerca del 90% del área de estudio es susceptible a pérdidas de suelo superiores a 25 tn/ha-año (Ramírez, 2006).

1.3 Parcelas de Escorrentía

1.3.1 Generalidades.

Las parcelas de escorrentía son unidades delimitadas que permiten medir la escorrentía y la pérdida de suelo en un área determinada; una utilización validada está en los estudios comparativos, por ejemplo para probar o demostrar o tener una indicación aproximada del efecto en la escorrentía o en la erosión, o una comparación con la existencia o no de una cubierta del suelo o la cuantía de la escorrentía en la cima y en la base de una ladera, otro uso posible es para obtener datos que se van a emplear para construir o para validar un modelo o ecuación destinado a predecir la escorrentía o la pérdida de suelo (Hudson, 1997).

1.3.2 Diseño experimental.

En estas investigaciones es de gran importancia tener suficientes repeticiones, para estimar adecuadamente el error experimental y la variación en los tratamientos. Este es el error causado por variaciones desconocidas o incontrolables del suelo, del cultivo, del tratamiento o del equipo, que producen diferencias teóricas a mediciones idénticas; en las parcelas de escorrentía existen las mismas fuentes posibles agronómicas de error a las que se agregan aquellas que pueden surgir de la instalación o funcionamiento del equipo en las parcelas. En consecuencia, tres repeticiones deben considerarse como un mínimo absoluto, efectuándose más de ser posible (Hudson, 1997).

1.3.3 Tamaño de las parcelas

La dimensión de la parcela viene determinada por el tratamiento, el sistema de recogida de la pérdida de suelo y/o la escorrentía, el tamaño de las parcelas puede variar entre 1 y 100 m² y se debe establecer el adecuado según el objetivo (bien sea una simple comparación de dos tratamientos o para ensayos de prácticas de cultivo, efectos de la cobertura, rotaciones y cualquier otra práctica que se pudiera aplicar en las parcelas de la misma manera que ocurre en el campo), siempre que el efecto no sea afectado por el tamaño de la parcela.

1.3.4 Material de construcción de las parcelas

Se han utilizado muchos materiales para construir los bordes de las parcelas, como márgenes de tierra, paredes de ladrillo o de hormigón, láminas de madera, y tiras de metal, amianto-hormigón o plástico. Normalmente se instalan

permanentemente durante la vida de las parcelas, pero algunas veces se han utilizado límites desmontables para permitir el paso a través de la parcela.

1.3.5 Sistema de recolección de material para análisis

Al diseñar el tamaño y la capacidad del sistema colector se deben tener en cuenta dos factores. El sistema debe tener la capacidad para el manejo y control del caudal máximo probable y almacenar la cantidad de escorrentía máxima probable, por lo que se debe proyectar un sistema de recolección de muestras que permita la medición de eventos extremos.

En las parcelas pequeñas toda la escorrentía va a parar a un único sistema colector donde se almacena hasta medirla, extraer muestras y registrarla. En parcelas de mayor tamaño, o cuando se prevén grandes caudales de escorrentía, es poco práctico almacenar la totalidad de la escorrentía y se utiliza algún dispositivo para dividirla con exactitud de manera que una fracción conocida se pueda separar y almacenar.

Un dispositivo ampliamente utilizado en los Estados Unidos durante muchos años es el divisor GEIB (Hudson, 1997), que está constituido por cierto número de ranuras rectangulares iguales. El agua que pasa a través de la ranura central se recoge y almacena, mientras que la que pasa a través de las otras ranuras se deja correr (Foto 1). Esto exige un alto grado de precisión en la fabricación, por lo que se han concebido otros sistemas más sencillos.



Foto 1. Divisor GEIB

Entre estos cabe mencionar una serie de vertederos triangulares, o filas verticales de agujeros perforados en una lámina de acero Foto 2 a) y b) o una serie de tuberías incorporadas a la pared de los recipientes como en las Foto 3 a) y b). Cualquiera de estos dispositivos se puede construir para tomar una muestra de entre la quinta y la vigésima parte del caudal total.

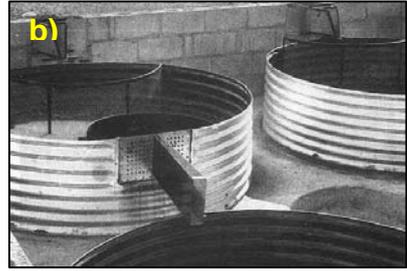
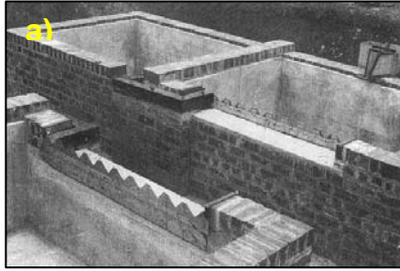


Foto 2. a) Divisor vertederos y b) Divisor Agujeros



Foto 3. a) Divisor de tubos Agujeros y b) Divisor de tubos

Otro método consiste en dividir la corriente sucesivamente por la mitad y luego volverla a dividir por la mitad todas las veces que sea necesario. Dos partidores que dividen por mitad dan una muestra de un cuarto, tres dan una muestra de un octavo y cuatro dan una muestra de un dieciseisavo. Esto implica el empleo de más tuberías y canales, pero los propios divisores pueden ser muy sencillos si sólo tienen que dividir la corriente en dos, como se muestra en los ejemplos de las Foto 4.

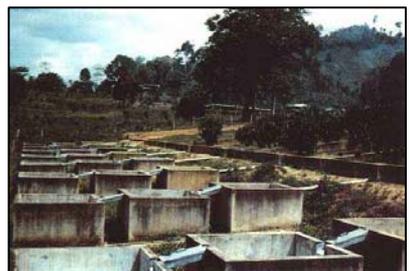
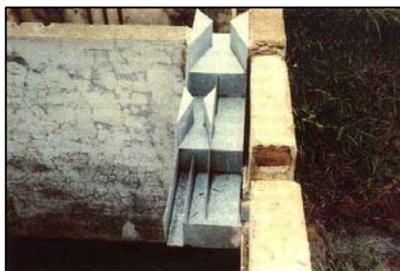


Foto 4. Divisor de caudales

El sistema de división de caudales se ha demostrado como uno de los más prácticos por los volúmenes de agua a almacenar, además que no presentan inconvenientes a la hora de la recolección de muestras de suelo a estudiar.

1.4 Modelos para la estimación de pérdidas de suelo

Las técnicas de predicción de pérdidas de suelo se han desarrollado a lo largo de muchos años como resultado de la creciente adquisición de conocimientos relativos a los procesos que intervienen la erosión, sus causas y consecuencias.

Algunas veces la forma más sencilla de calcular el efecto de un proceso físico consiste en utilizar una ecuación establecida, o fórmulas, o diagramas. La tendencia actual es la de recurrir a todos esos medios auxiliares y modelos de soluciones, los que tienden a ser cada vez más complicados y, consecuentemente, dependen de computadores para llevar a cabo los procesos matemáticos.

Existen varios modelos con diferentes grados de complejidad para predecir la erosión a nivel de suelo, parcelas, campo y cuencas (tabla 1). Estos modelos varían en sus requerimientos de insumos y en su habilidad de predicción. A continuación se presentan algunos modelos de estimación de pérdidas de suelos por erosión ilustrando su área de aplicación:

Tabla 1. Modelos para estimar las pérdidas de suelo por erosión.

NECESIDAD DE DATOS	MODELO	APLICACIÓN
BAJO	USLE (Ecuación universal de Pérdida de Suelo)	Pérdida media de suelo en relación con cultivos específicos.
	RUSLE (USLE revisada/modificada)	Pérdida media de suelo en relación con cultivos específicos.
GRAN NECESIDAD DE DATOS	AGNPS (Contaminación de fuentes agrícolas no localizadas)	Hidrología, erosión.
	ANSWER (simulación de respuestas ambientales en cuencas hidrográficas de fuentes zonales no localizadas)	Hidrología – Erosión
	CREAMS (Erosión química y escorrentía de los sistemas de ordenación agrícola)	Hidrología, erosión.
	EPIC (Calculador del efecto erosión/productividad)	Hidrología, erosión, ciclo de nutrientes, ordenación de cosechas, suelos, economía.
	SWAN (Modelo de cuencas hidrográficas pequeñas)	Procesos hidrológicos, sedimentos, nutrientes y plaguicidas.
	SWAT (Instrumento de evaluación de suelos y aguas)	Procesos hidrológicos, sedimentos, nutrientes y plaguicidas.
	SWRRB (Simulador para recursos hídricos en cuencas rurales)	Balance hídrico, procesos hidrológicos y sedimentación.
	WEPP (Proyecto de predicción de la erosión hídrica)	Procesos hidrológicos y procesos de sedimentación.

1.4.1 Ecuación Universal de Pérdida de Suelo – USLE

Esta Ecuación ha representado un instrumento valioso y eficaz durante casi cuarenta años. Sus buenas cualidades han inducido a que se intente utilizarla con fines para los que no estaba concebida, lo que ha motivado a veces que sea objeto de críticas injustificadas. Hubo un momento en que esto indujo al autor del sistema a explicar cómo se debería y cómo no se debería utilizar (Wischmeier 1976). Su finalidad es muy sencilla y concreta. Proporciona un cálculo de la media de la pérdida anual de suelo bajo diversas condiciones de cultivo. La aplicación de este cálculo tiene por objeto dar a los agricultores y a los técnicos en conservación de suelos la posibilidad de elegir combinaciones de usos de la tierra, prácticas de cultivo y prácticas de conservación, para que el suelo mantenga la pérdida de suelo a un nivel aceptable (Wischmeier 1976).

Entre las cosas que la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo no pretende hacer son las siguientes:

Predecir la cantidad total de sedimentos de una cuenca hidrográfica, porque no incluye relaciones de depósito y de distribución.

Predecir la pérdida de suelo resultante de una única tormenta porque los factores son promedios a largo plazo que atenúan las grandes variaciones.

Predecir la pérdida de suelo fuera del ámbito de su propia base de datos sin determinar valores diferentes adecuados correspondientes a los factores (si por ejemplo, el factor de la pendiente sólo se ha determinado experimentalmente hasta un 16%; la extrapolación más allá de esta cifra debe probarse por medio de estudios experimentales).

Utilizarse como un instrumento de investigación preciso para estudiar los procesos de la erosión.

Considerarla como una ecuación matemática que puede resolverse para uno de los datos, por ejemplo, midiendo la pérdida de suelo, calculando todos los factores excepto K y resolviendo luego la ecuación para K.

La ecuación se presenta en la forma:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Donde:

A es la media de la pérdida anual de suelo en toneladas por hectárea.

R es una medida de las fuerzas erosivas de las precipitaciones y la escorrentía.

K es el factor de erosionabilidad del suelo, es decir, una cifra que refleja la susceptibilidad de un tipo de suelo a la erosión o sea la recíproca de la resistencia del suelo a la erosión.

L es el factor de longitud, una relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo de una longitud específica de 22,6 metros.

S es el factor de manejo, relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo de pendiente específica del 9%.

C es un factor de manejo de los cultivos, relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo sometido a un tratamiento estándar de barbecho.

P es el factor de la práctica de conservación, una relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo al que no se aplica ninguna práctica de conservación, es decir, arado en el sentido de la pendiente.

Los factores L, S, C y P son cada uno de ellos relaciones sin dimensión que permiten comparar el lugar que se está estudiando con condiciones estándar de la base de datos. R, el factor de erosividad, se calcula por el método del índice de erosión (EI_{30}) que es la suma de la energía cinética de cada tormenta expresada en MJ/ha (Estandar Estados Unidos), multiplicada por la cantidad máxima de lluvia en un período de 30 minutos expresada en cm/h en los EE.UU.

K, el factor de erosionabilidad, es la pérdida media de suelo en toneladas por hectárea para cada unidad del R métrico calculado por el método EI_{30} . En efecto, las unidades de K se eligen arbitrariamente, de modo que al multiplicarlas por R en sus unidades no convencionales, el producto se da en toneladas por hectárea.

El factor de erosividad R es empírico, pero el concepto de basarlo en la energía y la intensidad de las precipitaciones ha sido ratificado en muchos países. Las primeras veces que se intentó aplicar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en los trópicos se llegó a predicciones alarmantemente elevadas de pérdida de suelo; la razón de esto era que la base de datos de los valores de la energía de las precipitaciones obtenidos en los Estados Unidos no abarcaban las elevadas intensidades de las lluvias tropicales y la extrapolación dio motivo a crasos errores. Como resultado de ello, se hicieron múltiples intentos para hallar otros estimadores empíricos de la erosividad; estudios posteriores de las precipitaciones de alta intensidad en países de todo el mundo establecieron valores más realistas para la energía de las precipitaciones de alta intensidad, que se han incorporado

actualmente a la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. En su forma actual el cálculo de los valores de erosividad es probable que sea razonable para la mayor parte de los regímenes de precipitaciones.

El factor de erodabilidad del suelo K es probablemente menos transferible, dado que varios estudios han demostrado que el nomograma de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo no es aplicable a muchos suelos tropicales y subtropicales (Vanelson *et al.* 1984). Los cuatro factores incorporados al nomograma son el porcentaje de limo mas arena muy fina, el contenido de materia orgánica, la estructura del suelo y la permeabilidad. Es probable que la causa de la discrepancia se origine en que el contenido de limo y de arena muy fina y el de materia orgánica sean inferiores en los suelos tropicales que en los suelos de textura media de la región centro occidental de los Estados Unidos. La única manera segura de establecer valores locales de K consiste en utilizar las parcelas de escorrentía en condiciones uniformes de barbecho. Es aceptado que, una vez que se ha establecido el valor de K para un suelo, puede considerarse permanente. Esta es una simplificación útil cuando se utiliza la Ecuación Universal correctamente y en las condiciones ideales, pero de hecho el valor puede cambiar como resultado del manejo del suelo; por ejemplo, la estructura del suelo puede cambiar como resultado de las labores culturales, y el contenido de materia orgánica se puede reducir con la cosecha o aumentar con la incorporación de abonos orgánicos.

En la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo los factores de longitud de la pendiente L y la inclinación de la pendiente S se pueden combinar, esto se hace sólo en aras de la conveniencia, dado que los dos factores se deducen de dos relaciones separadas y diferentes. La base de datos de los Estados Unidos en lo que respecta al factor de inclinación S se extiende hasta los 18°, pero es bastante probable que las características físicas del flujo de los fluidos y el transporte de sedimentos no sean iguales en pendientes muy inclinadas; este aspecto debe ser objeto de una investigación local. El factor de longitud L es menos probable que varíe y la necesidad de convalidar esta relación es secundaria. El factor de manejo de la cubierta vegetal C necesita ser investigado. Es evidente que el principal objetivo del factor C estriba en reflejar cuánta protección aporta al suelo la cubierta vegetal. Este principio será el mismo con cualquier práctica de cultivo, pero los trabajos de preparación del suelo y del manejo del cultivo pueden ser muy distintos de los de la región centro occidental por lo que será conveniente proceder a investigaciones locales de C.

Foster, Moldenhauer y Wischmeier (1982) sugieren que la mayoría de las prácticas mecánicas como el establecimiento de curvas de nivel, el cultivo en franjas, las terrazas y los surcos siguiendo las curvas de nivel que se utilizan para aumentar la protección proporcionada por la rotación de cultivos, la cubierta y los residuos vegetales, son probablemente transferibles. En los Estados Unidos no se cuenta con valores establecidos con respecto a los residuos vegetales, a las

franjas de gramíneas o a las prácticas agroforestales; estos temas son sujeto de investigación en varios países.

1.4.2 El modelo de simulación EPIC (Environmental Policy Integrated Climate)

La necesidad de evaluar los cambios de uso y manejo del suelo, así como la productividad de los cultivos, ha llevado a recurrir con más frecuencia al uso de modelos de simulación por ser más económicos que realizar mediciones reales, además se evita modificar el ambiente.

El Modelo EPIC fue desarrollado por Williams (1984) con la finalidad de contar con una herramienta para la determinación de la influencia de las pérdidas de suelo en los procesos productivos. El modelo ha sufrido muchas transformaciones desde su versión inicial y en la actualidad el mismo incluye aspectos de calidad de agua, riego y drenaje. Recientemente se está cambiando el nombre por el de: “Environmental Policy Integrated Climate”.

El modelo EPIC es una herramienta muy útil para la planificación del uso de la tierra y manejo de cuencas. Como el modelo trabaja a escala diaria, proporciona valores muchos más realistas que la USLE y RUSLE a las cuales intenta sustituir. Los estimados de costos y la relación entre costos y productividad pueden orientar a las inversiones en preservación del suelo (Benson *et al.*, 1989). El modelo contiene varios componentes: clima, hidrología, erosión, crecimiento de cultivos, nutrientes, destino de pesticidas, manejo de vegetación y economía (Rojas, 1999).

El componente climático es capaz de generar precipitación, temperatura y radiación diaria para largas series de tiempo (100 años, por ejemplo), lo cual se hace necesario ya que muchas veces el efecto que la erosión causa sobre la productividad del suelo es un proceso lento. En caso de existir registros diarios de precipitación éstos pueden ser introducidos directamente, en caso contrario, el modelo los simula mediante una cadena de Markov, según las probabilidades de obtener días húmedos luego de secos o días húmedos luego de húmedos. La temperatura y la radiación solar se generan a partir de la distribución normal.

Considera un área de drenaje correspondiente a un campo de cultivo o parcela, entre una a cien hectáreas, ya que debe asumirse homogeneidad espacial en manejo y suelos. Verticalmente, el modelo es capaz de trabajar con variaciones de las propiedades del suelo, ya que el perfil del mismo puede ser dividido en un máximo de diez horizontes. En este modelo, la erosión hídrica se calcula con una modificación de la USLE, donde al componente de erosividad de las lluvias se agrega el de la escorrentía, la cual es estimada mediante la metodología de número de curva.

El componente económico se simula mediante la diferencia entre el ingreso bruto y el costo total. El costo variable se calcula por la sumatoria del precio de los insumos por la cantidad utilizada por hectárea. El costo fijo incluye depreciación, intereses, seguro e impuestos. El modelo cuenta con un archivo donde se hallan datos suficientes sobre la maquinaria que se piensa usar en la simulación. El componente de manejo incluye drenaje, riego, fertilización, encalado y uso de pesticidas.

Los autores del modelo, sostienen que éste ha demostrado sensibilidad ante la reducción de los rendimientos causada por la erosión del suelo. Por otro lado, indican que los componentes que más necesitan pruebas son el de crecimiento del cultivo y el de nutrientes, ya que son de reciente desarrollo y de mucha importancia para el éxito del EPIC.

Los resultados de evaluaciones hechas en Colombia (Rojas, 1999) al modelo, indican que éste representa una herramienta muy útil en la planificación del uso de la tierra.

1.4.3 Proyecto Corredor Biológico entre los Parques Nacionales Naturales Puracé y Cueva de los Guácharos

El Proyecto Corredor Biológico entre los Parques Nacionales Naturales Cueva de los Guacharos y Puracé -PCB-, es un ejercicio de conservación y desarrollo sostenible sobre un área cercana a las 85.000 hectáreas, que surgió de las inquietudes de actores locales y se concretó a través de la dinámica de articulación e interacción de numerosos actores, dentro de los que se destacan la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM -, el Fondo Francés para el Medio Ambiente Mundial (FFEM), Cormagdalena, la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, las Alcaldías Municipales de San Agustín, Palestina, Pitalito y Acevedo y organizaciones de base.

El área del Corredor Biológico está inscrita dentro del “Gran Macizo Colombiano”, el cual pertenece a la Reserva de la Biosfera Cinturón Andino, declarada por la UNESCO en 1979, en el marco del Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB) de la Red Mundial de Reservas. Llamada Cinturón Andino, ya que de ella hacen parte los Parques Nacionales Naturales Puracé, Nevado del Huila y Cueva de los Guácharos, garantizando su conectividad. La degradación ambiental del Macizo se origina por varios factores, entre los cuales se destacan la pobreza, la falta de alternativas de producción viables, el desconocimiento de la importancia y fragilidad de los recursos naturales, y la presión del conflicto armado.

En la zona jurisdicción del Proyecto Corredor se conjugan situaciones tales como sus precipitaciones anuales que en algunas partes alcanzan los 3100 mm, altas

pendientes, indicadores de calidad de vida muy por debajo del promedio nacional y el hecho que el cultivo de café sea la principal fuente de ingresos de los pequeños productores, que constituyen ésta área un escenario típico de la problemática de zona de ladera sumado a su potencial hidrográfico de importancia estratégica para el país.

El Proyecto Corredor Biológico se ha orientado a implementar acciones de manejo del área, a partir de una estrategia de Ordenamiento Ambiental Participativo del Territorio. En el marco de este Proyecto se viene desarrollando una línea de acción denominada Implementación de Sistemas Productivos Sostenibles, cuyo objetivo es modificar las prácticas productivas y de utilización de los recursos naturales en la búsqueda de un modelo de desarrollo para la región caracterizado por la conservación de los valores ambientales y junto a este el mantenimiento de adecuados niveles de bienestar social.

El objetivo de estas propuestas de manejo es generar impactos positivos sobre la disminución de los niveles de erosión respecto al manejo tradicional realizado en la zona; la propuesta incluye prácticas como la ganadería semiestabulada, siembra de curvas a nivel, mantenimiento de la cobertura del suelo, abonos verdes, y sistemas agroforestales y silvopastoriles, así como la conservación de importantes áreas naturales.

1.4.4 Implementación de Sistemas Productivos Sostenibles

Esta estrategia busca responder a causas que generan presión real sobre los ecosistemas naturales como son los sistemas productivos insostenibles (ganadería extensiva, frutales de clima frío, café entre otros).

Los Sistemas Productivos Sostenibles son aquellos procesos de producción y/o extracción compatibles con la lógica de la conservación del entorno natural y que articulados a procesos de concertación social y conservación de áreas naturales permiten la reducción de la presión sobre las áreas naturales. En este sentido, los Sistemas Productivos Sostenibles como mecanismos de conservación efectiva le apuntan al propósito de incidir en los procesos de desarrollo local desde las parcelas, los paisajes, los territorios y las regiones. El proceso se desarrolla desde un enfoque de investigación y planeación participativa que parte de caracterizar el sistema productivo estructural y funcionalmente, analiza las tendencias sostenibles e insostenibles y propone alternativas orientadas a lograr la sostenibilidad económica, ambiental y social de los sistemas productivos.

En una primera fase en el año 2004 como resultado del ejercicio de planeación social se formularon con las comunidades proyectos temáticos integrales que permitieron la implementación de arreglos productivos en 723 predios, la

estrategia se centró en fortalecer la seguridad alimentaria de los sistemas productivos mediante el establecimiento de huertas, cultivos de pancoger, frutales, y cría de algunas especies menores, al igual que mejorar la sostenibilidad ambiental de las fincas con nuevas tecnologías como la preparación de fertilizantes orgánicos, obtención de lombricompostos y compostaje de la cereza del café.

En una segunda fase la estrategia se dirigió hacia el establecimiento de arreglos productivos en cerca de 600 predios que permitieran generar un ingreso adicional a las familias, de esta manera se diseñaron bajo la misma lógica de Producción Más Limpia y aprovechamiento de los recursos de la región; se implementaron arreglos productivos como granadilla orgánica, mora en arreglo agroforestal, porcicultura, gallinas ponedoras, piscicultura, ganadería semiestabulada, y café en arreglo agroforestal.

2. METODOLOGÍA

2.1 Localización

La presente investigación se desarrolló en las Veredas Pinos y Jericó del Municipio de Palestina y en el Municipio de Pitalito.



Figura 1. Localización Departamento del Huila

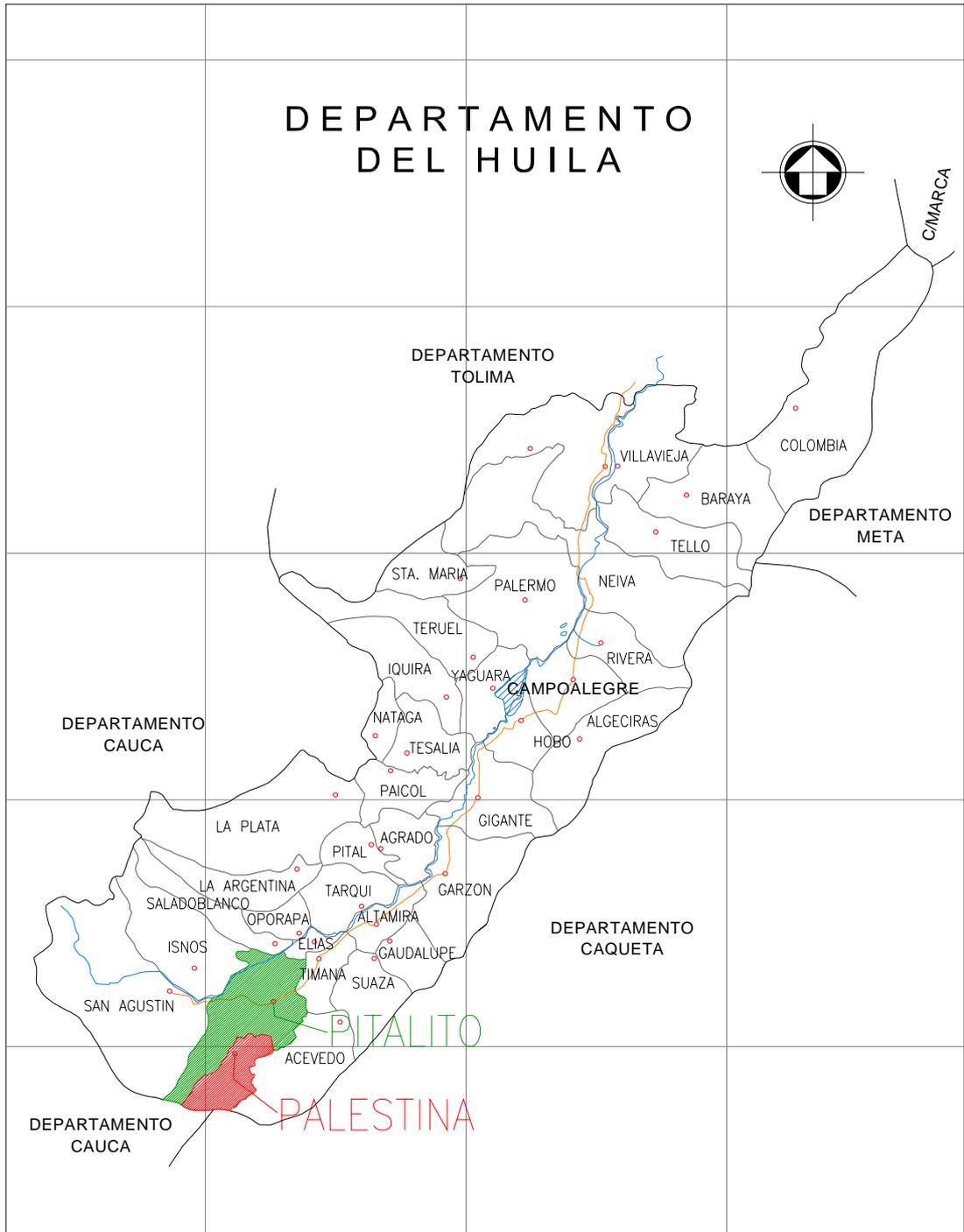


Figura 2. Localización Municipios de Palestina y Pitalito

2.1.1 Municipio de Palestina

El Municipio de Palestina se encuentra ubicado en el extremo sur del Departamento del Huila en las estribaciones del Macizo Colombiano entre las Cordilleras Occidental y Central; su territorio presenta alturas desde los 1300 hasta los 3000 m.s.n.m. encontrándose a 1° 44' latitud norte y 76° 07' longitud oeste. La temperatura media oscila entre los 16,8°C y 23°C en zonas localizadas hasta los 1600 m.s.n.m., y para niveles superiores se tiene una temperatura media de 15,8°C. La Humedad Relativa media es del 90%. Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, el Municipio de Palestina se clasifica como bosque húmedo montano bajo (bh-MB) (P.O.T. Palestina, 1999).

2.1.2 Municipio de Pitalito

El municipio de Pitalito está localizado en la zona sur del Departamento del Huila a 1°, 52" latitud norte, 76°,02" longitud oeste. Presenta altitudes que oscilan entre 1000 y 2800 m.s.n.m. Temperatura media entre 18 y 21° C. La Humedad Relativa media es del 85%. Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge el Municipio de Pitalito se clasifica como bosque húmedo montano bajo (bh-MB).

2.2 MÉTODO

2.2.1 Parcelas de Escorrentía

Para el desarrollo de este proyecto se construyeron 27 parcelas de escorrentía en tres fincas de los municipios de Palestina y Pitalito, las cuales representan el Manejo Alternativo de los cultivos implementados por el Proyecto Corredor Biológico y el manejo tradicional de la zona, esto con el fin de cuantificar y comparar las pérdidas de suelos en los diferentes arreglos.

2.2.1.1 Disposición parcelas de escorrentía

- ✦ Seis (6) parcelas en la Vereda Jericó para evaluar los arreglos productivos de Mora (Convencional vs. Barreras vivas); dimensiones de 6*4 mts (foto 7 a).
- ✦ Seis (6) parcelas en la Vereda Jericó, en el cultivo de Café (Convencional vs. Café bajo sombra) cuyas dimensiones son 8*2 mts (foto 7 b).
- ✦ Una (1) parcela sin cobertura en la Vereda Jericó como testigo de 6*4 mts, para la determinación de la erosión potencial.

- ✦ Seis (6) parcelas en la Vereda Pinos para realizar el estudio sobre los cultivos semestrales (labranza convencional vs. Labranza cero) con dimensiones de 8*2 mts (foto 8 a y b).
- ✦ Una (1) parcela sin cobertura en la Vereda Pinos como testigo de 8*2 mts.
- ✦ Seis (6) parcelas en la Finca Marengo, Municipio de Pitalito, para evaluar los sistemas de ganadería (extensiva y semiestabulada).
- ✦ Una (1) parcela sin cobertura en la Finca Marengo como testigo de 6*4 mts.

2.2.1.2 Materiales y construcción de las Parcelas de Escorrentía

Las parcelas de escorrentía tienen las siguientes características (tabla 2):

Tabla 2. Materiales utilizados para la construcción de las parcelas

Elemento	Material	Dimensiones	Función
Bordes	Ladrillo y concreto	Largo: 6 a 8 m Ancho: 2 a 4 m Alto: 0.20 m	Delimitar el área de estudio para cuantificar las pérdidas de suelo en toneladas/hectárea.
Bordes Foto 9 a y b)	Madera	Largo: 6 m Ancho: 4 m Alto: 0.06 m	Delimitar el área de estudio para cuantificar las pérdidas de suelo en toneladas/hectárea.
Canal	Concreto	Largo: 4 m Ancho: 0.20 m Alto: 0.20 m	Recibir y transportar el agua y material desplazado desde la superficie de la parcela hasta la caneca coollectora preliminar.
Divisor de caudal (Foto 5)	Acrílico	Largo: 0.4 m Ancho: 0.25 m Alto: 0.30 m	Recolecta el material transportado desde el canal, conduce una fracción del agua y suelo hacia la caneca coollectora final, ya que resulta dispendioso manejar los volúmenes de muestras que teóricamente se han calculado y evacua el material restante.
Caneca Colectora Final	Plástico	Capacidad: 200 Lts.	Disposición final del material de estudio para su posterior análisis de laboratorio.

En las parcelas de Jericó y Pinos los bordes fueron construidos en concreto (foto 6); en Marengo los bordes se construyeron en madera para proporcionarle al ganado un ambiente más natural y de ésta manera asegurar la entrada del mismo en las parcelas.



Foto 5. Divisor de caudal en acrílico



Foto 6. Obras para la recolección de sedimentos en el Tratamiento Mora convencional



Foto 7. a) Parcela en Jericó Mora con barreras vivas y b) café bajo sombra



Foto 8. a) Vista general de Parcelas en la Vereda Pinos y b) Tratamiento semestral labranza cero

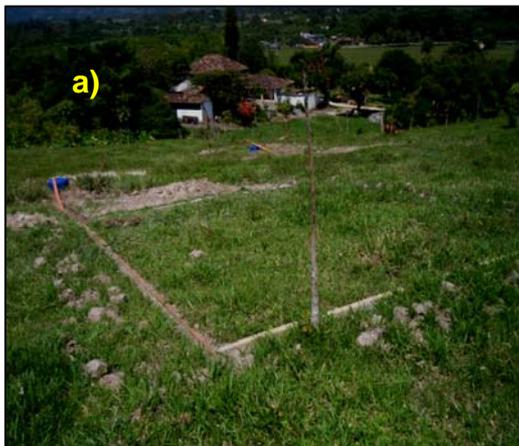


Foto 9. Parcela de ganadería semiestabulada en Finca Marengo y b) Detalle de bordes en madera



Foto 10. Instalación Pluviómetro

2.3 Arreglos Productivos Implementados

Para evaluar la pérdida de suelos en las parcelas demostrativas fue 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 las áreas que se encuentran entre los Parques Nacionales Naturales Puracé y Cueva de los Guácharos, para el establecimiento de la parcela se seleccionaron arreglos productivos sostenibles propuestos por el proyecto Corredor Biológico y los tradicionales que implementan los agricultores de la zona (tabla 3).

Tabla 3. Sistemas productivos evaluados

Sistemas Productivos	Tradicional	Alternativo
Café	convencional	bajo sombra
Mora	convencional	barreras vivas
Ganadería	extensiva	Semiestabulada
Cultivos semestrales	labranza convencional	labranzas cero

2.3.1 Arreglos establecidos por el Proyecto Corredor Biológico

2.3.1.1 Sistema Alternativo: Mora con barreras vivas

El objetivo de las barreras vivas es disminuir la velocidad de escurrimiento superficial y la erosión, también sirven para conducir los escurrimientos a velocidades no erosivas a cauces de arroyos naturales o a cárcavas estabilizadas (figura 3).

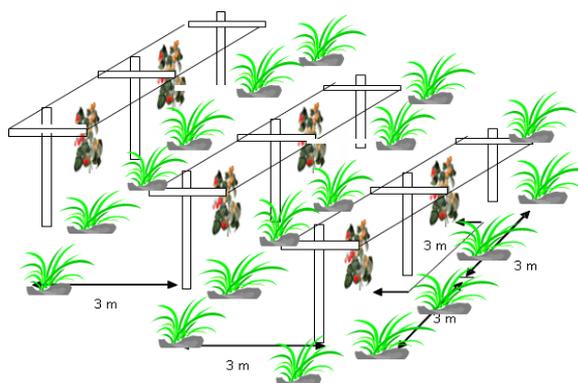


Figura 3. Sistema Alternativo: Mora con barreras vivas

2.3.1.2 Sistema silvopastoril: Ganadería Semiestablada, zonas con energía

En este sistema productivo se permite el paso de los animales a los lotes en determinados horarios y el resto del tiempo permanece en los establos. Adicionalmente se realiza una rotación de los lotes que consiste en dividir en cuatro partes para mantener los animales en cada lote del potrero durante 15 días y permitir el descanso de cada uno de los otros lotes por 45 días con el fin que la cobertura del suelo se recupere del desgaste ocasionado por la permanencia del animal en el mismo (figura 4).

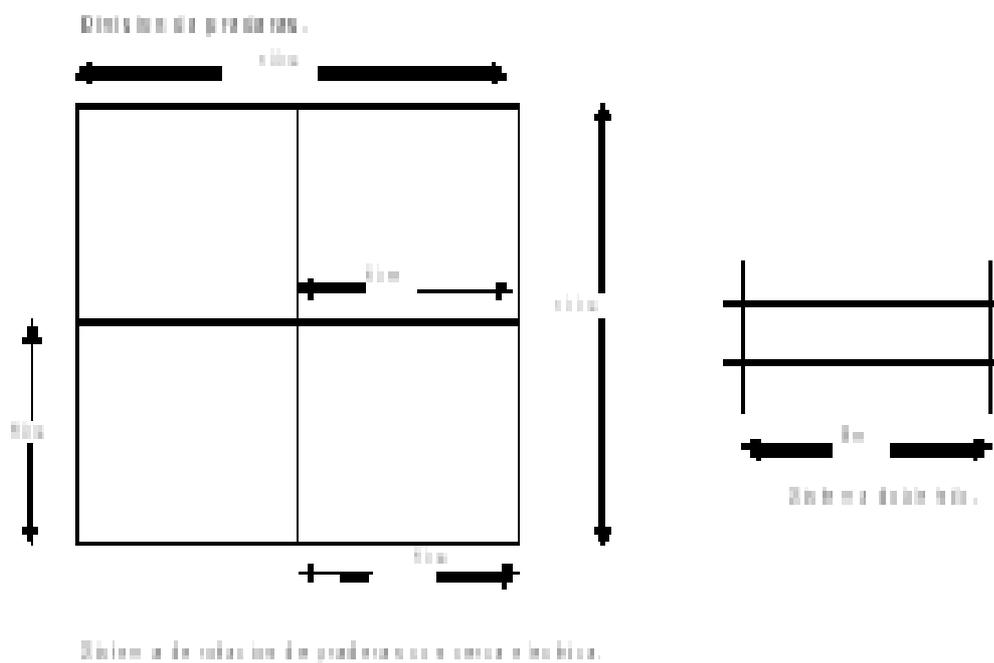


Figura 4. Sistema silvopastoril: Ganadería Semiestablada

2.3.1.3 Sistema Agroforestal: Café bajo sombra – cubierta de chachafruto

En este sistema se siembran árboles de chachafruto intercalados entre las filas del cultivo de café con el fin de proveer de sombra el suelo. El grado de protección que pueden ofrecer estos agroforestales está íntimamente ligado al desarrollo vegetativo de los árboles de chachafruto dado que el diámetro del follaje va aumentando a medida que el árbol crece (figura 5, tabla 4).

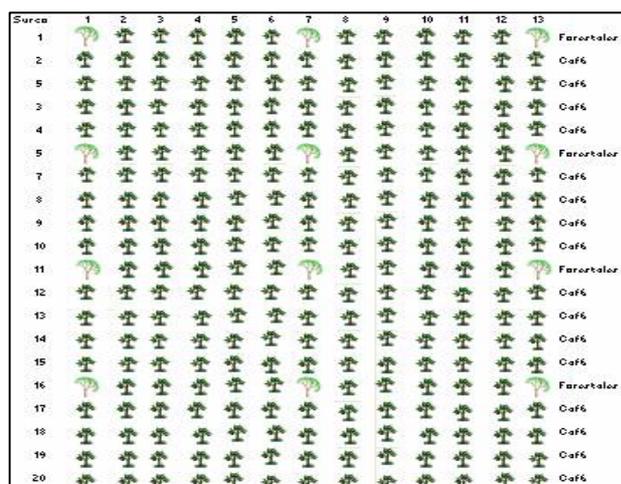


Figura 5. Sistema café bajo sombra

Tabla 4. Distancia y densidad de siembra

Distancia de siembra (m)			Densidad de siembra
Cultivo	Entre columnas	Entre filas	(Plantas/Ha)
Café	1,5	1,7	3782
Chachafruto	9	8,5	60

2.3.1.4 Siembra de cultivos semestrales con labranza mínima (Maíz asociado con frijol)

En este tipo de arreglo se procura realizar una labranza mínima en el terreno para evitar la remoción del material y de la misma forma se evita la realización de quemas para conservar la cobertura del suelo (figura 6).

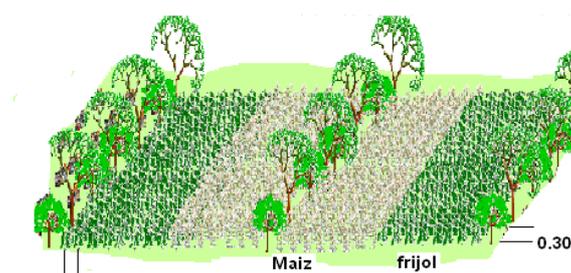


Figura 6. Sistema cultivos semestrales (maíz asociado con frijol)

2.4 Estudios Realizados

En cada finca donde se ubicaron las parcelas se realizaron mediciones de pendiente, los respectivos análisis físicos y químicos del suelo, así como el estudio de la Conductividad Hidráulica y la Infiltración del suelo en la zona (*Anexos A y D*).

2.4.1 Análisis de Suelos

Los análisis físicos y químicos de los suelos se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Surcolombiana, los resultados arrojados por los análisis pueden ser revisados en el *Anexo A*.

Las muestras para estos análisis se recolectaron en cada una de las veredas donde se realizó la experimentación. Se realizó una calicata de 1.0 x 1.0 x 1.0 m en cada uno de los sitios donde previamente se habían instalado las parcelas. En cada calicata se determinó el espesor de los horizontes y se determinaron las características del suelo como textura, estructura y color entre otras. Los resultados de las evaluaciones *in situ* se encuentran en el *Anexo N*.

2.4.2 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 7 y foto 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:

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

Donde:

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 seg

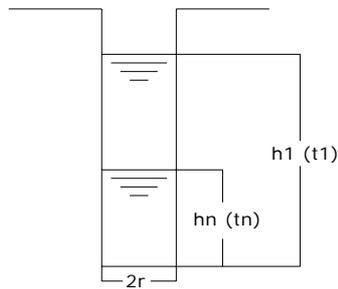


Figura 7. Método Auger Hole



Foto 11. Montaje para prueba de conductividad hidráulica saturada

La tabla que se utilizó para la clasificación de la conductividad fue la de Grassi, C 1976 (Tabla 5.)

Tabla 5. Clasificación de la Conductividad hidráulica del suelo

Conductividad m/día	Clasificación
< 0.024	Muy Lenta
0.024 – 0.12	Lenta
0.12 – 0.48	Moderadamente Lenta
0.48 – 1.44	Moderada
1.44 -2.88	Moderadamente Rápida
2.88 – 4.32	Rápida
> 4.32	Muy Rápida

2.4.3 Infiltración

Para determinar la velocidad de infiltración se utilizó el método del anillo infiltrómetro, este procedimiento consiste en introducir un cilindro en la superficie del suelo, hasta cierta profundidad (depende de la capacidad de resistencia de suelo), este anillo posee una regla que permite determinar la altura del agua dentro del cilindro; igualmente al inicio del ensayo se coloca una lámina plástica que sirve para evitar las alteraciones de la superficie del suelo. Después de haber llenado el cilindro, se retira dicha lámina y se empieza las lecturas en determinados intervalos de tiempo. De acuerdo a los datos registrados se calcula la velocidad de infiltración y se puede clasificar según las tablas existentes (figura 8 y foto 12). El valor de la infiltración viene dado por la siguiente ecuación descrita por Kostiakov:

$$I = C t^m$$

Donde:

C es la constante de infiltración
m pendiente curva de infiltración
t tiempo

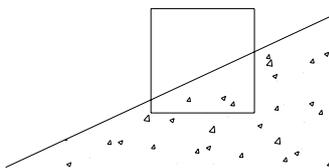


Figura 8. Ubicación del Anillo Infiltrómetro en terreno con pendiente



Foto 12. Montaje prueba de infiltración

Según Grassi 1976, la infiltración se clasifica así (tabla 6):

Tabla 6. Clasificación de la Infiltración

Infiltración cm/hr	Clasificación
< 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

2.4.4 Periodo de Muestreo

La toma de muestras para la medición se inició el primero (1°) de enero del año 2007 y se prolongó hasta el treinta (30) de abril del mismo.

2.4.4.1 Método de muestreo

Diariamente se realizó la revisión del pluviómetro instalado en cada una de las fincas, a las 7 a.m., y el valor observado fue consignado en un formato de reporte de pluviometría. Para medir y evaluar las pérdidas diarias de suelo se recolectó después de cada evento de precipitación una muestra de 100 ml de cada caneca recolectora del escurrimiento de la parcela agitando previamente su contenido; posterior a la recolección se realizó la respectiva rotulación y registro de cada muestra en las tablas elaboradas para tal fin (*Anexo B y C*). Las muestras obtenidas durante el periodo de observación fueron conducidas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Surcolombiana para su análisis mediante el método del papel filtro. El volumen total de agua en cada caneca recolectora del escurrimiento fue determinado y consignado en los formatos de registro.

La recolección de muestras de escurrimiento y su información estuvo a cargo de las personas de las fincas donde se instalaron las parcelas, estas actividades contaron con la constante supervisión de los encargados del proyecto. Para utilizar esta mecánica de trabajo se ofreció capacitación a los encargados en cuanto a la recolección y manipulación de las muestras, consignación de la información y mantenimiento de las parcelas (foto 13).



Foto 13. Capacitación al personal en las Veredas Jericó y Pinos

2.4.5 Metodología del Papel Filtro

Para el desarrollo de ésta metodología se debe tomar una muestra de agua la cual debe tener un volumen conocido, que para el caso de esta investigación es de 100 ml. Cada unidad de papel filtro es pesada individualmente antes de ser utilizada. Se realiza un montaje como el que se muestra en la Foto 14, consistente en un beaker, un embudo de cristal y el papel filtro plegado dentro del embudo.



Foto 14. Proceso de filtrado de muestras

Se deposita el agua de la muestra en el embudo y se procede a realizar el filtrado (foto 15).



Foto 15. Muestras recolectadas y 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 (Foto 16).



Foto 16. Resultados después del proceso de secado a la estufa.

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.

2.4.6 Manejo de información para estimar la cantidad de sedimentos por parcela

Posterior al proceso de filtrado en el laboratorio se tabularon los valores de sedimentos obtenidos en cada parcela. El valor corresponde a la cantidad de suelo en 100 ml de muestra.

En cada uno de los eventos pluviales en los que se recolectó muestra de sedimentos, adicionalmente se registró la cantidad de litros colectados en la caneca al final de la parcela, teniendo como referencia un volumen constante de 100 ml, y a partir de esta información se estimó la cantidad total de sedimentos en cada parcela de 16 o 24 m² de área, según los tratamientos dispuestos en las distintas localidades estudiadas por evento. Finalmente el valor obtenido se proyectó a una hectárea.

Los sedimentos colectados al final de la parcela en canecas se multiplicó por cinco (5) para obtener el valor total por evento, ya que en cada caneca se captó la quinta parte de la muestra.

2.5 Metodología para la determinación de pérdida de suelo aplicando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo - USLE.

Para la determinación de las pérdidas de suelos a través de la Ecuación USLE se describen los siguientes parámetros:

2.5.1 Índice de Erosividad

La importancia fundamental de conocer el factor de erosividad de la lluvia está en que permite determinar la potencialidad que este fenómeno tiene para producir erosión (*IGAC 1993, citado por Carvajal*). Para cada uno de los lugares donde se encuentran ubicadas las parcelas de escorrentía se determinó el coeficiente de erosividad de las lluvias (R) diario y mensual de acuerdo a los periodos con precipitaciones mayores a 5 mm, esto se realizó con lluvias de baja intensidad debido a que las precipitaciones durante el período del mes enero y abril del 2007 se tornaron muy leves.

El índice del factor de Erosividad de los eventos pluviales se define como el producto de la energía cinética Total del evento por su máxima intensidad en 30 minutos. Este factor está determinado por la cantidad total de precipitación diaria mensual y por la forma en que estas se producen, siendo más erosivas cuanto mayor cantidad de agua cae en un menor espacio de tiempo.

Su determinación, se hizo a partir de los datos suministrados por las estaciones automática del IDEAM de Palestina y Pitalito (período Enero – Abril 2007). La determinación se realizó a partir de la siguiente Metodología:

Para el análisis de las precipitaciones se diseñó una tabla que consta de 9 columnas así (Anexos E, F y G):

1. Día de la precipitación.
2. Precipitación en mm.
3. Hora.
4. Intensidad del evento (mm/hr).
5. Intensidad a los 30 min.
6. Intensidad a los 10 min.
7. Energía Cinética por cada mm de lluvia a los 30 – 10min ($Ton * m / Ha * mmlluvia$).
8. Energía cinética total del evento $Ton * m / Ha$
9. Erosividad Ton / Ha

En el Anexo H, Se muestran los diferentes registros Pluviométricos diarios desde el mes de enero hasta abril del 2007, se seleccionaron las precipitaciones mayores a 5.0 mm para ser analizadas. Para cada uno de los días seleccionados se determinó la intensidad del evento con la relación de precipitación y horas de lluvia.

$$I = \frac{Precipitación(mm)}{Tiempo(hr)}$$

Para el cálculo de la Intensidad a los 10 y 30 minutos consecutivos de lluvia se seleccionaron las precipitaciones más significativas para evaluar este parámetro

$$I_{30} = \frac{P_{30min}}{30min} * 60 \qquad I_{10} = \frac{P_{10min}}{10min} * 60$$

La energía cinética se determinó a través de la ecuación:

$$Ec = (12.142) + (8.877) * (Log(I))$$

Donde:

Ec: Ton*m/ha*mm lluvia.

I: Intensidad del evento o en un tiempo determinado.

12.142 y 8.877 son constantes para el sistema métrico decimal.

Calculados estos valores se procedió a determinar la Energía Cinética Total de evento:

$$Ec_{Totaldeevento} = EcI * P$$

El valor del Índice de Erosividad (EI_{30}) del evento pluvial se obtuvo de la fórmula desarrollada por *Smith y Wischmeier (1963)*; este parámetro es igual al producto de la energía de las gotas de lluvia y su Intensidad máxima en 30 minutos.

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

Ec: Energía cinética total para un evento de precipitación.

I_{30} : Intensidad máxima de la precipitación en 30 minutos.

R: Índice de Erosividad sin unidades factor de conversión (10⁻³) para el sistema métrico decimal.

El valor de Ec se calculó en base de las diferentes intensidades de los intervalos de una lluvia.

2.5.2 Índice de Erodabilidad (K)

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. (*Wischmeir, 1969*)

Para 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 I*).

- 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:

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

Para el análisis textural se utilizó el método de Bouyoucos Tradicional (Dewis y Freitas, 1970), de igual forma para la determinación del porcentaje de materia orgánica se utilizó el método de Walkley - Black (Anexos I y tabla 7).

Tabla 7 Clasificación de los suelos de acuerdo con el Índice de Erodabilidad (k) determinado por el método de Paulet

Sitio	Clasificación según CIDIAT	Rango Obtenido	Rango Establecido
Marengo	Medianamente erodable	0,150	0.05 < K ≤ 0.10
Los Pinos	Medianamente erodable	0,163	
Jericó (Cultivo Mora)	Muy poco erodable	0,031	K ≤ 0.05
Jericó (Cultivo Café)	Muy poco erodable	0,015	

2.5.3 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 %.

Este parámetro se ha determinado a partir de la tabla 8.

Tabla 8. Determinación Factor LS

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

Fuente: Cátedra de Hidráulica e Hidrología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid.

2.5.4 Factor C del cultivo

El coeficiente de cultivo (C) fue determinado de acuerdo a los valores teóricos estimados por diferentes investigadores. Para la estimación de los diferentes factores se tuvo en cuenta el arreglo o tratamiento que cada una de las parcelas manejaba, por lo tanto para aquellas que se encuentran en asociación con otras especies y/o con tratamientos de quema, se realizó un ponderado de acuerdo al área que ocupa cada tratamiento y a los factores teóricos que cada uno maneja, para lograr así un mejor resultado.

Para los cálculos del factor C se utilizaron los índices propuestos por Roose (1977), García Préchac (1992) y García Préchac y Durán, (1991) de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 9. Factor de C manejo de Cultivos

Cultivo	C
Cultivo crecimiento Rápido	0,08
Maíz	0,7
Residuos Quemados	0,3
Suelo desnudo	1.0
Sabana o pradera herbácea sobrepastada	0,1
Maní	0,4
Pasto	0,07
Mora	0,2
Plantas de desarrollo lento 2 do año	0,1
Café	0,3
Mulch	0,01

2.5.5 Factor de las prácticas de conservación (P)

Representa las prácticas de conservación usadas en el proceso de manejo para mantener la estabilidad del suelo, las prácticas incluidas en las parcelas de escorrentía se establecen en los siguientes términos (Tabla 10):

Tabla 10. Valores del factor P para la USLE

Prácticas de control de erosión	P
Cultivo a nivel pendiente 12 – 14 °	0.90
Sin prácticas de control de erosión	1.00

Fuente: Morgan, (1997)

Para todas las parcelas que se encuentran dentro de los sistemas productivos alternativos se adopta un factor de prácticas igual a 0.90 y para aquellas que no presentan ninguna práctica mecánica se establece el factor P igual 1.0.

3. ESTUDIOS REALIZADOS

3.1 Resultados de los Estudios

3.1.1 Análisis Físico de Suelos.

Los suelos en la parcelas de la vereda Jericó son de textura franca en todo su perfil con baja densidad aparente y alta retención de humedad, estos suelos presentan estructuras amorfas y alófana cuya procedencia son las cenizas volcánicas, correspondiente a suelos en evolución, constituido en mayor proporción por minerales no cristalinos.

Los suelos en la vereda Pinos presentan un epipedón de textura franca con acumulación de cenizas volcánicas caracterizado por baja densidad aparente y alta retención de humedad. El endopedón es de textura fina característico de suelos minerales.

Los suelos de la finca Marengo son de textura fina y alta densidad aparente presentando compactación en el segundo horizonte. Estos suelos presentan baja humedad residual.

En general los suelos de textura franca son propicios para la explotación agrícola por lo cual son altamente susceptibles a la erosión, más aun si están localizados en terrenos con pendientes superiores al 3%. Cuando los perfiles presentan horizontes inferiores con influencia de arcillas se puede generar una barrera impermeable que mantiene la alta humedad en los horizontes superficiales, acumulando el agua en estos y provocando la escorrentía superficial por el deficiente drenaje interno de los mismos (tabla 11, anexo A).

Tabla 11. Análisis físico de los suelos

Sitio	Horizonte	Textura (Tacto)	Densidad Aparente (g/cm ³)	Densidad Real (g/cm ³)	Humedad %
JERICÓ Parcela con cultivo de Mora	A	F	0.84	1.61	69.15
	Transición	F	0.90	2.20	35.00
	B	F	0.77	2.31	46.70
JERICÓ Parcela con cultivo de Café	A	F	0.65	1.10	43.18
	Transición	F	0.85	2.24	25.64
	B	FArL	0.68	2.21	49.25
PINOS Labranza Convencional	A	F	0.90	2.30	40.31
	B	ArL	1.37	2.47	20.0
MARENGO Parcela con ganadería extensiva	A	FAr	1.42	2.40	2.47
	C	Ar	1.53	2.45	6.00

3.1.2 Pruebas de Conductividad Hidráulica

3.1.2.1 Conductividad Hidráulica veredas Jericó y Pinos

El movimiento interno del agua en el suelo en las parcelas de la vereda Jericó resultó con clasificación muy rápida, debido a la constitución textural de todo el perfil descrito en la tabla anterior. La curva de conductividad hidráulica en la vereda Jericó presenta tendencia normal del movimiento del agua en el suelo, donde inicialmente el movimiento es muy rápido y paulatinamente va disminuyendo la velocidad pero conservando una rapidez significativa (gráfica 1a, anexo D, tabla 12).

Para analizar este comportamiento es necesario tener en cuenta que en la zona al momento de la evaluación no se han presentado precipitaciones por un largo periodo de tiempo y los pocos eventos que se han registrado no fueron significativos. Adicionalmente debe tenerse en cuenta la clasificación taxonómica de suelo que se halló en los predios donde se realiza las experimentación.

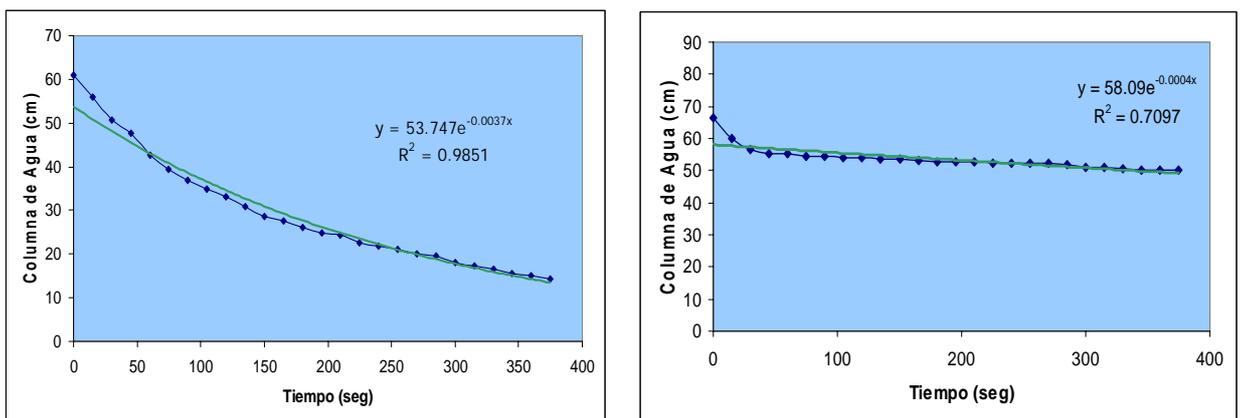
Con lo anterior se puede concluir que los valores arrojados por la prueba fueron altos; posiblemente influenciados con los bajos contenidos de humedad del suelo al momento de realizado el análisis lo que pudo haber facilitado el movimiento del agua través del perfil. A pesar que la conductividad hidráulica en el lote es muy rápida, se presentó el fenómeno de escorrentía superficial y erosión por

escorrentía con pequeños eventos de lluvia, lo cual es atribuible a otras características del suelo especialmente a alta pendiente encontrada en la localidad.

Los movimientos internos presentados en el suelo de la vereda Pinos, presenta un comportamiento diferencial con respecto a Jericó, se presentó una velocidad homogénea a través del periodo de observación, el único cambio sensible se presentó en los primeros quince segundos de la evaluación (anexo D), se observa un comportamiento que se identifica con una tendencia lineal con una baja pendiente. En este lote se encontró humedad debido a un evento de lluvia en la madrugada del día en que se realizaron las pruebas. El coeficiente de conductividad registró valores medios, lo cual se debe a la saturación del suelo y la textura del mismo, ya que en este predio se encontró una textura Franca en el primer horizonte y una Arcillo Limosa en el segundo, lo cual podría indicar una semi-barrera impermeable entre los horizontes que mantiene la humedad en el horizonte superficial. (Grafica 1b, tabla 12).

Este comportamiento puede ser determinante en el estudio de la escorrentía superficial, puesto que menores conductividades hidráulicas ocasionan mayores escorrentías lo que generalmente se ve reflejado en mayor erosión superficial.

En conclusión en la vereda Jericó se encuentran los valores más altos de conductividad, estos pueden ratificarse con las texturas que se obtuvieron en el levantamiento de suelos donde se pudo determinar que buena parte del perfil presenta texturas con mayor influencia franca que arcillosa; en Pinos la conductividad, un poco más lenta, también está asociada al hallazgo de una textura Franco Arcillosa en el primer horizonte y un segundo horizonte predominantemente arcilloso.



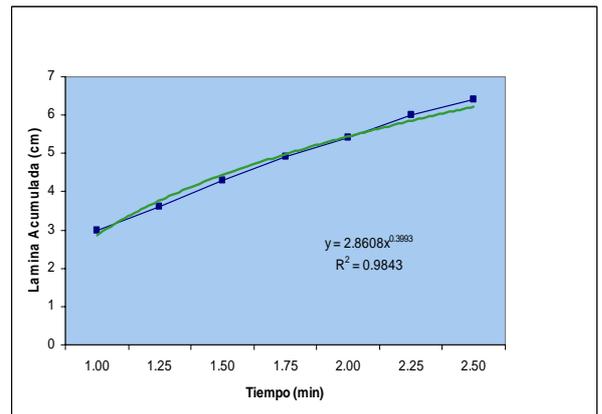
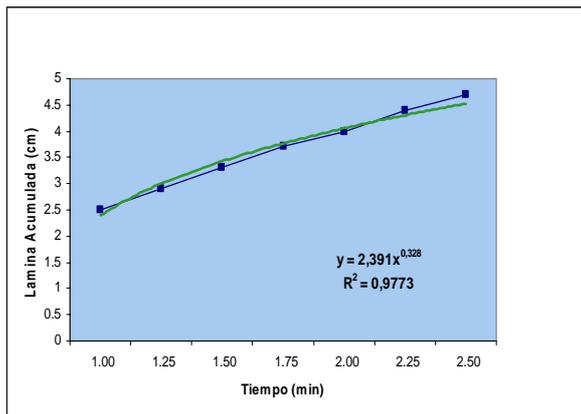
Gráfica 1. Movimiento interno del agua en a) Parcelas de la Vereda Jericó y b) parcelas de la Vereda Pinos

Tabla 12. Propiedades hidrodinámicas de los suelos en las veredas Jericó y Pinos

Propiedades Hidrodinámicas	Vereda	Valor	Clasificación
Conductividad hidráulica K (mm/día)	Jericó	7.08	Muy Rápida
	Pinos	0.75	Moderada
Infiltración I (cm/hr)	Jericó	31.64	Muy Rápida
	Pinos	31.78	Muy Rápida

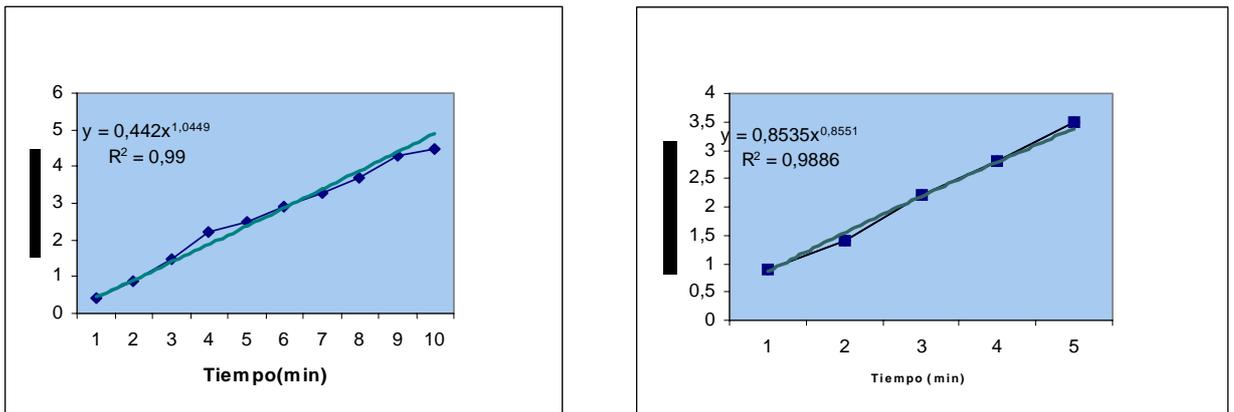
3.1.2.2 Infiltración en las veredas Jericó y Pinos

Las pruebas de infiltración realizadas en la vereda Jericó 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 altos contenidos de materia orgánica (5.42% y 11% 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 alta que permite el flujo del agua de una forma muy rápida. La tasa de infiltración presentó índices muy altos lo cual concuerda con las pruebas de conductividad realizadas (Gráfica 2a y 2b, tabla12).



Gráfica 2. Infiltración Básica en parcelas con a) Tratamiento Mora con barreras vivas y b) Tratamiento Cultivo de Café Convencional

En general el comportamiento de la velocidad de infiltración en este predio es uniforme así como las características y propiedades del suelo. Las pruebas de infiltración realizadas en las parcelas de la vereda Pinos arrojaron como resultado una velocidad de infiltración muy rápida; durante la realización de la prueba se observó que el agua descendía a gran velocidad en cortos intervalos de tiempo; en la gráfica se puede ver representada la tendencia del movimiento del agua de forma casi constante (Gráfica 3).



Gráfica 3. Infiltración Básica en parcelas con a) Tratamiento Cultivos semestrales labranza convencional y b) Tratamiento Cultivos semestrales labranza cero

Al analizar los resultados obtenidos se puede concluir que los suelos de este predio tienen un aptitud bastante amplia para la agricultura y paralelamente son susceptibles a la erosión cuando su manejo agrológico no es el adecuado. La erosión superficial no es causada por el movimiento del agua, dado a que la prueba demuestra lo contrario, sino por el efecto que tiene la pendiente en este. Se podría teorizar que el agua tiene un comportamiento como se muestra en la Figura 9.

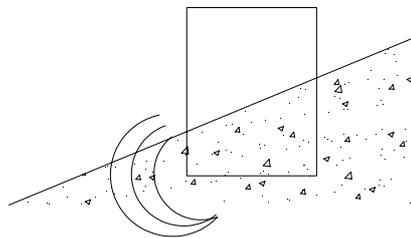


Figura 9. Representación del movimiento del agua

4. RESULTADOS

4.1 Determinación de la pérdida de suelo aplicando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo – USLE

4.1.1 Análisis de Precipitación

Tabla 13. Precipitación mensual para las tres localidades experimentales

Mes	Precipitación (mm)		
	Marengo ¹	Pinos ²	Jericó ²
Enero	14,3	33.0	33.8
Febrero	43.5	93.1	94.4
Marzo	83.6	193.4	194.7
Abril	123.4	182.0	185.8
Total	264,8	501,5	508,7
Números de eventos	61	46	59

1. Estación Automática de Pitalito 2. Estación Automática de Palestina

Los registros diarios de precipitación arrojaron diferencias entre las localidades, el mes de mayor precipitación para Marengo fue el mes de abril (123 mm), por el contrario para Jericó y Pinos fue en el mes de marzo (193 y 194 respectivamente), para todas las localidades el mes de enero fue el más seco coincidiendo con los registros históricos, la precipitación en Pinos y Jericó durante los cuatro meses de desarrollado el trabajo fue alrededor de 500 mm, mientras para Marengo esta fue significativamente menor (264 mm). A pesar que en la Localidad de Marengo las precipitaciones fueron las menores, el número de eventos de lluvia durante los cuatro meses que fueron 61 superaron los eventos de Pinos y Jericó 46 y 59 respectivamente (Tabla.13).

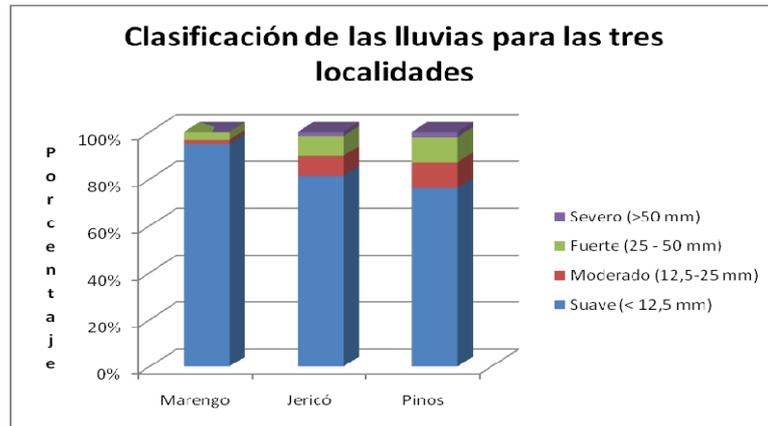
Como lo indica Perea y Navas (1988,1991) la clasificación de las lluvias se realiza de acuerdo a las cantidades establecidas a continuación (tabla 14):

Tabla 14. Clasificación de lluvias

Clasificación de lluvias (mm)	
Suave	< 12.5
Moderada	12.5 – 25.0
Fuerte	25.0 – 50.0
Severa	> 50.0

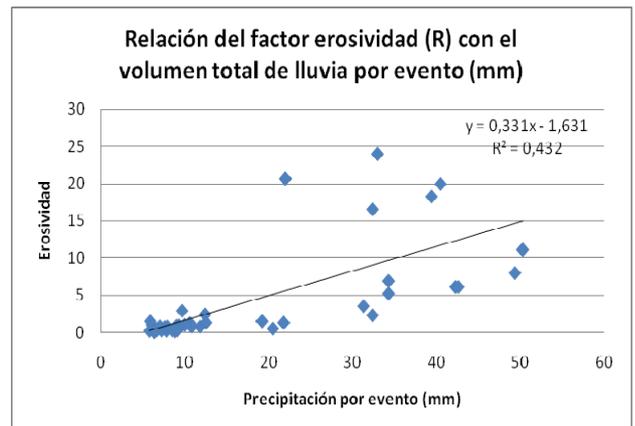
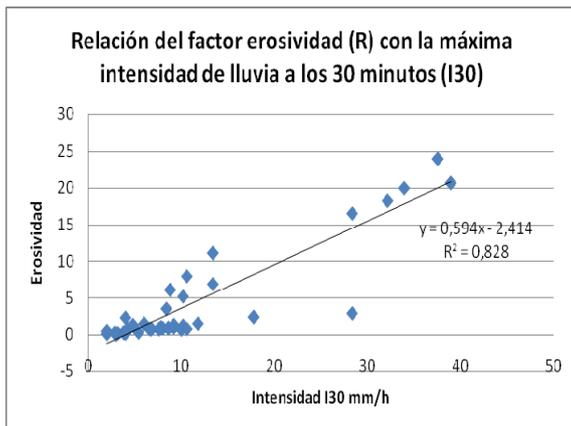
Fuente: Perea y Navas (1988,1991)

En Marengo 95% de los eventos se clasificaron como suaves, y no se presentó ningún evento de categoría severa, mientras en Pinos y Jericó la proporción de eventos fuertes y severos fue más alta (13 y 10% respectivamente) (gráfica 4).



Gráfica 4. Clasificación de eventos pluviométricos

El cálculo del índice de erosividad arrojó una gran diferencia entre los eventos de lluvia. Al comparar el índice obtenido contra las variables volumen total de lluvia por evento e intensidad máxima en 30 minutos por evento (Gráfica 5) se demostró que el índice de erosividad depende más que de la intensidad de la lluvia que de la cuantía de la misma (R^2 de 0,828 para intensidad y R^2 de 0,432 para volumen de lluvia).



Gráfica 5. a) Relación Erosividad Vs Intensidad 30 minutos, .b) Relación Erosividad Vs Precipitación

Se seleccionaron eventos pluviales superiores a 5 mm para el análisis de los índices de erosividad, aconteciendo en la localidad de Marengo solo un evento, en Jericó ocurrieron 7 y en Pinos 6 eventos durante el periodo experimental (Tabla 15). Los mayores índices se presentaron en el mes de febrero en ambas localidades (Pinos y Jericó) alcanzando un valor de R igual a 23,9. Estos índices coinciden con alta intensidad de lluvia (I_{30}), que fueron de 37,6 mm/hora (anexo F y G).

Tabla 15. Índices de Erosividad (R) mayores a 5 mm para las diferentes localidades

Localidad	Mes	I_{30} (mm/h)	Erosividad (R)
Pinos	Febrero	32,2	18,2
		37,6	23,9
	Marzo	13,4	11,1
		13,4	6,9
	Abril	8,8	6,1
		39,0	20,6
Jericó	Febrero	37,6	23,9
		34,0	19,9
	Marzo	13,4	11,1
		28,4	16,5
		10,2	5,2
	Abril	8,8	6,1
		39	20,6
Marengo	Abril	10,6	7,9

4.1.2 Índice de Erodabilidad (k)

Al analizar el índice para las diferentes localidades se demuestra que la mayor erodabilidad se presenta en los suelos de la Vereda Pinos (0,163 Ton/Ha), coincidiendo con los mayores niveles de limos y arenas finas (que contribuyen a generar una mayor escorrentía y en consecuencia mayor erosión superficial), por el contrario los menores índices de erodabilidad corresponden a las parcelas de Jericó que 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 a pesar de las pendientes donde se localizan.

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 16 y Anexo K).

Tabla 16. Factor de Erodabilidad K para los diferentes localidades

Parámetros	Sitio			
	Marengo	Los Pinos	Jericó (Cultivo Mora)	Jericó (Cultivo Café)
% Arena	69,98	75,98	74,98	76,98
% Limo	9.02	11.20	7.02	5.02
% Arcilla	21.0	13.0	18.0	18.0
% Arena Fina	12.3	27.10	8.81	10.81
a % (materia Orgánica)	2.05	4.54	5.42	11.0
b (Estructura) *	2	2	3	3
c (Permeabilidad) **	5.0	3.0	1.0	2.0
M (Fracción de limos y arenas finas)	1684.28	3332.10	1298.06	1298.06
K (Ton/Ha)	0,150	0,163	0,031	0,015

* 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

4.1.3 Factor Longitud y Gradiente de la Pendiente (LS)

Las mayores pendientes en las parcelas se localizaron en Jericó 36%, la longitud varió dependiendo del tamaño de la parcela entre 6 y 8 metros. El factor LS es la combinación de estos dos parámetros y los resultados demuestran mayores valores y por ende mayor susceptibilidad por pendientes para las parcelas de Jericó con valores de 10.53 y 10.58, el menor valor se obtuvo para Marengo con una pendiente de 24% y un factor LS igual a 5.0 (Tabla 17), esto hace que las velocidades del flujo en esta localidad sean menores (Hart, 1984).

Tabla 17. Determinación Factor LS

Sitio	Tratamiento	Longitud de la pendiente		Grado de pendiente (%)	Factor LS
		(m)	(Pies)		
Marengo	Ganadería	6.0	19.68	24.0	5.06
Los Pinos	Transitorio	8.0	26.25	31.0	8.04
Jericó	Mora	6.0	19.68	36.0	10.53
	Café	8.0	26.25	36.0	10.58

4.1.4 Factor C del Cultivo

Al calcular el valor ponderado de las parcelas se encontró que el índice de cobertura que demuestra mayor susceptibilidad a erosión son los cultivos semestrales convencionales (índice = 0,39), y por el contrario las coberturas más protectoras del suelo (menores valores) son las prácticas de café bajo sombra y mora con barreras vivas (tabla 18).

Tabla 18. Factor de cobertura (C) estimado para Parcela de Mora Tradicional y Barreras vivas

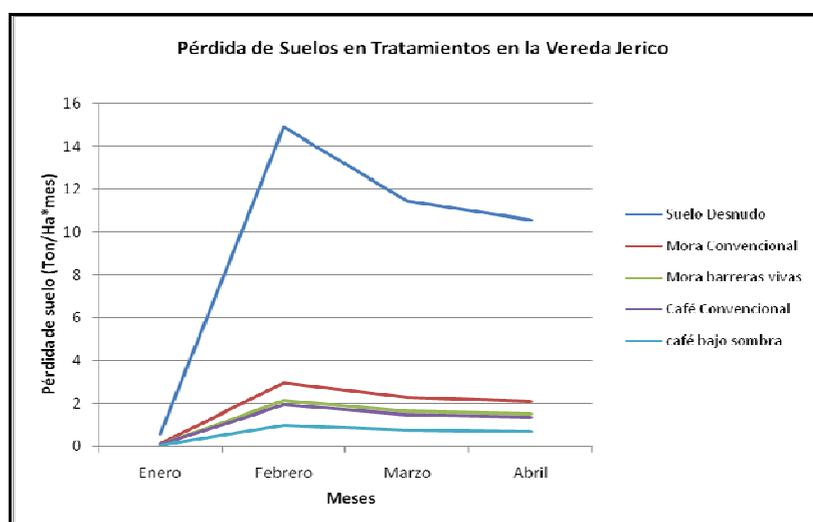
Tratamiento	Cultivo	C	Área m ²	C Ponderado
Mora barreras vivas	Maní	0,40	2,0	0,16
	Pasto	0,07	10,0	
	Mora	0,20	12,0	
Mora convencional	Mora	0,20	24,0	0,2
Café bajo sombra	Plantas de desarrollo lento 2do año (Chachafruto)	0,10	6,0	0,16
	Café	0,30	6,0	
	Mulch	0,01	4,0	
Café convencional	Café	0,30	16,0	0,3
Cultivos semestrales labranza cero	Cultivo de crecimiento rápido	0,08	5,0	0,24
	Maíz	0,70	5,0	
	Mulch	0,01	6,0	
Cultivos semestrales labranza convencional	Cultivo de crecimiento rápido	0,08	5,0	0,39
	Maíz	0,70	5,0	
	Residuos quemados	0,40	6,0	
Parcela suelo desnudo	Suelo desnudo	1,0	10,0	1,0
Ganadería extensiva	Sabana en buenas condiciones	0,10	24,0	0,1
Ganadería semiestabulada	Pasturas	0,15	24,0	0,15

4.1.5 Estimación de pérdida de suelos durante los meses de enero y abril del 2007, en las diferentes prácticas de manejo aplicando los modelos correspondientes al estudio.

A continuación se describen las pérdidas calculadas en los meses de enero hasta abril que corresponden al estudio realizado en los diferentes tratamientos, esta ecuación se aplica para cada uno de los eventos más representativos de la zona como se indica en el Anexo L.

Tabla 19. Pérdida de Suelo en Ton/ha*mes Vereda Jericó

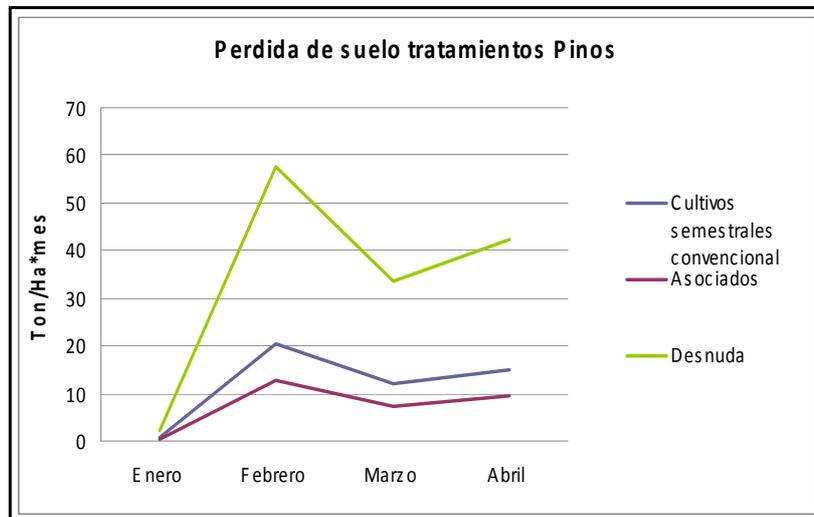
Mes	Suelo desnudo	Mora Convencional	Mora con barreras vivas	Café bajo sombra	Café Convencional
Enero	0.59	0.12	0.08	0.08	0.09
Febrero	14.88	2.98	2.14	1.95	2.34
Marzo	11.44	2.29	1.65	1.50	1.80
Abril	10.54	2.11	1.52	1.38	1.66



Gráfica 6. Determinación pérdida de suelo vereda Jericó

Tabla 20. Pérdida de Suelo en Ton/ha*mes en la Vereda Pinos

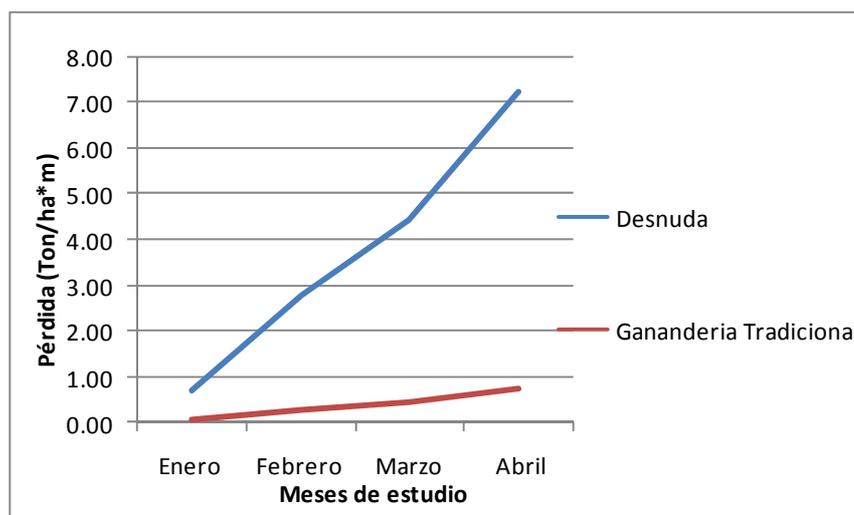
Mes	Cultivos semestrales con labranza convencional	Cultivos semestrales labranza cero	Parcela Desnuda
Enero	0.891	0.802	2.228
Febrero	23.007	20.189	57.519
Marzo	13.346	11.820	33.366
Abril	16.932	15.239	42.330



Gráfica 7. Determinación pérdida de suelo vereda Los Pinos

Tabla 21. Pérdida de Suelo en Ton/ha*mes en la Finca Marengo

Mes	Parcela Desnuda	Ganadería Extensiva
Enero	0.69	0.07
Febrero	2.79	0.28
Marzo	4.41	0.44
Abril	7.22	0.72



Gráfica 8. Pérdida de Suelo en la Finca Marengo

De acuerdo a los resultados dados por la Ecuación Universal de Suelos USLE, las mayores pérdidas se presentaron en la vereda Pinos, especialmente en el manejo de cultivos semestrales con labranza convencional con un total de 2.54 ton/ha/año (tabla 22), si se compara estos resultados con los demás cultivos tradicionales se puede decir que estos manejos no son sostenibles, por lo tanto las menores pérdidas 0.14 ton/ha*año se observan en el cultivo de café con manejo alternativo bajo sombra, seguido del tratamiento manejo de mora con barreras vivas 0.32 ton/ha/año, apreciando que los cultivos con manejos alternativos presentan menor grado de erosión, incluyendo los de ganadería extensiva (tabla 22).

A continuación se especifica las pérdidas de suelo por erosión resultado de los distintos tratamientos:

Tabla 22. Pérdida de Suelo por escorrentía por el método USLE

Sitio	Tratamiento	Erosión USLE (ton/ha-año)
Jericó	Parcela desnuda	2.08
	Mora Convencional	0.42
	Mora barreras vivas	0.32
	Café Convencional	0.27
	Café bajo sombra	0.14
Pinos	Cultivos semestrales labranza convencional	2.54
	Cultivos semestrales labranza cero	1,59
	Parcela desnuda	7.13
Marengo	Parcela desnuda	0.88
	Ganadería extensiva	0,13

4.2 Determinación de la pérdida de suelo

4.2.1 Pérdida de Suelo en Parcelas con Tratamiento de Mora

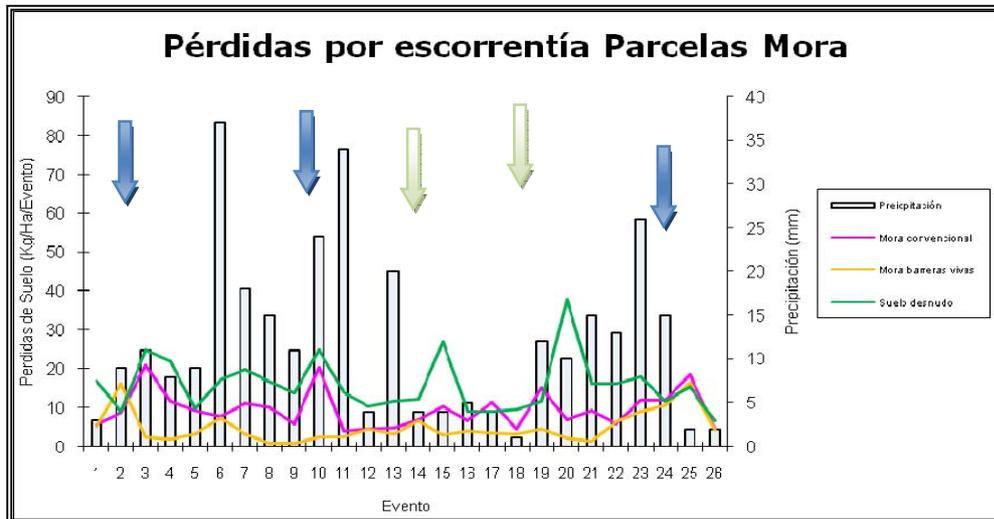
En la localidad de Jericó las mayores pérdidas de suelo se presentaron en el tratamiento de la parcela de suelo desnudo, con dos picos en los eventos pluviales (numero 15 y 20) cuyas pérdidas fueron 27 y 39 Kg/ha respectivamente, estos eventos coincidieron con las labores previas de limpieza de la parcela (flecha gris); la pérdida total alcanzó un valor de 411 kg/ha en el periodo de medición (Tabla 23).

Tabla 23. Pérdida de suelo en parcela con cultivo de mora en la Vereda Jericó

Tratamiento	Pérdida de suelo Kg/ha/4 meses de evaluación
Mora convencional	249
Mora con barreras vivas	129
Suelo desnudo	411

En general, el tratamiento de mora con barreras vivas presentó los niveles más bajos de pérdidas de suelo en el periodo de observación (129 Kg/ha), cantidad que representa la mitad de la pérdida de suelo ocasionada en el tratamiento con mora convencional (249 Kg/ha), explicado esto en el efecto que tienen dichas barreras en el arrastre de partículas del suelo.

En la gráfica 9, las flechas azules señalan los días en los que se efectuaron labores de desyerba en el cultivo, se observa que posterior a estas labores y con eventos pluviales superiores a 20 mm, ocurrieron las mayores pérdidas de suelo, especialmente en la parcela de mora convencional; por el contrario la parcela de mora con barreras vivas permanece relativamente estable durante los distintos eventos, teniendo menor impacto con los eventos registrados y las actividades de laboreo del suelo. Por ejemplo, en el evento número 10 con una precipitación de 25 mm, y donde previamente se había hecho la labor de desyerba y poda del cultivo, la pérdida de suelo fue de 20,4 Kg/ha para mora convencional y de 2,5 Kg/ha para mora con barreras vivas, lo que demuestra que si bien la cobertura protege el suelo durante todos los eventos de lluvia, su importancia estratégica para la conservación es en los eventos de mayor intensidad.



Gráfica 9. Pérdidas de Suelo en parcelas con cultivo de Mora en la vereda Jericó

-  Poda y Limpieza general de parcelas
-  Limpieza parcela desnuda

Los eventos con una previa limpieza sobre el terreno del cultivo muestran un incremento de las pérdidas, lo que indica que este tipo de actividades promueve la pérdida superficial de suelo en los arreglos evaluados debido a la manipulación de la superficie y a la desprotección del suelo después de la remoción de la capa vegetal protectora. El efecto erosivo de la lluvia pasa a un segundo nivel cuando se trata de evaluar pérdidas por escorrentía en este tipo de condiciones, ya que las barreras ofrecen la protección necesaria para mitigar este efecto en los arreglos productivos donde se implementa su utilización. Por otro lado, las labores como abonado, fumigación y recolección no generan un mayor impacto sobre la pérdida de suelo en estas zonas, por lo tanto no se analizan su influencia en el objeto de la presente investigación.

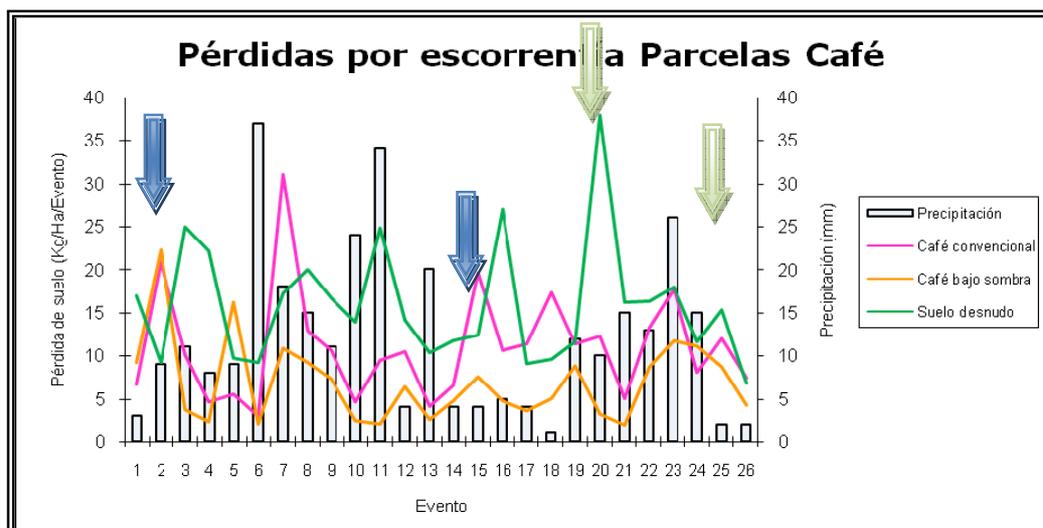
Para los tratamientos implementados en el cultivo de mora, los valores más altos de erosión se registraron en las parcelas del tratamiento Mora convencional (20.97 y 20.98 Kg/ha/evento después de una precipitación de 11 y 24 mm respectivamente); a pesar de que los eventos no fueron los más altos del periodo de estudio, estos fueron precedidos por labores de limpieza en las parcelas, lo que revela la importancia del efecto de la protección que ofrecen las barreras vivas sobre la pérdida de suelo en zonas de ladera.

4.2.2 Pérdidas por Escorrentía en Parcelas con Café

Las pérdidas de suelo en las parcelas con café fueron muy similares a las ocurridas en las parcelas de mora. La mayor pérdida durante el periodo de evaluación se registro en la parcela de suelo desnudo (411 Kg/ha), con fuertes variaciones que dependen de la época de laboreo y los eventos pluviales.

Al comparar los dos tratamiento con café, se observan los valores más elevados de pérdidas de suelo en las prácticas convencionales (31.11 y 20.92 Kg/ha/evento con precipitaciones de 18 y 9 mm respectivamente), coincidiendo estos efectos con las actividades de desyerbe que dejan el suelo expuesto al impacto directo de las gotas de lluvia.

Al comparar los dos tratamientos con café se comprueba de manera general que las menores pérdidas de suelo se registran en el tratamiento de café bajo sombra (182 Kg/ha vs. 287 Kg/ha), en la gráfica se observan picos que corresponden a eventos de alta precipitación, no obstante el efecto es más acentuado en la línea que representa el cultivo de café tradicional (Gráfica 10, tabla 24).



Gráfica 10. Pérdidas por escorrentía parcelas de café



Poda y Limpieza general de parcelas



Limpieza parcela desnuda

Tabla 24. Pérdida de suelo real parcela cultivo de Café en la vereda Jericó

Tratamiento	Pérdida de suelo kg/ha/4 meses de evaluación
Café convencional	287
Café con sombra	182
Suelo desnudo	411

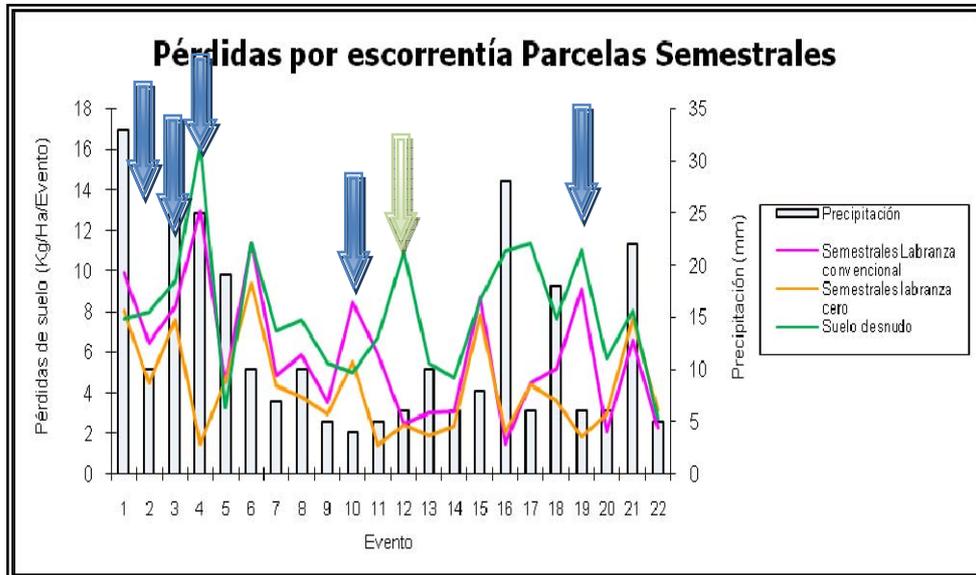
4.2.3 Pérdidas por Escorrentía en las parcelas de cultivo semestrales en la Vereda Pinos

En la vereda Pinos ocurrieron pérdidas de suelo relativamente menores comparado con la localidad de Jericó, esto posiblemente por influencia de la pendiente, que en el caso de Pinos correspondió a un factor de pendiente calculado (Wischmeier y Smith, 1978) de 8,04, valor inferior al obtenido en Jericó (LS = 10,58); así mismo el lote de Pinos tenía antecedente de cobertura en barbecho de aproximadamente cuatro años, considerando el beneficio del sistema radicular sobre el suelo, factor que no fue medido.

Los mayores valores sucedieron en el tratamiento con cultivos semestrales labranza convencional (130 kg/ha/4 meses), mientras los perdidas en las parcelas con labranza cero fue de 94 kg/ha/4 meses, con picos en labranza convencional de 12.95 y 11.33 Kg/Ha/evento para precipitación de 25 y 10 mm respectivamente (grafica11, tabla 25). Los valores críticos se observaron en el establecimiento del cultivo por la realización de labores de quema y remoción de la cobertura vegetal en el tratamiento de labranza convencional, encontrando valores similares a los obtenidos en la parcela desnuda (Labranza convencional = 12.95 kg/ha/Evento y suelo desnudo = 16.13 kg/ha/evento). Por el contrario, en este mismo evento la pérdida de suelo en la parcela con labranza cero fue de 1,7 kg/ha, a causa del mantenimiento de la cobertura y la presencia de residuos de barbecho sobre el suelo. En el caso de los cultivos semestrales, también se observa una gran influencia de la cobertura, puesto que posterior a las labores de desyerba (Flecha azul gráfico 11) se incrementa la pérdida de suelo, como se observa en el evento número 10 donde la pérdida de suelo fue de 8,4 Kg/ha para la parcela de labranza convencional y de 5,5 Kg/ha para labranza cero.

De igual manera al sumar los eventos de la primera mitad del ciclo de medición, se observó que la pérdida de suelo fue de 82 Kg/ha, mientras para la segunda mitad fue de 48 Kg/Ha para el caso de la parcela con labranza convencional, para la parcela de labranza cero los valores fueron de 53 y 40 Kg/ha para la primera y segunda mitad del ciclo respectivamente, esto significa que las pérdidas son mayores en la siembra y disminuyen con el crecimiento del cultivo, sin embargo la

diferencia entre los dos periodos es significativamente mayor en la parcela de labranza convencional (grafica 11, tabla 25)



Gráfica 11. Pérdidas por escorrentía parcelas de semestrales



Limpieza general de parcelas



Limpieza parcela desnuda

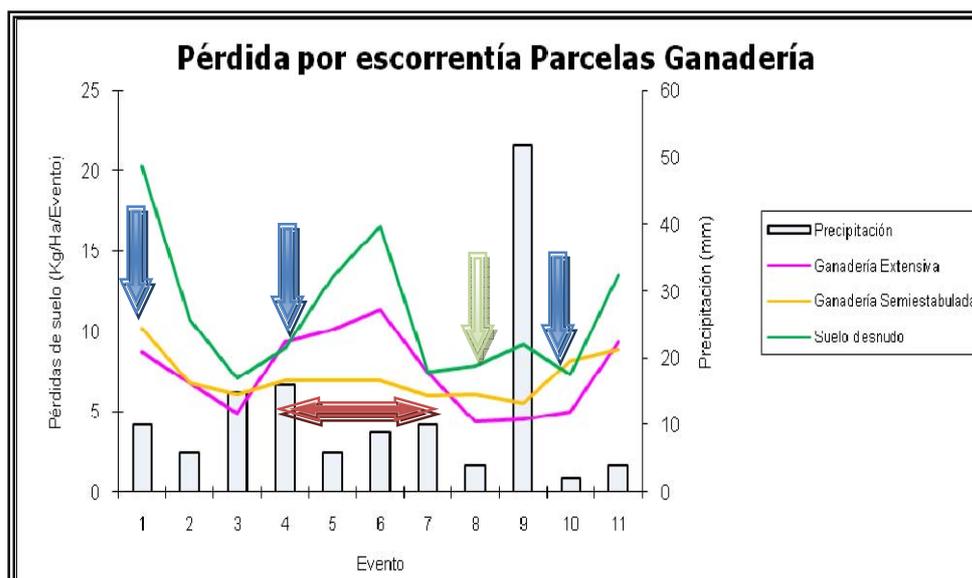
Tabla 25. Pérdida de suelo real parcela cultivos semestrales

Tratamiento	Pérdida de suelo kg/ha/4 meses de evaluación
Semestrales labranza convencional	130
Semestrales labranza cero	94
Suelo desnudo	175

4.2.4 Pérdidas por Escorrentía Parcelas de Ganadería

En las parcelas con pastos ocurrieron pérdidas menores de suelo comparadas con otros tratamientos; al comparar las pérdidas en los distintos tratamientos con ganadería se observaron ligeras diferencias, siendo superior el tratamiento con ganadería extensiva (11.38 y 10.15 Kg/ha/evento para precipitaciones de 9 y 6 mm respectivamente) (gráfica 12, tabla 26). En el tratamiento ganadería extensiva ocurrieron altas pérdidas de suelo coincidiendo este fenómeno con la ocurrencia

de eventos pluviales y prácticas de desyerbe y limpieza de los potreros, adicionalmente se observaron cambios abruptos con la ejecución de estas actividades. Durante la permanencia del animal en las parcelas de Ganadería Semiestablada, las pérdidas fueron similares a las registradas en los periodos de descanso; estos valores no alcanzan a los de ganadería extensiva debido al proceso de recuperación de la cobertura en los periodos de descanso y al efecto sobre la protección del suelo (Gráfica 12 y tabla 26)



Gráfica 12. Pérdidas por escorrentía parcelas de ganadería

-  Poda y Limpieza general de parcelas
-  parcela desnuda
-  Periodo de ocupación lote Ganadería Semiestablada

Tabla 26. Pérdida de suelo real tratamiento ganadería

Tratamiento	Pérdida de suelo Kg/Ha/4 meses de evaluación
Ganadería extensiva	81,8
Ganadería Semiestablada	78,6
Suelo desnudo	122,4

La pérdida de suelo real en ton/ha-año se muestra en la tabla 27:

Tabla 27. Total de Pérdidas de suelo real

Sitios	Tratamiento	Erosión Real (ton/ha-año)
Jericó	Parcela desnuda	1,64
	Mora Convencional	0,99
	Mora barreras vivas	0,51
	Café Convencional	1,14
	Café bajo sombra	0,73
Pinos	Parcela desnuda	1,5
	Cultivos semestrales labranza convencional	0,53
	Cultivos semestrales labranza cero	0,37
Marengo	Parcela desnuda	1,2
	Ganadería extensiva	0,33
	Ganadería semiestabulada	0,31

4.3. Determinación de pérdida de suelo mediante el uso del Modelo de simulación EPIC (Environmental Policy Integrated Climate)

EL modelo de Erosión EPIC está compuesto de 10 componentes de los cuales cinco son operados en la determinación de pérdidas de suelo como Clima, Hidrología, Erosión, labranza, manejo de cultivos y suelos, dados las necesidades del estudio de caso.

Para la estimación de la erosión por lluvia y escurrimiento el modelo EPIC usa ecuaciones como la USLE (Wischmeier and Smith, 1978), la USLE modificada por Onstad-Foster (Onstad and Foster, 1975), la MUSLE (Williams, 1975), para este análisis se tomo como referencia la ecuación USLE ya que depende estrictamente de la lluvia como un indicador de la energía de erosividad, de igual manera permite estimar las pérdidas de suelo que se presentan anualmente.

4.3.1 Hidrología

Está compuesta por el número de curva (tablas 28 y 29) que varía de acuerdo a las propiedades hidrodinámicas de los suelos (infiltración), por lo tanto es importante para la evaluación del potencial de escorrentía.

Tabla 28. Grupo Hidrológico en función del potencial de escorrentía para la determinación del CN (Número de curva del Método S.C.S)

Tipo de Suelo	Características
A	Bajo potencial de escorrentía. Son suelos que tiene una alta tasa de infiltración, aunque estén bien húmedos. Consisten en arenas o gravas profundas
B	Moderadamente bajo potencial de escorrentía. Son suelos con tasa de infiltración moderada, aunque estén muy húmedos. Suelos de texturas moderadamente gruesas, con una permeabilidad entre moderadamente lenta a moderadamente rápida y una tasa de transmisión de agua moderada.
C	Moderadamente alto potencial de escorrentía. Son suelos con una infiltración lenta cuando muy húmedos, son suelos con un estrato que impide el movimiento de agua hacia abajo, con una textura de moderadamente fina a finas, con infiltración lenta debido a sales o álcalis, probablemente drenados.
D	Alto potencial de escorrentía. Suelos con infiltración muy lenta cuando muy húmedos. Son suelos arcillosos con un nivel freático alto permanentemente, infiltración muy lenta debido a sales o álcalis. Tasa de transmisión de agua muy lenta.

Tabla 29. Números de Curva CN para el método del S.C.S para suelos agrícolas cultivados.

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

Fuente: Neitsch S.L., et al, 2001

4.3.2 Evapotranspiración

Para la estimación se utilizó el método de Evapotranspiración potencial de Hargreaves and Samani, 1995, teniendo en cuenta las temperaturas máximas, mínimas y la radiación solar de la localidad.

4.3.3 Clima

El factor clima del modelo está compuesto por las variables de Precipitación, Temperatura del aire máxima y mínima, radiación Solar y la humedad relativa. Estas variables pueden ser ingresadas al modelo o ser generadas estocásticamente.

Se ingresaron al modelo los registros históricos de clima de la estación Sevilla del municipio de Pitalito para el periodo 1989 – 1999.

4.3.4 Descripción de las Corridas

Los parámetros estándares establecidos en el modelo de simulación Epic para cada lugar varían de acuerdo a la pendiente, características de los suelos, manejo del cultivo, elevación sobre el nivel del mar, datos climatológicos y grupo hidrológico, por lo tanto los datos climáticos históricos generados desde 1989 son similares para los tres sitios del estudio, las diferencias que existen entre ellos son las características mencionadas en cuanto a ubicación geográfica, suelos y clima, por lo tanto para cada uno de los tratamientos se diseño un modelo con sus respectivos parámetros.

El modelo de simulación EPIC se ejecuto para 7 tratamientos como son: mora convencional, mora con barreras vivas, café convencional, café bajo sombra, cultivos semestrales con labranza convencional, cultivos semestrales con labranza cero, ganadería extensiva. Para cada uno de los sitios se tomo como testigo una parcela desnuda, la cantidad total de parcelas ejecutadas fueron 7, cada una con tres repeticiones.

A continuación se describen las diferentes entradas al Epic para generar perdidas a través de la ecuación USLE, tomada como referencia para el análisis de los resultados arrojados por la base de datos ingresada.

4.3.4.1 Bases de Datos del Modelo Simulación Epic Versión Dos

4.3.4.1.1 Software

Se utiliza el modelo EPIC versión 5300 de 1997 (MITCHELL et al 1997). Este software corre bajo sistema operativo MS-DOS, Windows 95 y 98 en ambiente MS-DOS.

4.3.4.1.2 Coberturas

Para cada una de los tratamientos y parcelas se realizó un archivo de entrada al modelo EPIC de extensión (*.dat) (tabla 30).

Tabla 30. Archivos de entrada del modelo EPIC para los tratamientos tradicionales y alternativos

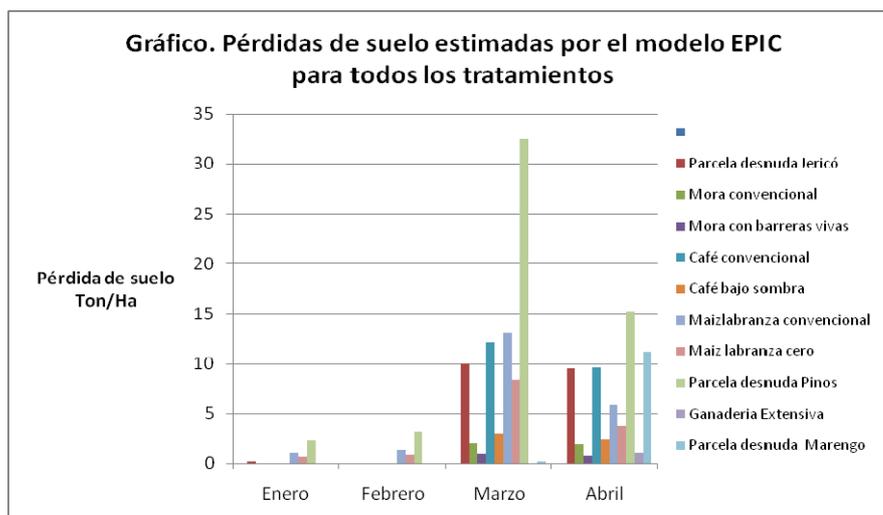
Arreglo / N° parcela	*.dat
Suelos desnudo	JM0.dat
Mora convencional	Jmt2.dat
Mora con barreras vivas	Jmb5.dat
Café convencional	Cafe8.dat
Café bajo sombra 11	Cafes11.dat
Cultivos semestrales con labranza convencional	PQ14.dat
Cultivos semestrales con labranza cero	PQ17.dat
Parcela Desnuda	Pd20.dat
Parcela Desnuda 21	mge21.dat
Parcela Ganadería Extensiva 24	mge24.dat
Parcela Ganadería Semiestabulada 27	mge27.dat

El comando para generar los diferentes parámetros de los archivos *.dat equivale a `c:\modelos\epic\utilc epic mge21.dat`, siendo `utilc epic` el comando que permite a la visualización de los datos que se ingresan en la plataforma, para generar las salidas de los archivos *.dat se utiliza la carpeta Epic ***C:\modelos\epic\ ewq mge21***, así continua con los demás archivos.

En el *Anexo M*, se describen los parámetros estándares necesarios para la corrida del Epic en las parcelas de la Vereda Jericó, donde se encuentran establecidos los tratamientos de mora convencional, mora con barreras vivas, café bajo sombra y café convencional.

4.3.5 Pérdida de Suelos Simuladas por el Modelo Epic

La erosión simulada por el modelo EPIC, muestra los máximos niveles de erosión durante el mes de marzo, y los mínimos durante el mes de enero y febrero donde solo se reportó erosión para las parcelas de la localidad de Pinos, especialmente en la parcela testigo en el mes marzo y la menor pérdida de suelo se registro en la localidad de Marengo (Gráfica 13, Tabla 31).



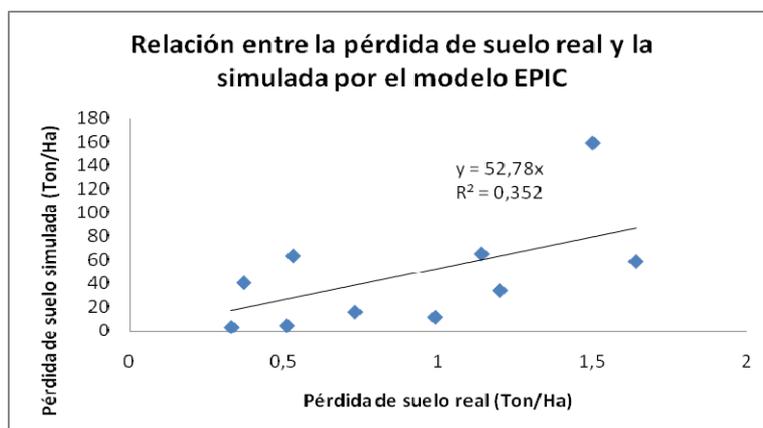
Gráfica 13. Pérdida de suelo estimada por el modelo Epic

Tabla 31. Pérdida de suelo simulada por el modelo EPIC sin calibrar

Sitios	Tratamiento	Erosión simulada	Erosión medida
		ton/ha/año	
Jericó	Parcela desnuda Jericó	59,01	1,64
	Mora Convencional	11,88	0,99
	Mora barreras vivas	4,83	0,51
	Café Convencional	65,31	1,14
	Café bajo sombra	16,2	0,73
Pinos	Cultivos semestrales labranza convencional	63,6	0,53
	Cultivos semestrales labranza cero	40,62	0,37
	Parcela desnuda pinos	159,06	1,5
Marengo	Parcela desnuda Marengo	34,14	1,2
	Ganadería Semiestabulada	3,21	0,31
	Ganadería extensiva	3,42	0,33

Al comparar las pérdidas de suelo simuladas con las medidas o reales, el EPIC arroja valores similares para los tratamientos parcela desnuda (59,01) y café convencional (65,31) en Jericó y cultivos semestrales labranza convencional (63,60) en Pinos, pero las pérdidas medidas en las parcelas muestran una gran diferencia entre estos tratamientos: parcela desnuda (1,64), café convencional (1,14) en Jericó y cultivos semestrales labranza convencional (0,53) en Pinos (tabla 27). De igual manera se observó que las pérdidas de suelo medidas son inferiores a las pérdidas de suelo simuladas, ya que la pendiente de la ecuación de ajuste es de 52,78 (Gráfica 14); estas diferencias se deben a que las

pérdidas medidas fueron obtenidas en parcelas de longitud restringida (6 - 8 m), mientras que en escenarios de campo la longitud de la pendiente puede alcanzar más de 100 metros, potenciando los procesos erosivos.



Gráfica 14. Relación pérdida medida y simulada por el Modelo Epic

Con el objetivo de utilizar el modelo EPIC y hacer una aproximación más cercana a las pérdidas medidas en campo, se procedió a calibrar el Modelo Epic. La base para la calibración fue el factor de cobertura, los valores de factor C con los que se corrió el modelo EPIC provienen de diferentes fuentes de literatura (Wischmeier y Smith, 1978; Dissmeyer y Foster, 1980), que han reportado estos factores con base en ensayos experimentales en otras localidades. Basados en los resultados medidos en las parcelas de escorrentía se calibro el factor C independiente para cada localidad, tomando como referencia la parcela a suelo desnudo (Factor C igual a 1). Se busco la proporción a que debían corresponder los valores simulados por el Epic de las perdidas de suelo en parcelas con cultivos tomando como referencia los valores medidos, y mediante análisis de sensibilidad se estimo el nuevo valor del factor C, el cual se ajusto para las distintas zonas (tabla 32).

Tabla 32. Calibración del factor C del modelo EPIC

Tratamientos	Factor C	
	Literatura*	Calibrado Epic
Parcela desnuda Jericó	1,00	1,00
Mora Convencional	0,20	0,60
Mora barreras vivas	0,14	0,53
Café Convencional	0,30	0,19
Café bajo sombra	0,14	0,22
Labranza convencional maíz	0,36	0,11
Labranza cero Maíz	0,23	0,07
Parcela desnuda pinos	1,00	1,00
Parcela desnuda Marengo	1,00	1,00
Ganadería semiestabulada	0,20	0,20
Ganadería extensiva	0,15	0,15

Fuente: Roose (1977), García Préchac (1992) y García Préchac y Durán, (1991)

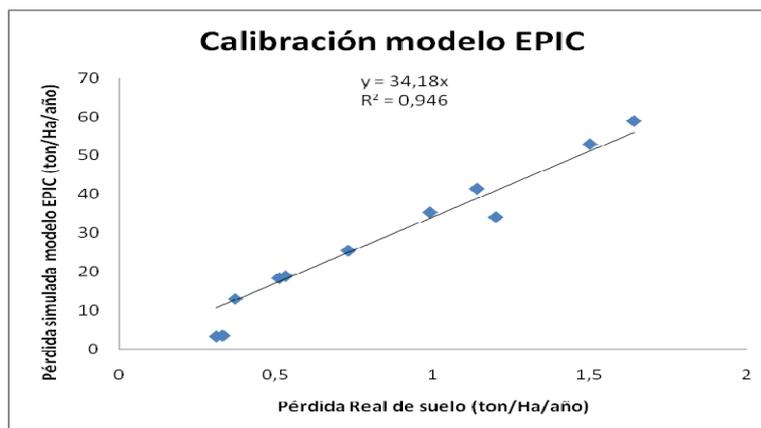
Posterior a la calibración del factor C, de nuevo se simularon las pérdidas de suelo para los diferentes tratamientos (Tabla 33). Se observa que las menores pérdidas de suelo se presentaron en la localidad de Marengo en las parcelas de ganadería, seguidas por los cultivos semestrales de Pinos; por el contrario las mayores pérdidas de suelo ocurrieron en las parcelas con cultivos de café y mora en Jericó, con diferencias significativas entre tratamientos convencionales y alternativos. Cabe resaltar que las menores pérdidas en cultivos semestrales se atribuyen a las características de manejo de la parcela (barbecho durante 4 años), lo que contribuyó a evitar la erosión en mayor grado.

Tabla 33. Valores simulados con el Modelo EPIC calibrado

Tratamiento	EPIC calibrado Ton/ha-año
Parcela desnuda ¹	59,01
Mora convencional ¹	35,37
Mora barreras vivas ¹	18,33
Café convencional ¹	41,49
Café bajo sombra ¹	25,44
Cultivos semestrales labranza convencional ²	18,84
Cultivos semestrales labranza cero ²	12,94
Parcela desnuda ²	53,02
Parcela desnuda ³	34,14
Ganadería semiestabulada ³	3,21
Ganadería extensiva ³	3,42

Localidad: 1 Jericó, 2 Pinos, 3 Marengo.

Se evaluó la correlación del Modelo Epic y los valores medidos en campo obteniendo un coeficiente de determinación alto (0,946), indicando buen grado de ajuste. Esto significa que a pesar que el modelo sobreestima las pérdidas de suelo (pendiente 34,18), por el factor longitud de pendiente en las parcelas de escorrentía, el grado de explicación a las variaciones en las prácticas de manejo, así como su sensibilidad es bastante buena (grafica 15).



Gráfica 15. Calibración modelo EPIC

4.4 Diferencia en producción de sedimentos entre tratamientos evaluados con el EPIC.

Al determinar las pérdidas de suelo para una misma actividad productiva con diferentes prácticas de manejo, se encontró diferencias significativas especialmente en las parcelas bajo mora y café con 17 y 16 ton/ha respectivamente. La diferencia para maíz fue menor debido a las condiciones antecedentes a la siembra del cultivo (tabla 34).

Tabla 34. Diferencia entre tratamientos convencionales y alternativos

Tratamientos	Diferencia (ton/Ha/año)
Mora convencional Vs Mora alternativa	17,04
Café convencional Vs Café Sombra	16,05
Maíz convencional Vs Maíz labranza mínima	5,90
Ganadería Semiestabulada Vs Ganadería extensiva	0,21

El análisis marginal de costos e ingresos entre los cultivos con prácticas tradicionales, muestra que por unidad de área los mayores costos de las prácticas alternativas esta representado por el café bajo sombra, valor atribuido principalmente a que son sistemas productivos con mayor nivel de tecnificación y menor producción (anexo O). Por el contrario el menor costo se presenta en ganadería semiestabulada con un valor de \$83.226/Ha, esto debido a la baja inversión por unidad de área (tabla 35).

Tabla 35. Costos por la pérdida de suelos

Tratamientos	Disminución Erosión ton/Ha	Costo	
		\$/Ha/año	\$/ton
Mora convencional Vs Mora alternativa	17,04	180.000	10.563
Café convencional Vs Café Sombra	16,05	1.521.000	94.766
Maíz convencional Vs Maíz labranza mínima	5,9	135.000	22.881
Ganadería Semiestabulada Vs Ganadería extensiva	0,21	83.226	396.314

Rivera y Estrada (2002) encontraron que para el proyecto Hidroeléctrico la Miel el costo de oportunidad por ampliación de la vida útil de la represa es de \$ 2,56 dólares/tonelada de sedimento, que a precio actual del dólar (\$ 2160) equivale a 5.529,6 pesos por tonelada, valor muy bajo si se considera que el costo de dejar de producir una tonelada de sedimento en el mejor de los casos (transformar mora convencional a mora con barreras vivas) es de \$10.563.

Lo anterior demuestra que para el caso específico de generación eléctrica no existiría en el caso del Corredor Biológico, una coincidencia entre el costo de oportunidad para la hidroeléctrica y el costo de dejar de producir los sedimentos, sin embargo al entender que los impactos van más allá de la solo generación eléctrica e incluye otras oportunidades como el agua para consumo, así como el mantenimiento de la capacidad productiva de los suelos, es muy seguro que el análisis financiero justifique las actividades de conservación. Sin embargo, esto implicaría que diferentes sectores de la sociedad incluyendo al mismo estado, invirtieran recursos adicionales para garantizar un bien público a largo plazo (tabla 36).

Tabla 36. Pérdida de suelo en el horizonte A

PARÁMETROS	Café	Mora	Ganadería	Maíz
Tratamiento Convencional (Ton/ha-año)	41,5	35,3	3,42	18,8
Tratamiento alternativo (Ton/ha-año)	25,4	18,3	3,21	12,9
Altura horizonte A (cm)	25	15	15	15
Densidad aparente (g/cm ³)	0,65	0,90	1,53	0,98
Peso 1 ha de horizonte A (ton)	1.625	1.350	2.295	1.470
Años perdida de horizonte A Convencional	39	38	671	78
Años perdida de horizonte A alternativo	64	74	715	114

Asumiendo una tasa de erosión constante, se calculó el tiempo de pérdida del horizonte A, encontrando información preocupante para los sistemas productivos como café y mora convencional, donde el horizonte A desaparecería en 39 años, mientras que para la localidad Marengo es mucho más amplio. En todos los casos, los tratamientos alternativos prácticamente duplicaron el tiempo de conservación con respecto a los tratamientos convencionales.

5. CONCLUSIONES

- Los eventos pluviales para el periodo experimental en las tres localidades se clasifican como eventos suaves debido a los bajos niveles de precipitación, menores a 12.5 mm, con un total de 59 eventos en la vereda Jericó, 46 eventos en la vereda Pinos y un mayor número de eventos de baja intensidad en la finca Marengo. Por lo tanto el total de precipitaciones suaves para Marengo es de un 95%, contra un 13 y 10% de eventos fuertes y severos para las otras localidades
- Los índices de erosividad calculados por la ecuación USLE en las veredas Jericó y Pinos para el mes de febrero presentan los mayores índices de erosividad debido a la intensidad de las lluvias más no a la cantidad de la misma.
- Según el método de Paulet, los índices de erodabilidad en los suelos de la vereda Pinos presentan mayor susceptibilidad a erosión (0,163 Ton/ha), esto indica que por su alto contenido de limos y arenas finas contribuyen a generar una mayor escorrentía y en consecuencia mayor erosión superficial, por el contrario los menores índices de erodabilidad se presentan en la vereda Jericó debido a los bajos contenidos en las fracciones mencionadas, así como una rápida infiltración, estructura más gruesa y mayores niveles de materia orgánica, siendo los suelos menos susceptibles a la erosión.
- Los valores del factor C ponderados muestran que las coberturas más susceptible a erosión son aquella con cultivos semestrales convencionales cuyo factor es de 0,39, y por el contrario las coberturas protectoras del suelo (menor índice) son las prácticas de café bajo sombra y mora con barreras vivas.
- Según los resultados de pérdidas medidas, los mayores valores de erosión se presentaron en el cultivo de café convencional (1.14 tn/ha/año contra 0.73 tn/ha/año en Café bajo sombra), la diferencia se atribuye principalmente al manejo de la cobertura en los tratamientos. Adicionalmente un factor que influye de manera importante en las pérdidas de suelo es la ejecución de prácticas de limpieza en las parcelas. En otros estudios, Jaramillo 1996, encontró que el espesor de la cobertura en el suelo es mayor en cafetales bajo sombra que en cafetales expuestos al sol, debido al efecto protector que ofrece la cobertura que se forma con la acumulación de múltiples estratos de vegetación aportados por la especies coexistentes con el cultivo y se

evidencia que la interceptación directa de las gotas de lluvia o “acción de paraguas” no tiene efecto alguno en la mitigación de la pérdida de suelo en los cafetales.

- La cobertura densa es la práctica más eficiente de conservación de suelos y aguas como lo muestran los resultados de la erosión en las parcelas del cultivo de mora; la erosión para el cultivo de mora convencional fue de 0.99 tn/ha-año contra 0.51 tn/ha-año del cultivo de mora con barreras vivas. Las barreras vivas ofrecen un efecto protector significativo en las zonas de ladera debido a que mitiga los procesos de arranque y arrastre de las partículas de suelo a través de las pendientes.
- La implementación de prácticas de manejo alternativo en los cultivos generan un impacto positivo en la prevención de la erosión superficial, un visible ejemplo de esto son los cultivos con prácticas de labranza cero que presentan pérdidas de suelo menores (0.37 tn/ha-año) que los cultivos con prácticas de manejo convencional (0.53 tn/ha-año), estos últimos incluyen quema y remoción de la cobertura y movimiento de la capa superficial del suelo dejándolo propenso a la erosión y al arrastre de sedimentos pendiente abajo.
- Las mayores diferencias entre labranza convencional y labranza cero se presentaron al inicio del cultivo, y los valores de erosión en ambos tratamientos disminuyeron de acuerdo al crecimiento de los cultivos, esta situación se agrava cuando las primeras fases del cultivo coinciden con el periodo de lluvias.
- En el tratamiento con ganadería extensiva la erosión fue similar al de ganadería semiestabulada, 0.33 y 0.31 tn/ha-año respectivamente, demostrando que el efecto de la intensidad de la lluvia combinado con las prácticas de manejo en los cultivos asociados al grado de cobertura tienen influencia importante en la pérdida de suelo superficial por escorrentía en las zonas de ladera.
- Las mayores pérdidas medidas de suelo ocurrieron en la localidad de Jericó, especialmente en el cultivo de café convencional (1.14 tn/ha-año), seguido de mora convencional (0.99 tn/ha-año). La pendiente del suelo fue un factor determinante en los resultados de las distintas localidades, siendo Jericó la mayor pendiente y así mismo donde sucedieron las mayores pérdidas de suelo.

- En la simulación con el modelo EPIC se obtienen las menores pérdidas en los tratamientos con ganadería seguido de los tratamientos con labranza cero y convencional, las mayores pérdidas se presentaron en el cultivo café y mora en Jericó, aunque con grandes diferencias entre los tratamientos convencionales y los alternativos propuestos.
- El análisis económico mostró que los costos más altos por unidad de área lo representan las prácticas alternativas café bajo sombra, valor atribuido principalmente a que son sistemas productivos con mayor nivel de tecnificación y menor producción.

6. RECOMENDACIONES

- La implementación de prácticas de manejo alternativas en los cultivos en zonas de ladera presentan un impacto positivo en la mitigación de la erosión en zonas de montaña. Por esta razón, es recomendable su utilización tanto en estas zonas como en las que no se presentan situaciones geográficas tan difíciles.
- El presente estudio muestra valores importantes respecto de la reducción de la pérdida de suelo en zonas de ladera, pero se recomienda continuar la investigación para cubrir temporadas de intensa lluvia y obtener mayor volumen de información para los contrastes entre los diversos tratamientos.
- Se recomienda introducir estudios sobre la estabilidad de los suelos por tratamiento para considerar el efecto de agregación y estructuración de los mismos y su incidencia en los procesos de erosión y sedimentación.
- Se sugiere instalar pluviómetros cercanos a los sitios de experimentación para contar con las características detalladas de los distintos eventos pluviales (cantidad, intensidad y distribución en el tiempo) que inciden de manera importante en los procesos erosivos.
- Investigar sobre las limitaciones y rango de aplicaciones de los modelos de simulación, ya que para el presente trabajo se optó por correlacionar los valores medidos con los simulados debido a su gran diferencia, otorgada a las diferencias de la longitud de pendiente experimental y la longitud de la ladera erosional.

BIBLIOGRAFÍA

ARROYAVE, J., TAPASCO, J., RIVERA, B., OBANDO, F. Viabilidad del uso del modelo EPIC para estimar pérdidas de suelo en zona de ladera. Colombia: Universidad de Caldas. 1998. 8 p.

BARRIOS, G., ZAPATA, A. Algunas Características de las Lluvias en Neiva y su potencial erosivo. Universidad Surcolombiana. 1985. 75 p.

BENSON, V., RICE, O., DYKE, P., WILLIAMS, J., y JONES, C. Conservation impact on crop productivity for the life of a soil. *J. Soil and Water Conservation*. Vol. 44. 1989. p. 600-604.

BETANCOURT, P., OROPEZA, J., FIGUEROA, B., ORDAZ, V., ORTIZ, V., y HERNÁNDEZ, A. Pérdidas de suelo y potencial hidrológico en parcelas con coberturas vegetativas de especies forrajeras. Mexico. 2000.

CARABALI, F., SARMIENTO, A. Estimación de pérdida de suelos mediante el uso del modelo de simulación EPIC (Environmental Policy Integrated Climate Formerly Erosion Productivity Impact Calculator) en zona de ladera. Colombia: Universidad de Caldas. 2001. 35 p.

CORPOICA. Comportamiento de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en la Orinoquia Colombiana. Villavicencio, Colombia. 2006. Plegable Divulgativo.

CERQUERA, Y., WILL, J. Caracterización física de las Lluvias y erosión por impacto en los Centros Experimentales San Rafael y Tarpeya. 1991. 52 p.

CRUZ, D. Evaluación del factor de erodabilidad K en los suelos de los Centros Experimentales Tarpeya, San Rafael y Las Delicias. Universidad Surcolombiana. 1991. 18 p.

ELLISON, W. Soil erosion studies – Part I. In: *Agricultural engineering*. Vol 28, No. 85. 1947. p. 145-146

FAO. Erosión y pérdida de fertilidad del suelo. Documentos FAO <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S06.htm>

FOSTER G.R., MOLDENHAUER W.C. y WISCHMEIER W.H. Transferability of US technology for prediction and control of erosion in the tropics. En: *Soil Erosion and Conservation in the Tropics*, Special Publication 43. Amer. Soc. of Agronomy. 1982. p. 135-149.

GOMEZ, A. y RIVERA, P. dinámica de población de cafetales al sol manejados integralmente con herbicidas, machete y azadón. In: COMALFI 15 años, Seminario anual 15. Tibaitatá. COMALFI. 1983. p. 35

HINCAPIÉ, E. Validación del factor erodabilidad Ki - WEPP, usando un simulador de lluvias en suelos de la unidad Chinchiná, melanudands. Colombia: Universidad de Caldas. 2001. 145 p.

HUDSON, N. Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía. En: Boletín de Suelos de la FAO - 68. FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma. 1997

KIRKBY, M., J. y MORGAN, R., P. Erosion de suelos. México: Limusa. 1984. 375 p.

LECARPENTIER, C., KHOBZI, J., PEREZ, P., y OSTER, R. Erosión de tierras en Colombia. Bogotá: INDERENA, 1977. p. 6-10

MEYER, D. y HARMON, C. Suceptibility of agricultural soils to interrill erosion. In: Soil science Society of America Journal. Vol. 48, No. 5 (Sept – Oct 1984). p. 1152-1157

MITCHELL, J. y BUBENZER, G. estimación de la pérdida de suelo. Mexico: s.n. 1980. p. 41-71

MUTCHLER, K., MURPHREE, C. y McGREGOR, C. Soil erosion research methods. Arlington Virginia, USA: Winrock international. 1988. p. 9-36

PIZARRO, R., CUITIÑO, H. Evaluación cuantitativa de la erosión hídrica superficial en suelos desnudos de la pre-cordillera andina y valle central de la VII región. Chile: CONAPHI. 1998.

RAMIREZ, F. Susceptibilidad y predicción de la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera colombiana. Colombia: Universidad del Tolima-CENICAFE. 2006. 98 p.

RIVERA, H. Susceptibilidad y predicción de la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera colombiana. Colombia. 1999. 50 p.

RIVERA, H. Causas y consecuencias de la erosión de suelos de ladera colombiana. Colombia: Universidad de Caldas. 19 p.

RIVERA, H. P; ARISTIZABAL, A, G. Erosión potencial de los suelos de la zona cafetera central colombiana, (Caldas, Quindío y Risaralda) y su aplicabilidad en la orientación del uso, manejo y conservación. CENICAFÉ, 44(4): 141-154, 1993.

RIVERA, B.; ESTRADA, R. 1998. Modelo para el empoderamiento de una comunidad local a partir del análisis de los términos de intercambio entre criterios de política. Resúmenes Tercer Simposio Latinoamericano sobre Investigación y Extensión en Sistemas Agropecuarios. Lima, agosto 19-21 de 1998.

ROJAS, R. Evaluación preliminar del Modelo EPIC. Bogota: Universidad de los Andes. 1999. p. 1-9

SILVA, O. Descripción general de algunos modelos de simulación de erosión. Venezuela.

SILVA, O. Evaluación del escurrimiento y la erosión en condiciones de sabana y bosque claro de altas pendientes. Caso Macapo, Estado Cojedes. SILVA, O. Venezuela.

SUAREZ DE CASTRO, F. y RODRIGUEZ, G. investigación sobre la erosión y la conservación en Colombia. Bogota: Federación nacional de Cafeteros de Colombia. 1962. p. 23

URIBE, H. Erosion y conservación de suelos en café y otros cultivos. Cenicafé. 1971. p. 1-17

USDA-ARS. Field manual for research in agricultural hydrology. En: Agricultural Handbook 224. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Washington DC. 1979.

USDA. Predicting Soil Erosion by Water - A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Draft Handbook for limited circulation, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Washington DC. 1991.

VANELSLANDE A., ROSSEAU P., LAL R., GABRIELS D. y GHUMAN B.S. Testing the applicability of a soil erodibility nomogram for some tropical soils. En: Challenges in African Hydrology and Water Resources. D.E. Walling, S.S.D. Foster y P. Wurzel (eds.), IAHS Publ. No. 144. 1984. p. 463-473.

WILLIAMS, J.R., The EPIC model. US Dep. Of Agriculture. Agricultural Research Service. Grassland, Soil and Water Laboratory. 1996.

WISCHMEIER W.C. 1976. Use and misuse of the Universal Soil Loss Equation. J. Soil and Water Cons. 31(1):5-9. Publicado también como Apéndice A en Soil

Erosion: Prediction and Control. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa.

<http://colombia.indymedia.org/news/2005/08/28972.php>

<http://www.cam.gov.co/corredorbiologico/presentacion.htm>

<http://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Taller1/Anexo5a.pdf>

<http://www.ciedperu.org/manuales/suelin.htm>

<http://www.ecojoven.com/cinco/07/suelo.html>

ANEXOS

**ANEXO A. ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE
SUELOS.**

ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE SUELO.

En cada uno de los sitios donde se encuentran instaladas las parcelas de escorrentía, se realizó el respectivo análisis de suelos para determinar las propiedades físicas y químicas que son de gran importancia para el desarrollo del proyecto, en especial para realizar la simulación del modelo EPIC.

En el análisis físico se determinaron las siguientes propiedades:

- Textura
- Densidad Aparente
- Densidad Real
- % de Humedad

En el análisis de los parámetros químicos se realiza en cada uno de los horizontes encontrados en el levantamiento de suelos. Las siguientes fotos representan los diferentes perfiles que se hallaron en las veredas.



Calicata vereda Jericó



calicata vereda los Pinos



Calicata finca Marengo

A continuación se encuentran los análisis realizados por el laboratorio de Suelos de la Universidad Surcolombiana:

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
 NIT. 891.180.084-2
 INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES IDEI
LABORATORIO DE SUELOS
 FACULTAD DE INGENIERÍA
ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO



Solicitante: ONF ANDINA Municipio: Pitalito
 Proyecto: Corredor Biológico Departamento: Huila
 Fecha: Marzo 22 de 2007

Prueba No.	Calicata	Horizonte	Textura (Tacto)	Densidad Aparente (g/cm ³)	Densidad Real (g/cm ³)
025	1	A	F	0.90 0.84	1.61
026		Transición	F	1.0 0.9	2.20
027		B	F	0.70 0.77	2.31
028	2	A	F	0.65	1.10
029		Transición	F	0.87 0.85	2.24
030		B	FArL	0.68	2.21
031	3	A	F	0.98 0.90	2.30
032		B	ArL	1.37 1.32	2.47
033	4	A	FAl	1.52 1.42	2.40
034		C	Ar	1.63 1.64	2.45

Métodos de laboratorio utilizados: Calicata 1 – 2 = Finca Jericó
 Densidad aparente: Terrón Parafinado Calicata 3 = Finca los Pinos
 Densidad real: Picnómetro Calicata 4 = Finca Marengo

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO Ph.D.
 Coordinador Laboratorio de Suelos
 Universidad Surcolombiana

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
 NIT. 891.180.084-2
 INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES IDEI
 LABORATORIO DE SUELOS
 FACULTAD DE INGENIERIA



Nombre del solicitante: ONF Andina
 Vereda: Jericó
 Perfil: 1 horizonte A

Nombre de la finca: La Balsora
 Municipio: Palestina
 Departamento: Huila

Fecha: Marzo 22 de 2007

No. Laboratorio	Q-07025			Recomendación fertilización		Método Analítico Empleado
Muestra	001R12					
PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	CALIFICACION	Nutrientos puros	Requerimientos kg/ha	
pH		3.75	Extremadamente ácido	-	-	Potenciómetro
Materia Orgánica (MO)	%	5.42	A	-	-	Walkley - Black
C.I.C.	meq (100 g) ⁻¹	12.59	M	-	-	NH ₄ OAc - pH 7
Fósforo (P)	mg.Kg ⁻¹	78.20	A	-	-	Bray II
Calcio (Ca)	meq (100 g) ⁻¹	9.74	A	-	-	NH ₄ OAc - AA
Magnesio (Mg)	meq (100 g) ⁻¹	1.73	M	-	-	
Sodio (Na)	meq (100 g) ⁻¹	0.11	N	-	-	
Potasio (K)	meq (100 g) ⁻¹	0.18	B	-	-	
Azufre (S)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	Turbidimetría
Hierro (Fe)	mg.Kg ⁻¹	55.47	A	-	-	Doble Ácido -AA
Cobre (Cu)	mg.Kg ⁻¹	0.07	B	-	-	
Cinc (Zn)	mg.Kg ⁻¹	0.14	B	-	-	
Manganeso (Mn)	mg.Kg ⁻¹	3.13	B	-	-	
Boro (B)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	H ₂ O Caliente
Aluminio (Al)	meq (100 g) ⁻¹	-	-	-	-	Volumétrica
CO ₃ ⁻		-	-	-	-	
Relación Ca/Mg		5.63	D	-	-	
Relación (Ca +Mg)/K		63.72	D	-	-	
Relación Mg/K		9.61	-	-	-	
TEXTURA	Clase	F	Franco			

ANALISTA QUIMICO: Carlos A. Franco MDQ

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

CALIFICACIÓN: D: DEFICIENTE, N: NORMAL, I: IDEAL
 MB: MUY BAJO, B: BAJO, M: MEDIO, A: ALTO, MA: MUY ALTO

OBSERVACIONES:

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO Ph.D.
 COORDINADOR LABORATORIO DE SUELOS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
 NIT. 891.180.084-2
 INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES IDEI
 LABORATORIO DE SUELOS
 FACULTAD DE INGENIERIA



Nombre del solicitante: ONF Andina
 Vereda: Jericó
 Perfil: 1 horizonte Transición
 Fecha: Marzo 22 de 2007

Nombre de la finca: La Balsora
 Municipio: Palestina
 Departamento: Huila

No. Laboratorio	Q-07026		Recomendación fertilización		Método Analítico Empleado	
Muestra	001R12		Nutrientes puros	Requerimientos kg/ha		
PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	CALIFICACION			
pH		3,98	Extremadamente ácido	-	-	Potenciómetro
Materia Orgánica (MO)	%	3,36	M	-	-	Walkley - Black
C.I.C.	meq (100 g) ⁻¹	10.30	M	-	-	NH ₄ OAc - pH 7
Fósforo (P)	mg.Kg ⁻¹	63.78	A	-	-	Bray II
Calcio (Ca)	meq (100 g) ⁻¹	7.63	A	-	-	NH ₄ OAc - AA
Magnesio (Mg)	meq (100 g) ⁻¹	1.74	M	-	-	
Sodio (Na)	meq (100 g) ⁻¹	0.12	N	-	-	
Potasio (K)	meq (100 g) ⁻¹	0.11	B	-	-	
Azufre (S)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	Turbidimetría
Hierro (Fe)	mg.Kg ⁻¹	55.84	A	-	-	Doble Ácido - AA
Cobre (Cu)	mg.Kg ⁻¹	0.04	B	-	-	
Cinc (Zn)	mg.Kg ⁻¹	0.19	B	-	-	
Manganeso (Mn)	mg.Kg ⁻¹	3.16	B	-	-	
Boro (B)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	H ₂ O Caliente
Aluminio (Al)	meq (100 g) ⁻¹	-	-	-	-	Volumétrica
CO ₃ ⁼		-	-	-	-	
Relación Ca/Mg		4.38	I	-	-	
Relación (Ca +Mg)/K		85.18	D	-	-	
Relación Mg/K		15.81	-	-	-	
TEXTURA	Clase	F	Franco			

ANALISTA QUIMICO: Carlos A. Franco MDQ

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

CALIFICACIÓN: **D:** DEFICIENTE, **N:** NORMAL, **I:** IDEAL

MB: MUY BAJO, **B:** BAJO, **M:** MEDIO, **A:** ALTO, **MA:** MUY ALTO

OBSERVACIONES:

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO Ph.D.
 COORDINADOR LABORATORIO DE SUELOS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
 NIT. 891.180.084-2
 INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES IDEI
 LABORATORIO DE SUELOS
 FACULTAD DE INGENIERIA



Nombre del solicitante: ONF Andina
 Vereda: Jericó
 Perfil: 1 horizonte B
 Fecha: Marzo 22 de 2007

Nombre de la finca: La Balsora
 Municipio: Palestina
 Departamento: Huila

No. Laboratorio	Q-07027		Recomendación fertilización		Método Analítico Empleado	
Muestra	001R12		Nutrientos puros	Requerimientos kg/ha		
PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	CALIFICACION			
pH		4,4	Extremadamente ácido	-	-	Potenciómetro
Materia Orgánica (MO)	%	2,55	B	-	-	Walkley - Black
C.I.C.	meq (100 g) ⁻¹	8.56	B	-	-	NH ₄ OAc - pH 7
Fósforo (P)	mg.Kg ⁻¹	57.30	A	-	-	Bray II
Calcio (Ca)	meq (100 g) ⁻¹	6.41	A	-	-	NH ₄ OAC - AA
Magnesio (Mg)	meq (100 g) ⁻¹	1.14	B	-	-	
Sodio (Na)	meq (100 g) ⁻¹	0.14	N	-	-	
Potasio (K)	meq (100 g) ⁻¹	0.19	B	-	-	
Azufre (S)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	Turbidimetría
Hierro (Fe)	mg.Kg ⁻¹	38.05	M	-	-	Doble Ácido - AA
Cobre (Cu)	mg.Kg ⁻¹	0.03	MB	-	-	
Cinc (Zn)	mg.Kg ⁻¹	0.17	MB	-	-	
Manganeso (Mn)	mg.Kg ⁻¹	2.35	B	-	-	
Boro (B)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	H ₂ O Caliente
Aluminio (Al)	meq (100 g) ⁻¹	-	-	-	-	Volumétrica
CO ₃ ⁼		-	-	-	-	
Relación Ca/Mg		5.62	D	-	-	
Relación (Ca +Mg)/K		39.73	-	-	-	
Relación Mg/K		6.00	-	-	-	
TEXTURA	Clase	F	Franco			

ANALISTA QUIMICO: Carlos A. Franco MDQ

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

CALIFICACIÓN:

D: DEFICIENTE, N: NORMAL, I: IDEAL
MB: MUY BAJO, B: BAJO, M: MEDIO, A: ALTO, MA: MUY ALTO

OBSERVACIONES:

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO Ph.D.
 COORDINADOR LABORATORIO DE SUELOS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
 NIT. 891.180.084-2
 INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES IDEI
 LABORATORIO DE SUELOS
 FACULTAD DE INGENIERIA



Nombre del solicitante: ONF Andina
 Vereda: Jericó
 Perfil: 2 horizonte Transición AB
 Fecha: Marzo 22 de 2007

Nombre de la finca: La Balsora
 Municipio: Palestina
 Departamento: Huila

No. Laboratorio	Q-07029			Recomendación fertilización		Método Analítico Empleado
	Muestra	001R12		Nutrientes puros	Requerimientos kg/ha	
PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	CALIFICACION			
pH		3,87	Extremadamente ácido	-	-	Potenciometro
Materia Orgánica (MO)	%	5,1	A	-	-	Walkley - Black
C.I.C.	meq (100 g) ⁻¹	11.89	M	-	-	NH ₄ OAc - pH 7
Fósforo (P)	mg.Kg ⁻¹	61.30	A	-	-	Bray II
Calcio (Ca)	meq (100 g) ⁻¹	8.63	A	-	-	NH ₄ OAc - AA
Magnesio (Mg)	meq (100 g) ⁻¹	1.32	B	-	-	
Sodio (Na)	meq (100 g) ⁻¹	0.11	N	-	-	
Potasio (K)	meq (100 g) ⁻¹	0.21	M	-	-	
Azufre (S)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	Turbidimetría
Hierro (Fe)	mg.Kg ⁻¹	25.99	M	-	-	Doble Ácido - AA
Cobre (Cu)	mg.Kg ⁻¹	0.03	MB	-	-	
Cinc (Zn)	mg.Kg ⁻¹	0.17	MB	-	-	
Manganeso (Mn)	mg.Kg ⁻¹	0.16	MB	-	-	
Boro (B)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	H ₂ O Caliente
Aluminio (Al)	meq (100 g) ⁻¹	-	-	-	-	Volumétrica
CO ₃ ⁼		-	-	-	-	
Relación Ca/Mg		6.53	D	-	-	
Relación (Ca +Mg)/K		47.38	-	-	-	
Relación Mg/K		6.28	-	-	-	
TEXTURA	Clase	F	Franco			
			ANALISTA QUIMICO: Carlos A. Franco MDQ			

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

CALIFICACIÓN:

D: DEFICIENTE, N: NORMAL, I: IDEAL
MB: MUY BAJO, B: BAJO, M: MEDIO, A: ALTO, MA: MUY ALTO

OBSERVACIONES:

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO Ph.D.
 COORDINADOR LABORATORIO DE SUELOS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
 NIT. 891.180.084-2
 INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES IDEI
 LABORATORIO DE SUELOS
 FACULTAD DE INGENIERIA



Nombre del solicitante: ONF Andina
 Vereda: Jericó
 Perfil: 2 horizonte B
 Fecha: Marzo 22 de 2007

Nombre de la finca: La Balsora
 Municipio: Palestina
 Departamento: Huila

No. Laboratorio		Q-07030		Recomendación fertilización		Método Analítico Empleado
Muestra		001R12		Nutrimentos puros	Requerimientos kg/ha	
PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	CALIFICACION			
pH		4,36	Extremadamente ácido	-	-	Potenciómetro
Materia Orgánica (MO)	%	3,55	M	-	-	Walkley - Black
C.I.C.	meq (100 g) ⁻¹	12.30	M	-	-	NH ₄ OAc - pH 7
Fósforo (P)	mg.Kg ⁻¹	62.71	A	-	-	Bray II
Calcio (Ca)	meq (100 g) ⁻¹	9.67	A	-	-	NH ₄ OAc - AA
Magnesio (Mg)	meq (100 g) ⁻¹	1.48	B	-	-	
Sodio (Na)	meq (100 g) ⁻¹	0.11	N	-	-	
Potasio (K)	meq (100 g) ⁻¹	0.30	M	-	-	
Azufre (S)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	Turbidimetría
Hierro (Fe)	mg.Kg ⁻¹	20.89	B	-	-	Doble Ácido - AA
Cobre (Cu)	mg.Kg ⁻¹	0.14	MB	-	-	
Cinc (Zn)	mg.Kg ⁻¹	0.16	MB	-	-	
Manganeso (Mn)	mg.Kg ⁻¹	2.97	MB	-	-	
Boro (B)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	H ₂ O Caliente
Aluminio (Al)	meq (100 g) ⁻¹	-	-	-	-	Volumétrica
CO ₃ ⁼		-	-	-	-	
Relación Ca/Mg		6.53	D	-	-	
Relación (Ca +Mg)/K		37.16	-	-	-	
Relación Mg/K		4.93	-	-	-	
TEXTURA	Clase	FArL	Franco Arcillo Limoso			
ANALISTA QUIMICO: Carlos A. Franco MDQ						

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

CALIFICACIÓN:

D: DEFICIENTE, **N:** NORMAL, **I:** IDEAL
MB: MUY BAJO, **B:** BAJO, **M:** MEDIO, **A:** ALTO, **MA:** MUY ALTO

OBSERVACIONES:

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO Ph.D.
 COORDINADOR LABORATORIO DE SUELOS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
 NIT. 891.180.084-2
 INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES IDEI
 LABORATORIO DE SUELOS
 FACULTAD DE INGENIERIA



Nombre del solicitante: ONF Andina

Nombre de la finca: La Esperanza

Vereda: Los Pinos

Municipio: Palestina

Perfil: 3 horizonte A

Departamento: Huila

Fecha: Marzo 22 de 2007

No. Laboratorio	Q-07031		Recomendación fertilización		Método Analítico Empleado	
Muestra	001R12		Nutrientes puros	Requerimientos kg/ha		
PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	CALIFICACION			
pH		4.75	Muy fuertemente ácido	-	-	Potenciómetro
Materia Orgánica (MO)	%	4.54	M	-	-	Walkley - Black
C.I.C.	meq (100 g) ⁻¹	23.50	A	-	-	NH ₄ OAc - pH 7
Fósforo (P)	mg.Kg ⁻¹	75.60	A	-	-	Bray II
Calcio (Ca)	meq (100 g) ⁻¹	14.11	A	-	-	NH ₄ OAc - AA
Magnesio (Mg)	meq (100 g) ⁻¹	6.17	A	-	-	
Sodio (Na)	meq (100 g) ⁻¹	0.11	N	-	-	
Potasio (K)	meq (100 g) ⁻¹	2.69	A	-	-	
Azufre (S)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	Turbidimetría
Hierro (Fe)	mg.Kg ⁻¹	21.51	B	-	-	Doble Ácido - AA
Cobre (Cu)	mg.Kg ⁻¹	0.14	MB	-	-	
Cinc (Zn)	mg.Kg ⁻¹	0.16	MB	-	-	
Manganeso (Mn)	mg.Kg ⁻¹	1.14	B	-	-	
Boro (B)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	H ₂ O Caliente
Aluminio (Al)	meq (100 g) ⁻¹	-	-	-	-	Volumétrica
CO ₃ ⁼		-	-	-	-	
Relación Ca/Mg		2.44	I	-	-	
Relación (Ca +Mg)/K		7.91	-	-	-	
Relación Mg/K		2.29	-	-	-	
TEXTURA	Clase	F	Franco			

ANALISTA QUIMICO: Carlos A. Franco MDQ

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

CALIFICACIÓN:

D: DEFICIENTE, N: NORMAL, I: IDEAL
 MB: MUY BAJO, B: BAJO, M: MEDIO, A: ALTO, MA: MUY ALTO

OBSERVACIONES:

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO Ph.D.
 COORDINADOR LABORATORIO DE SUELOS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
 NIT. 891.180.084-2
 INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES IDEI
 LABORATORIO DE SUELOS
 FACULTAD DE INGENIERIA



Nombre del solicitante: ONF Andina

Nombre de la finca: La Esperanza

Vereda: Los Pinos

Municipio: Palestina

Perfil: 3 horizonte B

Departamento: Huila

Fecha: Marzo 22 de 2007

No. Laboratorio	Q-07032		Recomendación fertilización		Método Analítico Empleado	
Muestra	001R12		Nutrientes puros	Requerimientos kg/ha		
PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	CALIFICACION			
pH		4,26	Extremadamente ácido	-	-	Potenciómetro
Materia Orgánica (MO)	%	1.0	MB	-	-	Walkley - Black
C.I.C.	meq (100 g) ⁻¹	12.48	M	-	-	NH ₄ OAc - pH 7
Fósforo (P)	mg.Kg ⁻¹	65.50	A	-	-	Bray II
Calcio (Ca)	meq (100 g) ⁻¹	9.08	A	-	-	NH ₄ OAc - AA
Magnesio (Mg)	meq (100 g) ⁻¹	2.72	A	-	-	
Sodio (Na)	meq (100 g) ⁻¹	0.13	N	-	-	
Potasio (K)	meq (100 g) ⁻¹	0.37	M	-	-	
Azúfre (S)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	Turbidimetría
Hierro (Fe)	mg.Kg ⁻¹	99.38	A	-	-	Doble Ácido - AA
Cobre (Cu)	mg.Kg ⁻¹	0.08	MB	-	-	
Cinc (Zn)	mg.Kg ⁻¹	0.37	MB	-	-	
Manganeso (Mn)	mg.Kg ⁻¹	2.13	B	-	-	
Boro (B)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	H ₂ O Caliente
Aluminio (Al)	meq (100 g) ⁻¹	-	-	-	-	Volumétrica
CO ₃ ⁼		-	-	-	-	
Relación Ca/Mg		3.33	I	-	-	
Relación (Ca +Mg)/K		31.89	-	-	-	
Relación Mg/K		7.35	-	-	-	
TEXTURA	Clase	ArL	Arcillo Limoso			

ANALISTA QUIMICO: Carlos A. Franco MDQ

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

CALIFICACIÓN:

D: DEFICIENTE, **N:** NORMAL, **I:** IDEAL
MB: MUY BAJO, **B:** BAJO, **M:** MEDIO, **A:** ALTO, **MA:** MUY ALTO

OBSERVACIONES:

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO Ph.D.
 COORDINADOR LABORATORIO DE SUELOS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
 NIT. 891.180.084-2
 INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES IDEI
 LABORATORIO DE SUELOS
 FACULTAD DE INGENIERIA



Nombre del solicitante: ONF Andina
 Vereda: Pitalito
 Perfil: 4 horizonte A
 Fecha: Marzo 22 de 2007

Nombre de la finca: Marengo
 Municipio: Pitalito
 Departamento: Huila

No. Laboratorio	Q-07033		Recomendación fertilización		Método Analítico Empleado	
	Muestra	001R12	Nutrientes puros	Requerimientos kg/ha		
PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	CALIFICACION			
pH		5,12	Fuertemente ácido	-	-	Potenciómetro
Materia Orgánica (MO)	%	2,05	B	-	-	Walkley - Black
C.I.C.	meq (100 g) ⁻¹	15.30	M	-	-	NH ₄ OAc - pH 7
Fósforo (P)	mg.Kg ⁻¹	60.15	A	-	-	Bray II
Calcio (Ca)	meq (100 g) ⁻¹	10.14	A	-	-	NH ₄ OAc - AA
Magnesio (Mg)	meq (100 g) ⁻¹	4.02	A	-	-	
Sodio (Na)	meq (100 g) ⁻¹	0.20	N	-	-	
Potasio (K)	meq (100 g) ⁻¹	0.67	A	-	-	
Azufre (S)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	Turbidimetría
Hierro (Fe)	mg.Kg ⁻¹	72.33	A	-	-	Doble Ácido - AA
Cobre (Cu)	mg.Kg ⁻¹	0.06	MB	-	-	
Cinc (Zn)	mg.Kg ⁻¹	0.15	MB	-	-	
Manganeso (Mn)	mg.Kg ⁻¹	5.17	M	-	-	
Boro (B)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	H ₂ O Caliente
Aluminio (Al)	meq (100 g) ⁻¹	-	-	-	-	Volumétrica
CO ₃ ⁼		-	-	-	-	
Relación Ca/Mg		2.52	I	-	-	
Relación (Ca +Mg)/K		21.13	-	-	-	
Relación Mg/K		6.00	-	-	-	
TEXTURA	Clase	FAr	Franco Arcilloso			

ANALISTA QUIMICO: Carlos A. Franco MDQ

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

CALIFICACIÓN:

D: DEFICIENTE, N: NORMAL, I: IDEAL
 MB: MUY BAJO, B: BAJO, M: MEDIO, A: ALTO, MA: MUY ALTO

OBSERVACIONES:

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO Ph.D.
 COORDINADOR LABORATORIO DE SUELOS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
 NIT. 891.180.084-2
 INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES IDEI
 LABORATORIO DE SUELOS
 FACULTAD DE INGENIERIA



Nombre del solicitante: ONF Andina
 Vereda: Pitalito
 Perfil: 4 horizonte C
 Fecha: Marzo 22 de 2007

Nombre de la finca: Marengo
 Municipio: Pitalito
 Departamento: Huila

No. Laboratorio	Q-07034		Recomendación fertilización		Método Analítico Empleado	
Muestra	001R12					
PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	CALIFICACION	Nutrientos puros	Requerimientos kg/ha	
pH		5,2	Fuertemente ácido	-	-	Potenciómetro
Materia Orgánica (MO)	%	0.72	MB	-	-	Walkley - Black
C.I.C.	meq (100 g) ⁻¹	21.60	A	-	-	NH ₄ OAc - pH 7
Fósforo (P)	mg.Kg ⁻¹	50.50	A	-	-	Bray II
Calcio (Ca)	meq (100 g) ⁻¹	13.80	A	-	-	NH ₄ OAc - AA
Magnesio (Mg)	meq (100 g) ⁻¹	6.72	A	-	-	
Sodio (Na)	meq (100 g) ⁻¹	0.29	B	-	-	
Potasio (K)	meq (100 g) ⁻¹	0.49	A	-	-	
Azufre (S)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	Turbidimetría
Hierro (Fe)	mg.Kg ⁻¹	46.66	M	-	-	Doble Ácido - AA
Cobre (Cu)	mg.Kg ⁻¹	0.07	MB	-	-	
Cinc (Zn)	mg.Kg ⁻¹	0.07	MB	-	-	
Manganeso (Mn)	mg.Kg ⁻¹	2.17	B	-	-	
Boro (B)	mg.Kg ⁻¹	-	-	-	-	H ₂ O Caliente
Aluminio (Al)	meq (100 g) ⁻¹	-	-	-	-	Volumétrica
CO ₃ ⁼		-	-	-	-	
Relación Ca/Mg		2.05	I	-	-	
Relación (Ca +Mg)/K		41.87	-	-	-	
Relación Mg/K		13.71	-	-	-	
TEXTURA	Clase	Ar	Arcilloso			

ANALISTA QUIMICO: Carlos A. Franco MDQ

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

CALIFICACIÓN:

D: DEFICIENTE, N: NORMAL, I: IDEAL
 MB: MUY BAJO, B: BAJO, M: MEDIO, A: ALTO, MA: MUY ALTO

OBSERVACIONES:

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO Ph.D.
 COORDINADOR LABORATORIO DE SUELOS

**ANEXO B. REGISTRO DE INFORMACIÓN DE
RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.**

ANEXO C. REGISTRO PLUVIOMÉTRICO.

Proyecto Determinación de la pérdida de suelo por escorrentía (real y simulada) en la Cuenca Alta del Río Magdalena



PROCESO DE MONITOREO DE PÉRDIDA DE SUELO
FICHA DE REGISTRO LLUVIAS DIARIAS

MUNICIPIO _____

VEREDA _____

ESTACIÓN DE MONITOREO _____

COLECTOR _____

ARREGLO PROD _____

DIAS	ENERO (mm)	FEBRERO (mm)	MARZO (mm)	ABRIL (mm)	MAYO (mm)	JUNIO (mm)	JULIO (mm)	AGOSTO (mm)	SEPTIEMBRE (mm)	OCTUBRE (mm)	NOVIEMBRE (mm)	DECIEMBRE (mm)
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
LLUVIA MENSUAL												
											LLUVIA ANUAL	

**ANEXO D. REGISTROS PRUEBAS DE
CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA.**

Pruebas de Conductividad Hidráulica

Finca: La Balsora
Vereda: Jericó
Fecha: 15/Feb/07

Municipio: Palestina
Humedad: Si

Tiempo	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4	Pozo 5
Segundos	H = 80 cm	H = 80 cm	H = 80 cm	H = 88 cm	H = 86 cm
0	29.7	25.0	19	37.5	27.0
15	30.0	28.0	24.0	36.5	36.5
30	33.0	34.5	29.3	36.8	39.5
45	35.0	38.8	32.3	37.2	47.2
60	37.9	41.5	37.3	38.0	49.7
75	40.0	44.4	40.5	38.0	52.5
90	43.0	46.0	43.0	38.4	54.4
105	44.5	48.1	45.1	46.0	56.8
120	46.3	49.7	47.0	49.8	58.7
135	48.5	51.2	49.1	50.1	59.7
150	50.0	52.7	51.5	50.4	60.5
165	51.5	53.8	52.3	50.6	62.0
180	53.2	54.5	54.0	50.7	63.1
195	54.5	56.0	55.1	50.7	63.9
210	56.8	57.0	55.6	50.9	64.7
225	57.4	58.4	57.5	51.1	65.5
240	58.3	59.2	58.1	51.6	66.2
255	58.9	60.5	59.0	51.6	66.6
270	60.0	61.3	60.0	51.6	67.9
285	60.3	62.5	60.5	51.6	68.3
300	61.3	63.3	62.0	51.6	69.2
315	63.0	64.0	62.8	51.6	69.5
330	63.2	64.6	63.5	51.8	70.0
345	63.8	65.4	64.5	52.0	70.5
360	64.3	65.4	65.0	52.1	71.1
375	64.5	65.7	65.8	52.1	71.9

Observaciones: No se encontró nivel freático en ninguno de los pozos pero se encontró húmedo el suelo a pesar que desde el 27 de Enero de 2007 no se han registrado lluvias.

Radio del pozo: Para todos los pozos el radio es de 5 cm.

REGISTRO PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (Campo)

Finca: Pinos
Vereda: Pinos
Fecha: 16/Feb/07

Municipio: Palestina
Humedad: Si

Tiempo Segundos	Pozo 1 H = 90 cm	Pozo 2 H = 85 cm	Pozo 3 H = 100 cm
0	25.5	18.5	18.5
15	28.5	25.0	21.5
30	29.0	28.5	22.2
45	29.2	29.5	22.7
60	38.0	29.7	22.9
75	46.1	30.5	23.5
90	47.0	30.7	23.7
105	48.0	30.9	23.8
120	49.5	31.2	23.9
135	49.9	31.5	24.1
150	49.9	31.6	24.4
165	50.0	31.7	24.8
180	50.2	32.2	25.2
195	50.2	32.4	25.5
210	50.6	32.4	26.0
225	50.6	32.7	26.5
240	50.6	32.7	
255	50.9	32.9	
270	58.0	32.9	
285	58.1	33.1	28.9
300	58.2	33.9	29.0
315	58.2	34.0	29.2
330	58.4	34.5	29.4
345	62.0	34.7	29.5
360	64.5	34.9	29.5
375	64.7	35.0	29.8

Observaciones: No se encontró nivel freático en ninguno de los pozos pero se encontró húmedo el suelo debido probablemente a una lluvia de 25 mm que se presentó en la madrugada anterior.

Radio del pozo: Para todos los pozos el radio es de 5 cm.

**ANEXO E. FACTOR EROSIVIDAD FINCA MARENGO
– MUNICIPIO DE PITALITO.**

Factor Erosividad Finca Marengo – Municipio de Pitalito

Mes De Enero (R)

Día	Precipitación (mm)	Tiempo (hrs)	(mm/hr)			Ton*m/ha *mm lluvia			Ton*m/ha	R = Ec I Total * I30	EI30 = ECT *10-3
			I	I30	I10	Ec I	Ec30	Ec10	Ec I Total		
27	9	7,83	1,15	8	13,2	12,7	20,2	22,1	114,11	912,88	0,91

Mes De Febrero (R)

Día	Precipitación (mm)	Tiempo (hrs)	(mm/hr)			Ton*m/ha *mm lluvia			Ton*m/ha	R = Ec I Total * I30	EI30 = ECT *10-3
			I	I30	I10	Ec I	Ec30	Ec10	Ec I Total		
14	5,9	0,5	11,80	11,8	17,8	21,7	21,7	23,2	127,78	1507,77	1,51
16	11,8	21,16	0,56	6,6	15,2	9,9	19,4	22,6	116,71	770,27	0,77
17	8,8	21,16	0,42	2	10,8	8,8	14,8	21,3	77,08	154,17	0,15
26	10,6	12,5	0,85	10,2	21,0	11,5	21,1	23,9	121,97	1244,07	1,24
Erosividad Mensual										3,68	

Mes De Marzo (R)

Día	Precipitación (mm)	Tiempo (hrs)	(mm/hr)			Ton*m/ha *mm lluvia			Ton*m/ha	R = Ec I Total * I30	EI30 = ECT *10-3
			I	I30	I10	Ec I	Ec30	Ec10	Ec I Total		
4	6,4	13,5	0,47	3,0	4,8	9,26	16,4	18,2	59,29	27,79	0,03
7	5,8	8,66	0,67	3,2	4,2	10,6	16,6	17,7	61,46	196,67	0,20
9	10,8	2,83	3,82	4,2	8,4	17,3	17,7	20,3	186,90	784,96	0,78
10	7,2	5,5	1,31	2,8	3,0	13,2	16,1	16,4	94,90	265,72	0,27
16	6,1	1,33	4,59	9,2	14,4	18,0	20,7	22,4	109,89	1010,94	1,01
25	31,3	22,66	1,38	8,4	16,2	13,4	20,3	22,9	419,02	3519,79	3,52
Erosividad Mensual										5,81	

Mes de Abril (R)

Día	Precipitación (mm)	Tiempo (hrs)	(mm/hr)			Ton*m/ha *mm lluvia			Ton*m/ha Ec I Total	R = Ec I Total * I30	EI30 = ECT *10-3
			I	I30	I10	Ec I	Ec30	Ec10			
6	49,4	22,33	2,21	10,6	18,0	15,2	21,2	23,3	751,03	7960,97	7,96
8	9,1	21,5	0,42	3,8	6,6	8,8	17,3	19,4	80,33	305,25	0,31
16	7,8	15,66	0,50	3	6,6	9,5	16,4	19,4	73,75	221,25	0,22
25	6,3	12,83	0,49	5,4	7,2	9,4	18,6	19,8	59,22	319,79	0,32
26	20,5	18,66	1,10	2,0	39,6	12,5	14,8	26,3	256,34	512,69	0,51
29	6,4	21,83	0,29	4	5,4	7,4	17,5	18,6	47,43	189,74	0,19
Erosividad Mensual										9,51	

**ANEXO F. FACTOR EROSIVIDAD VEREDA JERICÓ
– MUNICIPIO DE PALESTINA.**

Factor Erosividad Vereda Jericó – Municipio de Palestina

Mes de Enero (R)

Día	Precipitación (mm)	Tiempo (hrs)	I (mm/hr)	I30(mm/hr)	I10 (mm/hr)	Ton*m/ha *mm lluvia			Ton*m/ha	R = Ec I Total * I30	EI30 = ECT *10-3
						Ec I	Ec30	Ec10	Ec I Total		
24	10	9,0	1,11	7,8	9,6	12,5	20,1	20,9	125	978,8	1,0
26	7,9	15,33	0,52	10,6	12,6	9,6	21,2	21,9	76	802,7	0,8
Erosividad Mensual											1,8

Mes De Febrero (R)

Día	Precipitación (mm)	Tiempo (hrs)	I (mm/hr)	I30 (mm/hr)	I10 (mm/hr)	Ton*m/ha *mm lluvia			Ton*m/ha	R = Ec I Total * I30	EI30 = ECT *10-3
						Ec I	Ec30	Ec10	Ec I Total		
16	40,5	22,16	1,83	34,0	52,8	14,5	25,7	27,4	585,9	19920,72	19,92
17	33,0	5,16	6,40	37,6	42,6	19,3	26,1	26,6	636,8	23942,05	23,94
26	9,3	10,16	0,92	8,6	12,6	11,8	20,4	21,9	109,7	943,85	0,94
27	7,0	2,16	3,24	6,8	9,0	16,7	19,5	20,6	116,7	793,73	0,79
Erosividad Mensual											45,60

Mes De Marzo (R)

Día	Precipitación (mm)	Tiempo (hrs)	I (mm/hr)	I30 (mm/hr)	I10 (mm/hr)	Ton*m/ha *mm lluvia			Ton*m/ha	R = Ec I Total * I30	EI30 = ECT *10-3
						Ec I	Ec30	Ec10	Ec I Total		
4	50,3	16,5	3,05	13,4	22,8	16,4	22,1	24,2	826,9	11080,36	11,1
7	9,1	12,16	0,75	7,6	9,0	11,0	20,0	20,6	100,3	762,45	0,76
9	19,2	15	1,28	6,0	13,8	13,1	19,0	22,3	251,4	1508,39	1,5
14	32,4	7,16	4,53	28,4	48,0	18,0	25,0	27,1	582,0	16527,96	16,5
25	34,3	16,66	2,06	10,2	16,8	14,9	21,1	23,0	512,0	5222,01	5,2
Erosividad Mensual											35,1

Mes de Abril (R)

Día	Precipitación (mm)	Tiempo (hrs)	I (mm/hr)	I30 (mm/hr)	I10 (mm/hr)	Ton*m/ha *mm lluvia			Ton*m/ha	R = Ec I Total * I30	EI30 = ECT *10-3
						Ec I	Ec30	Ec10	Ec I Total		
5	12,4	17,83	0,70	17,8	33,0	10,7	23,2	25,6	133,2	2370,9	2,4
6	42,6	14,33	2,97	8,8	16,8	16,3	20,5	23,0	696,2	6126,4	6,1
8	8,5	15,16	0,56	3,8	4,2	9,9	17,3	17,7	84,2	320,1	0,3
13	12,5	16,16	0,77	9,2	12,6	11,2	20,7	21,9	139,4	1282,5	1,3
16	21,8	18,0	1,21	4,8	9,0	12,9	18,2	20,6	280,8	1347,8	1,3
18	22,0	1,0	22,00	39,0	41,4	24,1	26,3	26,5	529,3	20642,4	20,6
29	9,1	20,83	0,44	4,0	6,6	8,9	17,5	19,4	81,4	325,8	0,3
										Erosividad Mensual	32,4

**ANEXO G. FACTOR EROSIVIDAD VEREDA PINOS
– MUNICIPIO DE PALESTINA**

Factor Erosividad Vereda Pinos – Municipio de Palestina

Mes de Enero (R)

Día	Precipitación (mm)	Tiempo (hrs)	I (mm/hr)	I30(mm/hr)	I10 (mm/hr)	Ton*m/ha *mm lluvia			Ton*m/ha	R = Ec I Total * I30	EI30 = ECT *10-3
						Ec I	Ec30	Ec10	Ec I Total		
24	10	9	1,11	7,8	9,6	12,5	20,1	20,9	125	978,76	0,98
26	7,6	15,33	0,50	10	13,2	9,4	21,0	22,1	72	717,21	0,72
Erosividad Mensual											1,70

Mes de Febrero (R)

Día	Precipitación (mm)	Tiempo (hrs)	I (mm/hr)	I30 (mm/hr)	I10 (mm/hr)	Ton*m/ha *mm lluvia			Ton*m/ha	R = Ec I Total * I30	EI30 = ECT *10-3
						Ec I	Ec30	Ec10	Ec I Total		
16	39,4	22,16	1,78	32,2	48,0	14,4	25,5	27,1	565,8	18219,00	18,22
17	33,0	5,16	6,40	37,6	42,6	19,3	26,1	26,6	636,8	23942,05	23,94
26	9,3	10,16	0,92	8,6	12,6	11,8	20,4	21,9	109,7	943,85	0,94
27	7,0	2,16	3,24	6,8	9,0	16,7	19,5	20,6	116,7	793,73	0,79
Erosividad Mensual											43,90

Mes de Marzo (R)

Día	Precipitación (mm)	Tiempo (hrs)	I (mm/hr)	I30 (mm/hr)	I10 (mm/hr)	Ton*m/ha *mm lluvia			Ton*m/ha	R = Ec I Total * I30	EI30 = ECT *10-3
						Ec I	Ec30	Ec10	Ec I Total		
4	50,3	16,5	3,05	13,4	22,8	16,4	22,1	24,2	826,9	11080,36	11,1
7	9,1	12,16	0,75	7,6	9,0	11,0	20,0	20,6	100,3	762,45	0,76
9	19,2	15	1,28	6,0	13,8	13,1	19,0	22,3	251,4	1508,39	1,5
10	9,7	15,33	0,63	28,4	48,0	10,4	25,0	27,1	100,7	2858,80	2,9
14	32,4	7,16	4,53	4,0	4,8	18,0	17,5	18,2	582,0	2327,88	2,3
25	34,3	16,66	2,06	13,4	16,8	14,9	22,1	23,0	512,0	6860,29	6,9
Erosividad Mensual											25,4

Mes de Abril (R)

Día	Precipitación (mm)	Tiempo (hrs)	I (mm/hr)	I30 (mm/hr)	I10 (mm/hr)	Ton*m/ha *mm lluvia			Ton*m/ha	R = Ec I Total * I30	EI30 = ECT *10-3
						Ec I	Ec30	Ec10	Ec I Total		
5	12,4	17,83	0,70	17,8	33,0	10,7	23,2	25,6	133,2	2370,9	2,4
6	42,3	14,33	2,95	8,8	16,8	16,3	20,5	23,0	690,1	6073,1	6,1
8	8,5	15,16	0,56	3,8	4,2	9,9	17,3	17,7	84,2	320,1	0,3
13	12,5	16,16	0,77	9,2	12,6	11,2	20,7	21,9	139,4	1282,5	1,3
16	21,8	18	1,21	4,8	9,0	12,9	18,2	20,6	280,8	1347,8	1,3
18	22,0	1,0	22,00	39,0	41,4	24,1	26,3	26,5	529,3	20642,4	20,6
29	9,1	20,83	0,44	4,0	6,6	8,9	17,5	19,4	81,4	325,8	0,3
										Erosividad Mensual	32,0

ANEXO H. EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO.

En Este Anexo se pueden observar los distintos eventos pluviométricos registrados en la Zona, los cuales fueron reportados por Las Estaciones Automática Del Municipio de Palestina y Pitalito. CD 2

H.1 Eventos pluviométricos Finca Marengo – Pitalito.

H.2 Eventos Pluviométricos Vereda Pinos.

H.3 Eventos Pluviométricos Vereda Jericó.

ANEXO I. ANÁLISIS TEXTURAL (MÉTODO DE BOUYOUCOS).

Análisis Textural (Método de Bouyoucos)

Vereda	Jericó	Jericó	Los Pinos	Marengo
Nº muestra	26	30	31	33
Peso Muestra	50	50	50	50
Lect. Hidro 40seg	9,50	16,0	10,0	10,5
Lect. Term 40seg	25°C	25°C	25°C	25°C
Lect. Correg. Term 40 seg.	2,01	2,01	2,01	2,01
Lect. Hidro 2 hrs.	0,5	2,5	3,5	1,5
Lect. Term 2 hrs.	25°C	25°C	25°C	25°C
Lect. Correg. Term 2 hrs.	2,01	2,01	2,01	2,01
% A	74,98	76,98	75,98	69,98
%L	7,02	5,02	11,2	9,02
%Ar	18,0	18,0	13,0	21,0
Clase Textural	Franco Arenosos	Franco Arenosos	Franco Arenosos	Franco Arcillo Arenoso

Determinación del Factor Erodabilidad K

Suelo	Jericó	Jericó	Los Pinos	Marengo
Arenas Finas	8,81	10,81	27,10	12,3
%L	7,02	5,02	11,2	9,02
%Ar	18	18	13	21
a	5,42	11,0	4,54	2,05
b	3	3	2	2
c	1	2	3	5
M	1298,06	1298,06	3332,1	1684,28
K (T/ha)	0,031	0,015	0,163	0,150
Clasificación	Muy poco erodable	Muy poco erodable	Medianamente erodable	Medianamente erodable

Estructura según tabla del departamento de agricultura de estados Unidos. 2: Fina y 3: media

* Permeabilidad según tabla del departamento de agricultura de estados Unidos. 1: Rápida; 2: moderada a rápida; 3: moderada; 5: Lenta

**ANEXO J. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE
ACUERDO CON EL ÍNDICE DE ERODABILIDAD (K)
DETERMINADO POR EL MÉTODO DE PAULET.**

Clasificación de los suelos de acuerdo con el índice de erodabilidad (K)

Clasificación según CIDIAT	Rango	Grado
Muy Poco Erodable	$K \leq 0.05$	I
Débilmente Erodable	$0.05 < K \leq 0.10$	II
Medianamente Erodable	$0.10 < K \leq 0.20$	III
Fuertemente Erodable	$0.20 < K \leq 0.40$	IV
Extremadamente Erodable	$0.40 < K > 0.60$	V

**ANEXO K. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA
DEL SUELO POR TIPO Y CLASE, ADOPTADA POR
EL DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS
ESTADOS UNIDOS (U.S.D.A).**

Clasificación de la estructura del suelo por tipo y clase, adoptada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A)

Clasificación	Clase	Tipo					
		Laminar	Prismática	Columnar	Bloques	Granular	Migajosa
1.0	Muy Fina	< 1 mm	< 10 mm	< 10 mm	< 5 mm	< 1 mm	< 1 mm
2.0	Fina	1 – 2 mm	10 – 20 mm	10 – 20 mm	5 – 10 mm	1 – 2 mm	1 – 2 mm
3.0	Media	2 – 5 mm	20 – 50 mm	20 – 50 mm	10 -20 mm	2 – 5 mm	2 – 5 mm
4.0	Gruesa	5 – 10 mm	50 – 100 mm	50 – 100 mm	20 – 50 mm	5 – 10 mm	
5.0	Muy gruesa	>10 mm	>100	>100	>100	>10 mm	

Estructura según tabla del departamento de agricultura de estados Unidos. 2: Fina y 3: media
Fuente: (U.S.D.A., 1951)

Clasificación de la permeabilidad del suelo, adoptada por adoptada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A)

Permeabilidad (cm./hr)	Tipo	Clasificación
>25.4	Rápida	1.0
2.54 – 25.4	Moderadamente rápida	2.0
0.254 – 2.54	Moderada	3.0
0.0254 – 0.254	Lenta a Moderada	4.0
0.00254 – 0.0254	Lenta	5.0
<0.00254	Muy lenta	6.0

Permeabilidad según tabla del departamento de agricultura de estados Unidos. 1: Rápida; 2: moderada a rápida; 3: moderada; 5: Lenta

Fuente: (U.S.D.A., 1951)

**ANEXO L. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDA DE SUELOS
EN TON/HA/MES EN LAS DIFERENTES VEREDAS
DEL MUNICIPIO DE PALESTINA Y PITALITO,
PRESENTADAS EN LOS MESES DE ENERO
HASTA ABRIL.**

Estimación de Pérdida de Suelos en Ton/ha/mes en las diferentes localidades en los meses de Enero hasta Abril

Finca Marengo – Municipio de Pitalito
Parcela desnuda

Enero

Día	R	K	LS	P	C	A
27	0,9	0,150	5,060	1,000	1,0	0,691
Perdida Mensual						0,691

Febrero

Día	R	K	LS	P	C	A
14	1,51	0,150	5,060	1,000	1,0	1,146
16	0,77	0,150	5,060	1,000	1,0	0,584
17	0,15	0,150	5,060	1,000	1,0	0,114
26	1,24	0,150	5,060	1,000	1,0	0,941
Perdida Mensual						2,786

Marzo

Día	R	K	LS	P	C	A
4	0,0	0,150	5,060	1,000	1,0	0,023
7	0,20	0,150	5,060	1,000	1,0	0,152
9	0,8	0,150	5,060	1,000	1,0	0,592
10	0,3	0,150	5,060	1,000	1,0	0,205
16	1,0	0,150	5,060	1,000	1,0	0,767
25	3,5	0,150	5,060	1,000	1,0	2,672
Perdida Mensual						4,410

Abril

Día	R	K	LS	P	C	A
6	8,0	0,150	5,060	1,000	1,0	6,042
8	0,3	0,150	5,060	1,000	1,0	0,235
16	0,2	0,150	5,060	1,000	1,0	0,167
25	0,3	0,150	5,060	1,000	1,0	0,243
26	0,5	0,150	5,060	1,000	1,0	0,387
29	0,2	0,150	5,060	1,000	1,0	0,144
Perdida Mensual						7,218

Prácticas con Ganadería Tradicional

Enero

Día	R	K	LS	P	C	A
27	0,9	0,150	5,060	1,000	0,1	0,069
Perdida Mensual						0,069

Febrero

Día	R	K	LS	P	C	A
14	1,51	0,150	5,060	1,000	0,1	0,115
16	0,77	0,150	5,060	1,000	0,1	0,058
17	0,15	0,150	5,060	1,000	0,1	0,011
26	1,24	0,150	5,060	1,000	0,1	0,094
Perdida Mensual						0,279

Marzo

Día	R	K	LS	P	C	A
4	0,0	0,150	5,060	1,000	0,1	0,002
7	0,20	0,150	5,060	1,000	0,1	0,015
9	0,8	0,150	5,060	1,000	0,1	0,059
10	0,3	0,150	5,060	1,000	0,1	0,020
16	1,0	0,150	5,060	1,000	0,1	0,077
25	3,5	0,150	5,060	1,000	0,1	0,267
Perdida Mensual						0,441

Abril

Día	R	K	LS	P	C	A
6	8,0	0,150	5,060	1,000	0,1	0,604
8	0,3	0,150	5,060	1,000	0,1	0,024
16	0,2	0,150	5,060	1,000	0,1	0,017
25	0,3	0,150	5,060	1,000	0,1	0,024
26	0,5	0,150	5,060	1,000	0,1	0,039
29	0,2	0,150	5,060	1,000	0,1	0,014
Perdida Mensual						0,722

Perdida de suelos en Ton/ha/mes Vereda Pinos – Municipio de Palestina

Parcela desnuda

Enero

Día	R	K	LS	P	C	A
24	0,98	0,163	8,04	1,000	1,0	1,284
26	0,72	0,163	8,04	1,000	1,0	0,944
Perdida Mensual						2,228

Febrero

Día	R	K	LS	P	C	A
16	18,22	0,163	8,04	1,000	1,0	23,878
17	23,94	0,163	8,04	1,000	1,0	31,374
26	0,94	0,163	8,04	1,000	1,0	1,232
27	0,79	0,163	8,04	1,000	1,0	1,035
Perdida Mensual						57,519

Marzo

Día	R	K	LS	P	C	A
4	11,1	0,163	8,04	1,000	1,00	14,547
7	0,76	0,163	8,04	1,000	1,00	0,996
9	1,5	0,163	8,04	1,000	1,00	1,966
10	2,9	0,163	8,04	1,000	1,00	3,801
14	2,3	0,163	8,04	1,000	1,00	3,014
25	6,9	0,163	8,04	1,000	1,00	9,043
Perdida Mensual						33,366

Abril

Día	R	K	LS	P	C	A
5	2,4	0,163	8,04	1,000	1,0	3,145
6	6,1	0,163	8,04	1,000	1,0	7,994
8	0,3	0,163	8,04	1,000	1,0	0,393
13	1,3	0,163	8,04	1,000	1,0	1,704
16	1,3	0,163	8,04	1,000	1,0	1,704
18	20,6	0,163	8,04	1,000	1,0	26,997
29	0,3	0,163	8,04	1,000	1,0	0,393
Perdida Mensual						42,330

Parcela con Tratamiento Prácticas de Quema

Enero

Día	R	K	LS	P	C	A
24	0,98	0,163	8,04	1,000	0,3	0,385
26	0,72	0,163	8,04	1,000	0,3	0,283
Perdida Mensual						0,668

Febrero

Día	R	K	LS	P	C	A
16	18,22	0,163	8,04	1,000	0,3	7,163
17	23,94	0,163	8,04	1,000	0,3	9,412
26	0,94	0,163	8,04	1,000	0,3	0,370
27	0,79	0,163	8,04	1,000	0,3	0,311
Perdida Mensual						17,256

Marzo

Día	R	K	LS	P	C	A
4	11,1	0,163	8,04	1,000	0,3	4,364
7	0,76	0,163	8,04	1,000	0,3	0,299
9	1,5	0,163	8,04	1,000	0,3	0,590
10	2,9	0,163	8,04	1,000	0,3	1,140
14	2,3	0,163	8,04	1,000	0,3	0,904
25	6,9	0,163	8,04	1,000	0,3	2,713
Perdida Mensual						10,010

Abril

Día	R	K	LS	P	C	A
5	2,4	0,163	8,04	1,000	0,3	0,944
6	6,1	0,163	8,04	1,000	0,3	2,398
8	0,3	0,163	8,04	1,000	0,3	0,118
13	1,3	0,163	8,04	1,000	0,3	0,511
16	1,3	0,163	8,04	1,000	0,3	0,511
18	20,6	0,163	8,04	1,000	0,3	8,099
29	0,3	0,163	8,04	1,000	0,3	0,118
Perdida Mensual						12,699

Parcela con Tratamiento Prácticas de Cultivos Asociados de Maíz y fríjol

Enero

Día	R	K	LS	P	C	A
24	0,98	0,163	8,04	0,900	0,4	0,462
26	0,72	0,163	8,04	0,900	0,4	0,340
Perdida Mensual						0,802

Febrero

Día	R	K	LS	P	C	A
16	18,22	0,163	8,04	0,900	0,4	8,596
17	23,94	0,163	8,04	0,900	0,4	11,295
26	0,94	0,163	8,04	0,900	0,4	0,443
27	0,79	0,163	8,04	0,900	0,4	0,373
Perdida Mensual						20,707

Marzo

Día	R	K	LS	P	C	A
4	11,1	0,163	8,04	0,900	0,4	5,237
7	0,76	0,163	8,04	0,900	0,4	0,359
9	1,5	0,163	8,04	0,900	0,4	0,708
10	2,9	0,163	8,04	0,900	0,4	1,368
14	2,3	0,163	8,04	0,900	0,4	1,085
25	6,9	0,163	8,04	0,900	0,4	3,255
Perdida Mensual						12,012

Abril

Día	R	K	LS	P	C	A
5	2,4	0,163	8,04	0,900	0,4	1,132
6	6,1	0,163	8,04	0,900	0,4	2,878
8	0,3	0,163	8,04	0,900	0,4	0,142
13	1,3	0,163	8,04	0,900	0,4	0,613
16	1,3	0,163	8,04	0,900	0,4	0,613
18	20,6	0,163	8,04	0,900	0,4	9,719
29	0,3	0,163	8,04	0,900	0,4	0,142
Perdida Mensual						15,239

Perdida de suelo en Ton/ha/mes Vereda Jericó – Municipio de Palestina

Parcela Desnuda

Enero

Día	R	K	LS	P	C	A
24	1,0	0,031	10,530	1,000	1,0	0,326
26	0,8	0,031	10,530	1,000	1,0	0,261
Perdida Mensual						0,588

Febrero

Día	R	K	LS	P	C	A
16	19,92	0,031	10,530	1,000	1,0	6,502
17	23,94	0,031	10,530	1,000	1,0	7,815
26	0,94	0,031	10,530	1,000	1,0	0,307
27	0,79	0,031	10,530	1,000	1,0	0,258
Perdida Mensual						14,882

Marzo

Día	R	K	LS	P	C	A
4	11,1	0,031	10,530	1,000	1,0	3,623
7	0,76	0,031	10,530	1,000	1,0	0,248
9	1,5	0,031	10,530	1,000	1,0	0,490
14	16,5	0,031	10,530	1,000	1,0	5,386
25	5,2	0,031	10,530	1,000	1,0	1,697
Perdida Mensual						11,445

Abril

Día	R	K	LS	P	C	A
5	2,4	0,031	10,530	1,000	1,0	0,783
6	6,1	0,031	10,530	1,000	1,0	1,991
8	0,3	0,031	10,530	1,000	1,0	0,098
13	1,3	0,031	10,530	1,000	1,0	0,424
16	1,3	0,031	10,530	1,000	1,0	0,424
18	20,6	0,031	10,530	1,000	1,0	6,724
29	0,3	0,031	10,530	1,000	1,0	0,098
Perdida Mensual						10,544

Pérdida de suelo en Arreglo de Barreras Vivas y Maní Forrajero Implementados en el Cultivo de Mora

Enero

Día	R	K	LS	P	C	A
24	1,0	0,031	10,53	0,900	0,16	0,047
26	0,8	0,031	10,53	0,900	0,16	0,038
Perdida Mensual						0,085

Febrero

Día	R	K	LS	P	C	A
16	19,92	0,031	10,53	0,900	0,16	0,936
17	23,94	0,031	10,53	0,900	0,16	1,125
26	0,94	0,031	10,53	0,900	0,16	0,044
27	0,79	0,031	10,53	0,900	0,16	0,037
Perdida Mensual						2,143

Marzo

Día	R	K	LS	P	C	A
4	11,1	0,031	10,53	0,900	0,16	0,522
7	0,76	0,031	10,53	0,900	0,16	0,036
9	1,5	0,031	10,53	0,900	0,16	0,071
14	16,5	0,031	10,53	0,900	0,16	0,776
25	5,2	0,031	10,53	0,900	0,16	0,244
Perdida Mensual						1,648

Abril

Día	R	K	LS	P	C	A
5	2,4	0,031	10,53	0,900	0,16	0,113
6	6,1	0,031	10,53	0,900	0,16	0,287
8	0,3	0,031	10,53	0,900	0,16	0,014
13	1,3	0,031	10,53	0,900	0,16	0,061
16	1,3	0,031	10,53	0,900	0,16	0,061
18	20,6	0,031	10,53	0,900	0,16	0,968
29	0,3	0,031	10,53	0,900	0,16	0,014
Perdida Mensual						1,518

Perdidas de suelo en cultivos de Mora Tradicional

Enero

Día	R	K	LS	P	C	A
24	1,0	0,031	10,53	1,000	0,2	0,065
26	0,8	0,031	10,53	1,000	0,2	0,052
Perdida Mensual						0,118

Febrero

Día	R	K	LS	P	C	A
16	19,92	0,031	10,53	1,000	0,2	1,300
17	23,94	0,031	10,53	1,000	0,2	1,563
26	0,94	0,031	10,53	1,000	0,2	0,061
27	0,79	0,031	10,53	1,000	0,2	0,052
Perdida Mensual						2,976

Marzo

Día	R	K	LS	P	C	A
4	11,1	0,031	10,53	1,000	0,2	0,725
7	0,76	0,031	10,53	1,000	0,2	0,050
9	1,5	0,031	10,53	1,000	0,2	0,098
14	16,5	0,031	10,53	1,000	0,2	1,077
25	5,2	0,031	10,53	1,000	0,2	0,339
Perdida Mensual						2,289

Abril

Día	R	K	LS	P	C	A
5	2,4	0,031	10,53	1,000	0,2	0,157
6	6,1	0,031	10,53	1,000	0,2	0,398
8	0,3	0,031	10,53	1,000	0,2	0,020
13	1,3	0,031	10,53	1,000	0,2	0,085
16	1,3	0,031	10,53	1,000	0,2	0,085
18	20,6	0,031	10,53	1,000	0,2	1,345
29	0,3	0,031	10,53	1,000	0,2	0,020
Perdida Mensual						2,109

Perdida de suelo en cultivo de Café Sin Sombrío

Enero

Día	R	K	LS	P	C	A
24	1,0	0,015	10,58	0,900	0,30	0,043
26	0,8	0,015	10,58	0,900	0,30	0,034
Perdida Mensual						0,077

Febrero

Día	R	K	LS	P	1	A
16	19,92	0,015	10,58	0,900	0,30	0,854
17	23,94	0,015	10,58	0,900	0,30	1,026
26	0,94	0,015	10,58	0,900	0,30	0,040
27	0,79	0,015	10,58	0,900	0,30	0,034
Perdida Mensual						1,953

Marzo

Día	R	K	LS	P	C	A
4	11,1	0,015	10,58	0,900	0,30	0,476
7	0,76	0,015	10,58	0,900	0,30	0,033
9	1,5	0,015	10,58	0,900	0,30	0,064
14	16,5	0,015	10,58	0,900	0,30	0,707
25	5,2	0,015	10,58	0,900	0,30	0,223
Perdida Mensual						1,502

Abril

Día	R	K	LS	P	C	A
5	2,4	0,015	10,58	0,900	0,30	0,103
6	6,1	0,015	10,58	0,900	0,30	0,261
8	0,3	0,015	10,58	0,900	0,30	0,013
13	1,3	0,015	10,58	0,900	0,30	0,056
16	1,3	0,015	10,58	0,900	0,30	0,056
18	20,6	0,015	10,58	0,900	0,30	0,883
29	0,3	0,015	10,58	0,900	0,30	0,013
Perdida Mensual						1,384

Perdida de suelo en cultivo de Café Bajo Sombra

Enero

Día	R	K	LS	P	C	A
24	1,0	0,015	10,58	0,900	0,36	0,051
26	0,8	0,015	10,58	0,900	0,36	0,041
Perdida Mensual						0,093

Febrero

Día	R	K	LS	P	C	A
16	19,92	0,015	10,58	0,900	0,36	1,024
17	23,94	0,015	10,58	0,900	0,36	1,231
26	0,94	0,015	10,58	0,900	0,36	0,048
27	0,79	0,015	10,58	0,900	0,36	0,041
Perdida Mensual						2,344

Marzo

Día	R	K	LS	P	C	A
4	11,1	0,015	10,58	0,900	0,36	0,571
7	0,76	0,015	10,58	0,900	0,36	0,039
9	1,5	0,015	10,58	0,900	0,36	0,077
14	16,5	0,015	10,58	0,900	0,36	0,848
25	5,2	0,015	10,58	0,900	0,36	0,267
Perdida Mensual						1,803

Marzo

Día	R	K	LS	P	C	A
5	2,4	0,015	10,58	0,900	0,36	0,123
6	6,1	0,015	10,58	0,900	0,36	0,314
8	0,3	0,015	10,58	0,900	0,36	0,015
13	1,3	0,015	10,58	0,900	0,36	0,067
16	1,3	0,015	10,58	0,900	0,36	0,067
18	20,6	0,015	10,58	0,900	0,36	1,059
29	0,3	0,015	10,58	0,900	0,36	0,015
Perdida Mensual						1,661

**ANEXO M. PARÁMETROS ESTÁNDARES
GENERALES PARA LA CORRIDA DEL MODELO
EPIC.**

Parámetros estándares generales para las corridas del modelo las parcelas de Mora Convencional.

Variable	Valor (Unidad)	Descripción	Descripción
Nbyr	1	Número de años de simulación	
lyr	2007	Año comienzo de la simulación	
lmo/ida	1/1	Comienzo del mes y día de simulación	
Npid/ipd	0/6	Impresiones de salida	
Ngn	12	Código de entrada de la clima	Ingreso de la información diaria de lluvia, Tmáx, Tmín, y Humedad relativa de 10 años
let	4	Ecuación de evapotranspiración potencial	Ecuación de Hargreaves
Wsa	1.0 (ha)	Área de drenaje	
CN2	65	Número de curva del escurrimiento	Tomado de estudios de la zona
Ylt		Latitud de la cuenca	
Elev	1876 (msnm)	Elevación promedio de la cuenca	
SL	6 (m)	Longitud de la pendiente	
S	0.36	Pendiente de la cuenca o parcela	Pendiente
PEC	1.0	Factor de prácticas de control de la erosión	Tomado en función de la pendiente
Drv	2	Ecuación de erosión por agua	Se tomó las ecuaciones de USLE(La ecuación Universal de suelos)
Clima		Factores climáticos	Precipitación, Tmax, Tmin,
Tsla	5	Número de capas del suelo	
Z		Profundidad capa 1	
BD	0.90	Densidad aparente de la capa 1	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
San	74.98	Contenido de arena	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Sil	18	Contenido de arcilla	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Nro	3	Duración de rotación del cultivo	Labores del cultivo en la zona
CVM	0.2	Factor C de las ecuaciones de erosión	Remplazado por el valor ponderado de la ecuación USLE
Jerico.dat		Datos climáticos diarios	Registros pluviométricos diarios desde enero y abril 2007

Parámetros estándares generales para las corrida del modelo en las parcelas de Mora con Barreras vivas.

Variable	Valor (Unidad)	Descripción de parámetros	Descripción
Nbyr	1	Número de años de simulación	
lyr	2007	Año comienzo de la simulación	
lmo/ida	1/1	Comienzo del mes y día de simulación	
Npid/ipd	0/6	Impresiones de salida	
Ngn	12	Código de entrada de la clima	Ingreso de la información diaria de lluvia, T _{máx} , T _{mín} , y Humedad relativa de 11 años
let	4	Ecuación de evapotranspiración potencial	Ecuación de Hargreaves
Wsa	1.0 (ha)	Área de drenaje	
CN2		Número de curva del escurrimiento	Tomado de estudios de la zona
Ylt		Latitud de la cuenca	
Elev	1876 (msnm)	Elevación promedio de la cuenca	
SL	6 (m)	Longitud de la pendiente	
S	0.36	Pendiente de la cuenca o parcela	Pendiente
PEC	0.90	Factor de prácticas de control de la erosión	Tomado en función de la pendiente
Drv	2	Ecuación de erosión por agua	Se tomó las ecuaciones de: USLE(La Universal)
Clima		Factores climáticos	
Tsla	5	Número de capas del suelo	
Z		Profundidad capa 1	
BD		Densidad aparente de la capa 1	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
San	74.98	Contenido de arena	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Sil	18.0	Contenido de arcilla	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Nro	3	Duración de rotación del cultivo	Labores del cultivo en la zona
CVM	0.144	Factor C de las ecuaciones de erosión	Remplazado por el valor ponderado de la ecuación USLE
Jerico.dat		Datos climáticos diarios	Registros pluviométricos diarios desde enero y abril 2007

Parámetros estándares generales para la corrida del modelo en las parcelas de Cultivo de Café Convencional

Variable	Valor (Unidad)	Descripción	Descripción
Nbyr	1	Número de años de simulación	
Iyr	2007	Año comienzo de la simulación	
Imo/ida	1/1	Comienzo del mes y día de simulación	
Npid/ipd	0/6	Impresiones de salida	
Ngn	12	Código de entrada de la clima	Ingreso de la información diaria de lluvia, T _{máx} , T _{mín} , y Humedad relativa de 11 años
let	4	Ecuación de evapotranspiración potencial	Ecuación de Hargreaves
Wsa	1.0 (ha)	Área de drenaje	
CN2	65	Número de curva del escurrimiento	Tomado de estudios de la zona
Ylt		Latitud de la cuenca	
Elev	1876 (msnm)	Elevación promedio de la cuenca	
SL	8 (m)	Longitud de la pendiente	
S	0.36	Pendiente de la cuenca o parcela	Pendiente
PEC	1	Factor de prácticas de control de la erosión	Tomado en función de la pendiente
Drv	2	Ecuación de erosión por agua	Se tomó las ecuaciones de USLE(La Universal)
Tsla	5	Número de capas del suelo	
Z		Profundidad capa 1	
BD	0.65	Densidad aparente de la capa 1	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
San	76.98	Contenido de arena	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Sil	5.02	Contenido de arcilla	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Nro	3	Duración de rotación del cultivo	Labores del cultivo en la zona
CVM	0.144	Factor C de las ecuaciones de erosión	Remplazado por el valor ponderado de la ecuación USLE
Jerico.dat		Datos climáticos diarios	Registros pluviométricos diarios desde enero y abril 2007

Parámetros estándares generales para la corrida del modelo en las parcelas de Cultivo de Café bajo sombra

Variable	Valor (Unidad)	Descripción	Descripción
Nbyr	1	Número de años de simulación	
lyr	2007	Año comienzo de la simulación	
lmo/ida	1/1	Comienzo del mes y día de simulación	
Npid/ipd	0/6	Impresiones de salida	
Ngn		Código de entrada de la clima	Ingreso de la información diaria de lluvia, T _{máx} , T _{mín} , y Humedad relativa de 11 años
let	4	Ecuación de evapotranspiración potencial	Ecuación de Hargreaves
Wsa	1.0 (ha)	Área de drenaje	
CN2	65.0	Número de curva del escurrimiento	Tomado de estudios de la zona
Ylt		Latitud de la cuenca	
Elev	1876 (msnm)	Elevación promedio de la cuenca	
SL	8 (m)	Longitud de la pendiente	
S	0.36	Pendiente de la cuenca o parcela	Pendiente
PEC	0.90	Factor de prácticas de control de la erosión	Tomado en función de la pendiente
Drv	2	Ecuación de erosión por agua	Se tomó las ecuaciones de USLE(La Universal)
Clima		Factores climáticos	
Tsla	5	Número de capas del suelo	
Z		Profundidad capa 1	
BD	0.65	Densidad aparente de la capa 1	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
San	76.98	Contenido de arena	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Sil	5.02	Contenido de arcilla	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Nro	3	Duración de rotación del cultivo	Labores del cultivo en la zona
CVM	0.3	Factor C de las ecuaciones de erosión	Remplazado por el valor ponderado de la ecuación USLE
Jerico.dat		Datos climáticos diarios	Registros pluviométricos diarios desde enero y abril 2007

Parámetros estándares generales para la corrida del modelo en las parcelas de cultivos semestrales con labranza convencional

Variable	Valor (Unidad)	Descripción	Descripción
Nbyr	1	Número de años de simulación	
Iyr	2007	Año comienzo de la simulación	
Imo/ida	1/1	Comienzo del mes y día de simulación	
Npid/ipd	0/6	Impresiones de salida	
Ngn	12	Código de entrada de la clima	Ingreso de la información diaria de lluvia, T _{máx} , T _{mín} , y Humedad relativa de 11 años
Iet	4	Ecuación de evapotranspiración potencial	Ecuación de Hargreaves
Wsa	1.0 (ha)	Área de drenaje	
CN2		Número de curva del escurrimiento	Tomado de estudios de la zona
Ylt		Latitud de la cuenca	
Elev	1700 (msnm)	Elevación promedio de la cuenca	
SL	8 (m)	Longitud de la pendiente	
S	0.31	Pendiente de la cuenca o parcela	Pendiente
PEC	1.0	Factor de prácticas de control de la erosión	Tomado en función de la pendiente
Drv	2	Ecuación de erosión por agua	Se tomó las ecuaciones de USLE(La Universal)
Clima		Factores climáticos	
Tsla	5	Número de capas del suelo	
Z		Profundidad capa 1	
BD	0.98	Densidad aparente de la capa 1	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
San	75.98	Contenido de arena	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Sil	11.2	Contenido de arcilla	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Nro	1	Duración de rotación del cultivo	Labores del cultivo en la zona
CVM	0.36	Factor C de las ecuaciones de erosión	Remplazado por el valor ponderado de la ecuación USLE
Pinos.dat		Datos climáticos diarios	Registros pluviométricos diarios desde enero y abril 2007

Parámetros estándares generales para la corrida del modelo en las parcelas con cultivos semestrales con labranza cero

Variable	Valor (Unidad)	Descripción	Descripción
Nbyr	1	Número de años de simulación	
lyr	2007	Año comienzo de la simulación	
lmo/ida	1/1	Comienzo del mes y día de simulación	
Npid/ipd	0/6	Impresiones de salida	
Ngn	12	Código de entrada de la clima	Ingreso de la información diaria de lluvia, T _{máx} , T _{mín} , y Humedad relativa de 11 años
let	4	Ecuación de evapotranspiración potencial	Ecuación de Hargreaves
Wsa	1.0 (ha)	Área de drenaje	
CN2		Número de curva del escurrimiento	Tomado de estudios de la zona
Ylt		Latitud de la cuenca	
Elev	1700 (msnm)	Elevación promedio de la cuenca	
SL	8 (m)	Longitud de la pendiente	
S	0.31	Pendiente de la cuenca o parcela	Pendiente
PEC	0.90	Factor de prácticas de control de la erosión	Tomado en función de la pendiente
Drv	2	Ecuación de erosión por agua	Se tomó las ecuaciones de: USLE(La Universal)
Clima		Factores climáticos	
Tsla	5	Número de capas del suelo	
Z		Profundidad capa 1	
BD	0.98	Densidad aparente de la capa 1	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
San	75.98	Contenido de arena	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Sil	11.2	Contenido de arcilla	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Nro	1	Duración de rotación del cultivo	Labores del cultivo en la zona
CVM	0.23	Factor C de las ecuaciones de erosión	Reemplazado por el valor ponderado de la ecuación USLE
Pinos.dat		Datos climáticos diarios	Registros pluviométricos diarios desde enero y abril 2007

Parámetros estándares generales para la corrida del modelo en las parcelas con Ganadería Extensiva

Variable	Valor (Unidad)	Descripción	Descripción
Nbyr	1	Número de años de simulación	
Iyr	2007	Año comienzo de la simulación	
Imo/ida	1/1	Comienzo del mes y día de simulación	
Npid/ipd	0/6	Impresiones de salida	
Ngn	12	Código de entrada de la clima	Ingreso de la información diaria de lluvia, T _{máx} , T _{mín} , y Humedad relativa de 11 años
Iet	4	Ecuación de evapotranspiración potencial	Ecuación de Hargreaves
Wsa	1.0 (ha)	Área de drenaje	
CN2		Número de curva del escurrimiento	Tomado de estudios de la zona
Ylt		Latitud de la cuenca	
Elev	1320 (msnm)	Elevación promedio de la cuenca	
SL	6 (m)	Longitud de la pendiente	
S	0.24	Pendiente de la cuenca o parcela	Pendiente
PEC	1	Factor de prácticas de control de la erosión	Tomado en función de la pendiente
Drv	2	Ecuación de erosión por agua	Se tomó las ecuaciones de: USLE(La Universal)
Clima		Factores climáticos	
Tsla	5	Número de capas del suelo	
Z		Profundidad capa 1	
BD	1.52	Densidad aparente de la capa 1	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
San	69.98	Contenido de arena	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Sil	13.0	Contenido de arcilla	Análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana
Nro	5	Duración de rotación del cultivo	Labores del cultivo en la zona
CVM	0.1	Factor C de las ecuaciones de erosión	Reemplazado por el valor ponderado de la ecuación USLE
Marengo.dat		Datos climáticos diarios	Registros pluviométricos diarios desde enero y abril 2007

ANEXO N. DESCRIPCIÓN DE PERFILES.

EL SIGUIENTE ANEXO CONTIENE LA DESCRIPCION DE LOS PERFILES DE LA VEREDA JERCIO Y PINOS DEL MUNICIPIO PALESTINA Y LA FINCA MARENGO DEL MUNICIPIO DE PITALITO HUILA. VER CD.

ANEXO O. COSTOS DE PRODUCCIÓN.

COSTOS DE PRODUCCIÓN MAÍZ LABRANZA CONVENCIONAL 2007

Actividad	Unidad	Valor unit	Cantidad	Valor mano de obra	Insumos utilizados	Unidad	Valor unit	Cantidad	Valor insumos	Costo total
Labores de preparación del terreno				180.000					-	180.000
Desmonte (Rocería inicial)	Jornales	15.000	10	150.000						150.000
Ronda del lote y Quema	Jornales	15.000	2	30.000						30.000
Siembra				150.000					49.250	199.250
Semilla					Semilla Regional	Kg	1.700	12,5	21.250	21.250
Repique de suelo y siembra	Jornales	15.000	10	150.000	Cal dolomita	Bulto (50 Kg)	7.000	4	28.000	178.000
Mantenimiento				240.000					99.000	339.000
Aporque.	Jornales	15.000	12	180.000						180.000
Primera abonada	Jornales	15.000	3	45.000	10-20-30 ó 10-30-10	Bulto (50 Kg)	54.000	1	54.000	99.000
Fumigación control de cogollero en el primer mes	Jornales	15.000	1	15.000	Dipel	Lt	45.000	1	45.000	60.000
Costos de Cosecha				315.000					98.000	413.000
Recolección	Jornales	15.000	10	150.000						150.000
Desgrane	Jornales	15.000	5	75.000						75.000
Selección y empaque	Jornales	15.000	6	90.000	Empaques	Und	400	70	28000	118.000
Transporte					Transporte	Bulto	1.000	70	70000	70.000
COSTOS TOTALES				885.000					246.250	1.131.250
	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Ingreso Total						
Producción e ingresos	Cargas	25	70.000	1.750.000						
Ingreso neto	618.750									

COSTOS DE PRODUCCIÓN MAÍZ LABRANZA MÍNIMA 2007

Actividad	Unidad	Valor unit	Cantidad	Valor mano de obra	Insumos utilizados	Unidad	Valor unit	Cantidad	Valor insumos	Costo total
Labores de preparación del terreno				315.000					-	315.000
Desmante (Rocería inicial)	Jornales	15.000	15	225.000						225.000
Repique de rastros	Jornales	15.000	6	90.000						90.000
Siembra				150.000					49.250	199.250
Semilla					Semilla Regional	Kg	1.700	12,5	21.250	21.250
Repique de suelo y siembra	Jornales	15.000	10	150.000	Cal dolomita	Bulto (50 Kg)	7.000	4	28.000	178.000
Mantenimiento				240.000					99.000	339.000
Aporque.	Jornales	15.000	12	180.000						180.000
Primera abonada	Jornales	15.000	3	45.000	10-20-30 ó 10-30-10	Bulto (50 Kg)	54.000	1	54.000	99.000
Fumigación control de cogollero en el primer mes	Jornales	15.000	1	15.000	Dipel	Lt	45.000	1	45.000	60.000
Costos de Cosecha				315.000					98.000	413.000
Recolección	Jornales	15.000	10	150.000						150.000
Desgrane	Jornales	15.000	5	75.000						75.000
Selección y empaque	Jornales	15.000	6	90.000	Empaques	Und	400	70	28000	118.000
Transporte					Transporte	Bulto	1.000	70	70000	70.000
COSTOS TOTALES				1.020.000					246.250	1.266.250
	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Ingreso Total						
Producción e ingresos	Cargas	25	70.000	1.750.000						
Ingreso neto	483.750									
Diferencia	135.000									

COSTOS DE PRODUCCIÓN CAFÉ VARIEDAD CATURRA TRADICIONAL (LIBRE EXPOSICIÓN)

Actividad	Unidad	Valor unit	Cantidad	Valor mano de obra	Insumos utilizados	Unidad	Valor unit	Cantidad	Valor insumos	Costo total
Labores de preparación del terreno										
Desmante (Rocería inicial)	Jornales	15.000	15	225.000						225.000
Trazado	Jornales	15.000	9	135.000						135.000
Ahoyado	Jornales	15.000	12	180.000						180.000
Encalado	Jornales	15.000	5	75.000	Cal Dolomita	Bultos (50 Kg)	12.000	20	240.000	315.000
Siembra										
Compra de semilla	Jornales	15.000			Semilla de café	Plantula	200	4500	900000	900.000
Transporte de semilla	Jornales	15.000			Transporte	Valor Global	200000	1	200000	200.000
Acarreo y Siembra	Jornales	15.000	17	255.000						255.000
Otros costos de instalación (primeros 2 años)										
Fertilización (3 anuales)	Jornales	15.000	22	330.000	15-15-15	Bultos (50 Kg)	52.000	54	2.808.000	3.138.000
Plateos y Desyerbas	Jornales	15.000	52	780.000						780.000
Transporte insumos					Transporte	Valor Global	145000	1	145000	195.000
Herramienta					Herramienta	Valor Global	50000	1	50000	
COSTOS DE INSTALACIÓN				1.980.000					4.343.000	6.323.000
Costos de mantenimiento (anuales)										
Desyerbas (3 anuales)	Jornales	15.000	26	390.000						390.000
Fertilización (3 anuales)	Jornales	15.000	11	165.000	15-15-15	Bultos (50 Kg)	52.000	27	1.404.000	1.569.000
Costos de Cosecha										
Costos de cosecha (anuales)	Jornales	15.000	135	2.025.000						2.025.000
Secado	Jornales	15.000	18	270.000						270.000
Empaque					Costales	Und	3.500	36	126.000	126.000
Transporte café					Transporte	Bultos	1.000	36	36.000	36.000
COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUALES				2.850.000					1.566.000	4.416.000
COSTOS DE INSTALACIÓN DIFERIDOS A 8				247.500					542.875	790.375
COSTOS TOTALES				3.097.500					2.108.875	5.206.375
	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Ingreso Total						
Producción e ingresos	arobas	180	42.000	7.560.000						
Ingreso Neto		2.353.625								

COSTOS DE PRODUCCIÓN CAFÉ VARIEDAD CATURRA (Bajo Sombra)

Actividad	Unidad	Valor unit	Cantidad	Valor mano de obra	Insumos utilizados	Unidad	Valor unit	Cantidad	Valor insumos	Costo total
Labores de preparación del terreno										
Desmonte (Rocería inicial)	Jornales	15.000	15	225.000						225.000
Trazado	Jornales	15.000	9	135.000						135.000
Ahoyado	Jornales	15.000	12	180.000						180.000
Encalado	Jornales	15.000	5	75.000	Cal Dolomita	Bultos (50 Kg)	12.000	20	240.000	315.000
Siembra										
Acarreo y Siembra	Jornales	15.000	17	255.000						255.000
Compra de semilla	Jornales	15.000			Semilla de café	Plantula	200	4500	900000	900.000
Transporte de semilla	Jornales	15.000			Transporte	Valor Global	200000	1	200000	200.000
Otros costos de instalación (primeros 2 años)										
Fertilización (2 anuales)	Jornales	15.000	17	255.000	15-15-15	Bultos (50 Kg)	52.000	30	1.560.000	1.815.000
Plateos y Desyerbas	Jornales	15.000	52	780.000						780.000
Transporte insumos					Transporte	Valor Global	100000	1	100000	150.000
Herramienta					Herramienta	Valor Global	50000	1	50000	
COSTOS DE INSTALACIÓN				1.905.000					3.050.000	4.955.000
Costos de mantenimiento (anuales)										
Desyerbas (2 anuales)	Jornales	15.000	18	270.000						270.000
Fertilización (1 anual)	Jornales	15.000	5,5	82.500	15-15-15	Bultos (50 Kg)	52.000	9	468.000	550.500
Costos de Cosecha										
Costos de cosecha (anuales)	Jornales	15.000	112,5	1.687.500						1.687.500
Secado	Jornales	15.000	10	150.000						150.000
Empaque					Costales	Und	3.500	20	70.000	70.000
Transporte café					Transporte	Bultos	1.000	20	20.000	20.000
COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUALES				2.190.000					558.000	2.748.000
COSTOS DE INSTALACIÓN DIFERIDOS A 8 AÑOS				238.125					381.250	619.375
COSTOS TOTALES				2.428.125					939.250	3.367.375

Continuación Costos de producción café variedad caturra (bajo Sombra)

	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Ingreso Total
Producción e ingresos	arobas	100	42.000	4.200.000
Ingreso neto	832.625			
Diferencia ingreso neto	1.521.000			

COSTOS DE PRODUCCIÓN MORA DE CASTILLA CON BARRERAS VIVAS

Actividad	Unidad	Valor unit	Cantidad	Valor mano de obra	Insumos utilizados	Unidad	Valor unit	Cantidad	Valor insumos	Costo total
Labores de preparación del terreno										
Desmante (Rocería inicial)	Jornales	15.000	20	300.000						300.000
Repique de rastros	Jornales	15.000	6	90.000						90.000
Germinación de agovios	Jornales	15.000	11	165.000						165.000
Instalación del tutorado										
Corte de la posteadura						Postes	2.000	1100	2.200.000	2.200.000
Corte de los travesaños	Jornales motosierra	85.000	7	595.000						595.000
Axuliar motosierrista	Jornales	15.000	15	225.000						225.000
Instalación de postes	Jornales	15.000	6	90.000						90.000
Tendida del alambre	Jornales	15.000	20	300.000	Alambre calibre 16	arrobas	43.000	15	645.000	982.000
					Alambre calibre 10	arrobas	37.000	1	37.000	
Siembra										
Ahoyado	Jornales	15.000	6	90.000						90.000
Trazado	Jornales	15.000	4	60.000						60.000
Aplicación de bocachi (1 tonelada)	Jornales	15.000	5	75.000	Cal, fosforita etc	Valor global	20.000	1	20.000	95.000
Siembra de agovios	Jornales	15.000	11	165.000						165.000
Otros costos de instalación (primeros 10 meses)										
Semilla de barreras vivas					Cantidad	Bultos (50 Kg)	6.000	20	120.000	120.000
Transporte y siembra	Jornales	15.000	40	600.000						600.000
Desyerbas (5 en total)	Jornales Guadaña	35.000	10	350.000						350.000
Plateo (5 en total)	Jornales	15.000	25	375.000						375.000
Poda de formación	Jornales	15.000	20	300.000						300.000
COSTOS DE INSTALACIÓN				3.780.000					3.022.000	6.802.000
Costos de mantenimiento (anuales)										
Desyerbas (6 anuales)	Jornales Guadaña	35.000	12	420.000						420.000
Plateo (6 anuales)	Jornales	15.000	30	450.000						450.000
Poda de formación (3 anuales)	Jornales	15.000	60	900.000						900.000
Podas quincenales (21 anuales)	Jornales	15.000	42	630.000						630.000
Fertilizaciones bocachi (4 anuales)	Jornales	15.000	20	300.000	Cal, fosforita etc	Valor global	22.000	4	88.000	388.000

Continuación tabla de Costos de Producción Mora de Castilla con Barreras Vivas

Actividad	Unidad	Valor unitario	Cantidad	Valor Mano de obra	Insumos utilizados	Unidad	Valor unit	Cantidad	Valor insumos	Costo total
Fumigaciones para Botritis (4 anuales)	Jornales	15.000	8	120.000	Merteck	100 cc	14.000	8	112.000	232.000
Costos de Cosecha										
Costos de cosecha (anuales)	Jornales	15.000	180	2.700.000						2.700.000
COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUALES				5.520.000					200.000	5.720.000
COSTOS DE INSTALACIÓN DIFERIDOS A 4 AÑOS				945.000					755.500	1.700.500
COSTOS TOTALES (PROMEDIO ANUAL)				6.465.000					955.500	7.420.500
	Unidad	Cantidad	Precio un							
Producción e ingresos	arobas	750	13.000	9.750.000						
Ingreso Neto	2.329.500									
Diferencias en ingreso neto	180.000									

COSTOS DE PRODUCCIÓN MORA DE CASTILLA CONVENCIONAL

Actividad	Unid	Valor unit	Cant	Valor mano de obra	Insumos utilizados	Unid	Valor unit	Cantid ad	Valor insumos	Costo total
Labores de preparación del terreno										
Desmote (Rocería inicial)	Jornales	15.000	20	300.000						300.000
Repique de rastrojos	Jornales	15.000	6	90.000						90.000
Germinación de agovios	Jornales	15.000	11	165.000						165.000
Instalación del tutorado										
Corte de la posteadura						Postes	2.000	1100	2.200.000	2.200.000
Corte de los travesaños	Jornales motosierra	85.000	7	595.000						595.000
Axuliar motosierrista	Jornales	15.000	15	225.000						225.000
Instalación de postes	Jornales	15.000	6	90.000						90.000
Tendida del alambre	Jornales	15.000	20	300.000	Alambre calibre 16	arobas	43.000	15	645.000	982.000
					Alambre calibre 10	arobas	37.000	1	37.000	
Siembra										
Ahoyado	Jornales	15.000	6	90.000						90.000
Trazado	Jornales	15.000	4	60.000						60.000
Aplicación de bocachi (1 tonelada)	Jornales	15.000	5	75.000	Cal, fosforita etc	Valor global	20.000	1	20.000	95.000
Siembra de agovios	Jornales	15.000	11	165.000						165.000
Otros costos de instalación (primeros 10 meses)										
Desyerbas (5 en total)	Jornales Guadaña	35.000	10	350.000						350.000
Plateo (5 en total)	Jornales	15.000	25	375.000						375.000
Poda de formación	Jornales	15.000	20	300.000						300.000
COSTOS DE INSTALACIÓN				3.180.000					2.902.000	6.082.000
Costos de mantenimiento (anuales)										
Desyerbas (6 anuales)	Jornales Guadaña	35.000	12	420.000						420.000
Plateo (6 anuales)	Jornales	15.000	30	450.000						450.000
Poda de formación (3 anuales)	Jornales	15.000	60	900.000						900.000
Podas quincenales (21 anuales)	Jornales	15.000	42	630.000						630.000

COSTOS DE PRODUCCIÓN MORA DE CASTILLA CONVENCIONAL

continuación tabla costos de producción mora de castilla convencional

Actividad	Unid	Valor unit	Cant	Valor mano de obra	Insumos utilizados	Unid	Valor unit	Cantid ad	Valor insumos	Costo total
Fertilizaciones bocachi (4 anuales)	Jornales	15.000	20	300.000	Cal, fosforita etc	Valor global	22.000	4	88.000	388.000
Fumigaciones para Botritis (4 anuales)	Jornales	15.000	8	120.000	Merteck	100 cc	14.000	8	112.000	232.000
Costos de Cosecha										
Costos de cosecha (anuales)	Jornales	15.000	180	2.700.000						2.700.000
COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUALES				5.520.000					200.000	5.720.000
COSTOS DE INSTALACIÓN DIFERIDOS A 4 AÑOS				795.000					725.500	1.520.500
COSTOS TOTALES (PROMEDIO ANUAL)				6.315.000					925.500	7.240.500
	Unidad	Cantida d	Precio unitario	Ingreso Total						
Producción e ingresos	arrobas	750	13.000	9.750.000						
Ingreso Neto	2.509.500									

COSTOS ADICIONALES GANADERÍA SEMIESTABILADA

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Material biológico				
Maralfalfa	kilos	20	1.300	26.000
caña forrajera	bulto	4	10.000	40.000
Material y herramientas				
alambre púa (calibre 12)	rollo	4	122.000	488.000
grapas	kilos	4	3.000	12.000
hojas de zinc	unidad	14	18.000	252.000
tornillos de 1 metro por 3/8 in	tornillo	10	3.000	30.000
tuercas de 3/8 in	unidad	250	100	25.000
arandelas de 3/8 in	unidad	250	50	12.500
cemento por 50 Kg	unidad	11	11.000	121.000
tubo de pvc de 4 in,	unidad	1	37.000	37.000
codo de pvc de 4 in,	unidad	1	6.800	6.800
puntillas 2 in	Kg	1	2.600	2.600
Máq.Picapasto No 7, dos cuchillas	unidad	1	930.000	930.000
Motor a gasolina de 3,5 - 4 caballos	unidad	1	1.380.000	1.380.000
Total insumos				3.362.900
Mano de obra instalación	Jornales	60	15000	900.000
Total instalación				4.262.900
Costos de instalación diferidos a 10 años				426.290
Mantenimiento Anual	Jornales	30	15000	450.000
Mantenimiento Anual insumos (10% valor de instalación)	Valor Global			336.290
Total costos anuales				1.212.580
Estimado de rendimiento financiero Hato ganadero promedio				2.100.000
Estimado Aumento productividad (30%)				2.730.000
Diferencia en Ingreso Neto				630.000
Suma de costos e ingresos marginales/7 Ha				582.580
Suma de costos e ingresos marginales/ Ha				83.226