

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**Evaluación De Los Factores De La Ecuación Universal De Pérdida De Suelo  
Municipio San José De Los Remates**

### **AUTORES:**

Br. Elyin Misael Herrera Castro.

Br. Denis Geovanny Herrera López.

### **ASESOR:**

Ing. GERARDO MURILLO MALESPIN.

**Managua, Nicaragua**

**Febrero, 2009**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicarle este trabajo primeramente a **Dios** por darme la vida la fortaleza y la sabiduría la cual sabré hacer uso para el bien y bienestar de la humanidad.

A todos mis seres queridos a mi mama Graciela Esperanza Castro, en especial a mi padre Omar Anastasio Herrera Ramos por estar siempre apoyándome en todo momento, a sus buenos consejos y oraciones que permitieron hoy en día seguir adelante en la culminación de este trabajo.

A mis hermanos Eli Ariel Herrera, Edwin Herrera, Jordán Herrera y a mi pequeña hermanita Osmara Gabriela Herrera, por todo el cariño y apoyo moral, motivo por el cual me sirvió de inspiración a seguir superándome.

A mi novia Tania Martina Villagra por apoyarme incondicionalmente con el único interés de que logre cumplir mis metas y aspiraciones que al final son nuestras aspiraciones.

**Elyin Misael Herrera Castro**

## **DEDICATORIA**

Este espacio quiero dedicarlo primeramente a **Dios** por ser la luz en mi camino, y también a aquellos que han hecho posible que haya avanzado un paso más en mi vida, a mis padres, a todos mis seres queridos, a mí tía Marlene Herrera.

Este trabajo está dedicado a ti abuelo, hoy no estás con nosotros pero si en nosotros, dentro de nuestro corazón, gracias por apoyarme abuelo, se que de donde estés estarás leyendo este párrafo.

Descansa en paz abuelo.

**Denis Herrera**

## **AGRADECIMIENTO**

Primero y antes que nada, dar gracias a **Dios**, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de Estudio.

Agradezco a mi asesor Ing. MSc. Gerardo Murillo por haberme guiado y brindado todo su apoyo en el transcurso de este trabajo.

A todo el personal docente del departamento de ingeniería agrícola.

Al departamento de servicios estudiantiles, especialmente a la lic. Idalia Casco, por su apoyo durante los cinco años de estudio.

Al programa de Doctorado de la UNA-SLU por su colaboración directa e indirectamente.

De manera directa agradezco por el apoyo que de una u otra manera sirvió de ayuda para la realización de este trabajo a:

Ing. Víctor Calderón

Ing. Ignacio Rodríguez

Sra. Argentina Ordóñez Cano

Sra. Cornelia Palacios

Sra. Simona Acevedo

Sra. Elda Zelaya López

**Elyin Misael Herrera Castro**

## **AGRADECIMIENTO**

Le doy gracias a mi señor por permitirme culminar con mi sueño, brindándome fortaleza y sabiduría en cada paso de mi vida, a mi madre que siempre me ha apoyado, con sus consejos su ternura y lo mejor de todo que me ha servido de ejemplo, a mi padre que de no ser por el no estaría escribiendo esta dedicatoria, a mi tía Marlene Herrera que a pesar de las distancias que nos separan siempre a estado conmigo cuidándome y apoyándome como si yo hubiese salido de su vientre, a mi asesor el profesor Gerardo Ulises Malespín por apoyarnos durante el transcurso de nuestra carrera, a todos muchas gracias porque de no ser por ustedes no estaría donde me encuentro.

Quiero dejar este espacio para dedicarlo especialmente a mi abuelo, Felipe Cecilio Herrera Picado que con sus consejos, su confianza, su cariño, nunca permitió que me sintiera solo en la vida, hoy ya no lo tengo a mi lado físicamente pero siempre estarás en mi corazón  
abuelo

Gracias abuelo

Descansa en paz.

Gracias

Que el señor los bendiga.

**Denis Herrera**

## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>4</b>
3.1 Generalidades.....	4
3.2 Diseño experimental.....	4
3.3 Manejo del ensayo y metodología.....	4
3.4 Datos tomados.....	6
3.4.1 Altimetria.....	6
3.3.2 Muestreo de suelo.....	6
3.5 Clasificación taxonómica.....	7
3.6 Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.....	8
3.7 Análisis de datos.....	8

<b>IV. RESULTADOS Y DICUSION</b> .....	9
4.1 Tipo de suelo en cada área experimental.....	9
4.2 Perdida de suelo bajo dos tipos de cobertura.....	12
4.3 Factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.....	15
4.3.1 Factor Erosividad “R”.....	15
4.3.2 Factor Erodabilidad del suelo “K”.....	18
4.3.3 Factor Longitud de la pendiente “L”.....	20
4.3.4 Factor gradiente de la pendiente “S”.....	21
4.3.5 Factor de Cobertura vegetal “C”.....	24
4.3.6 Factor del método de control de erosión “P”.....	24
4.3.7 Perdidas potenciales “A”.....	25
4.4 Correlaciones.....	26
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	29
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	30
<b>VII. BIBLIOGRAFIA</b> .....	31
<b>VII. ANEXOS</b> .....	34

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis físico y químico de suelo.....	7
Tabla 2. Propiedades físicas y químicas de cada horizonte diagnostico del tratamiento 1.....	10
Tabla 3. Propiedades físicas y químicas de cada horizonte diagnostico el tratamiento 2.....	11
Tabla 4. Pérdida de suelo anuales en la finca La Primavera, Municipio de San José de los remate. 2006.....	13
Tabla 5. Indicadores de la distribución de media de t student en los dos tratamientos T1 y T2.....	15
Tabla 6. Valores de erodabilidad “K” para los diferentes sitios donde se encuentra ubicados los tratamientos de bosque y grama en la finca La Primavera.....	18
Tabla 7. Relación de los valores de erodabilidad bajo diferentes formas de cálculos en las parcelas de erosión en la finca La Primavera, 2006.....	19
Tabla 8. Análisis de la distribución de media de t-student de la obtención del índice de erodabilidad a través de diferentes formas de cálculos.....	20
Tabla 9. Valores de cobertura vegetal C tomada de Roose, 1977.....	24
Tabla 10. Pérdida de suelos reales y calculadas por la E.U.P.S. (t/ha).....	25

## INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Precipitación pluvial 2006 registrado por INETER.....	12
Grafico 2. Comportamiento de las pérdidas de suelo con diferente cubierta vegetal bosque y grama en la finca La Primavera, 2006.....	14
Grafico 3. Comportamiento de las pérdidas de suelo vrs erosividad en los tratamientos 1 (grama) y 2 (bosque) en la finca La Primavera, 2006...	16
Grafico 4. Comportamiento de las pérdidas de agua vrs erosividad en los dos tratamientos en relación a los eventos lluviosos en la finca La Primavera, 2006.....	17
Grafico 5. Comportamiento en las correlaciones entre erosividad con pérdida de suelo y el volumen de agua.....	17
Grafico 6. Relieves de las parcelas obtenidos a través de levantamiento altimétrico y posteriormente se utilizo el programa software SURFER versión 7.1.....	21
Grafico 7. Comportamiento del grado de pendiente en el tratamiento 1 y 2 en relación entre las variables físicas del suelo que establecen una relación directa con el escurrimiento superficial, la erodabilidad y las pérdidas de suelos en cuanto a la curvatura de la pendiente.....	23
Grafico 8. Comportamiento en las correlaciones entre densidad aparente vrs porcentaje de humedad.....	26
Grafico 9. Comportamiento en las correlaciones entre densidad aparente vrs materia orgánica.....	27
Grafico 10. Comportamiento en las correlaciones entre densidad aparente vrs porosidad.....	2

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 8.1 Figura distribución de los tratamientos.....	34
Anexo 8.2 Factor de método de control de la erosión, “P”.....	35
Anexo 8.3 Resultado de análisis granulométrico de suelo.....	36
Anexo 8.4 Análisis granulométrico físico y químico en los tratamientos 1 y 2.....	37
Anexo 8.5 Valor de erodabilidad K por la ecuación 100 K y por el nomograma de Wischmeier.....	38
Anexo 8.6 Nomograma de erodabilidad de suelo.....	40
Anexo 8.7 Categorías de pérdida de suelo.....	41
Anexo 8.8 Parcelas de erosión.....	42
Anexo 8.9 Valores calculados de cada uno de los factores la Ecuación Universal de Suelo.....	43
Anexo 8.10 Datos Pluviográficos registrado a cada 15 minutos por INETER 2006.....	44
Anexo 8.11 Determinación del factor erosividad “R”.....	53

## RESUMEN

El área experimental está ubicada en el departamento de Boaco, municipio de San José de los Remate, finca La Primavera cuya ubicación es latitud norte  $12^{\circ} 36'43''$  y longitud oeste  $85^{\circ}44'07''$ . El objetivo del presente estudio es determinar los factores de la E.U.P.S durante la estación lluviosa del 2006, bajo diferentes estrategias de cubierta vegetal (Gramma natural y Bosque nativo). Se estableció un experimento en bloques, con tres repeticiones y dos tratamientos. Cada parcela tiene una dimensión de 50 metros de largo y 15 metros de ancho para un área útil de  $750 \text{ m}^2$  con un área total por tratamiento de  $2,250 \text{ m}^2$ . El estudio demuestra que las mayores pérdidas de suelo se dieron en las parcelas de Bosque nativo con un valor promedio de  $0.068 \text{ ton/ha}$  y en las parcelas de Gramma natural resultaron con perdidas menores con  $0.0264 \text{ ton/ha}$ . Además las pérdidas de suelos en todos los eventos fueron relativamente bajo en comparación a los niveles de tolerancia propuestos por Mennering (1981) y Schertz (1983). Se utilizo la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (E.U.P.S) el cual está compuesta por un total de 6 parámetro como  $R = 285.13 \text{ MJmm/ha h}$ ,  $K = 0.017-0.019 \text{ ton ha h /ha MJ mm}$ ,  $S = 1.6$ ,  $L = 4.27 \text{ a } 8.89$ ,  $C = \text{Gramma natural } 0.01 \text{ y Bosque nativo } 0.001$ ,  $P = \text{no se asumió por no existir práctica}$ . Para el análisis de la información; se utilizó como método estadística T student con un grado de significancia del 95 % los efectos de las diferentes variables relacionada a los procesos de erosión del suelo y del escurrimiento superficial resultando no significativos para dichos cálculos establecidos. El uso de relación entre algunas variables no fue sensible a su relación como la erosividad vs. Intensidad de la lluvia o erosividad vs. Pérdida de suelo debido a los pocos eventos de lluvia que fueron analizados en este período de estudio. Recomendando que estos estudios deberán de ser proyectado a mediano y largo plazo para reconocer los procesos de erosión de suelo y el efecto del escurrimiento superficial en tierras escarpadas bajo la aplicación de modelos de predicción de erosión.

## I. INTRODUCCION

En Nicaragua, la erosión hídrica es percibida todos los años durante la estación de invierno, con las lluvias tropicales de alta intensidad y de corta duración que produce grandes volúmenes de agua que corre sobre la superficie del suelo en forma de escurrimiento de las partes altas hacia las partes bajas de la pendiente llevando materiales en suspensión aguas abajo.

La erosión es un proceso que ocurre en forma espontánea en la naturaleza y por ello se llama erosión normal, pero la intervención del hombre incrementa este proceso al producir una alteración del equilibrio natural del sistema, al realizar un uso inadecuado de los suelos o al utilizar practicas de manejos que favorecen la erosión tales como: la quema de praderas envejecidas y sobre taladas.

El uso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo diseñada (Wischmeier et al 1971) toma algunas propiedades y características importantes del suelo como; la textura, estructura, permeabilidad, contenido de materia orgánica indicadores que determinan el grado de vulnerabilidad del suelo a ser erosionado por la gota de lluvia en primera instancia ocasionando el desprendimiento de las partículas del suelo y posteriormente arrastre por el escurrimiento superficial. El grado de susceptibilidad de los suelos a ser erosionados, también depende de otros factores como grado de inclinación de la pendiente, longitud de la pendiente tipo de cobertura, irregularidades en el relieve a lo largo de la pendiente. (FAO, 1977)

La erosión hídrica en Nicaragua se erige como la forma fundamental de degradación de los suelos ya que aproximadamente 7.7 millones de hectárea del territorio nacional presentan grados variables de erosión, de los cuales 3.6 millones de hectárea presentan un grado de erosión catalogado de fuertes a severo. (Guido, L. J. 1997).

Por lo tanto debido a las grandes consecuencias que ocasiona la erosión en nuestro país y sobre todo para la producción ya que casi en su mayoría son cultivadas en laderas aumentando así la degradación de nuestros suelos, motivo por el cual se deriva el interés de muchos investigadores y conservacionistas en implementar practicas de control en diversas zonas de nuestro territorio nacional todos con el propósito de contrarrestar dicho

fenómeno. Sin embargo es importante señalar que las zonas más susceptibles a los problemas de erosión son las zonas con pendientes accidentadas, razón por la cual nuestro estudio se centra en el municipio de San José de los Remates zona que se caracteriza por tener una topografía irregular y muy accidentada cuyo relieve oscila entre el 50% y el 75% respectivamente y se encuentra amenazada por deslaves debido a las grandes cantidades de cerros y montañas que tiene la región estando asentada en la cuenca Malacatoya a 1000 msnm y desciende entre angostos cañones, razón por el cual nos llevo a realizar dicho estudio para ver si en realidad la erosión en esta zona es alta , actualmente no hay estudios relacionados con la erosión , solamente hay manuales o revistas como por ejemplo Estudio de Impacto Ambiental y Social Telecomunicaciones. Ramírez P, V, C. (2005).

A lo largo de los últimos estudios relacionados al movimiento de partículas del suelo a causa de los eventos lluviosos y el escurrimiento, han tomado como principio el uso de parcelas de escurrimiento en tierras en laderas en condiciones más accidentadas y con una mayor longitud de la pendiente, incrementando el área experimental de estudio, a fin de contraponer los efectos reales de los indicadores de la ecuación universal de pérdida de suelos y los efectos naturales del relieve, la longitud de la pendiente, la gradiente y el efecto del micro relieve en cuanto a depositación y movimiento de los sedimentos en el proceso de desprendimiento, transporte y depositación (Kirkby y Morgan, 1984) dicha metodología permite estimación de la tasa de erosión anual de suelos en condiciones más naturales a fin de comprender los efectos de la erosión producida por el agua en área de mayor dimensión o en micro cuencas que oscilan en rangos de 2 – 10 hectáreas para evaluar o determinar las pérdidas de suelo bajo diferentes estrategias de cubierta vegetal (Gramina natural y Bosque nativo).

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

- a) Determinar los factores de la E.U.P.S bajo diferentes estrategias de cubierta vegetal (Gramina natural y Bosque nativo) bajo un sistema de parcelas de erosión en la finca La Primavera en el Municipio de San José de los Remates, Boaco.

### **2.2 Objetivos Específicos.**

- a) Determinar el índice de erodabilidad del suelo “K” mediante diferentes formas de cálculo.
- b) Determinar la correlación entre la erosividad y las pérdidas de suelos.
- c) Calcular las pérdidas de suelos en los sistemas de cobertura establecidos.
- d) Analizar el efecto de la curvatura de la pendiente y su dinámica sobre las pérdida de suelos

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Generalidades**

El área experimental está ubicada en la finca la Primavera comarca Cerro Alegre municipio de san José de los Remate, departamento de Boaco, cuyas ubicación es latitud norte 12°36'43" y longitud oeste 85°44'07" a una altura de 1200 msnm, zona que se caracteriza por tener un clima semi-húmedo de sabana tropical con una temperatura entre los 25° - 27°celsios, el rango de la precipitación oscila entre los 1000 mm con una distribución durante todo el año y los suelos son del orden Molisol. El estudio se realizo en la finca La Primavera a 26 km de Boaco y a 8 km de san José de los Remates. Se establecieron seis parcelas de escurrimiento, tres bajo cobertura de Bosque nativo y tres bajo cobertura de Grama natural.

#### **3.2 Diseño Experimental**

Se estableció un experimento en bloques, con tres repeticiones y dos tratamientos, tres con cubierta vegetal de Bosque nativo y tres con cubierta vegetal de Grama natural. Cada parcela tiene una dimensión de 50 metros de largo y 15 metros de ancho para un área útil de 750 m<sup>2</sup> y un área total del tratamiento de 2,250 m<sup>2</sup>. Se colocaron como deposito recolector un tanque de plástico con una capacidad de 750 litros, esto tomando en cuenta el efecto de la cubierta vegetal y la capacidad de escurrimiento que se pudieran presentar. Las parcelas bajo cobertura de Bosque, con una pendiente dispuesta de sur a norte y tres bajo cobertura de Grama , pendientes dispuestas de este a oeste (ver anexo 8.1) ambas con pendientes promedio que oscilan entre 22 a 34 % respectivamente.

#### **3.3 Manejo del ensayo y metodología.**

El estudio se realizo de acuerdo a las condiciones geográficas del lugar tanto naturales como climáticas y edáficas en ambos tratamientos, tomando como principio evitar perturbar la flora y el suelo al momento de la instalación de los tratamientos con el propósito de lograr obtener información confiable en base a los eventos que se presentarán en la zona. Durante el proceso se realizaron dos fases: la fase de campo, y fase de laboratorio.

En la fase de campo; se delimitó el área de estudio, el cual se encuentran ubicada en praderas con pendientes pronunciadas, se procedió a la instalación de canales de plástico de 6 pulgadas de ancho y con una longitud de 15 m ubicado en la parte baja de la pendiente de cada parcela cuya función es recolectar la alícuota (suelo más agua) y trasportarlo a un tanque de almacenamiento con capacidad de 750 litros. La parcela fue delimitada con una barrera (muro) de plástico de 25 cm. de ancho de los cuales fueron enterrados 10 cm. con el objetivo de evitar la salida o entrada de escurrimiento o sedimentos de tal forma que se evitara cualquier error experimental en la recolección de la información (ver fotografías 1 y 2).



Foto.1 Parcelas de escurrimiento del tratamiento 1 (Gramina natural)



Foto. 2 Parcelas de escurrimiento del tratamiento 2 (Bosque nativo)

La recolección de las muestras (alícuota) e información tanto de sedimentos y agua fueron efectuadas después de cada evento lluvioso de tal forma que se identificara el efecto de cada tormenta sobre el movimiento de suelo en cada parcela. Para ello se registraba la altura (h) que alcanzaba la alícuota en cada tanque de almacenamiento, la recolección de esta consistió en remover la alícuota hasta obtener una mezcla homogénea de la cual se extraía un litro de agua más sedimentos de cada tanque, cada muestra recolectada era debidamente registrada para ser llevada al laboratorio para sus respectivos análisis.

En la fase de laboratorio se realizaron los análisis físicos y químicos de la alícuota como; volumen de agua, peso del suelo seco, análisis granulométrico de los sedimentos utilizando para ellos los métodos del laboratorio de suelos y agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria. (ver tabla 1)

La cantidad de lluvia precipitada se obtuvo de los datos pluviográficos obtenidos de la estación meteorológica del Instituto de Estudios Territoriales (INETER) (ver anexo 8.10) Estas están ubicadas en el municipio de San José de los Remates, el cual la estación se encuentra a solo 8 km de la zona de estudio, conociendo así la intensidad de cada una de las precipitaciones por día.

### **3.4 Datos tomados:**

**3.4.1 Altimetría:** Se realizó un levantamiento altimétrico haciendo uso del nivel de ingeniero marca Kern Swiss, modelo GKO con un margen de error  $\pm 7$  mm, con el cual se establecieron cuadrículas de 25 m<sup>2</sup> en todo el campo con el propósito de reflejar la micro topografía de cada una de las parcelas en estudio. Se definió el Banco de nivel con un GPSMAP 76C marca Garmin con un margen de error  $\pm 3$  metros. El banco de nivel fue georeferenciado a fin de conocer las elevaciones en cada uno de los vértice de las cuadrículas en todo el campo. Con los resultados obtenidos se creó un banco de dato el cual fue procesado mediante el programa SURFER versión 7.1 el cual nos muestra las condiciones del relieve en cada una de las áreas en estudio (ver gráfico 6 ).

**3.4.2 Muestreo de suelo:** Se caracterizó cada parcela en tres secciones: parte alta, media y baja. De cada una de las partes se extrajeron cinco submuestras a una profundidad de 0 – 20 cm. haciendo uso del barreno de espiral, las cinco submuestras se homogenizaron, y se extrajo una muestra de 1 Kg. el cual fue trasladada al laboratorio donde se analizó las propiedades químico y físico de suelo.

En el laboratorio de suelos y agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria utilizaron numerosos métodos para el análisis químico y físico de suelo de los cuales tenemos:

**Tabla 1. Análisis físico y químico de suelo.**

Procedimiento	Método	Descrito por	Código de laboratorio
Densidad aparente	Método del cilindro	(Coile, 1936)	LABSA-FS-P-01
Densidad real	Picnómetros	(Dana y Ford, 1982)	
% de humedad	Suelo secado al aire	Proceso utilizado en LABSA	LABSA-FS-P-07
Textura	Pipeta de Robinsón	(kilmer y Alexander, 1949)	LABSA-FS-P-03
Materia orgánica	walkley-black	(walkley-black, 1934)	LABSA-QS-P-02
Nitrógeno total	digestión kjeldahl	(Bremner y Mulvaney, 1982)	LABSA-QS-P-05
Fósforo disponible	Olsen modificado	(Thien y Myers, 1992)	LABSA-QS-P-09
Potasio disponible	Olsen modificado	(Thien y Myers, 1992)	LABSA-QS-P-10
Micro nutriente (hierro, cobre, manganeso y zinc)	Olsen modificado	(Thien y Myers, 1992)	LABSA-QS-P-11
Macro nutrientes (K, Ca, Mg, Na)	Walkley-Black	(Nelson y Sommers, 1996)	LABSA-QS-P-03
Bases intercambiables	Extracción en acetato de amonio 1N, Ph 7	(IGAC, 1973)	LABSA-QS-P-16
Capacidad de intercambio cationico	Extracción en acetato de amonio 1N, Ph 7	(IGAC, 1973)	LABSA-QS-P-15

### 3.5 Clasificación taxonómica:

Se realizaron calicatas con dimensiones de 1m x 1.5m x 1.20m con el propósito de efectuar la descripción de los horizontes de diagnóstico en cada área de estudio en base a la topo secuencia presentada y lograr reconocer propiedades físicas de cada horizonte y limitación de cada suelo, a su vez se extrajeron muestras de cada horizonte para conocer las propiedades físicas – químicas y granulometría del suelo y sub suelo y sus limitaciones para dicha descripción.

La finalidad de la descripción de perfil de suelo es obtener información que permita reconocer las características del suelo y poderlas comparar en el tiempo en el mismo sitio en tiempos distintos para reconocer los efectos de degradación a que la naturaleza o el manejo del hombre a sometido el suelo. Para ello utilizamos como herramienta la descripción de perfiles de suelos (FAO, 1977). Así como, el uso de la Clave Taxonómica de Suelo (USDA, 2006) nos permitió clasificar el orden de suelo donde se encuentran asentados los ensayos en la finca La Primavera, a como se demuestra en la siguientes fotografías 3 y 4 con sus respectivas propiedades físicas – químicas.

(Tablas 2 y 3).

### 3.6 Ecuación universal de pérdida de suelo (E.U.P.S):

El método más amplio para la predicción de pérdida de suelo por parte de los conservacionistas es la Ecuación universal de pérdida de suelo (E.U.P.S)

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

En donde:

A = La pérdida de suelo, t/ha/año

R = Factor de erosividad por precipitación pluvial, MJmm/ha/hr

K = Factor de erodabilidad del suelo, t/ha/año/ MJmm/ha/hr

L = Factor de longitud de pendiente, (adimensional)

S = Factor de gradiente de pendiente, (adimensional)

C = Factor de manejo de cosecha, (adimensional)

P = Factor del método de control de erosión, (adimensional)

### 3.7 Análisis de datos

Descripción de los tratamientos:

Tratamiento 1 (T1) se estableció el experimento bajo cobertura natural de grama común (aski-motza).

Tratamiento 2 (T2) se basó en el establecimiento del experimento bajo cobertura de Bosque nativo en la cual predominan las siguientes especies Guasimo de ternero Guásuma ulmifolia, Quebracho Lysiloma auritum, Jiñocuago, Bursera simaruba

Pochote Bombacopsis quinata, Madroño Calycophyllum candidissimum, Madero Negro Gliricidia spium, Acacia Acacia penanntula, Laurel Cordia alliadora, Cedro Real Cedrela odorata, Eucalipto Eucalyptus camaldulensis, Chaperno Lonchocarpus parviflorus, Flor Amarillo Lasianthaea fruticosa Coyot, (Ramírez V, 2005)

Para el análisis de la información; se utilizó como método estadística T – student que es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño con un grado de significancia del 95 % a fin de comparar los efectos de las diferentes variables que influencia en la erosión del suelo y del escurrimiento superficial. Además algunos modelos de correlación lineal a fin de encontrar el grado de relación entre algunas variables del suelo.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

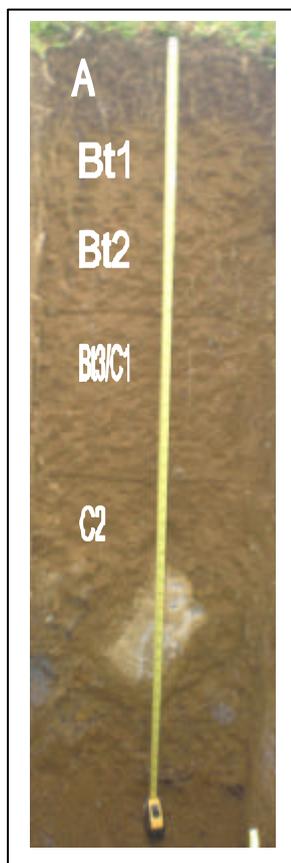
### 4.1 Tipo de Suelo en cada área experimental.

La descripción del perfil para el tratamiento 1 se realizó en la finca La Primavera municipio de San José de los Remates Departamento de Boaco, el 30 de enero del 2007, en las coordenadas N12°37'25 9" de latitud y W85°41'50 9" de longitud, la clasificación taxonómica es un alfisol, el uso actual del terreno es para pastoreo, fisiográfica de colinas, relieve colina, con una pendiente de 22.54 % , una elevación 1024 msnm, el orden al que pertenece es Ultisol, Horizontes de diagnóstico Ochrico/Argílico con porcentaje de saturación de bases menor del 35%, Suborden Ustults, Gran grupo Haplustults, Subgrupo Typic Haplustults/Udic Haplustults.

La capacidad de uso de la tierra es de clase VIII, Subclase VIII.

Su uso potencial puede ser para Protección de la vida silvestre (Pvs), Servicios Ambientales, Ecoturismo (ET), Recarga de aguas subterráneas.

### Foto 3. Descripción del perfil de suelo del tratamiento 1 con cobertura de grama en la finca La Primavera en el Municipio de San José de los Remates, 2006



**A 0-13 cm.** El color en seco es 10YR 3/3, posee una textura arcillo limosa (AL) con estructura granular de media a gruesa moderada. La consistencia en húmedo es friable a firme y en mojado es poco adherente y poco plástico. Presenta un límite entre horizonte abrupto y ondulado, la mayoría de los poros son finos y medios. Hay abundancia de raíces finas.

**Bt<sub>1</sub> 13-43 cm.** El color en húmedo es 10YR3/4, de textura arcillosa (A) con estructura de bloques sub angulares gruesos, medios y finos. La consistencia en húmedo es friable y plástico y adherente en mojado. El límite entre horizontes es claro y uniforme, los poros finos son abundantes con la presencia de cutáneas. Hay presencia moderada de raíces finas. Hay presencia de lombrices.

**Bt<sub>2</sub> 43 -73 cm.** El color en húmedo es 10 YR 4/4 con una textura arcillosa(A), la estructura es de bloques sub angulares gruesos, medios y finos. La consistencia en húmedo es firme y en mojado es adherente y plástica. El límite entre horizonte se presenta claro y uniforme los poros muy finos y finos son abundantes. Hay pocas raíces finas.

**Bt<sub>3</sub>/C<sub>1</sub> 73-113 cm.** Más del 50 % del volumen del suelo es de color 10YR5/6 en húmedo con una textura franco (F). La estructura es de bloques sub angulares gruesos, medios y finos moderados. De consistencia friable en húmedo y plástico y adherente en mojado. El límite entre horizontes es abrupto y uniforme con poros abundantes finos y muy finos con pocos cutanes apreciable. Las raíces son pocas y finas.

Menos del 50 % de toba dacítica meteorizada (C<sub>1</sub>) muy parecida al talpetate pero de color claro que se puede disgregar en el suelo.

**C<sub>2</sub> 113-138 cm.** El color es 10YR 5/6 o 10YR 6/1 de textura franco areno gravosa (Fag) con estructura masiva, el límite entre horizontes es abrupto y ondulado los poros en su mayoría son finos y medios.

**Tabla 2. Propiedades físicas y químicas de cada horizonte diagnostico del tratamiento 1**

H	Espesor	Color		% M.O	% S.B	pH	Textura	Estructura	% Arena Total	% Limo	% Arcilla	CIC	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P (ppm)
	(cm)	Seco	Húmedo											
A	0-13		10YR3/3	4.75	26.5	5.4	Arc.Limoso	Gran. g y m	12.87	41.35	45.77	29.4	4.08	1.78
B <sub>11</sub>	13-43		10YR3/4	3.8	22.65	5.3	Franco limoso	Bs g m y f	20.99	51	27.98	15.8	0.87	0.38
B <sub>2</sub>	43-73		10YR4/4	1.12	11.7	5	Arcilloso	Bs g m y f	19.26	37.9	42.82	13.5	0.14	0.06
B <sub>3</sub> /C <sub>1</sub>	73-113		10YR4/6	0.5	6.51	5.1	Franco	Bs g m y f	31.7	45.63	22.65	12.9	2.4	1.05
C <sub>2</sub>	113-138		10YR5/6 10YR6/1					masiva					0	

Arc.: Arcilla

H: Horizontes

pH: potencial del hidrogeno

%S.B: Porcentaje de

saturación de

Bases

%M.O: Porcentaje de materia  
Orgánica

P: Fósforo disponible  
en partes por Millón

CIC: Capacidad de

Intercambio Cationico

Gran. G y m: Granular grueso  
y medios.

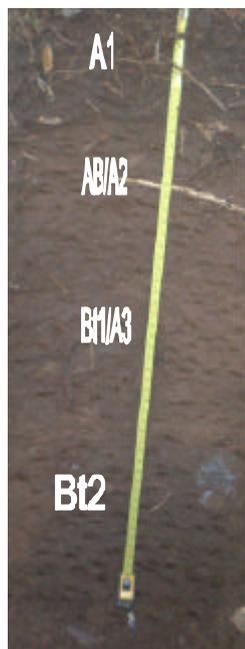
Bs g m y f: Bloques Sub  
angulares medios y finos

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Penta Fosfato

La descripción del perfil para el tratamiento 2 se realizó también en la finca La Primavera el 01 de febrero del 2007, en las coordenadas, N12° 36' 41.8" de latitud y W85°41'59.8" de longitud, uso actual de la tierra es bosque, fisiográfica de montaña baja, con una pendiente de 33.54%, una elevación de 954 msnm, el orden al que pertenece es Molisol, Horizonte de diagnósticos Mólico/Argílico con porcentaje de saturación de bases mayor del 35 %, Suborden Ustols régimen húmedo ustico, Gran grupo Argiustols, Subgrupo Typic Argiustols. La capacidad de uso de la tierra es de clase VII, Subclase VII<sub>R</sub>.

Su uso potencial puede ser para Cultivos perennes (Cp), Frutales (F), Sistema Agroforestal (SAF).

**Foto 4. Descripción del perfil de suelo del tratamiento 2 con cobertura de bosque en la finca la primavera en el Municipio de San José de los Remates, 2006**



**A1 0-22 cm.** 7.5YR 2.5/2 en húmedo. De textura arcillo limosa (AL), con estructura granular fina y media, bloque sub angulares finos, medios y gruesos. La consistencia en húmedo es friable e adherente y plástica en mojado. El límite entre horizontes es abrupto y uniforme. Los poros son abundantemente finos y frecuentes medios. Las raíces son abundantemente finas, muy finas y medias.

**AB/A2 22-50 cm.** 7.5 YR 2.5/3 textura arcillosa (A) con estructura de bloques sub angulares gruesos, medios y finos. La consistencia en húmedo es friable y en mojado es plástica y adherente. El límite entre horizontes es claro y uniforme, con abundantes poros, finos y muy finos. Pocas raíces finas.

**Bt1/A3 50-80 cm.** 7.5 YR 3/3 en húmedo. Textura arcillosa (A) con estructura de bloques sub angulares gruesos, medios y finos moderados. La consistencia en húmedo es friable y en mojado es plástica y adherente. El límite entre horizontes es claro y uniforme, con abundantes poros, finos y muy finos. Pocas raíces finas. Presencia de cutáneos.

**Bt2 80-127 cm.** 7.5 YR 3/4 en húmedo. Textura arcillosa (A) con estructura de bloques sub angulares gruesos, medios y finos moderados. La consistencia es firme en húmedo y muy adherente y plástica en mojado. Hay abundantes poros finos y muy finos. Presencia de cutáneos.

**Tabla 3. Propiedades físicas y químicas de cada horizonte diagnostico del tratamiento 2**

H	Espesor	Color		% M.O	% S.B	pH	Textura	Estructura	% Arena Total	% Limo	% Arcilla	CIC	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P (ppm)
	(cm)	Seco	Húmedo											
A1	0-22		7.5YR 2.5/2	10.29	63.73	5.8	Arc L (AL)	Gran.f y m	11.55	41.19	47.25	51.2	7.69	3.36
AB/A2	22-50		7.5YR 2.5/3	1.01	74.95	6.1	Arcilloso	B s g m y f	14.08	45.62	40.28	24.4	0	
Bt1/A3	50-80		7.5YR 3/3	0.51	75.73	6	Arcilloso	B s g m y f m	14.18	37.42	48.33	26.5	4.97	2.17
Bt2	80-127		7.5YR 3/4	0.41	69.48	6	Arcilloso	B s g m y f m	14.32	34.79	50.87	32.8	0	

Arc.: Arcilla  
H:Horizontes  
pH: potencial del Hidrogeno  
%S.B: Porcentaje de Saturación de bases

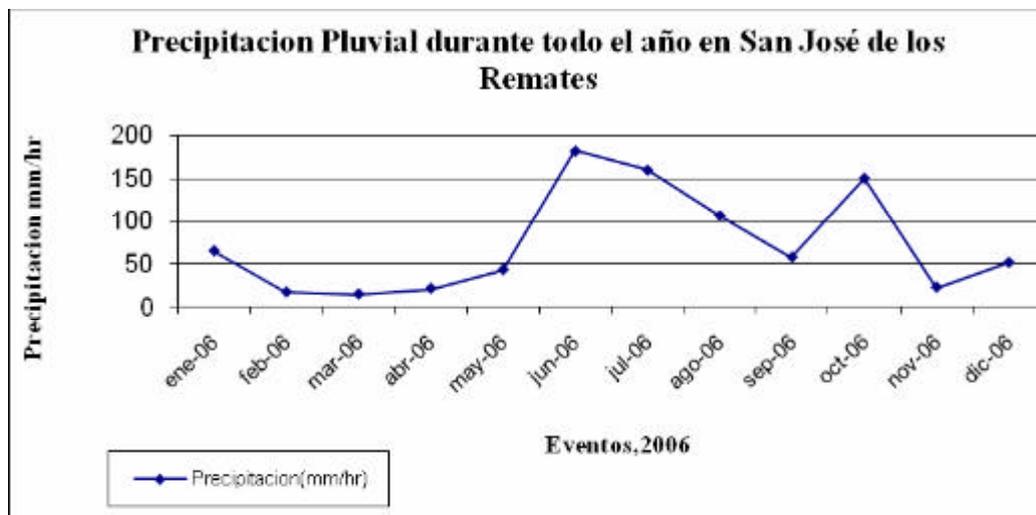
%M.O: Porcentaje de materia Orgánica  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Penta Fosfato  
P: Fósforo disponible en partes por millón

Arc. L: Arcillo Limoso  
Gran. f y m: Granular fino y medio  
Bs g m y f: Bloques sub angulares medios y finos.  
Bs g m y f m : Bloques sub angulares gruesos, medios y finos moderados.

## 4.2 Perdida de suelo bajo dos tipos de coberturas

Durante el estudio se presentaron un total de veinte y cuatro eventos erosivos de los cuales diez de ellos provocaron remoción de suelos (ver grafico 3). Sin embargo el promedio anual para este año 2006 fue de 74.92 mm y una precipitación acumulada de 899 mm anual cabe destacar que dicho año tuvo la influencia de un período prolongado de sequía debido al fenómeno del niño. (INETER.2006) (Ver Grafico 1)

**Grafico 1. Precipitación pluvial 2006 registrado por INETER**



Las pérdidas anuales de suelo durante el periodo de estudio resultaron de 0.0264 t/ha/a. en cubierta en el tratamiento 1 y de 0.068 t/ha/año en cubierta en el tratamiento 2 como se muestra en (Tabla 4). El tratamiento 2 resultó con las mayores pérdidas de suelo, en comparación con el tratamiento 1 esto debido probablemente a que el sistema radicular de la Grama natural se desarrolla abundantemente en el suelo y subsuelo amarrando los agregados, al igual sus hojas muy cercana a la superficie del suelo logra disipar la energía cinética de la gota de lluvia evitando la salpicadura de las partículas del suelo, a pesar de que se forme escurrimiento superficial este encuentra siempre a su paso una serie de obstáculos permitiendo retardar el escurrimiento en la superficie e incrementando la infiltración del agua y reduciendo la velocidad del flujo superficial.

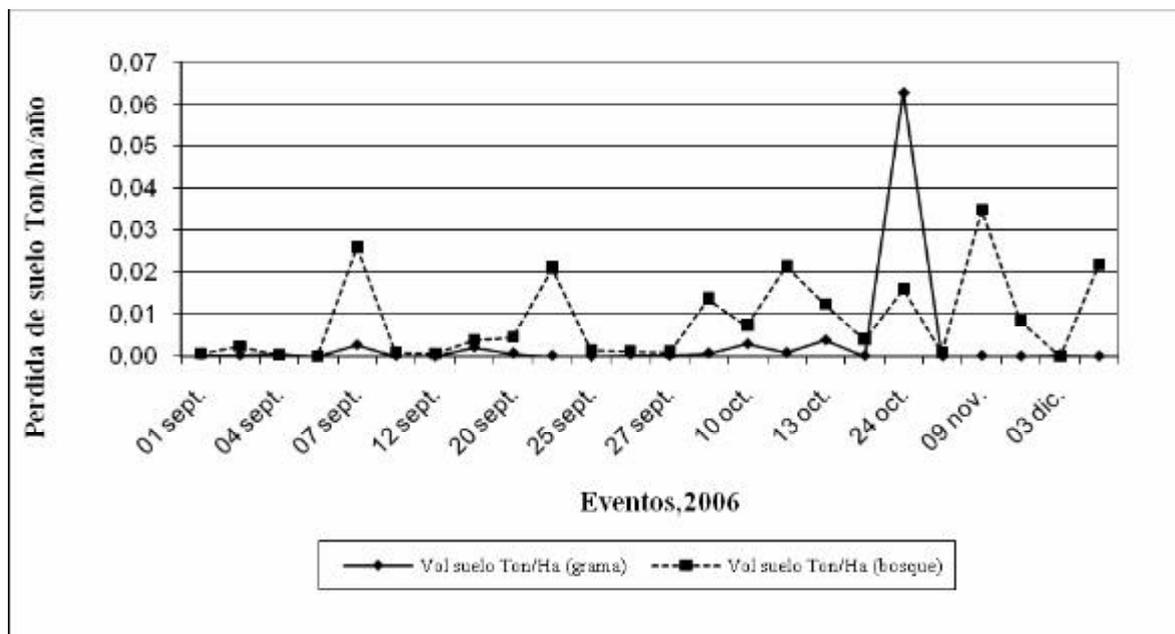
**Tabla 4. Pérdida de suelo anuales en la Finca la primavera, Municipio de San José de los remate. 2006**

<b>Trat. 1 (Parcela de Grama)</b>	<b>Pérdida de suelo (t/ha)</b>
Parcela 1	0,00782
Parcela 2	0,00875
Parcela 3	0,06270
<b>Perdida promedio total</b>	<b>0,0264</b>
<b>Trat. 2 (Parcela de Bosque)</b>	
Parcela 1	0,108957
Parcela 2	0,058601
Parcela 3	0,036490
<b>Perdida promedio total</b>	<b>0,068</b>

Fuente: Herrera M., Herrera D., 2006

En cambio a pesar que la cubierta de Bsque nativo induce a la protección del suelo donde el dosel de los árboles disipa la energía cinética, esta se acumula en las áreas de la hoja bajando por las ramas y el tronco del árbol o bien se precipita al suelo de una altura considerable la cual causa desprendimiento y movimiento de las partículas del suelo, a pesar de los innumerables obstáculos que se encuentran en el bosque; Hojas, ramas o troncos muertos en la superficie la cual retarda el escurrimiento pero en menor grado que la Grama natural el cual provoca un mayor arrastre de las partículas del suelo. Al analizar el comportamiento de las pérdidas de suelo en cada uno de los eventos sucedidos durante el período de estudio logramos reconocer que las pérdidas de suelos en todos los eventos fueron relativamente bajos en comparación a los niveles de tolerancia propuestos por Mennering (1981) y Schertz (1983).

**Grafico 2. Comportamiento de las pérdidas de suelo con diferentes cubierta vegetal Bosque y Grama en la finca La Primavera, 2006**



Fuente: Herrera M., Herrera D., 2006

Los meses más lluviosos fueron de Septiembre hasta Noviembre. Sin embargo, se registraron las mayores pérdidas de suelos en el tratamiento 2 durante todo el período de estudio a excepción del 24 de octubre donde las pérdidas de suelos en el tratamiento 1 fueron de 0.062857 t/ha respectivamente, cabe señalar que en ese periodo se dio mantenimiento en dicha parcela el cual causo desprendimiento de partículas de suelo al caer dicho fenómeno. Sin embargo, nos demuestra el grado de protección que ofrece el tratamiento 1. Por otra parte, cabe destacar que ambos tratamiento se encuentran muy por debajo del rango de tolerancia propuesto por Wischmeier de 12 ton/ha./a. (Wischmeier, W.H., and D.D.Smith 1978)

Para comparar los efectos de las diferentes variables que influyen en la erosión del suelo se calculó por el método de t student el cual está dado por la siguiente fórmula:

$$T = \frac{\bar{x} - m}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad \text{donde: } S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$$

A su vez se demuestra estadísticamente mediante el método de t student a en la siguiente (tabla 5) de que no existe diferencia significativa entre los tratamientos 1 y 2

**Tabla 5. Indicadores de la distribución de media de t student en los dos tratamientos**

Trat.	Parc. 1	Parc. 2	Parc. 3	$\bar{x}$	$(\mu)$	n	X	? X <sup>2</sup>	(?X) <sup>2</sup>	(?X) <sup>2</sup> /n	v <sup>-</sup> n	s	t student
Gramma	0.0078	0.008751	0.062699	0.05	0.00234	6	0.28	0.02	0.08	0.01	2.45	0.04	2.87
Bosque	0.109	0.058601	0.03649										

$\bar{x}$  : Es la media de la muestra

$\mu$ : Es la media de la población

n: Número total de observaciones

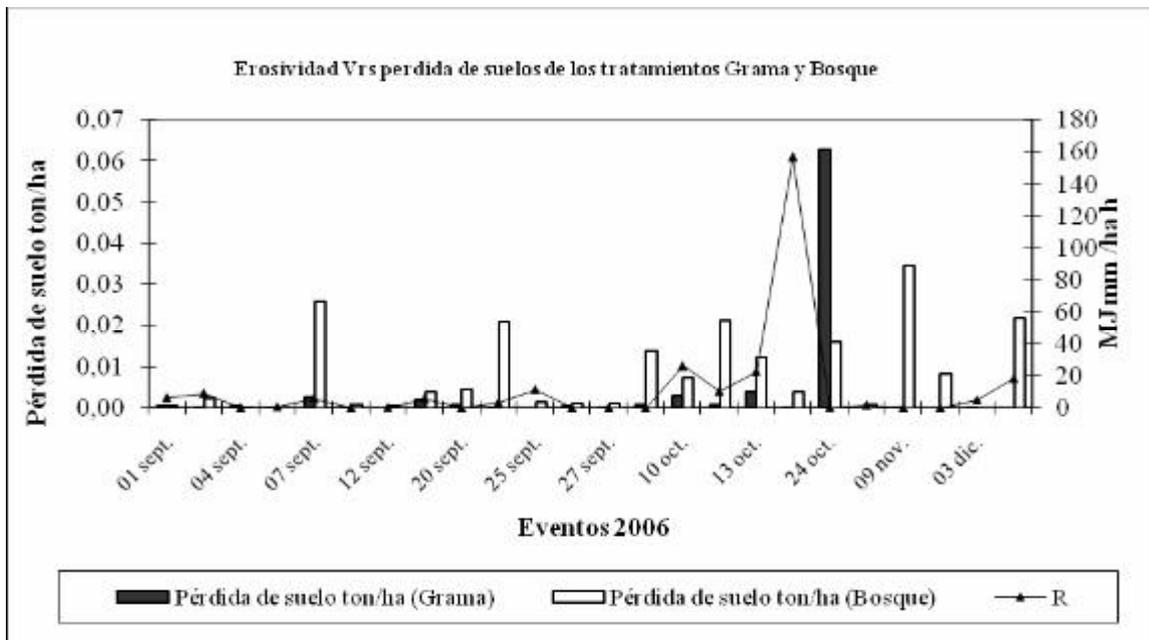
S: Desviación estándar de la muestra

### 4.3. Factores de la ecuación universal de pérdida de suelo

#### 4.3.1 Factor erosividad "R"

Durante el período de estudio la erosividad total fue de 285.13 MJ mm/ha h /año. (Ver anexo 8.11). Sin embargo, se analizaron 24 eventos, mostrado en el siguiente (grafico 3) donde se refleja que el mes de octubre presentó la mayor erosividad con un valor de 156.77 MJ mm/ha h. Mostrando la fuerza con que desprendió las partículas del suelo y se presentan las mayores pérdidas de suelos con un valor de 0.06 ton/ha en la cobertura con Gramma natural, seguido de la cobertura de Bosque nativo con un valor de 0.004 ton/ha. Sin embargo, podemos observar que a medida que se presentan la fuerza de cada evento de lluvia la erosividad provoca el movimiento de las partículas del suelo que se encuentra con cubierta vegetal de Bosque como la de Gramma. Sin embargo, estas dos coberturas demuestran su efectividad de disipar la energía cinética de la gota de lluvia y en la retención de los sedimentos, el cual es debido indirectamente a que los escurrimientos superficiales aunque se presente estos se mueven con una menor velocidad sobre la superficie del suelo desde la parte alta de la pendiente como a lo largo de ella evitando incrementar tanto en velocidad como en volumen hasta la salida del mismo en la parte baja de la pendiente.

**Grafico 3. Comportamiento de las pérdidas de suelo vrs erosividad en los tratamientos 1 (Gramma) y 2 (Bosque) en la Finca la primavera 2006**

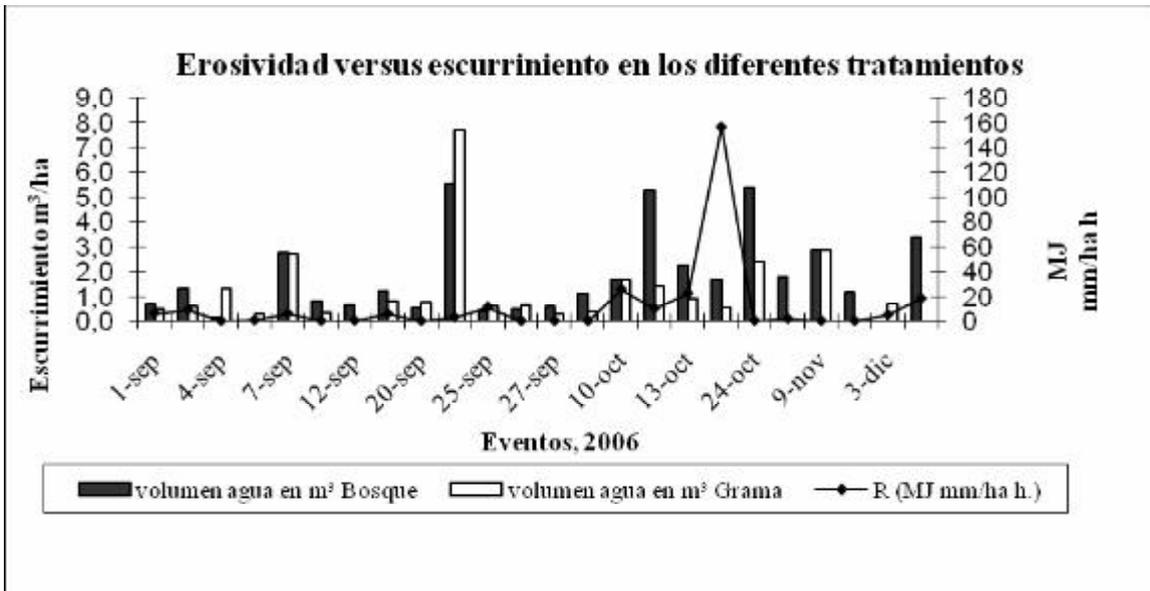


Fuente: Herrera M., Herrera D., 2006

También se analizó el comportamiento de la erosividad sobre la producción de escurrimiento superficial en cada uno de los eventos apreciándose en el (gráfico 4) que el 21 de octubre se obtuvo la mayor erosividad con un valor de 156.77 MJ mm/ha h. Sin embargo, el escurrimiento superficial presentado que se muestra es bajo debido que en ese momento el suelo se encontraba seco por lo tanto la capacidad del suelo de infiltrar la mayor cantidad de agua reduciendo el volumen de agua superficial y como consecuencia reducción del movimiento de partículas del suelo en suspensión.

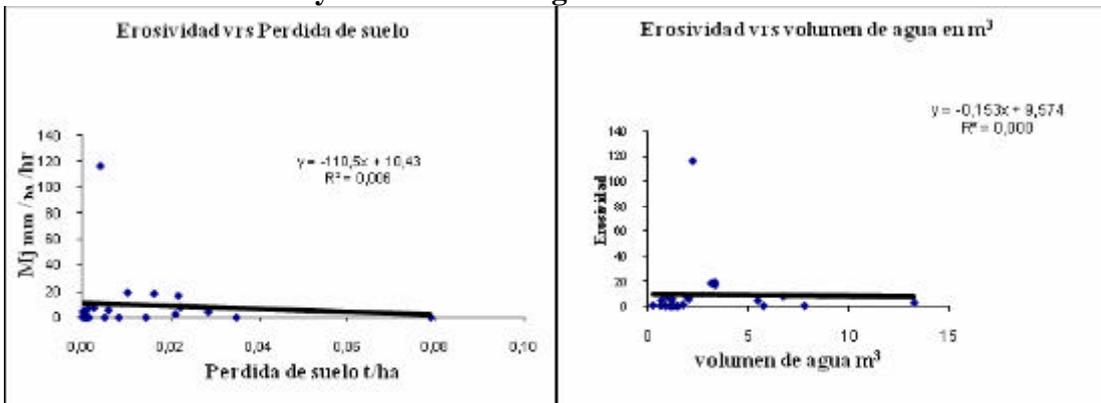
Durante todo el período lluvioso bajo análisis las mayores pérdidas de agua según los registros se presentaron en el mes de septiembre, las parcelas de Gramma natural mostró un escurrimiento superficial de 7.72 m<sup>3</sup>/ha. y las de Bosque nativo con 5.55m<sup>3</sup>/ha considerando que la erosividad fue baja con 3.17 MJ mm/ha h, esto debido a que las condiciones de humedad del suelo debido a los consecutivos eventos que se presentaron durante el mes, razón esencial para que se presentaran los mayores volúmenes de agua en forma de escurrimiento superficial.

**Grafico 4. Comportamiento de las pérdidas de agua vrs erosividad en los dos tratamientos en relación a los eventos lluviosos en la finca La Primavera, 2006**



Fuente: Herrera M., Herrera D., 2006

**Grafico 5. Comportamiento en las correlaciones entre erosividad con pérdida de suelo y el volumen de agua.**



Fuente: Herrera M., Herrera D., 2006

La relación de la erosividad con la pérdidas de suelos muestra un valor de  $R^2 = 0.0067$  entre ambas variables sin embargo, es sabido que dicha relación entre estas variables son importante debido a la dependencia que ocasiona la erosividad al movimientos de las partículas del suelo. De igual forma la erosividad vrs volumen de agua la correlación fue de  $R^2 = 0.0004$  el cual nos indica también que los datos obtenidos en el ensayo experimental no tienen ninguna sensibilidad entre ambas variables, esto se debe a los pocos registro obtenidos durante este inició del estudio.

### 4.3.2 Factor erodabilidad del suelo “K”

La erodabilidad del suelo es la susceptibilidad del suelo a erosionarse. Es una propiedad del suelo que puede ser evaluada cuantitativamente como la vulnerabilidad del suelo a la erosión en circunstancias dadas. Morales; M; M, (1996).

La erodabilidad es una propiedad inherente del suelo refleja el hecho de que diferentes suelos se erosionan a diferentes tasas cuando los demás factores que afectan la erosión son los mismos. Wischmeier (1976)

Los valores obtenidos de erodabilidad (K) en los tratamientos con cobertura de Bosque nativo y de Grama natural oscilaron entre 0.017 a 0.018 respectivamente, con una estructura de granular medio a grueso en el perfil con valores de limo (0,002-0,05), además de arena muy fina (0,05 a 0.10mm) y el porcentaje de arena (0.1-2.0mm) que oscilan entre los 41.02 y 40.36 % y valores de materia orgánica entre 7.75 y 8.45 % a como se muestra en la (tabla 6).

**Tabla 6. Valores de erodabilidad “K” (ton ha h /ha MJ mm) para los diferentes sitio donde se encuentra ubicados los tratamientos de Bosque y Grama en la finca La Primavera, 2006.**

Parámetros para el cálculo del índice de erodabilidad K(ton ha h /ha MJ mm)en San José de los remates, 2006							
Tratamiento	% M. O	Limo + arena muy fina	Arena gruesa 2mm	Estructura	Permeabilidad	K ( ton ha h /ha MJ mm) (nomograma )	K ( ton ha h /ha MJ mm) calculado por la ecuación.(100 K)
Bosque	7.75	41.02	9.01	Granular media o gruesa	lenta	0.018	0.017
Grama	8.48	40.36	17.99	Granular media o gruesa	lenta	0.019	0.018

Fuente: Herrera M., Herrera D., 2006

Estos resultados nos permitió analizar el grado de resistencia que presenta el suelo a ser erosionado por el agua, debido al alto contenido de Materia Orgánica que muestra el suelo mejorando; la estructura, la cementación de los agregado siendo más resistente a la dispersión por el impacto de la gota de lluvia, de igual forma esta resistencia se incrementa con la presencia de arcilla en el perfil el cual contribuye al incremento de esta resistencia del suelo a ser erosionado. Al igual (Valdivia, 2005.; Sadeghian; S, Rivera J. M; y Gómez, 1998) encontraron contenidos de materia orgánica por encima de 8,5 a 14,6% en estudios realizados en bosques.

Se calculo el factor erodabilidad a través de tres diferentes metodologías como se muestra en (tabla 7) se utilizo la ecuación de regresión 100 k el cual se hace en función de las variables representativas de sus propiedades físicas (USLE, 1978). También se utilizo la ecuación descrita por Wischmeier, al igual que el despeje de la misma y a través del nomograma de Wischmeier (ver anexo 8.6), para comprobar la efectividad de la información utilizando valores de materia orgánica por arriba de 4 % pudiendo observar que la variación de los datos no difieren casi en lo absoluto al obtener los valores ya sea por la ecuación o mediante el nomograma de Wischmeier, razón por la cual para futuros cálculos se podría utilizar ambos procedimientos para obtener el valor de erodabilidad del suelo. Esto queda reafirmado en (tabla 8) mediante el análisis de distribución de media del método de t – student

**Tabla 7. Relación de los valores de erodabilidad K (ton ha h /ha MJ mm año) bajo diferentes formas de cálculo en las parcelas de erosión en la finca la Primavera, 2006**

TRATAMIENTO	Ecuación(100 K)	Nomograma	K (E.U.P.S) Despejada
1 Grama	0.017	0.019	0.017
2 Bosque	0.018	0.018	0.018

La (tabla 7) nos demuestra que la obtención del índice de erodabilidad utilizando diferentes metodologías aplicadas nos permite conocer de forma acertada el valor de erodabilidad sin mucha variación indistintamente de la forma utilizada para obtener el índice de erodabilidad para cada suelo en estudio en condiciones tropicales.

**Tabla 8. Análisis de la distribución de media de t-student de la obtención del índice de erodabilidad a través de diferentes formas de cálculos.**

Tratamientos	Gramina			Bosque			T STUDENTS									
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	Media	$\mu$	n	X	$\sum X^2$	$(\sum X)^2$	$(\sum X)^2/n$	$\sqrt{n}$	s	t student
PARCELAS																
K(E.U.P.S)	0.019	0.017	0.016	0.018	0.017	0.019	0.0183	0.018	12	0.22	0.004	0.05	0.004	3.46	0.0011	0.76
K(Nomograma)	0.020	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018										

Con el propósito de estar más seguro en cuanto al uso de las diferentes formas de obtener el índice de erodabilidad el análisis de distribución de media de t –student nos muestra que no hay diferencia significativa en el uso de las formas de obtención el cual nos permitió demostrar, a pesar que el nomograma de Wischmeier el cual utiliza valores máximos de hasta un 4 % de materia orgánica en cambio la misma ecuación de Wischmeier posee un componente que no presenta un límite de materia orgánica la cual es de mayor utilidad en suelo con cubierta vegetal de bosque o bien cuyos valores son mayores de 7 % de materia orgánica.

#### 4.3.3 Factor longitud de la pendiente “L”.

La longitud de pendiente se define como la distancia del punto de origen del flujo sobre la superficie hasta el punto donde la pendiente disminuye lo bastante o hasta el punto en que la escorrentía entra en un canal definido. Wischmeier (1976)

El valor de la longitud de la pendiente es de 1.6, para una longitud de 50 m con un exponente de 0.6 y una pendiente de mayor del 15%, para dicho cálculo se utilizo la siguiente formula descrita.

$$L = [x/22.13]^m$$

#### 4.3.4 El factor de gradiente de pendiente “S”

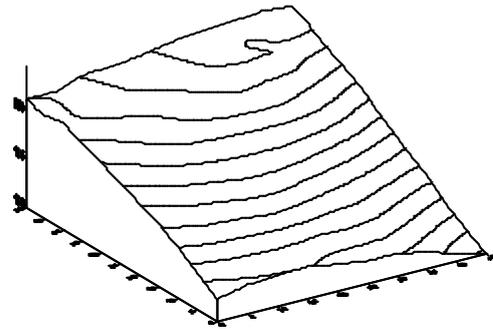
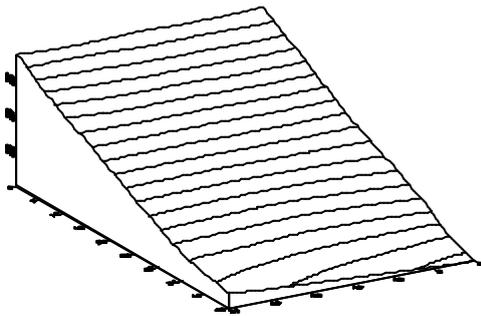
La gradiente de la pendiente es el segmento de pendiente expresado generalmente como un porcentaje y se obtiene mediante la ecuación,  $S = 0.065 + 0.045P + 0.0065P^2$  donde P es la caída vertical por 100 unidades (Kirkby y Morgan, 1984).

El valor de  $S = 4.27$  es la gradiente de la pendiente para el tratamiento 1 (Gramma natural) a consecuencia de que el terreno presenta un porcentaje de pendiente promedio del 22.2 %. Sin embargo, el valor de la gradiente de la pendiente para el tratamiento 2 (Bosque nativo) es de 8.89 debido a que la pendiente promedio del terreno es del 33.54% razón importante que implica en una mayor pérdida de suelo para este tratamiento. En el (grafico 6) se logra visualizar el relieve en la cual se encuentran ambos tratamiento, siendo el tratamiento 2 el que presenta una mayor gradiente que el tratamiento 1.

**Gráfico 6. Relieves de las parcelas obtenidos a través de levantamiento altimétrico y posteriormente se utilizo el programa software SURFER versión 7.1.**

**a) Relieve de parcelas de bosque**

**b) Relieve de parcelas de grama**



Normalmente se podría esperar que aumente la erosión al aumentar la inclinación y la longitud de la pendiente, como resultado del incremento de la velocidad y volumen de la escorrentía superficial. (Morgan,1997).

Este efecto de la gradiente de la pendiente al igual que la longitud de la pendiente juega un papel fundamental en el movimiento de las partículas del suelo, así como, en su depositación durante el proceso erosivo, para lograr reconocer, se compararon todas las parcelas entre sí en base a su perfil de la pendiente curvatura para identificar la razón de las mayores pérdidas entre ambos tratamiento o bien dentro del mismo tratamiento identificando que la parcela 3 del tratamiento 1 (Gramma natural) fue la que tuvo la mayor pérdida de suelo en relación con las demás parcelas esto debido a que la parcela 3 el grado de pendiente es más inclinado que el restos de las parcelas como se demuestra en el (gráfico 7).

Sin embargo las parcelas 1 y 2 obtuvieron perdidas de suelo bajas esto debido a que ambas parcelas poseen partes cóncava el cual reduce el escurrimiento superficial hacia las partes más baja de la parcelas.

Por otro lado el tratamiento 2 (Bosque nativo) las mayores pérdidas como se observa en la (tabla 10) se presentaron en la parcela 1 con 0,108957 t/ha como al igual que en tratamiento 1 el perfil de la parcela es el motivo de la mayor pérdida de suelo en comparación con las otras parcelas ya que es la que se encuentra con mayor inclinación como se ve en los gráficos de pendientes.

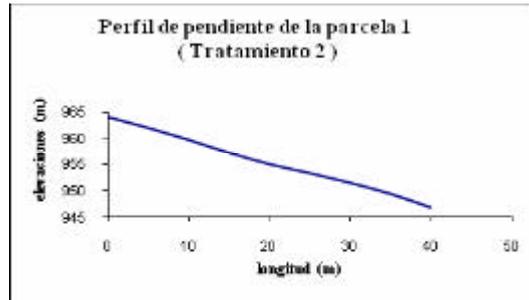
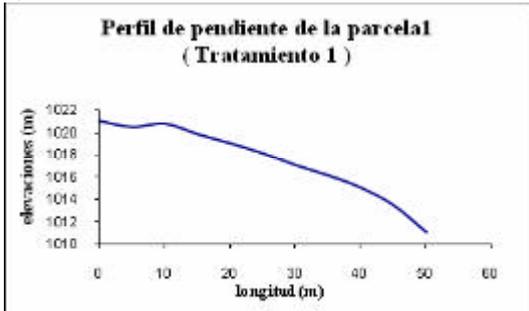
**Grafico 7 .Comportamiento del grado de pendiente en el tratamiento 1 y 2 en relación entre las variables físicas del suelo que establecen una relación directa con el escurrimiento superficial, la erosión y las pérdidas de suelos en cuanto a la curvatura de la pendiente**

**Tratamiento 1**

**Tratamiento 2**

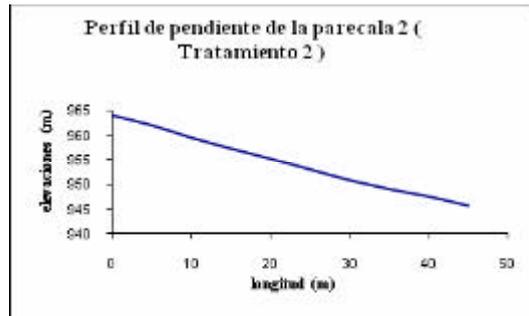
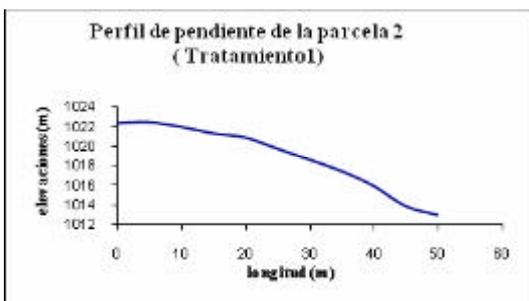
a) Parcela 1

a) Parcela 1



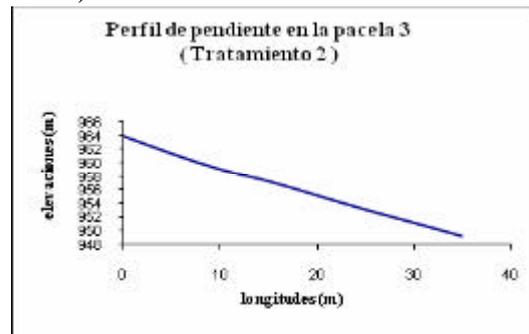
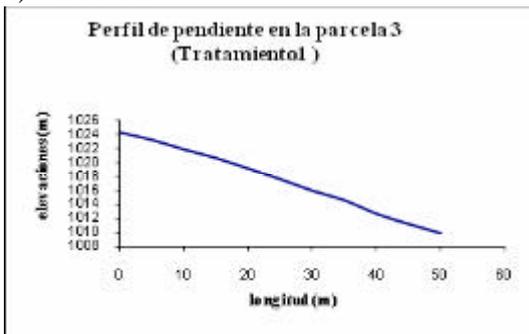
b) Parcela 2

b) Parcela 2



c) Parcela 3

c) Parcela 3



### 4.3.5 Factor de cobertura vegetal “C”

Representa la relación de pérdidas de suelo a partir de una condición específica de cultivos o cobertura con la pérdida de suelo a partir de un estado de labranza y barbecho de cultivo para un mismo suelo.

En Nicaragua no se cuenta con ningún tipo de información o estudio que demuestre un dato sobre cobertura vegetal “C”, es por eso que se cita la tabla propuesta por Rosee, 1977 de la cual tomamos los datos que más se asemejan a las condiciones de nuestro estudio, Debido a que el experimento se realizó bajo dos coberturas, una de Grama natural en buen estado, y la otra bajo cobertura de Bosque nativo, se tomaron los datos de la tabla, el cual refleja para el tratamiento 1 Grama natural un valor de 0.01 y para el tratamiento 2 Bosque nativo 0.001.

**Tabla 9. Valor de cobertura vegetal C tomada de Rosee, 1977**

Cultivo	Factor C
Suelo desnudo	1
Bosque, matorral denso o cultivo con capa gruesa de materia orgánica	0.001
Sabana, pradera en buenas condiciones	0.01
Sabana o pradera sobre pastoreadas	0.1

Fuente Rosee, 1977

### 4.3.6 El factor del método de control de erosión P:

Es la proporción de la pérdida de suelo cuando se hace uso de una práctica específica en comparación con las pérdidas de suelo cuando se cultiva en laderas de las colinas. (Kirkby y Morgan, 1984).

Como en la zona estudiada no se han observado prácticas de este tipo, ya que ambos tratamientos estaban establecidos, motivo por el cual no se considero al igual que Ramos (2001), pero se cito la tabla como referencia (ver Anexo 8.2)

#### 4.3.7 Pérdida potenciales “A”

Las pérdidas potenciales son producto de trece eventos erosivos en septiembre, siete en octubre, dos en noviembre y dos en diciembre resultando más bajos que por la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

En la siguiente tabla 10 se refleja la pérdida real de suelo obtenidas de las muestras recolectadas en comparación con las pérdidas de suelo calculadas por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

**Tabla 10. Pérdida de suelos reales y calculadas por la E.U.P.S. (t/ha)**

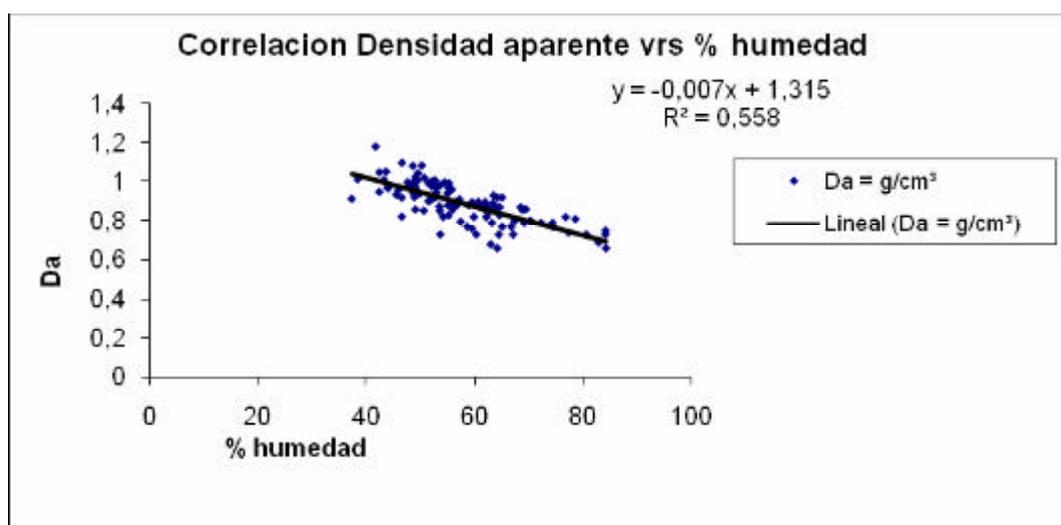
<b>Parcela de Grama</b>	<b>A por E.U.P.S</b>	<b>A por agua + sedimentos</b>
<b>Parcela 1</b>	0.370	0.00782
<b>Parcela 2</b>	0.331	0.00875
<b>Parcela 3</b>	0.312	0.06270
<b>Pérdida promedio por tratamiento (Grama)</b>	<b>0.338</b>	<b>0.0264</b>
<b>Parcela de Bosque</b>		
<b>Parcela 1</b>	0.0811	0.108957
<b>Parcela 2</b>	0.0771	0.058601
<b>Parcela 3</b>	0.0771	0.036490
<b>Pérdida promedio por tratamiento (Bosque)</b>	<b>0.0784</b>	<b>0.0680</b>
<b>Pérdida total del los tratamientos en Ton/ha/año</b>	<b>0.4164</b>	<b>0.0944</b>

Fuente: Herrera M., Herrera D., 2006

#### 4.4 Correlaciones

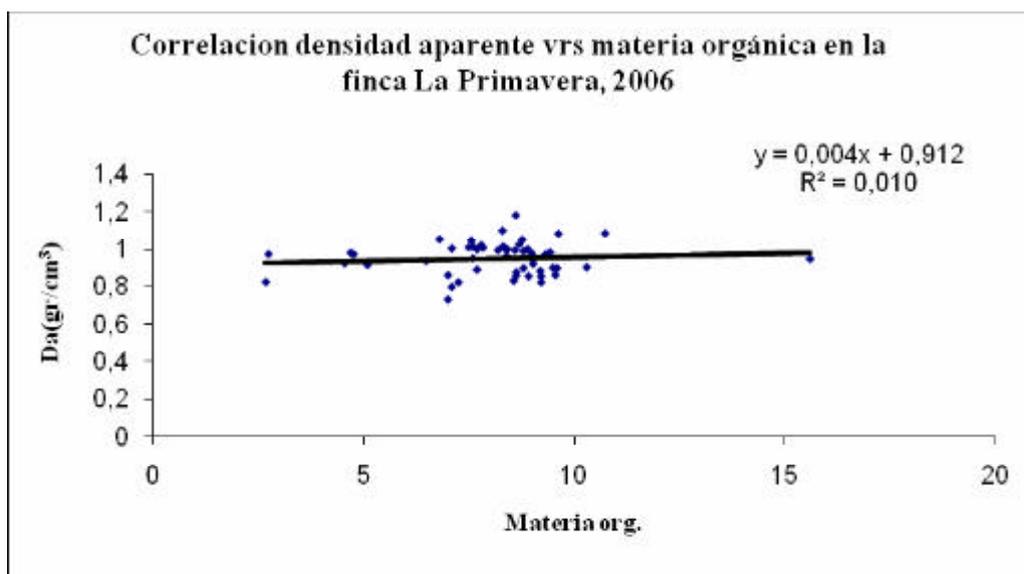
En las tres correlaciones planteadas en el presente estudio, según los datos obtenidos nos muestra un valor de  $R^2 = 0.5582$  entre densidad aparente versus humedad y un valor de  $R^2 = 0.7042$  de densidad aparente versus porosidad. Estas correlaciones entre ambas variables nos indican que existe una estrecha relación (ver grafico 8 y 10). En la correlación entre densidad aparente vrs materia orgánica no se obtuvo ninguna relación entre ambas variables de acuerdo con los datos obtenidos. La bibliografía consultada nos dice que existe una estrecha correlación entre materia orgánica y densidad aparente. Según, Gallardo y González (1983) los altos contenidos de materia orgánica del suelo determinados, debe ser el factor con mayor peso que explica la variabilidad hallada en la densidad aparente. Encontraron una buena relación entre el contenido de materia orgánica edáfica y la densidad aparente en suelos forestales. Sin embargo en nuestro estudio encontramos un valor en la correlación de 0.0105 el cual no es un dato satisfactorio, esto pudo deberse a la poca información de las muestras a través del tiempo obtenida durante el estudio. Otra causa pudo ser las condiciones de clima donde se realizaron los estudios y las condiciones nuestras, también pudo repercutir que la materia orgánica no se encontraba mineralizada.

**Grafico 8. Comportamiento en las correlaciones entre densidad aparente versus porcentaje de humedad.**



La relación de la Densidad aparente con el porcentaje de humedad muestra un valor de  $R^2 = 0.5582$  entre ambas variables, el cual nos indica que ambas variables tienden a relacionarse, se sabe que dicha relación muestra que entre más baja sea la densidad aparente mayor será el porcentaje de humedad. Sin embargo, esta es en dependencia de las condiciones del suelo en que se presentan. Según Pecorari y Alassia, (1998). Se logra una densidad máxima a una determinada humedad del suelo (llamada humedad óptima) y que este valor representa la mayor compactación que puede llegar a tener ese suelo. En el mismo se representan los valores que va adquiriendo la densidad aparente (peso del suelo por volumen unitario) a medida que se incrementa la humedad. Por otro lado, existe una relación estrecha entre la densidad aparente y la cohesión interna de los terrones (dureza) es decir, cuanto más denso más duro.

**Grafico 9. Comportamiento en las correlaciones entre densidad aparente versus materia orgánica.**

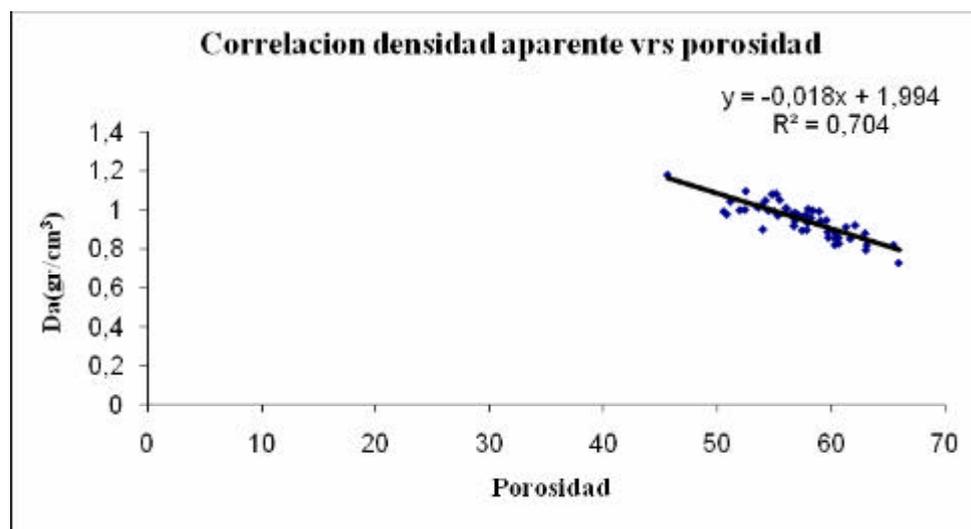


La relación de la Densidad aparente con la materia orgánica muestra un valor de  $R^2 = 0.0105$  entre ambas variables, el cual nos indica que la relación entre variables no es determinante, ya que los datos obtenidos no presentan la información necesaria para relacionarse entre ambas, es sabido que dicha relación nos muestra que entre más baja sea la densidad aparente mayor será el porcentaje de materia orgánica, sin embargo están en dependencia de las condiciones del suelo en que se presentan. Lo observado coincide con lo citado por Karlin, M, S.; Coirini, R.; Rollan, A.; Bachmeier, O. (2005). Quien concluye que, la falta de una clara correlación entre las variables medidas y los altos coeficientes de variación de los parámetros edáficos, indican que existen múltiples

factores que influyen en la determinación de sus valores, evidenciando que los sistemas agroforestales constituyen ámbitos de estudio mucho más complejos que los agrícolas netos, en los cuales el paradigma del equilibrio del ecosistema debe ser sustituido por una concepción de cambio continuo.

En nuestro estudio se encontró valores promedio de materia orgánica (7.75 a 8.48) y Densidad aparente de (0.96 a 0.92) (ver anexo 84) Sadeghian; S, Rivera J. M; y Gómez, (1998) encontró en los suelos de guaduales y bosques de Colombia contenido de materia orgánica altos (11.21%) y valores bajos de densidad aparente de (0.69 a 0.82). Las correlaciones altamente significativas y negativas muestran que los niveles altos de materia orgánica inciden en la disminución de la compactación, densidad real y el pH , aumenta la porosidad, el contenido del agua gravimetría, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad de los microorganismos del suelo.

**Grafico 10. Comportamiento en las correlaciones entre densidad aparente versus porosidad.**



La relación de la Densidad aparente con la porosidad muestra un valor de  $R^2 = 0.7042$ , el cual indica que la relación entre variables es determinante, ya que los datos obtenidos presentan la información necesaria para dicha relación entre ambas, es sabido que dicha relación nos muestra que entre más baja sea la densidad aparente mayor será el porcentaje de porosidad, sin embargo están en dependencia de las condiciones del suelo en que se presentan.

## V. CONCLUSION

El análisis estadístico demuestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, en el cual los valores para Grama natural fueron de 0.0264 ton/ha y para Bosque nativo de 0.068 ton/ha demostrando que el grado de degradación del suelo está muy por debajo a lo establecido por Wischmeier.

Se demuestra que la cubierta vegetal tanto de Bosque nativo como de Grama natural logra disipar la energía cinética de la gota de lluvia protegiendo adecuadamente al suelo.

Los valores de erodabilidad del suelo tanto de Grama como de Bosque oscilaron entre 0.017 a 0.018 respectivamente el cual no existe diferencia significativa entre los tratamientos y cuyo valor es relativamente bajo debido al contenido de materia orgánica que oscila entre 7.75 a 8.48.

La erosividad registrada durante la etapa del estudio fue de 285.13 MJmm/ha hr. Así como también se demuestra que la correlación de pérdida de suelo con un valor  $R^2=0.0067$  lo cual demuestra que es poco sensible al corto periodo evaluado de este estudio.

El efecto de la inclinación de la pendiente y la curvatura de la misma no fueron tan relevantes en los procesos de degradación de suelos bajo estos tipos de tratamiento.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Establecer un sistema de parcelas de erosión con diferentes cultivos como el café a fin de generar a largo plazos resultados más confiables que logren determinar los procesos de erosión de los suelos en la zona.

Buscar nuevos métodos de estudios de procesos de erosión de suelos, que pongan de manifiesto el efecto de la actividad agrícola en tierras de laderas

Establecer otros tipos de estudios a nivel de parcelas de mayor dimensión hasta nivel de pequeñas cuencas o sub cuencas.

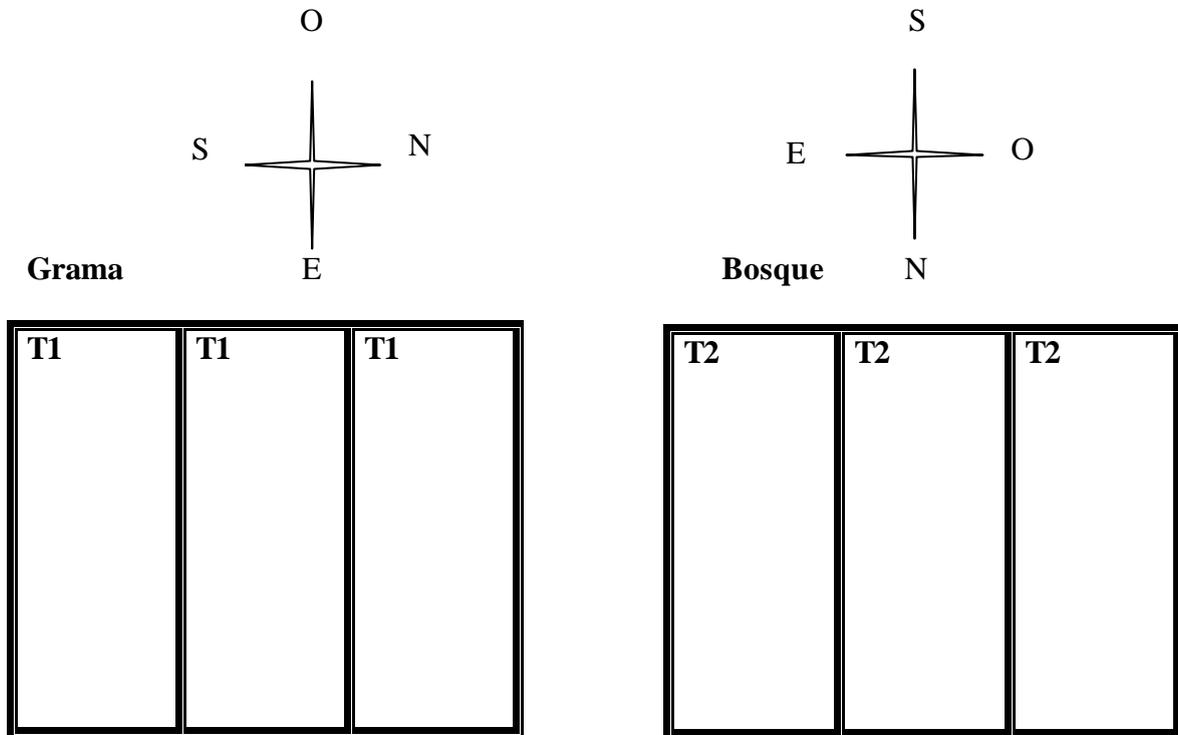
## VII. BIBLIOGRAFIA

- CIEFAP (Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino-Patagónico) 2005. Caracterización de los suelos bajo bosque de *Austrocedrus chilensis* a través de un gradiente climático y topográfico en Chubut, Argentina. (en línea). Consultado el 30 de octubre. 2007. Disponible en [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071792002005000200017&script=sci\\_abstr act](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071792002005000200017&script=sci_abstr act).
- F.A.O. (1977). Guía para la descripción de perfiles de suelos. Roma Italia. 70 p.
- F.A.O. (1980). Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 86 p.
- Guido, L. J. 1997. Evaluación de los factores de la E. U. P. S en la micro cuenca "D" sur del lago de Managua. Tesis de grado Ing. Agrónomo Facultad de Agronomía. UNA, Managua. 81 p
- Karlin, M, S.; Coirini, R.; Rollan, A.; Bachmeier O. (2005). Caracterización de la variabilidad del ambiente edáfico en dos localidades del interfluvio, Teuco-Bermejito, Provincia del Chaco (Argentina). (en línea).consultado el 7 de febrero 2008.Disponible en [http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary\\_0286-32134942\\_ITM](http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-32134942_ITM)
- Kirkby M. J. y Morgan. R.P.C.1984; Erosión de suelos.1ra edición, impreso en México.375 p.
- Manerring, J.V. (1981). The use of soil loss tolerances as strategy for soil conservation. En Morgan (ed) soil conservation: problems and prospects. Wiley. Chich. Eng, 337-349 p
- Morales M.J 1996. Conservación de suelos y agua Managua nicaragua. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, escuela de producción vegetal trabajo especial tomo 1; 157 p.
- Morgan R.P.C. 1997; Erosión y Conservación de Suelos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.Barcelona.Mexico.343 p.
- Pecorari C. y Alassia M. J. (1998). Efecto del estado hídrico inicial sobre la compactación de los suelos. Información Técnica para Productores, Argentina. (en línea). Consultado 30 de noviembre 2007. Disponible en [http://rafaela.inta.gov.ar/productores97\\_98/p108.htm](http://rafaela.inta.gov.ar/productores97_98/p108.htm)
- Ramírez P, V, C.2005. Estudio de Impacto Ambiental y Social Telecomunicaciones (en línea).Consultado el 28 de septiembre.2007.Disponible en [http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2005/12/01/000012009\\_20051201102047/Rendered/PDF/E12540v10NI0rev0LCR1EA1P0899891V1.pdf](http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2005/12/01/000012009_20051201102047/Rendered/PDF/E12540v10NI0rev0LCR1EA1P0899891V1.pdf)

- Ramos T, C, L. 2001. Modelamiento ambiental para análisis de Susceptibilidad erosiva en la cuenca media y alta del río cañete y determinación del mapa de erosión. (en línea). Consultado 11 de enero 2008. Disponible en <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~cramost/MODELO%20DE%20EROSION%20HIDRICA%20-%20SIG.pdf>
- Roose, E.1977.Soil Erosión and carbón Dynamics in África Occidental.352.
- RUSLE (1999) Modelo de la Ecuación Universal de Perdida de Suelos Revisado (en línea). Consultado 28 de Febrero 2008. Disponible en <http://www.miliarium.com/Paginas/Prontu/MedioAmbiente/Suelos/Rusle.htm>
- Sadeghian; S, Rivera J. M; y Gómez, 1998. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. (en línea). Consultado el 7 de febrero 2008.Disponible en <http://virtualcentre.org/es/ele/conferencia1/Siavosh6.htm>
- Schertz, D.L. (1983).The basis for soil loss tolerance. J. Soil wáter cons: 38 (1): 10-14 p
- USDA. (2006). Keys to soil Taxonomy By Soil Survey Staff. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Thenth Edition. 331 p.
- USLE .Wischmeier y Smith (1978).Manual de conservación de suelo 534 departamento de agricultura. RUSLE (Lane 1988) 184 p.
- Vázquez G, R y Gallardo D, L, A. 1983. Influencia de cuatro especies nativas sobre las propiedades físicas de un suelo forestal del parque Chequeño Húmedo, Argentina. (en línea). Consultado 3 de diciembre 2007.Disponible en [http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2000/5\\_agrarias/a\\_pdf/a\\_023.pdf](http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_023.pdf)
- Wischmeier, W.H., and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. Agriculture Handbook 537.U. S. Department of Agriculture, Washington, D.C.58

## VIII. ANEXOS

### Anexo 8.1 Figura distribución de los tratamientos



T1: Tratamiento 1  
T2: Tratamiento 2

### Anexo 8.2 Factor de método de control de la erosión, "P"

<b>Practica de conservación</b>	<b>Factor P</b>
Cultivo a nivel s = 0 - 1°	0.60
Cultivo a nivel s = 2 - 5°	0.50
Cultivo a nivel s = 6 - 7°	0.60
Cultivo a nivel s = 8 - 9°	0.70
Cultivo a nivel s = 10 - 11°	0.80
Cultivo a nivel s = 12 - 14°	0.90
Bancales a nivel	0.14
Bancales a contra pendiente	0.05
Bancales a contra pendiente. Siguiendo la pendiente	0.35
Bancales a nivel con referencia de agua	0.01
Caballones enlazados	0.10 - 0.20

Fuente: Ramos T, C, L. 2001.

### **Anexo 8.3 Resultado de análisis granulométrico de suelo**

<b>Código</b>	<b>Identificación</b>	<b>% De Arena Total</b>	<b>% Limo Total</b>	<b>% Arcilla</b>	<b>Clase Textural</b>
903	P1 parte alta(grama)	19.77	39.33	40.90	arcilla
904	P1 parte media(grama)	19.54	40.14	40.32	arcilla
905	P1 parte baja(grama)	23.22	34.73	42.05	arcilla
906	P2 parte alta(grama)	20.74	36.61	42.65	arcilla
907	P2 parte media(grama)	23.98	35.74	40.28	arcilla
908	P2 parte baja(grama)	21.6	36.17	42.24	arcilla
909	P3 parte alta(grama)	24.15	36.07	39.78	franco arcilloso
910	P3 parte media(grama)	25.53	38.23	36.24	franco arcilloso
911	P3 parte baja(grama)	20.08	35.57	44.35	arcilla
974	P1 parte alta(bosque)	12.34	33.66	54.01	arcilla
975	P1 parte media(bosque)	22.3	40.96	36.74	franco arcilloso
976	P1 parte baja(bosque)	18.46	33.78	47.75	arcilla
977	P2 parte alta(bosque)	11.01	31.47	57.52	arcilla
978	P2 parte media(bosque)	14.58	34.47	50.96	arcilla
979	P2 parte baja(bosque)	11.65	33.49	54.86	arcilla
980	P3 parte alta(bosque)	22.24	30.38	47.38	arcilla
981	P3 parte media(bosque)	16.42	31.64	51.93	arcilla
982	P3 parte baja(bosque)	11.99	33.46	54.55	arcilla
	muestras de 20g				
991	P1 Bosque	6.32	48.35	45.33	arcillo limoso
993	P2 Bosque	6.49	31.55	61.96	arcilla
1008	P1 Bosque	8.59	44.17	47.24	arcillo limoso
1325	P3 Grama	21.17	30.8	48.02	arcilla
1416	P3 Bosque	3.96	36.85	59.19	arcilla
1421	P2 Bosque	8.61	32.16	59.23	arcilla
	Muestras De 10g				
1142	P1 Bosque	3.44	43.37	53.19	arcillo limoso
1143	P2 Bosque	1.81	39.86	58.34	arcilla
1250	P2 Grama	20.6	40.23	39.17	franco arcilloso
1323	P1 Grama	20.49	40.14	39.38	franco arcilloso

P1: Parcela 1  
P2: Parcela 2  
P3: Parcela 3

#### **Anexo 8.4 Análisis granulométrico físico y químico en los tratamientos 1 y 2**

### Tratamiento 1

Parcelas	% De Arena Total	% Limo Total	% Arcilla	Densidad Aparente	Densidad Real	% De Humedad	% De Materia Orgánica	% De Nitrógeno	
<b>P1</b>	<b>PA</b>	19.77	39.33	40.90	0.85	2.18	55.11	8.37	0.42
	<b>PM</b>	19.54	40.14	40.32	0.92	2.30	47.64	7.43	0.37
	<b>PB</b>	23.22	34.73	42.05	0.93	2.40	53.23	8.37	0.41
<b>% total</b>	<b>20.843</b>	<b>38.067</b>	<b>41.087</b>	<b>0.898</b>	<b>2.293</b>	<b>51.992</b>	<b>8.056</b>	<b>0.400</b>	
<b>P2</b>	<b>PA</b>	20.74	36.61	42.65	1.01	2.13	49.72	8.60	0.43
	<b>PM</b>	23.98	35.74	40.28	0.96	2.20	56.38	8.67	0.43
	<b>PB</b>	21.6	36.17	42.24	1.01	2.27	48.00	7.92	0.42
<b>% total</b>	<b>22.11</b>	<b>36.17</b>	<b>41.72</b>	<b>0.99</b>	<b>2.20</b>	<b>51.37</b>	<b>8.40</b>	<b>0.43</b>	
<b>P3</b>	<b>PA</b>	24.15	36.07	39.78	0.99	2.09	52.00	8.88	0.44
	<b>PM</b>	25.53	38.23	36.24	0.93	2.21	53.78	11.37	0.57
	<b>PB</b>	20.08	35.57	44.35	1.05	2.21	48.95	6.73	0.34
<b>% total</b>	<b>23.25</b>	<b>36.62</b>	<b>40.12</b>	<b>0.99</b>	<b>2.17</b>	<b>51.58</b>	<b>8.99</b>	<b>0.45</b>	
<b>Parcela total</b>	<b>22.07</b>	<b>36.95</b>	<b>40.98</b>	<b>0.96</b>	<b>2.22</b>	<b>51.64</b>	<b>8.48</b>	<b>0.43</b>	

### Tratamiento 2

Parcelas	% De Arena Total	% Limo Total	% Arcilla	Densidad Aparente	Densidad Real	% De Humedad	% De Materia Orgánica	% De Nitrógeno	
<b>P1</b>	<b>PA</b>	12.34	33.66	54.01	0.85	2.21	52.27	9.58	0.48
	<b>PM</b>	22.3	40.96	36.74	0.81	2.14	54.40	6.99	0.35
	<b>PB</b>	18.46	33.78	47.75	0.97	2.28	58.09	5.26	0.26
<b>% total</b>	<b>17.7</b>	<b>36.13</b>	<b>46.17</b>	<b>0.87</b>	<b>2.21</b>	<b>54.92</b>	<b>7.28</b>	<b>0.37</b>	
<b>P2</b>	<b>PA</b>	11.01	31.47	57.52	0.91	2.40	52.76	7.75	0.39
	<b>PM</b>	14.58	34.47	50.96	0.89	2.15	49.12	9.14	0.46
	<b>PB</b>	11.65	33.49	54.86	0.93	2.25	49.21	8.03	0.40
<b>% total</b>	<b>12.41</b>	<b>33.14</b>	<b>54.45</b>	<b>0.91</b>	<b>2.27</b>	<b>50.36</b>	<b>8.30</b>	<b>0.41</b>	
<b>P3</b>	<b>PA</b>	22.24	30.38	47.38	1.04	2.32	44.78	6.55	0.33
	<b>PM</b>	16.42	31.64	51.93	0.98	2.34	44.93	7.81	0.39
	<b>PB</b>	11.99	33.46	54.55	0.93	2.14	43.00	8.67	0.43
<b>% total</b>	<b>16.88</b>	<b>31.83</b>	<b>51.29</b>	<b>0.98</b>	<b>2.27</b>	<b>44.24</b>	<b>7.68</b>	<b>0.38</b>	
<b>Parcela total</b>	<b>15.67</b>	<b>33.70</b>	<b>50.63</b>	<b>0.92</b>	<b>2.25</b>	<b>49.84</b>	<b>7.75</b>	<b>0.39</b>	

Tratamiento 1: Grama  
 Tratamiento 2: Bosque  
 PA: Parte Alta  
 PM: Parte Media  
 PB: Parte Baja

## Anexo 8.5 Valor de erodabilidad K por la ecuación 100 K y por el nomograma de Wischmeier.

Identificación	Arena muy fina	% de limo	% de Arcilla	Valor de M	a: % Mat. Org.	c: Clase de perm.	Valor de c	valor de b	Valor de 100 K	Valor de $K \frac{t.m^2.hora}{ha.J.cm}$	Valor de $K \frac{t.ha.hora}{ha.MJ.mm}$	Nomograma
P1 P.A.G	6.9226	39.33	40.9	2733.5	8.37	lenta	5	3	18.81	0.19	0.019	0.018
P1 P.M.G	3.3547	40.14	40.32	2595.9	7.43	lenta	5	3	20.317	0.2	0.020	0.019
P1 P.B.G	3.4078	34.73	42.04	2210.3	8.37	lenta	5	3	17.057	0.17	0.017	0.017
P2 P.A.G	3.5034	36.61	42.65	2300.5	8.6	lenta	5	3	16.925	0.17	0.017	0.017
P2 P.M.G	2.0655	35.74	40.28	2257.8	8.67	lenta	5	3	16.672	0.17	0.017	0.017
P2 P.B.G	3.6361	36.17	42.24	2299.3	7.92	lenta	5	3	18.173	0.18	0.018	0.017
P3 P.A.G	4.617	36.07	39.77	2450.2	8.88	lenta	5	3	16.831	0.17	0.017	0.019
P3 P.M.G	5.1277	38.23	36.23	2764.7	11.4	lenta	5	3	12.099	0.12	0.012	0.02
P3 P.B.G	3.9895	35.57	44.35	2201.4	6.73	lenta	5	3	19.889	0.2	0.020	0.017
P1 P.A.B	6.889	33.66	54	1865	9.58	muy lenta	6	3	17.405	0.17	0.017	0.018
P1 P.M.B	3.7982	40.96	36.73	2831.6	6.99	lenta	5	3	22.351	0.22	0.022	0.021
P1 P.B.B	5.9718	33.78	47.75	2076.9	5.26	lenta	5	3	21.713	0.22	0.022	0.017
P2 P.A.B	7.4659	31.47	57.52	1654.1	7.75	muy lenta	6	3	19.271	0.19	0.019	0.017
P2 P.M.B	8.1173	34.47	50.96	2088.6	9.14	muy lenta	6	3	18.616	0.19	0.019	0.02
P2 P.B.B	8.0558	33.49	54.86	1875.3	8.03	muy lenta	6	3	19.685	0.2	0.020	0.018
P3 P.A.B	4.8022	30.38	47.37	1851.4	6.55	lenta	5	3	18.495	0.18	0.018	0.018
P3 P.M.B	6.9963	31.64	51.93	1857.1	7.81	muy lenta	6	3	19.939	0.2	0.020	0.018
P3 P.B.B	7.7898	33.46	54.55	1874.9	8.67	muy lenta	6	3	18.75	0.19	0.019	0.018

$$100 K = \frac{t.m^2.hora}{ha.J.cm}$$

$$100 K = 10^{-4} \times 2.71M^{1.14} (12 - a) + 4.20 (b - 2) + 3.23 (c - 3)$$

Siendo:

M: Factor representativo de la textura es decir

$$M = [100 - \% \text{ arcilla}] \times [\% (\text{limo} + \text{arena muy fina})]$$

grama

grama

a : % de materia orgánica

bosque

b : número correspondiente a la estructura del suelo según las siguientes codificación:

1 – granulo muy fino y grumo muy fino (<1mm)

2 – granulo fino y grumo fino (1-2 mm)

3 – granulo y grumo medio (2-5 mm) y granulo grueso (5-10 mm)

4 – granulo liso, prismático, columnar, y muy grueso (>10 mm)

c : clase de permeabilidad del perfil, según las siguientes codificación del USDA Soil Survey Manual :

1 – rápida a muy rápida

2 – mediadamente rápida

3 – moderada

4 – moderadamente lenta

P1: Parcela 1

P2: Parcela 2

P3: Parcela 3

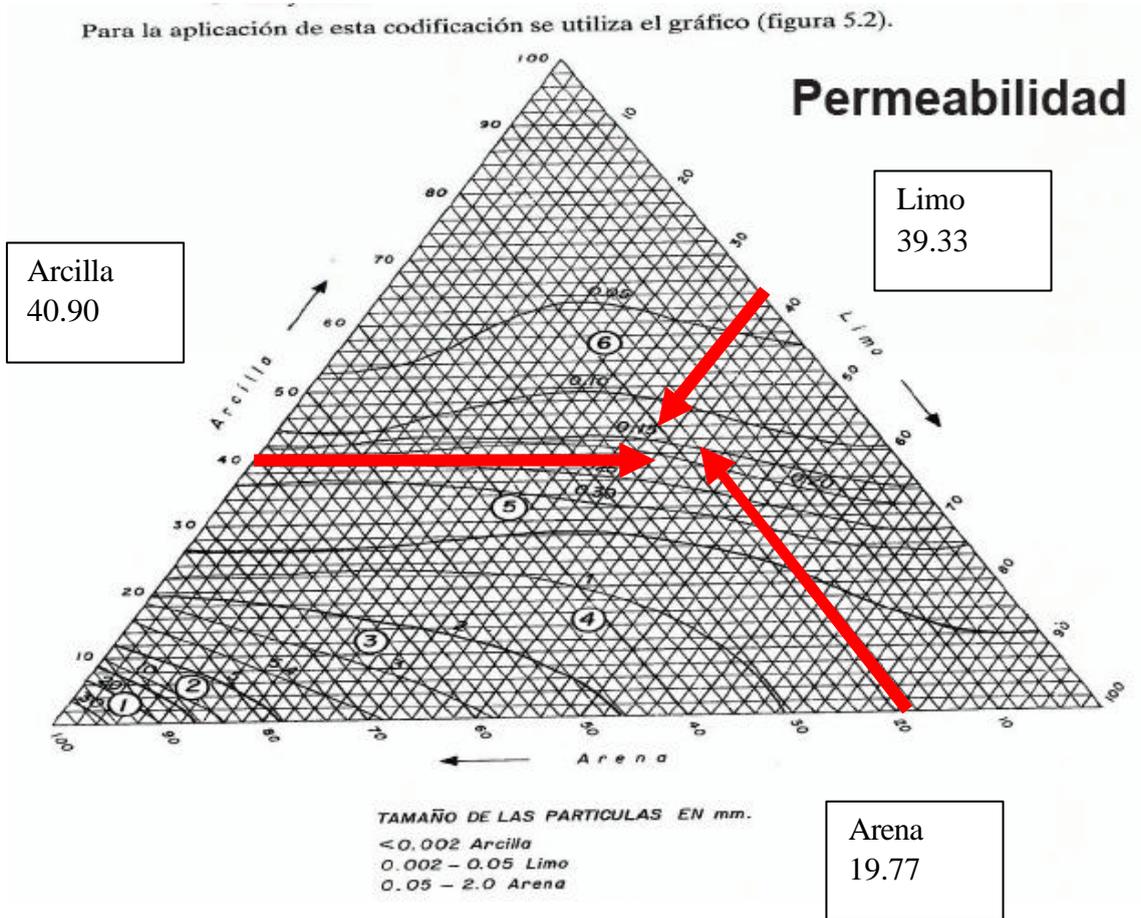
P.A.G: Parte alta grama

P.M.G: Parte media

P.B.G: Parte baja

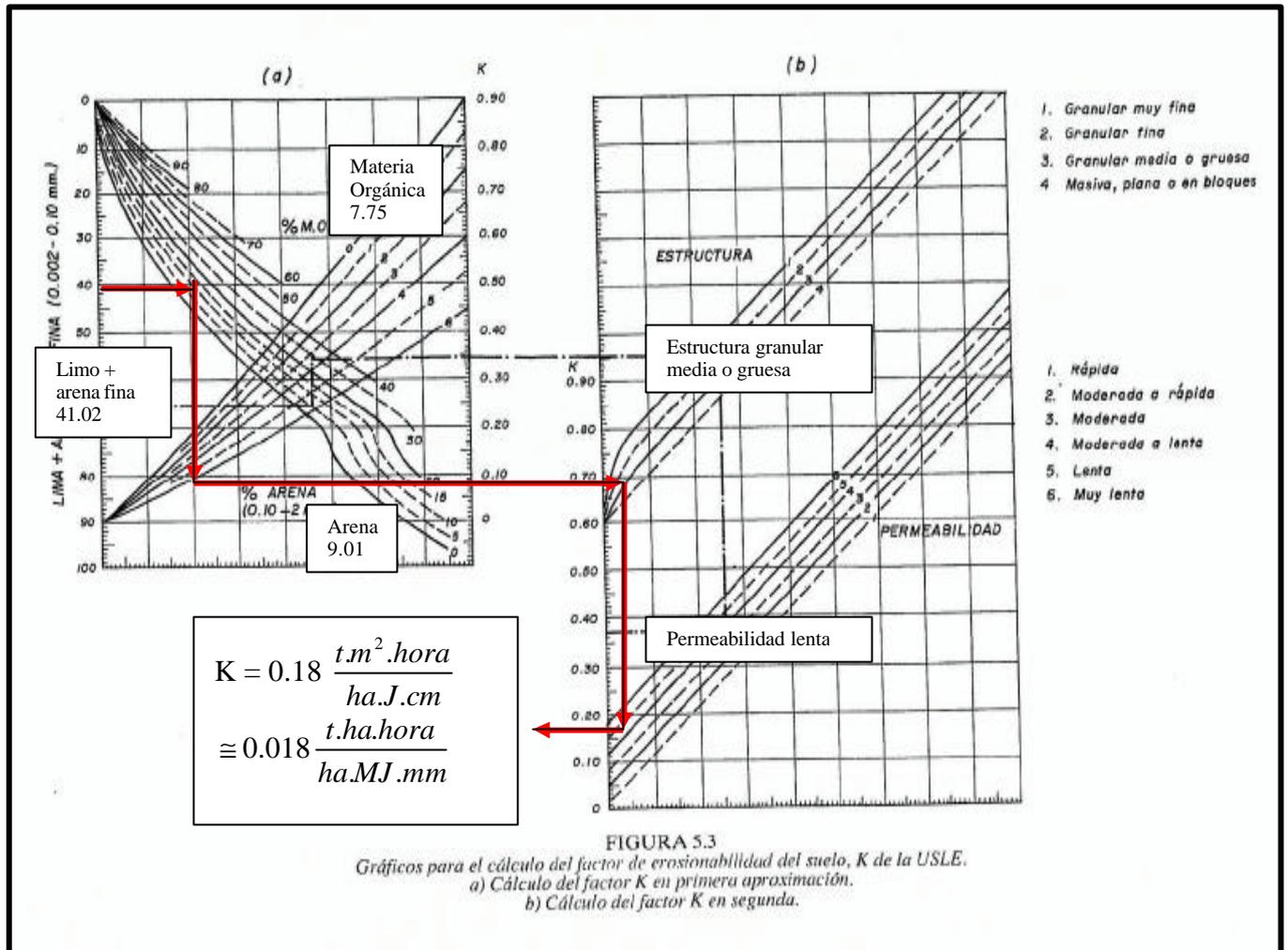
P.A.B: Parte alta

- 5 – lenta
- 6- muy lenta



Según la codificación del USDA Soil Survey Manual:  
Permeabilidad esta en el rango 5 el cual es lenta según nuestros datos físicos de textura.

## Anexo 8.6 Nomograma de erodabilidad de suelo



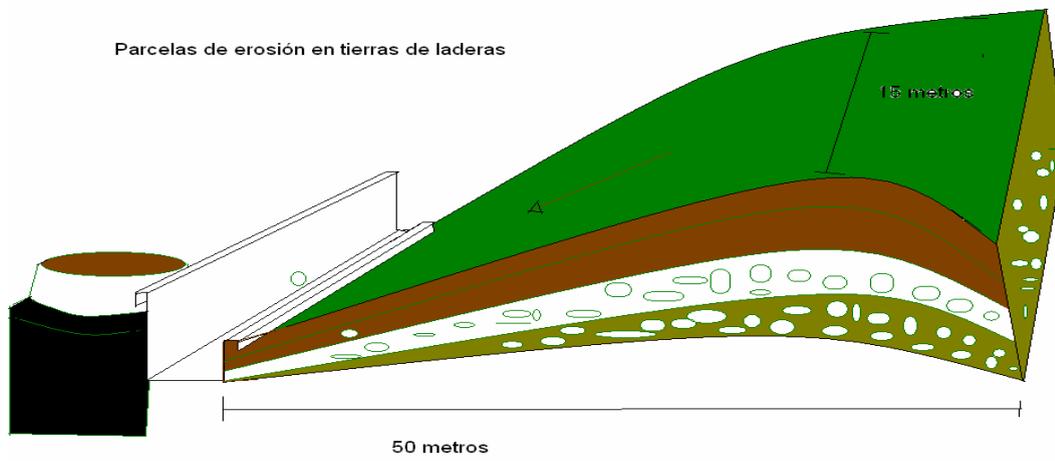
USLE .Wischmeier y Smith (1978).Manual de conservación de suelo 534 departamento de agricultura. RUSLE (Lane 1988)

### Anexo 8.7 Categorías de pérdida de suelo.

<b>Categorías.</b>	<b>Pérdidas de suelo</b>	
	<b>t/ha/a.</b>	<b>mm/ha.</b>
Ninguna a ligera	< 10	< 0.6
Moderada	10 - 50	0.6 – 3.3
Alta	50 - 200	3.3 – 13.3
Muy alta	> 200	> 13.3

Fuente: FAO, 1980.

## Anexo 8.8 Parcelas de erosión



**Anexo 8.9 Valores calculados de cada uno de los factores la Ecuación Universal de Suelo.**

TRATAMIENTO 1							
GRAMA	valor de K (ton ha h /ha MJ mm)	Valor de R (MJ mm/ha h)	Valor de L	Valor de S	Valor de C	A	K = A/RLSCP
Parcela 1	0.019	285.13	1.6	4.27	0.01	0.370	0.019
Parcela 2	0.017	285.13	1.6	4.27	0.01	0.331	0.017
Parcela 3	0.016	285.13	1.6	4.27	0.01	0.312	0.016
Promedio total de pérdida por tratamiento(Grama) ton/ha						0.338	
TRATAMIENTO 2							
BOSQUE	valor de K (ton ha h /ha MJ mm)	Valor de R (MJ mm/ha h)	Valor de L	Valor de S	Valor de C	A (ton/ha)	K = A/RLSCP
Parcela 1	0.020	285.13	1.6	8.89	0.001	0.0811	0.020
Parcela 2	0.019	285.13	1.6	8.89	0.001	0.0771	0.019
Parcela 3	0.019	285.13	1.6	8.89	0.001	0.0771	0.019
Promedio total de pérdida por tratamiento(Bosque) ton/ha						0.0784	
Pérdida total de los tratamientos (Grama y Bosque) ton/ha/año						0.4164	

### Anexo 8.10 Datos Pluviográficos registrado a cada 15 minutos por INETER 2006

Días/horas	Intervalo tiempo (minuto)	Lamina caída (mm/minuto)	Lamina caída (mm/hora)	I30	Energia cinética	? E
01/09/2006 01:45:00	0	0,0	0,00			1,6031
01/09/2006 02:00:00	15	1,2	4,80		0,1785	
01/09/2006 02:15:00	15	0,0	0,00			
01/09/2006 02:30:00	15	0,0	0,00			
01/09/2006 02:45:00	15	0,6	2,40	4,00	0,1522	
01/09/2006 03:00:00	15	1,4	5,60		0,1843	
01/09/2006 03:15:00	15	0,0	0,00			
01/09/2006 03:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
01/09/2006 03:45:00	15	0,6	2,40		0,1522	
01/09/2006 04:00:00	15	0,2	0,80		0,1105	
01/09/2006 04:15:00	15	0,0	0,00			
01/09/2006 04:30:00	15	0,0	0,00			
01/09/2006 04:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
01/09/2006 20:00:00	0	0,0	0,00			
01/09/2006 20:15:00	15	0,6	2,40		0,1522	
01/09/2006 20:30:00	15	1,2	4,80		0,1785	
01/09/2006 20:45:00	15	0,8	3,20		0,1631	
01/09/2006 22:30:00	0	0,0	0,00			
01/09/2006 22:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
03/09/2006 01:45:00	0	0,0	0,00			1,1978
03/09/2006 02:00:00	15	1,0	4,00		0,1716	
03/09/2006 02:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
03/09/2006 02:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
03/09/2006 02:45:00	15	2,0	8,00		0,1978	
03/09/2006 03:00:00	15	1,2	4,80	7,60	0,1785	
03/09/2006 03:15:00	15	2,6	10,40		0,2078	
03/09/2006 03:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
03/09/2006 03:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	

Días/horas	Intervalo tiempo (minuto)	Lamina caída (mm/minuto)	Lamina caída (mm/hora)	I <sub>30</sub>	Energía cinética	? E
04/09/2006	0	0,0	0,0			
04/09/2006	0	0,2	0,80	0,40	0,1105	0,1105
05/09/2006 11:00:00	0	0,0	0,00			0,3996
05/09/2006 11:15:00	15	0,2	0,80	1,60	0,1105	
05/09/2006 11:30:00	15	0,6	2,40		0,1522	
05/09/2006 21:30:00	0	0,0	0,00			
05/09/2006 21:45:00	15	0,4	1,60		0,1368	
07/09/2006 01:45:00	0	0,0	0,00			0,8373
07/09/2006 02:00:00	15	2,6	10,40	7,20	0,2078	
07/09/2006 02:15:00	15	1,0	4,00		0,1716	
07/09/2006 02:30:00	15	0,0	0,00			
07/09/2006 02:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
07/09/2006 03:00:00	15	0,0	0,00			
07/09/2006 23:15:00	15	0,0	0,00			
07/09/2006 23:30:00	15	1,4	5,60		0,1843	
07/09/2006 23:45:00	15	0,8	3,20		0,1631	
11/09/2006 04:00:00	0	0,0	0,00			0,2211
11/09/2006 04:15:00	15	0,2	0,80	0,80	0,1105	
11/09/2006 04:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
11/09/2006 04:45:00	15	0,0	0,00			
12/09/2006 22:30:00	0	0,0	0,00			0,2627
12/09/2006 22:45:00	15	0,6	2,40	1,60	0,1522	
12/09/2006 23:00:00	15	0,2	0,80		0,1105	
12/09/2006 23:15:00	15	0,0	0,00			

Días/horas	Intervalo tiempo (minuto)	Lamina caída (mm/minuto)	Lamina caída (mm/hora)	I30	Energia cinética	? E
19/09/2006 01:00:00	0	0,0	0,00			2,9728
19/09/2006 01:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 01:30:00	15	0,4	1,60		0,1368	
19/09/2006 01:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 02:00:00	15	0,0	0,00			
19/09/2006 13:45:00	0	0,0	0,00			
19/09/2006 14:00:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 14:15:00	15	0,6	2,40		0,1522	
19/09/2006 14:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 14:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 15:00:00	15	0,0	0,00			
19/09/2006 16:45:00	0	0,0	0,00			
19/09/2006 17:00:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 17:15:00	15	0,4	1,60		0,1368	
19/09/2006 17:30:00	15	0,0	0,00			
19/09/2006 17:45:00	15	0,2	0,80	2,00	0,1105	
19/09/2006 18:00:00	15	0,8	3,20		0,1631	
19/09/2006 18:15:00	15	0,0	0,00			
19/09/2006 18:30:00	15	0,6	2,40		0,1522	
19/09/2006 18:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 19:00:00	15	0,4	1,60		0,1368	
19/09/2006 19:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 19:30:00	15	0,4	1,60		0,1368	
19/09/2006 19:45:00	15	0,4	1,60		0,1368	
19/09/2006 20:00:00	15	0,4	1,60		0,1368	
19/09/2006 20:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 20:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 20:45:00	15	0,4	1,60		0,1368	
19/09/2006 21:00:00	15	0,0	0,00			
19/09/2006 21:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 21:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 21:45:00	15	0,0	0,00			
19/09/2006 22:00:00	15	0,0	0,00			
19/09/2006 22:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
19/09/2006 22:30:00	15	0,0	0,00			
20/09/2006 19:15:00	0	0,0	0,00			0,1105
20/09/2006 19:30:00	15	0,2	0,80	0,40	0,1105	

Días/horas	Intervalo tiempo (minuto)	Lamina caída (mm/minuto)	Lamina caída (mm/hora)	I <sub>30</sub>	Energia cinética	? E
22/09/2006	0	0,4	1,60		0,1368	1,5859
22/09/2006 00:15:00	15	0,0	0,00			
22/09/2006 00:30:00	15	0,4	1,60		0,1368	
22/09/2006 00:45:00	15	0,6	2,40	2,00	0,1522	
22/09/2006 01:00:00	15	0,4	1,60		0,1368	
22/09/2006 01:15:00	15	0,4	1,60		0,1368	
22/09/2006 01:30:00	15	0,4	1,60		0,1368	
22/09/2006 01:45:00	15	0,4	1,60		0,1368	
22/09/2006 02:00:00	15	0,6	2,40		0,1522	
22/09/2006 02:15:00	15	0,0	0,00			
22/09/2006 02:30:00	15	0,0	0,00			
22/09/2006 02:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
22/09/2006 03:00:00	15	0,0	0,00			
22/09/2006 20:15:00	0	0,0	0,00			
22/09/2006 20:30:00	15	1,2	4,80		0,1785	
22/09/2006 20:45:00	15	0,0	0,00			
22/09/2006 21:00:00	15	0,0	0,00			
22/09/2006 21:15:00	15	1,0	4,00		0,1716	
25/09/2006 22:30:00	0	0,0	0,00			0,6193
25/09/2006 22:45:00	15	3,4	13,60	18,40	0,2180	
25/09/2006 23:00:00	15	5,8	23,20		0,2382	
25/09/2006 23:15:00	15	0,8	3,20		0,1631	
25/09/2006 23:30:00	15	0,0	0,00			
26/09/2006 08:45:00	0	0,0	0,00			0,1105
26/09/2006 09:00:00	15	0,2	0,80	0,40	0,1105	
26/09/2006 09:15:00	15	0,0	0,00			
27/09/2006 22:30:00	0	0,0	0,00			0,1522
27/09/2006 22:45:00	15	0,6	2,40	1,20	0,1522	
27/09/2006 23:00:00	15	0,0	0,00			
04/10/2006 23:00:00	0	0,0	0,00			0,1368
04/10/2006 23:15:00	15	0,4	1,60	0,80	0,1368	
04/10/2006 23:30:00	15	0,0	0,00			

Días/horas	Intervalo tiempo (minuto)	Lamina caída (mm/minuto)	Lamina caída (mm/hora)	I <sub>30</sub>	Energia cinética	? E
10/10/2006	0	0,6	2,40		0,1522	1,8597
10/10/2006 00:15:00	15	4,0	16,00		0,2241	
10/10/2006 00:30:00	15	0,6	2,40		0,1522	
10/10/2006 00:45:00	15	3,8	15,20	14,00	0,2222	
10/10/2006 01:00:00	15	3,2	12,80		0,2157	
10/10/2006 01:15:00	15	1,2	4,80		0,1785	
10/10/2006 01:30:00	15	0,8	3,20		0,1631	
10/10/2006 01:45:00	15	0,6	2,40		0,1522	
10/10/2006 02:00:00	15	0,6	2,40		0,1522	
10/10/2006 02:15:00	15	0,4	1,60		0,1368	
10/10/2006 02:30:00	15	0,0	0,00			
10/10/2006 15:30:00	0	0,0	0,00			
10/10/2006 15:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
10/10/2006 16:00:00	15	0,0	0,00			
11/10/2006 01:45:00	0	0,0	0,00			1,6094
11/10/2006 02:00:00	15	0,6	2,40		0,1522	
11/10/2006 02:15:00	15	1,4	5,60		0,1843	
11/10/2006 02:30:00	15	1,4	5,60		0,1843	
11/10/2006 02:45:00	15	0,4	1,60		0,1368	
11/10/2006 03:00:00	15	0,2	0,80		0,1105	
11/10/2006 03:15:00	15	0,0	0,00			
11/10/2006 22:15:00	0	0,0	0,00			
11/10/2006 22:30:00	15	2,8	11,20	6,40	0,2106	
11/10/2006 22:45:00	15	0,4	1,60		0,1368	
11/10/2006 23:00:00	15	1,2	4,80		0,1785	
11/10/2006 23:15:00	15	0,8	3,20		0,1631	
11/10/2006 23:30:00	15	0,6	2,40		0,1522	
11/10/2006 23:45:00	15	0,0	0,00			

Días/horas	Intervalo tiempo (minuto)	Lamina caída (mm/minuto)	Lamina caída (mm/hora)	I <sub>30</sub>	Energia cinética	? E
13/10/2006 01:00:00	0	0,0	0,00			1,6650
13/10/2006 01:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
13/10/2006 01:30:00	15	0,0	0,00			
13/10/2006 01:45:00	15	0,0	0,00			
13/10/2006 05:00:00	0	0,0	0,00			
13/10/2006 05:15:00	15	0,4	1,60		0,1368	
13/10/2006 05:30:00	15	6,4	25,60	13,60	0,2419	
13/10/2006 05:45:00	15	0,4	1,60		0,1368	
13/10/2006 06:00:00	15	0,0	0,00			
13/10/2006 06:15:00	15	0,0	0,00			
13/10/2006 06:30:00	15	0,6	2,40		0,1522	
13/10/2006 06:45:00	15	0,0	0,00			
13/10/2006 07:00:00	15	0,0	0,00			
13/10/2006 07:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
13/10/2006 07:30:00	15	2,2	8,80		0,2015	
13/10/2006 07:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
13/10/2006 08:00:00	15	2,2	8,80		0,2015	
13/10/2006 08:15:00	15	0,6	2,40		0,1522	
13/10/2006 08:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
13/10/2006 08:45:00	15	0,0	0,00			

Días/horas	Intervalo tiempo (minuto)	Lamina caída (mm/minuto)	Lamina caída (mm/hora)	I <sub>30</sub>	Energía cinética	? E
21/10/2006 03:30:00	0	0,0	0,00			3,4993
21/10/2006 03:45:00	15	0,4	1,60		0,1368	
21/10/2006 04:00:00	15	0,6	2,40		0,1522	
21/10/2006 04:15:00	15	0,4	1,60		0,1368	
21/10/2006 04:30:00	15	0,0	0,00			
21/10/2006 11:00:00	0	0,0	0,00			
21/10/2006 11:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
21/10/2006 11:30:00	15	0,0	0,00			
21/10/2006 14:30:00	0	0,0	0,00			
21/10/2006 14:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
21/10/2006 15:00:00	15	0,0	0,00			
21/10/2006 15:15:00	15	0,0	0,00			
21/10/2006 15:30:00	15	0,0	0,00			
21/10/2006 15:45:00	15	0,0	0,00			
21/10/2006 16:00:00	15	0,2	0,80		0,1105	
21/10/2006 16:15:00	15	0,0	0,00			
21/10/2006 16:30:00	15	0,0	0,00			
21/10/2006 16:45:00	15	13,4	53,60	44,80	0,2700	
21/10/2006 17:00:00	15	9,0	36,00		0,2549	
21/10/2006 17:15:00	15	1,4	5,60		0,1843	
21/10/2006 17:30:00	15	1,0	4,00		0,1716	
21/10/2006 17:45:00	15	3,8	15,20		0,2222	
21/10/2006 18:00:00	15	2,8	11,20		0,2106	
21/10/2006 18:15:00	15	1,0	4,00		0,1716	
21/10/2006 18:30:00	15	1,0	4,00		0,1716	
21/10/2006 18:45:00	15	1,4	5,60		0,1843	
21/10/2006 19:00:00	15	2,2	8,80		0,2015	
21/10/2006 19:15:00	15	0,8	3,20		0,1631	
21/10/2006 19:30:00	15	0,6	2,40		0,1522	
21/10/2006 19:45:00	15	0,0	0,00			
21/10/2006 22:45:00	0	0,0	0,00			
21/10/2006 23:00:00	15	0,8	3,20		0,1631	
21/10/2006 23:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
21/10/2006 23:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
21/10/2006 23:45:00	15	0,0	0,00			
24/10/2006 10:00:00	0	0,0	0,00			0,3316
24/10/2006 10:15:00	15	0,2	0,80	0,80	0,1105	
24/10/2006 10:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
24/10/2006 10:45:00	15	0,0	0,00			
24/10/2006 12:30:00	0	0,0	0,00			
24/10/2006 12:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
24/10/2006 13:00:00	15	0,0	0,00			

Días/horas	Intervalo tiempo (minuto)	Lamina caída (mm/minuto)	Lamina caída (mm/hora)	I30	Energia cinética	? E
29/10/2006 21:45:00	0	0,0	0,00			0,4216
29/10/2006 22:00:00	15	2,2	8,80	4,40	0,2015	
29/10/2006 22:15:00	15	3,6	14,40		0,2201	
29/10/2006 22:30:00	15	0,0	0,00			
09/11/2006 00:30:00	0	0,0	0,00			0,1522
09/11/2006 00:45:00	15	0,6	2,40	1,20	0,1522	
09/11/2006 01:00:00	15	0,0	0,00			
11/11/2006 00:15:00	0	0,0	0,00			0,2211
11/11/2006 00:30:00	15	0,2	0,80	0,40	0,1105	
11/11/2006 22:30:00	0	0,0	0,00			
11/11/2006 22:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
11/11/2006 23:00:00	15	0,0	0,00			
03/12/2006 11:00:00	0	0,0	0,00			1,7776
03/12/2006 11:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
03/12/2006 11:30:00	15	0,4	1,60		0,1368	
03/12/2006 11:45:00	15	0,6	2,40		0,1522	
03/12/2006 12:00:00	15	0,2	0,80		0,1105	
03/12/2006 12:15:00	15	0,0	0,00			
03/12/2006 13:15:00	0	0,0	0,00			
03/12/2006 13:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
03/12/2006 13:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
03/12/2006 14:00:00	15	0,4	1,60		0,1368	
03/12/2006 14:15:00	15	0,0	0,00			
03/12/2006 14:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
03/12/2006 14:45:00	15	0,4	1,60		0,1368	
03/12/2006 15:00:00	15	0,0	0,00			
03/12/2006 15:15:00	15	0,0	0,00			
03/12/2006 15:30:00	15	0,0	0,00			
03/12/2006 15:45:00	15	0,0	0,00			
03/12/2006 16:00:00	15	0,2	0,80		0,1105	
03/12/2006 16:15:00	15	0,0	0,00			
03/12/2006 20:45:00	0	0,0	0,00			
03/12/2006 21:00:00	0	0,6	2,40		0,1522	
03/12/2006 21:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
03/12/2006 21:30:00	15	0,0	0,00			
03/12/2006 21:45:00	15	0,0	0,00			
03/12/2006 22:00:00	15	1,2	4,80	2,80	0,1785	
03/12/2006 22:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
03/12/2006 22:30:00	15	0,0	0,00			

Días/horas	Intervalo tiempo (minuto)	Lamina caída (mm/minuto)	Lamina caída (mm/hora)	I30	Energía cinética	? E
04/12/2006 00:30:00	0	0,0	0,00			3,8121
04/12/2006 00:45:00	15	0,4	1,60		0,1368	
04/12/2006 01:00:00	15	0,8	3,20		0,1631	
04/12/2006 01:15:00	15	0,4	1,60		0,1368	
04/12/2006 01:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 01:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 02:00:00	15	0,8	3,20		0,1631	
04/12/2006 02:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 02:30:00	15	0,0	0,00			
04/12/2006 02:45:00	15	0,0	0,00			
04/12/2006 03:00:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 03:15:00	15	0,0	0,00			
04/12/2006 04:30:00	0	0,0	0,00			
04/12/2006 04:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 05:00:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 05:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 07:00:00	0	0,0	0,00			
04/12/2006 07:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 07:30:00	15	0,0	0,00			
04/12/2006 07:45:00	15	0,0	0,00			
04/12/2006 08:00:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 09:00:00	0	0,0	0,00			
04/12/2006 09:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 09:30:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 09:45:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 10:00:00	15	0,0	0,00			
04/12/2006 10:15:00	15	0,4	1,60		0,1368	
04/12/2006 10:30:00	15	0,4	1,60		0,1368	
04/12/2006 10:45:00	15	0,0	0,00			
04/12/2006 11:00:00	15	0,2	0,80		0,1105	
04/12/2006 11:15:00	15	0,4	1,60		0,1368	
04/12/2006 11:30:00	15	0,0	0,00			
04/12/2006 11:45:00	15	0,4	1,60		0,1368	
04/12/2006 12:00:00	15	0,8	3,20		0,1631	
04/12/2006 12:15:00	15	0,4	1,60		0,1368	
04/12/2006 12:30:00	15	0,0	0,00			
04/12/2006 12:45:00	15	0,4	1,60		0,1368	
04/12/2006 13:00:00	15	1,2	4,80	4,80	0,1785	
04/12/2006 13:15:00	15	1,2	4,80		0,1785	
04/12/2006 13:30:00	15	0,6	2,40		0,1522	
04/12/2006 13:45:00	15	1,0	4,00		0,1716	
04/12/2006 14:00:00	15	0,0	0,00			
04/12/2006 14:15:00	15	0,2	0,80		0,1105	

### Anexo 8.11 Determinación del factor erosividad “R”

Días	I30	? E	R
01/09/2006	4,00	1,6031	6,41
03/09/2006	7,60	1,1978	9,10
04/09/2006	0,40	0,1105	0,04
05/09/2006	1,60	0,3996	0,64
07/09/2006	7,20	0,8373	6,03
11/09/2006	0,80	0,2211	0,18
12/09/2006	1,60	0,2627	0,42
19/09/2006	2,00	2,9728	5,95
20/09/2006	0,40	0,1105	0,04
22/09/2006	2,00	1,5859	3,17
25/09/2006	18,40	0,6193	11,40
26/09/2006	0,40	0,1105	0,04
27/09/2006	1,20	0,1522	0,18
04/10/2006	0,80	0,1368	0,11
10/10/2006	14,00	1,8597	26,04
11/10/2006	6,40	1,6094	10,30
13/10/2006	13,60	1,6650	22,64
21/10/2006	44,80	3,4993	156,77
24/10/2006	0,80	0,3316	0,27
29/10/2006	4,40	0,4216	1,86
09/11/2006	1,20	0,1522	0,18
11/11/2006	0,40	0,2211	0,09
03/12/2006	2,80	1,7776	4,98
04/12/2006	4,80	3,8121	18,30
		R TOTAL	285,13

**I30:** Intensidad de la precipitación pluvial (mm/h)

**S E:** Sumatoria de la energía cinética (MJ/ha)

**R :** Erosividad de la lluvia. (MJmm/ha.h).

**R= S E \* I30**