



**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

Facultad de Agronomía
Departamento de Ingeniería Agrícola

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación del proceso de erosión hídrica en laderas
bajo diferente sistema de cobertura vegetal en el
municipio de Santa Lucia, Boaco 2008

AUTORES

Br. Ruth Miladys López Lira
Br. Pedro francisco López Urrutia

ASESORES

Ing. Gerardo Murillo malespín
Ing. Víctor Calderón picado

**Managua-Nicaragua
Octubre2010**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación del proceso de erosión hídrica en laderas
bajo diferente sistema de cobertura vegetal en el
municipio de Santa Lucía, Boaco 2008

AUTORES

Br. Ruth Miladys López Lira
Br. Pedro Francisco L. Urrutia

ASESOR

Ing. Gerardo U. Murillo M
Ing. Víctor Calderón Picado

Managua, Nicaragua
Octubre, 2010

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDO	v
INDICE DE CUADROS.....	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I INTRODUCCION	1
II OBJETIVOS	2
III MATERIALES Y METODOS	3
3.1 Ubicación y fechas del estudio	3
3.2 Diseño metodológico	4
3.3 Manejo del ensayo	5
3.4 Datos evaluados	6
3.5 Ecuación Universal de la pérdida de suelo	10
IV RESULTADOS Y DISCUSION	14
4.1 Procesos de erosión	14
4.2 Propiedades físicas y químicas	14
4.3 Procesos de erosividad hídrica en el municipio de Santa Lucia	15
4.4 Factor erodabilidad del suelo (factor K)	15
4.5 Factor longitudinal y gradiente de la pendiente LS	17
4.6 Factor cobertura vegetal C	18
V CONCLUSIONES	29
VI RECOMENDACIONES	31
VII BIBLIOGRAFIA	33
VIII ANEXOS	30

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por ser la luz en mi camino a la Virgen María por guiarme espiritualmente en cada momento y darme fortaleza para lograr la culminación de mis estudios.

A mis padres a quienes quiero mucho Virginia Urrutia Dávila y Juan Ramón Cantarero, quienes se han sacrificado por darme mis estudios para salir adelante en esta vida, siempre han estado presentes apoyándome, dando buenos consejos y dándome el apoyo económico en mis estudios.

A mis adoradas hermanas Marisela, Luisa, Juana y mis lindas sobrinas.

Pedro Francisco L. Urrutia

DEDICATORIA

Primeramente a Dios todo poderoso por darme fuerza, valor, ser guía y luz en mi camino para salir adelante y por darme la oportunidad de culminar mí meta en los estudios.

A mi querida mamá Francisca Miladys Lira Mairena por que sin el esfuerzo de ella no estuviera dónde estoy en este momento a mi preciado hermano Manuel Horacio López Lira que gracias a él yo pude cumplir este logro en mi vida.

En especial a mi hijo Diego Duban Almendares López y mis queridas sobrinas y sobrino.

Ruth Miladys L. Lira

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso por ayudarme a cumplir una meta más en mi vida, a combatir los obstáculos que se pusieron siempre en mi camino.

A todos los que creyeron en mí, mis amigos que siempre estuvieron en todo el transcurso de mis estudios porque me dieron fuerzas para luchar y no darme por vencida, mi hermana que siempre me dio aliento de esperanza y a quien me permitió trabajar en esta investigación y guiarme mi asesor Ing.

Msc Gerardo Murillo Malespín

A los docentes del departamento de Ing. Agrícola:

Ing. Gerardo Murillo

Ing. Víctor Calderón Picado.

Ing. Adriana Sánchez.

Ing. David López C.

Ruth Miladys L. Lira

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guía en la vida.

A mis padres por motivarme a salir adelante.

A la Universidad Agraria, su personal docente, trabajadoras de la cocina, y servicios estudiantiles por el apoyo brindado.

A la Ing. Janny Luxy Torres Robles.
Especialmente agradezco a:

Ing. Gerardo Murillo
Ing. Víctor Calderón Picado.
Ing. Adriana Sánchez
Ing. David López
Y amigos de Chontales.

Pedro Francisco L. Urrutia

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características externas de la pendiente en el área de estudio (El Riego).....	3
Tabla 2. Características externas de la pendiente en el área de estudio (El Llanito).....	3
Tabla 3. Ciclo de siembra 2008	5
Tabla 4. Resultado de los análisis químicos de suelo de las parcelas de escurrimiento, (Santa Lucia 2008).....	7
Tabla 5. Resultado de los análisis físicos de suelo de las parcelas de escurrimiento, (Santa Lucia 2008).....	8
Tabla 6. Procedimiento y métodos utilizados para análisis físicos y químicos de muestras de suelo.....	9
Tabla 7. Índice de erodabilidad para suelos de Santa lucia (ciclo de primera 2008)	16
Tabla 8 . Índice de erodabilidad para suelos de Santa lucia (ciclo de postrera 2008).....	17
Tabla 9. Factor longitud y gradiente de la pendiente con la ecuación USLE.....	18
Tabla 10. Factor longitud y gradiente de la pendiente con la ecuación RUSLE	18
Tabla 11. Pérdida de suelo USLE Y RUSLE	27

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Precipitación anual en el municipio de Santa Lucia (2008)	3
Grafica 2. Parcela 1y 2 del llanito cobertura, escurrimiento, pérdidas de suelo y perfiles .	19
Grafica 3. Parcela 3y 4 del llanito cobertura, escurrimiento, pérdidas de suelo y perfiles .	21
Grafica 4. Parcela 1y 2 del Riego cobertura, escurrimiento, pérdidas de suelo y perfiles ..	23
Grafica 5. Parcela 3y 4 del Riego cobertura, escurrimiento, pérdidas de suelo y perfiles ..	25
Gráfica 6. Comparación de cobertura vegetal	28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Nomograma de Wischmeier	33
Anexo 2. Descripción del perfil del suelo del área experimental El Riego.....	34
Anexo 3. Descripción del perfil del suelo del área experimental El Llanito.....	35
Anexo 4. Determinación de pérdidas de suelo y escurrimiento superficial	36
Anexo 5. Tablas de pérdidas potenciales Usle/ Rusle	37
Anexo 6. Factor de método de control de la erosión, P.....	40

RESUMEN

El proceso de erosión es uno de los procesos de degradación de suelos más importantes en muchos países. En Nicaragua ha sido estudiado sistemáticamente en los últimos años en la región central del país, departamento de Boaco, en el municipio de Santa Lucia mediante el uso de parcelas de erosión. Ubicadas en un rango de pendientes 17% a 39% en suelo de clasificación taxonómica: Typic Pellusterts para las parcelas localizadas en la comunidad de El Llanito; y Typic Entic Haplustols para las parcelas ubicadas en la comunidad de El Riego para las cuales se establecieron 4 parcelas en cada una de las fincas con un manejo de rotación de cultivo única en las cubiertas vegetales; maíz (Zea Mays), frijol (Phaseolus vulgaris) y dos parcelas testigos (Pasto nativo sin manejo agronómico). Dichos datos se evalúan mediante el análisis de los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE) y ecuación de pérdida de suelo (USLE). Los resultados obtenidos determinan que la cubierta de pasto nativo (sin mantenimiento agronómico) fue el que presentó las mayores pérdidas de suelo de 8.257tn/ha y de escurrimiento superficial de 46.71 m³/ha y la máxima cobertura vegetal alcanzada de 22.9 % para este tratamiento.

ABSTRACT

The process of erosion is one of the processes of degradation of more important soils in many countries. In Nicaragua it has been studied systematically in the last years in the central region of the country, Boaco's department, in the municipality of Holy Shiny by means of the use of plots of erosion. Located in a range of earrings 17 to 39 % in soil of taxonomic classification: Typic Pellusterts for the plots located in the community of The Gibraltar; and Typic Entic Haplustols for the plots located in the community of The Irrigation for which 4 were established was parcelling each of the estates with a managing of the only rotation of culture in the vegetable covers Maiz (*Zea Mayz*), bean (*Phaseolus vulgaris*) and two plots witnesses (native Pasture without agronomic managing). The above mentioned information is evaluated by means of the analysis of the factors of the Universal Equation of Loss of Soil Examination (RUSLE). The obtained results determine that the cover of native pasture (without agronomic maintenance) was the fact that I present the major losses of soil of 8.257tn/ha and of superficial runoff of 46.71 m³/ha and the maximum vegetable coverage reached of 22.9 % for this treatment.

I. INTRODUCCION

A nivel mundial, la erosión hídrica es el tipo más importante de degradación de suelos y afecta aproximadamente 1,093 millones de hectáreas (56%) del área total afectada por degradación de suelo inducida por el hombre. Según la FAO (2002).

El método de mayor aplicación a nivel mundial es la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE), la cual considera en su análisis que el proceso erosivo de un área es el resultado de la interacción de factores naturales (lluvia, suelo y topografía) y del impacto de factores influenciados por el hombre directamente (uso y manejo de la tierra).

El objetivo de este trabajo es presentar sistemáticamente los modelos USLE /RUSLE Ecuación Universal de Pérdida de Suelo/Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelo para estimar las tasas de erosión. Ya que son una herramienta central y determinante de la sustentabilidad de los sistemas de producción agropecuaria, dado que la propia pérdida de la masa de suelo reduce el potencial productivo de las unidades productivas tomando en cuenta que los suelos son muy erosionados por las intensas lluvias sobre relieve de laderas usadas con cultivos anuales y pasto, se construyeron parcelas de escurrimientos para determinar las pérdidas de suelo de éstas. Ubicadas específicamente en el departamento de Boaco.

La susceptibilidad de la erosión depende: textura, estructura (arena, limo), materia orgánica, y drenaje según, (Wischmeier).

La aplicación de la USLE (Ecuación Universal de pérdida de Suelo) fue publicada en la década de 1960 y se ha desarrollado para las tierras con cultivo (Wischmeier y Smith, 1965). Más tarde se extendió para otros usos de la tierra (Wischmeier y Smith, 1978, Dissmeyer y Foster, 1980). La RUSLE fue lanzada a mediados del 2003 (Renard et al, 1997, USDAARS - NSL 2003). El uso de la tierra es independiente y se aplica a cualquier uso de la tierra con minerales expuestos del suelo y la escorrentía Hortonian.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar el proceso de erosión hídrica de los suelos del municipio de Santa Lucía (Boaco, Nicaragua) con cultivos maíz, frijol y pasto mediante el uso de parcelas de escurrimiento, en el año 2008.

2.2 Objetivos específicos

Identificar la adaptabilidad de los modelos USLE/RUSLE, a nuestras condiciones tropicales comparándola con las pérdidas reales de suelo.

Calcular las pérdidas de suelo en los sistemas de cobertura establecidos.

Estimar los factores que influyen en cada una de las dos ecuaciones.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACIÓN

3.1 Información de la zona

a. Geografía: El municipio de Santa Lucía se encuentra ubicado en la parte occidental del departamento de Boaco, a una distancia de 10 km de su cabecera departamental, a 94 km de la ciudad de Managua, entre las coordenadas 12°32' latitud norte 85°42' de longitud oeste, tiene una elevación de 560 msnm.

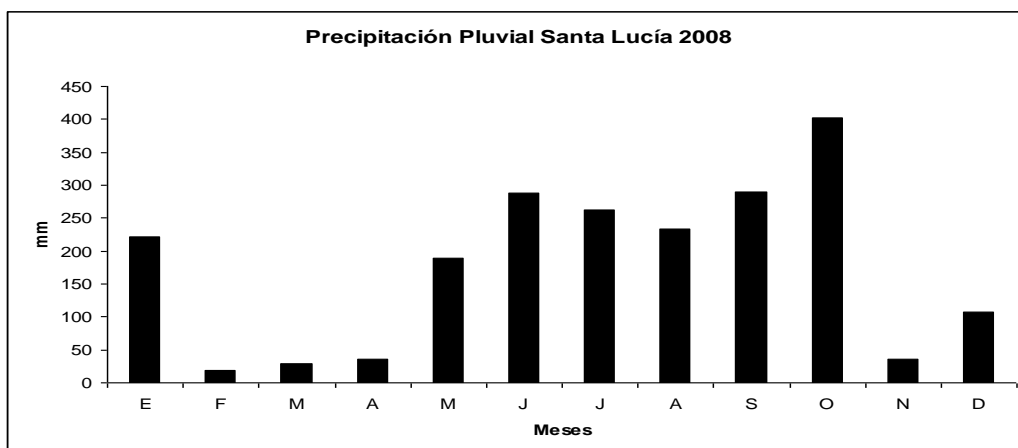
Tabla 1. Características externas de la pendiente y textura suelo en el área de estudio (El Riego)

<u>Parcelas</u>	<u>Pendiente %</u>	<u>Forma del relieve</u>	<u>Textura</u>
1	33.53	Convexo y uniforme	Franco arcilloso
2	25.76	Cóncavo y convexo	Franco
3	26.02	Cóncavo y convexo	Franco arcilloso
4	28.14	Convexo y uniforme	Franco arcillo arenoso

Tabla 2. Características externas de las pendiente y textura del en el área de estudio (El Llanito)

<u>Parcelas</u>	<u>Pendiente %</u>	<u>Forma del relieve</u>	<u>Textura</u>
1	17.67	Cóncavo y convexo	Arcillosa
2	39.11	Cóncavo y convexo	Arcillosa
3	34.26	Convexo	Arcillosa
4	36.52	Convexo	Arcillosa

b. Clima: Se caracteriza por tener un clima húmedo de sabana tropical, en las partes bajas y semi húmedo en las estribaciones de sus serranías, con una temperatura anual promedio que oscila entre los 25° y 26°C, y precipitación pluvial es de 1000 a 1600 mm al año.



Gráfica 01. Distribución de la precipitación anual en el municipio de Santa Lucia 2008.

3.1.2 Información del área experimental

Nombre del municipio: Santa Lucia

Nombre del departamento: Boaco

Fecha de Fundación: 06 de agosto de 1904

Posición geográfica: El territorio de este municipio está ubicado entre las coordenadas 12°32' Latitud Norte y 85°42' Longitud Oeste.

El Llanito: 12°32'11.76" Latitud Norte.
85°42'58.43" Longitud Oeste.

Elevación: 625 m.s.n.m.

El Riego: 12°30'38.98" Latitud Norte.
85°43'23.72" Longitud Oeste.

Elevación: 416m.s.n.m.

Limites: Norte: Municipio San José de los Remates.

Sur: Municipio Teustepe.

Este: Municipio de Boaco.

Oeste: Municipio de Teustepe.

Extensión territorial: 120.78 Km²

Distancia a la capital y a la cabecera: Se encuentra ubicado geográficamente en la parte occidental del departamento de Boaco, a una distancia de 10 Km. De su cabecera departamental, y a 94Km de la ciudad de Managua, capital de la República Nicaragua.

Medidas sobre el nivel del mar: 560 m.s.n.m

3.2 DISEÑO METODOLÓGICO

Se utilizó la metodología de parcelas de erosión, realizando un análisis descriptivo de los resultados obtenidos del estudio dispuestos de la siguiente manera

Se establecieron 3 tratamientos distribuidos en 8 parcelas de erosión, el primer tratamiento correspondió a, frijol (Phaseolus vulgaris) el segundo tratamiento fue Maíz (Zea maíz) con 3 repeticiones y 2 parcelas testigo.

Tabla 3

Ciclo de siembra, 2008			
Tratamiento	Parcelas	Ciclo de primera	Ciclo de postrera
T1ER	1,2,3	Frijol	Maíz
T1ELL	1,2,3		
T2ER	1,2,3	Frijol	Maíz
T2ELL	1,2,3		
T3ER	4	Testigo	Testigo
T3ELL	4		

T1ER: Tratamiento 1 el Riego.

T1ELL: Tratamiento 1 el llanito.

3.3 MANEJO DEL ENSAYO

El experimento se realizó en condiciones naturales, dividido en tres etapas; campo, laboratorio y etapa de oficina.

3.3.1 Etapa de Campo.

A) Parcelas de escurrimiento

Las parcelas de erosión se establecieron en los primeros días del mes de junio del 2008, cada parcela mide 50 m de largo en dirección a la pendiente dominante del terreno y 15 m de ancho perpendicular a la pendiente misma obteniendo un área útil de 750 m², el contorno de la parcela se demarcó con plástico enterrado 15 cm. con el fin de evitar la entrada o salida de escurrimiento y sedimentos. En la parte inferior al pie de la parcela se colocó un canal de plástico PVC recolector de forma rectangular, cuyas dimensiones son de 6 pulgadas de ancho con una longitud de 15 m de largo, que conecta a dos tanques plásticos los que al final reciben los sedimentos en cada evento lluvioso.

La recolección de muestras se realizó después de cada evento lluvioso extrayendo del tanque una muestra de alícuota (agua+ suelo) equivalente a 1 litro de sedimentos totalmente codificado con su parcela, fecha y número de tanque. Cada muestra fue identificada en correspondencia a la fecha del evento lluvioso, parcela y tanque de procedencia. En cada parcela había dos tanques de plásticos, un tanque grande con una capacidad de 750 litros y uno pequeño de 450 litros.

B) Cobertura vegetal

Para medir el porcentaje de cobertura vegetal en los cultivos establecidos (Fríjol, Maíz y Pasto) se utilizó un marco de 1m² que en su diseño contaba con unas rejillas que formaban cuadrículas de 100 cm² y en cada uno de sus vértices se tomaba como punto de observación, obteniendo para cada muestreo un total de 100 observaciones por metro cuadrado.

a. Fríjol: Se estableció en el ciclo de primera un total de cuatro parcelas de erosión (1,2, (3,4,5,6,7,8) y la variedad sembrada fue INTA ROJO, la fertilización consistió en una sola dosis de fertilizante completo triple 15, a los 7 días después de la siembra, se le aplicaron tres fumigaciones con cipermetrina a los 1-13-26 días después de la siembra, se deshierbo dos veces a los 11-30 días después de la siembra. La cosecha se realizó en la segunda semana de agosto.

b. Maíz: Se estableció en el ciclo de postrera un total de seis parcelas de erosión (1, 2, 3, 4, 5,6,7,8) Con la variedad NB6, la fertilización consistió en una sola aplicación de completo triple 15 a los 22 días después de la siembra, se aplicaron dos fumigaciones de cipermetrina a los 1,2 días después de la siembra, se deshierbo a los 15-30 días después de la siembra. La cosecha se realizó en la primera semana de diciembre.

c. pasto: el pasto estaban en la finca el Llanito en la parcela 4 que era la parcela testigo y en la finca el Riego en la parcela 4 testigo también.

3.3.2 Etapa de laboratorio.

En esta etapa se realizaron los análisis físicos y químicos de las muestras recolectadas como: el volumen de agua, peso de suelo seco, análisis granulométrico de los sedimentos para determinar cantidad de suelo (g), separación de partículas de suelo en porcentaje (arena, limo y arcilla), densidad aparente (g/cm^3), humedad (%), y análisis químicos para determinar contenido de macro nutrientes, materia orgánica (%), CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico), CE (Conductividad Eléctrica), y pH del suelo.

3.3.3- Etapa de Escritorio.

En esta etapa se analizó la información obtenida a través de los cálculos, consultando bibliografías afines al tema, y se redactó el escrito del documento, fue la última etapa de nuestra tesis.

3.4 DATOS EVALUADOS

3.4.1 Levantamiento altimétrico

Se realizó un levantamiento topográfico haciendo uso del nivel de ingeniero marca Kern Swiss, modelo GKO con un margen de error $\pm 7\text{mm}$, Se definió el Banco de nivel con un GPSMAP 76 C marca Garmin con un margen de error $\pm 3\text{m}$. Con el nivel de ingeniero se tomaron puntos cada 5 m de ancho por 5 m de largo con el propósito de reflejar el micro relieve (perfil) de cada una de las parcelas en estudio. Los datos obtenidos fueron para calcular la pendiente, elevaciones, y su perfil, así como, analizar la redistribución de los sedimentos a lo largo de la pendiente ocasionado por las condiciones topográficas y del terreno y otros factores tales como: escurrimiento superficial.

3.4.2-Propiedades físicas y químicas del suelo.

Se procedió a extraer muestras de suelo en momentos diferentes al inicio del ciclo de primera al final del ciclo de primera e inició del ciclo de postrera (canícula) y al final del ciclo de postrera, con un barreno de espiral a una profundidad de 0 – 20cm. Extrayendo 3 muestras por parcela, localizada en la parte alta, media y baja para un total de 27 muestras, luego fueron llevadas al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria (UNA) dónde se le realizaron análisis físicos y químicos del suelo.

	Rutina					Base				
	PH	MO %	N	P-disp ppm	CE uS/cm	K-disp	K	Ca	Mg	Na
	meq/100 g suelo									
SLL_P1	5.85	1.75	0.09	9.25	65.93	0.15	0.30	36.04	9.07	0.03
SLL_P2	5.61	2.30	0.11	6.42	60.67	0.11	0.29	38.56	11.80	0.12
SLL_P3	6.55	1.59	0.08	6.62	113.93	0.10	0.28	45.00	8.23	0.10
SLL_P4	6.24	1.95	0.10	10.65	90.67	0.39	0.96	42.05	13.58	0.16
SLR_P1	6.33	1.1	0.06	1.16	22.70	0.95	1.41	35.13	5.03	0.23
SLR_P2	6.47	1.78	0.09	8.06	29.20	0.61	1.51	21.60	3.45	0.22
SLR_P3	6.58	2.33	0.12	3.14	25.63	0.70	1.44	31.91	4.97	0.23
SLR_P4	6.63	1.53	0.08	4.45	21.83	0.32	0.52	41.41	6.64	0.15

Tabla 4. Resultado de los análisis químicos de suelo de las parcelas de escurrimiento, Santa Lucia, Boaco 2008.

Glosario:

SLL_P1= Santa Lucia El Llanito _ parcela 1

SLR_P1=Santa Lucia El Riego _ parcela 1

MO= Materia Organica.

N= Nitrogeno.

P=fosforo disponible.

PPM= parte por millon.

CE= conductividad Electrica

K- disp= Potasio Disponible.

Ca=Calcio.

Mg=Magnesio.

Na= Sodio.

Tabla 5. Resultado de los análisis físicos de suelo de las parcelas de escurrimiento, Santa Lucia, Boaco 2008.

Localización	% Arena total	% Limo	% Arcilla	Clase textural
SLL_P1_H	20.56	37.24	42.2	Arcilla
SLL_P1_M	12.19	30.18	57.63	Arcilla
SLL_P1_L	31.29	30.5	38.22	Franco arcilloso
SLL_P2_H	17.37	26.41	56.22	Arcilla
SLL_P2_M	15.22	29.42	55.36	Arcilla
SLL_P2_L	18.84	31.14	56.02	Arcilla
SLL_P3_H	11.64	19.58	68.78	Arcilla
SLL_P3_M	14.29	30.8	54.95	Arcilla
SLL_P3_L	12.01	24.36	63.63	Arcilla
SLL_P4_H	10.79	24.47	64.74	Arcilla
SLL_P4_M	7.16	20.69	72.15	Arcilla
SLL_P4_L	8.03	23.85	68.12	Arcilla
SLR_P1_H	43.224	26.68	30.10	Franco arcilloso
SLR_P1_M	47.248	26.19	26.56	Franco arcillo arenoso
SLR_P1_L	39.258	28.00	32.74	Franco arcilloso
SLR_P2_H	29.767	36.53	33.71	Franco arcilloso
SLR_P2_M	46.197	26.05	27.75	Franco arcillo arenoso
SLR_P2_L	38.109	30.84	31.05	Franco arcilloso
SLR_P3_H	39.504	30.44	30.05	Franco arcilloso
SLR_P3_M	42.588	29.42	27.99	Franco arcilloso
SLR_P3_L	43.802	28.48	27.72	Franco arcilloso
SLR_P4_H	46.368	26.45	27.18	Franco arcillo arenoso
SLR_P4_M	45.676	29.58	24.74	Franco
SLR_P4_L	42.434	26.66	30.91	Franco arcilloso

Glosario:

SLL_P1_H: Santa Lucia El Llanito _ Parcela 1_Parte Alta.
 SLL_P1_M: Santa Lucia El Llanito _ Parcela 1_ Parte Media.
 SLL_P1_L: Santa Lucia El Llanito_ Parcela 1_ Parte Baja.
 SLR_P1_H: Santa Lucia El Riego _ parcela 1 _ Parte Alta.
 SLR_P1_M: Santa Lucia El Riego _ Parcela 1 _ Parte Media.
 SLR_P1_L: Santa Lucia El Riego _ Parcela 1 _ Parte Baja.

Tabla 6. Análisis físicos y químicos en las muestras de suelo

<u>Análisis</u>	<u>Método</u>	<u>Descrito por</u>
Contenido de humedad	Suelo secado en el horno	Proceso utilizado en LABSA
Textura	Pipeta de Robinsón	(kilmer y Alexander, 1949)
Materia orgánica	Walkley-back	(walkley-black, 1934)
Nitrógeno total	digestión kjeldahl	(Bremner y Mulvaney, 1982)
Fósforo disponible	Olsen modificado	(Thien y Myers, 1992)
Potasio disponible	Olsen modificado	(Thien y Myers, 1992)
Micro nutriente (hierro, cobre, manganeso y zinc)	Olsen modificado	(Thien y Myers, 1992)
Macro nutrientes (K, Ca, Mg, Na)	Walkley-Back	(Nelson y Sommers, 1996)
Bases intercambiables	Extracción en acetato de amonio 1N, pH 7	(IGAC, 1973)
Capacidad de intercambio Catiónico	Extracción en acetato de amonio 1N, pH 7	(IGAC, 1973)

3.5 ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDAS DE SUELO (USLE/RUSLE).

3.5.1 Ecuación Universal de Pedidas de suelo original (USLE): esta ecuación está basada en el análisis de seis factores.

La erosión de suelo es el producto de seis factores. Se diseñó como una herramienta de trabajo de los conservacionistas, donde se buscaba que cada factor pudiera representarse por un solo número que fuera predicho utilizando datos meteorológicos de suelos o de investigación de erosiones locales y que no tuvieran restricciones geográficas. Esta ecuación se expresa así:

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

A = Pérdida de suelo. Calculada por unidad de área. Se obtiene multiplicando todos los factores [ton/ha/año]

.

R = Factor lluvia. Es el número de unidades del índice de erosión (Unidades EI) en el periodo considerado. El índice de erosión es una medida de la fuerza erosiva de una lluvia específica y se expresa en MJ/ha*mm./hr.

K = Factor erosionabilidad del suelo. La tasa de erodabilidad por unidad de Índice de erosión para un suelo específico, en una parcela con barbecho continuo con 9 % de pendiente y una longitud de 22.1 m. t/ha.MJ*ha/mm*hr.

L = Factor longitud de la pendiente. Es la relación entre el suelo perdido en un suelo con cierta longitud en el campo y aquel de una longitud de 22.1 m.

S = Factor grado de la pendiente. Es la relación entre el suelo perdido en un terreno con cierto grado de pendiente en el campo y aquel de una pendiente de 9 %.

C = Factor manejo del cultivo. Es la relación entre el suelo perdido en un suelo con un cultivo y manejo específico y aquel de una condición con barbecho continuo en el que el factor K es evaluado, su valor es a dimensional.

P = Factor prácticas de control de la erosión. Es la relación entre el cultivo sembrado en un terreno con prácticas conservacionistas (surcos al contorno, cultivos en fajas o terrazas y aquel con hileras rectas a favor de la pendiente).

3.5.2 Ecuación universal de la pérdida de suelo revisada (RUSLE)

Está diseñada para determinar las pérdidas potenciales en un lugar determinado. Según Wischmeier y Smith citado por Núñez (2001), la ecuación es un diseño estadístico de regresión múltiple para cinco factores que los investigadores definieron como responsables del proceso de erosión hídrica: clima, suelo, pendiente, cobertura vegetal y prácticas de manejo.

Es la ecuación más aceptada en la actualidad, y esta predice las Pérdidas de suelo debido a procesos erosivos, especialmente de origen hídrica. La RUSLE también está adaptada para la estimación de pérdidas de suelo en otros países, según se explica a lo largo de la descripción de los elementos de la ecuación (Kirkby y Morgan, 1984). Y se define matemáticamente de la siguiente forma:

$$A = R * K * (L * S) * C * P''$$

Donde:

A = Pérdida de suelo promedio anual en [ton/ha/año]

R = Factor erosividad de las lluvias en [MJ/ha*mm/hr]

K = Factor erodabilidad del suelo en [t/ha.MJ*ha/mm*hr]

LS = Factor topográfico (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente), adimensional.

C = Factor ordenación de los cultivos (cobertura vegetal), a dimensional

P = Factor de prácticas adimensional (conservación de la estructura del suelo), adimensional.

Erosividad de la lluvia(R): Determinado por la cantidad, duración e intensidad de cada tormenta y se calcula para un periodo dado. Erosividad de la lluvia es la capacidad que tiene cada evento de causar erosión o dicho de otra manera es la agresividad de la lluvia y que es capaz de desprender, transportar y depositar sedimentos.

Para el cálculo de la erosividad de la lluvia en el área de estudio se utilizó una estación meteorológica la que registraba las precipitaciones cada 10 y 5 minutos, y la temperatura del ambiente, obteniendo como resultado las precipitaciones caídas durante el año. Posteriormente se procedió a realizar los cálculos de intensidad de la lluvia, por intervalos de 30 min.

La energía cinética de cada tormenta se calculó con la fórmula propuesta por Wischmeier y Smith citado por Núñez (2001):

$$e_j = 0.119 + (0.0873 * \log_{10} I) \quad I < 76 \text{ mm/h}$$

$$e_j = 0.283 \quad I > 76 \text{ mm/h}$$

$$E = \sum e_i * I_{30}$$

Donde:

I = Intensidad de la lluvia en milímetros por hora (mm/h)

e_i = Energía cinética parcial para cada lectura en la estación (5 y 10 minutos)

Log₁₀ = Logaritmo en base 10.

E= energía cinética total

I₃₀= intensidad máxima en 30 min

En cada evento lluvioso que era capaz de producir escorrentía se calculaba una intensidad máxima I₃₀ y se ingresaba a la fórmula y esta a su vez proporcionaba la erosividad para cada tormenta. La unidades de medida son Mega joule por milímetro entre hectárea por hora (MJ mm/ha h).

- **Erodabilidad del suelo (K):** Indica la susceptibilidad del suelo a ser erodado por propiedades intrínsecas ligadas a la textura (porcentaje de arena fina, porcentaje de limo + arena), contenido de materia orgánica, permeabilidad y su estructura. Es la resistencia que ofrece el suelo a ser erodado.

El factor de erodabilidad del suelo se calcula con la ecuación del nomograma de Wischmeier citado por Mannaerts (1999).

En cuanto a la obtención del valor de erodabilidad del suelo se tomaron muestras de suelos a una profundidad de 0 – 20 cm, 0-40 cm, 0-60 cm, tanto en la parte alta, media y baja de cada una de las parcelas de erosión y se procedió a realizar su análisis a nivel de laboratorio, la obtención de los factores de textura (arena fina unidades de diámetros, arena muy fina, arena gruesa, limo y arcilla, Materia orgánica, estructura del suelo a nivel de campo y la permeabilidad. Una vez obtenido cada uno de los valores se procedió a utilizar la metodología de la RUSLE en la cual detalla cada uno de los factores a utilizar para implementar el nomograma de Wischmeier, 1978.(Ver anexo 1 página 33).

El factor K depende de cinco parámetros:

- _ El porcentaje de limo, con diámetros entre 0.002 – 0.05 mm, más el porcentaje de arena muy fina de 0.05 – 0.10 mm de diámetro.
- _ El porcentaje de arena gruesa de 0.10 - 2.0 mm de diámetro.
- _ El porcentaje de materia orgánica (%).
- _ La estructura del suelo, está caracterizada en los siguientes términos:
 - Granular muy fina.
 - Granular fina.
 - Granular media o gruesa.
 - Se agregan las estructuras en bloque y laminar. Se incluye en este tipo la condición masiva, que es, en realidad, ausencia de estructura o de desarrollo estructural en el suelo o perfil estudiado.

La permeabilidad de suelo:

- Rápida.
- Moderada a rápida.
- Moderada.
- Lenta a moderada.
- Lenta.
- Muy lenta.

Longitud de la pendiente (L): Es uno de los factores más importantes ya que asumimos que a mayor ángulo y longitud de pendiente, mayor será la erosión del suelo .Un aumento del ángulo de la pendiente provoca incremento escorrentía y la energía cinética del agua causa mayor erosión. Para el presente análisis se utilizó la longitud de las parcelas de erosión y se procedió a utilizar la ecuación propuesta por Wischmeier en la RUSLE.

$$L=(\lambda/72.6)^m.$$

$$LS=(L/22.13)^{0.3}*(s/9)^{1.3}$$

Donde:

L = Factor longitud de la pendiente.

λ = Longitud de la pendiente (metros).

m = Exponente que depende del porcentaje de la pendiente.

22.13 = Longitud de la parcela unitaria RUSLE.

La longitud de pendiente λ , es la proyección horizontal, no la distancia paralela a la superficie del suelo.

El exponente de longitud de pendiente **m**, determina la relación entre erosión en surcos (causado por flujo) y erosión entre surcos (causado por impactos de gotas de lluvia), puede ser calculado con la siguiente ecuación:

$$m = \beta / (1 + \beta)$$

$$\beta = (\sin\theta / 0.0896) / [3.0(\sin\theta^{0.8}) + 0.56] * r$$

Inclinación de la pendiente (s)

El factor de inclinación de la pendiente refleja la influencia de la gradiente de la pendiente en la erosión. El potencial de erosión se incrementa con la inclinación de la pendiente.

Para pendientes con longitudes mayores a 5 m se debe usar las siguientes ecuaciones:

$$S = 10.8 * \sin\theta + 0.03 \quad \text{Cuando } p \text{ menor } 9\%$$

$$S = 16.8 * \sin\theta - 0.5 \quad \text{Cuando } p \text{ mayor } 9\%$$

Donde:

S = Factor de inclinación de pendiente.

s = Inclinación de la pendiente [%].

θ = Angulo de pendiente [°]

P = Pendiente (%)

Cobertura vegetal (C): Está en función del manejo que se realiza en los cultivos, además reduce la tasa de erosión al reducir el impacto de las gotas de lluvia. Depende también del porcentaje de cubierta vegetal que la planta tiene.

Para el estudio se calculó a través de la malla de punto la cual tenía una dimensión de 1 m² obteniendo a si el porcentaje de plantas que se encontraban en dicha parcela, y posteriormente haciendo una relación con el área total de la parcela.

Prácticas de conservación de suelos (P): Se estableció la práctica de conservación al espeque, perpendicular a la pendiente, como cultivo en contorno tanto, para el cultivo del frijol como maíz. Por lo tanto tomamos los valores propuesto por Wischmeier y Smith 1984.

. 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).

Estas prácticas de control (soporte) combate la erosión, puesto que modifica los patrones de flujo y el grado o dirección de superficie de escurrimiento. Para las prácticas de soporte de tierras cultivadas, generalmente incluye contorno, cultivos en faja, Taraceo y drenaje sub superficial.

En Nicaragua no contamos con ninguna información o algún estudio que nos de datos sobre el control de erosión, por eso para determinar el valor de P citamos la tabla de Kirkby Y Morgan, 1984. (Ver anexo 6 Pag.40).

Análisis de los Datos

Pérdidas de suelo y escurrimiento superficial

Después de cada evento lluvioso se colectaba una muestra de 1litro de agua homogenizada con anticipación y luego era llevada al laboratorio de suelos y agua (LABSA) de la UNA.

En el LABSA luego de procesar la muestra se obtuvo la cantidad de sedimento existente en la muestra, y toda muestra mayor de 10g se procedió a realizar el estudio granulométrico (textura) de los sedimentos removidos por el método de la pipeta de Robinsón, con el fin de determinar cuál de las partículas de suelo se estaba perdiendo en mayores cantidades y conocer su clase textural

Se realizó un análisis descriptivo de los resultados obtenidos a lo largo del año 2008 con el propósito de identificar la importancia de cada uno de los factores que intervienen en el proceso de erosión como cobertura, pendiente, curvatura del perfil, y la comparación de los modelos de la USLE y RUSLE con las pérdidas reales en cada una de las parcelas de escurrimiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Proceso de erosión

4.1.1. Pérdidas de Suelo y Escurrimiento:

4.2. Propiedades físicas y químicas del suelo

Análisis físico Finca El Llanito: El análisis granulométrico de las fracciones del suelo demuestra que la arcilla es la más predominante en el sitio de estudio con un 58.76 % seguido de limo con 26.78 % y arena con 14.46 % según la clasificación de este suelo pertenece a un suelo de textura arcillosa.

Análisis físico Finca El Riego: El análisis granulométrico de las fracciones del suelo demuestra que la arena es la más predominante en el sitio de estudio con un 40.125%, seguido de la arcilla con 30.35% y limo con 29.525%, la clase textural según el triangulo textural es un suelo con textura Franco arcilloso.

Análisis químico

El análisis realizado muestra que; cada uno de los elementos minerales se encuentran concentrado en la parte alta y media del suelo de cada parcela, por lo que este presenta un pH ligeramente ácido con una capacidad de intercambio catiónico alto y una saturación de base; debido a la abundancia de arcilla que contiene el suelo, este goza de moderada fertilidad, (ver tabla 4 pagina 7)

4.3 Proceso de erosión hídrica en el municipio de Santa Lucia.

Durante el 2008 se presentaron un total de 238 eventos lluviosos, las precipitaciones mensuales acumuladas fueron las siguientes: mayo (173.20 mm), junio (288.40mm), julio (262mm), agosto (235.40mm), septiembre (284.20mm), octubre (401.6mm), noviembre (358mm), diciembre (108mm). Las precipitaciones mensuales acumuladas superior a los 300mm registrados fueron en los meses de octubre y noviembre, y las menores a los 300mm fueron en mayo, junio, julio, agosto, septiembre y diciembre.

Los tratamientos se establecieron en parcelas de escurrimiento, de las cuales su pendiente, perfil y textura del suelo son variables (Tabla 1-2 Pag.3).

La única precipitación acumulada superior a los 300mm, registrada fue en el mes de octubre; mientras en los otros meses del año se constataron menores a los 300mm.

La lámina de precipitación acumulada durante el año 2008 fue de 2091mm, distribuidos en 238 eventos lluviosos. La mayor concentración de eventos de alta intensidad se presentó entre los meses de mayo a diciembre, donde precipitó una lámina de 1788.6 mm que corresponde al 83 % de los eventos precipitados durante el año (Grafica 01 pagina 3).

4.4 Factor erodabilidad del suelo (factor “K”)

Esta propiedad del suelo está relacionada al efecto integrado de la lluvia, escurrimiento e infiltración. Es una compleja propiedad que se le entiende como la facilidad con la cual el suelo es desprendido por el salpicamiento, durante una lluvia o por flujo superficial.

El factor K dependerá de la información de suelo disponible, y de las características del perfil del suelo en la pérdida de suelo. La determinación requiere de valores de la porción de arena muy fina, MO (Materia orgánica), por otra parte, la permeabilidad y estructura, que son parámetros muy subjetivos al perfil del suelo. El factor de erodabilidad del suelo se calcula con la ecuación del nomograma de Wischmeier citado por Mannaerts (1999).

Tabla 7. Índice de erodabilidad para suelos de santa Lucia (ciclo de primera 2008).

Índice de erodabilidad para suelos Santa Lucia Ciclo de primera 2008								
Parcela	M.O (%)	Limo ± Arena Muy gruesa	Arena gruesa	Arcilla	Permeabilidad	Estructura	K Nomograma	K (Ec)
SL-ERP1-Testigo	1,48	33,18	7,05	36,24	6	4	0,05	0,038019102
SL-ERP2-TF	1,65	47,90	7,69	23,08	6	4	0,04	0,049766698
SL-ERP3-TF	2,18	33,54	6,89	32,61	6	4	0,045	0,037647433
SL-ERP4-TF	1,52	31,72	9,42	29,50	6	4	0,048	0,037698682
SL-ELLP1-TF	1,70	34,68	3,57	48,35	6	4	0,048	0,017055374
SL-ELLP2-TF	2,54	33,56	2,30	52,78	6	4	0,049	0,030766835
SL-ELLP3-TF	2,14	34,23	1,95	53,07	6	4	0,048	0,031654732
SL-ELLP4-Testigo	2,04	33,86	3,15	50,98	6	4	0,048	0,036017632

El valor de erodabilidad se obtuvo por medio de la ecuación de Wischmeier 1978 llegando a obtener 9 valores de cada tratamiento de las parcelas establecidas y los valores oscilan entre 0.017-0.049 $tn*ha*h / MJ*mm$ y los valores obtenidos por el nomograma oscilan entre 0.040-0.050.

Estos valores nos permiten reconocer la vulnerabilidad que presenta el suelo a ser adherido del impacto de las gotas de lluvia, esto debido a que la arcilla juega un papel muy importante en las características de cohesión y adhesión de las partículas del suelo, al ser arrastrada por el escurrimiento superficial de su origen al depósito establecido correspondientemente.

Estas parcelas presentan menor erodabilidad y mayor materia orgánica, como un elemento fraccionario del suelo y más aún cuando su presencia es alta con valores que oscilan entre 2.60 – 3.74 % en el área de estudio esta aumenta un poco la resistencia del suelo al ser removida las partículas de suelo.

Tabla 8. Índice de erodabilidad para suelos de santa Lucia (ciclo postrera de 2008)

Índice de erodabilidad para suelos Santa Lucia Ciclo de Postrera 2008								
Parcela	M.O (%)	Limo ± Arena Muy gruesa	Arena gruesa	Arcilla	Permeabilidad	Estructura	K Nomograma	K (Ec)
SL-ERP1-Testigo	1.12	34,18	10.29	29.80	6	4	0.047	0,039431253
SL-ERP2-TF	1.78	37,21	7.31	30.84	6	4	0.043	0,041022687
SL-ERP3-TF	2.33	36,11	8.19	28.59	6	4	0.043	0,039238002
SL-ERP4-TF	1.53	34,64	8.88	27.61	6	4	0.046	0,040765641
SL-LLP1-TF	1,75	36,54	3.34	46.02	6	4	0.046	0,035120352
SL-LLP2-TF	2,30	31,01	2.21	55.87	6	4	0.052	0,029501531
SL-LLP3-TF	1,59	26,41	1.51	62.45	6	4	0.054	0,026813838
SL-LLP4-Testigo	1,95	24,29	1.23	68.34	06	4	0.059	0,024244396

El índice de la erodabilidad del suelo para este ciclo los valores oscilan entre 0.024-0.041ton/ha*h/MJ mm citado por la ecuación y los valores calculados por el nomograma de Wischmeier oscilan en 0.043- 0.059.

Los valores de erodabilidad nos permiten reconocer la tolerancia que presenta el suelo, ante los efectos causantes de la lluvia, ya que estas parcelas cuando estuvieron establecidas con maíz son las que presentan menor pérdida de suelo en comparación cuando estuvieron establecidas con frijol, además que hubo mayor cobertura vegetal, presentando también mayor materia orgánica, con respecto a los otros tratamientos; esto nos indica que las partículas de suelo, los poros, la textura, estructura y sus agregados sean más adheridos y nos permite que el suelo sea más resistente a la erosividad.

4.5 Factor longitud y gradiente de la pendiente L.S

El proceso de erosión del suelo se encuentra influenciado en gran parte por la intensidad de la lluvia y la erosividad de los eventos, además de la resistencia que pueda tener el suelo para la infiltración, la cobertura vegetal que se encuentra cubriendo el suelo.

Pero sobre todo tiene una gran importancia la longitud y gradiente de la pendiente, siendo este último indicador de gran importancia en condiciones de ladera, el perfil de la pendiente puede influenciar de manera directa en el mayor o menor arrastre de partículas del suelo a lo largo de las pendientes.

Tabla 9 . Factor longitud y gradiente de la pendiente con la ecuación USLE

Factor longitud y gradiente de la pendiente, Santa Lucía 2008.							
Descripción	Pendiente (%)	Long. USLE (m)	Long. de parcela (m)	Valor “m”	Factor (L)	Factor (S)	Factor (L*S)
SLp1ER	31	22.13	50	0.5	1.50	7.89	11.85
SLp2ER	33	22.13	50	0.5	1.50	8.88	13.35
SLp3ER	29	22.13	50	0.5	1.50	6.85	10.30
SLp4ER	32	22.13	50	0.5	1.50	8.29	12.46
SLp1Ll	17	22.13	50	0.5	1.50	2.57	3.86
SLp2Ll	34	22.13	50	0.5	1.50	9.04	13.58
SLp3Ll	34	22.13	50	0.5	1.50	9.02	13.55
SLp4Ll	33	22.13	50	0.5	1.50	8.74	13.13

En el cuadro podemos observar los resultados de longitud y gradiente de la pendiente en el modelo USLE que tienden a decrecer en una relación a mayor pendiente y gradientes mayor pérdida de suelo, puesto que al caer la lluvia tendrán menor tiempo para la infiltración. Vale recordar que las parcelas con las pendientes más altas eran parcelas testigo cubiertas por pasto.

Tabla 10. Factor longitud y gradiente de la pendiente con la ecuación RUSLE

Factor longitud y gradiente de la pendiente, Santa Lucía 2008.							
Descripción	Pendiente (%)	Long. RUSLE (m)	Long. de parcela (m)	Valor “m”	Factor (L)	Factor (S)	Factor (L*S)
SLp1ER	31	22.13	50	0.5	1.63	2.42	3.94
SLp2ER	33	22.13	50	0.5	1.73	5.13	8.89
SLp3ER	29	22.13	50	0.5	1.73	4.87	8.40
SLp4ER	32	22.13	50	0.5	1.71	4.23	7.21
SLp1Ll	17	22.13	50	0.5	1.64	2.54	4.16
SLp2Ll	34	22.13	50	0.5	1.73	5.19	8.99
SLp3Ll	34	22.13	50	0.5	1.72	4.76	8.20
SLp4Ll	33	22.13	50	0.5	1.72	4.63	7.95

4.6 Factor de cobertura vegetal C

El factor C es usado para reflejar el efecto de los cultivos y prácticas de manejo en las tasas de erosión. Este factor mide como el potencial de pérdida de suelo será distribuido en el tiempo durante la construcción de actividades, rotación de cultivos, y otros esquemas de manejo. Para la cubierta vegetal de pasto lo tomamos como un 100% debido a que el pasto nativo cubrirá en su totalidad la parcela.

En el caso de maíz y frijol se determinó la cobertura vegetal por el método de la maya de un metro cuadrado contando las plantas que emergieron y la cantidad de hojas desarrolladas.

4.7 ANALISIS DE GRAFICAS

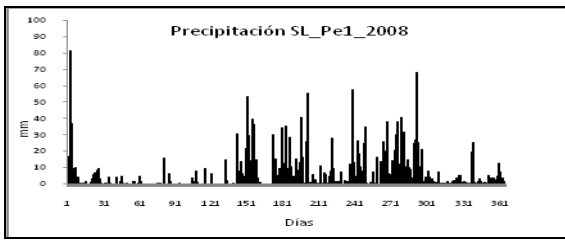


Gráfico 1.

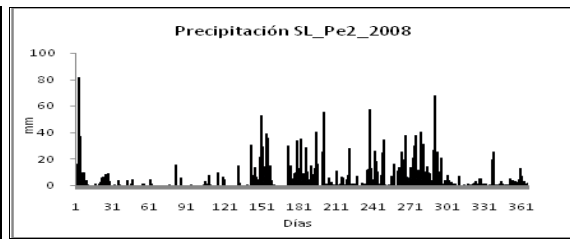


Gráfico 2.

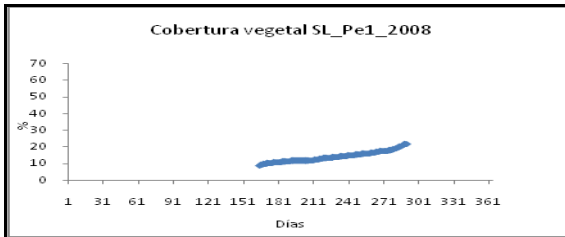


Gráfico 3.

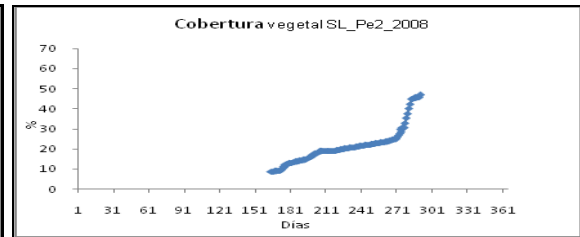


Gráfico 4.

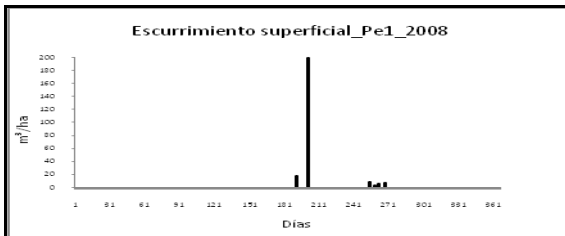


Gráfico 5.

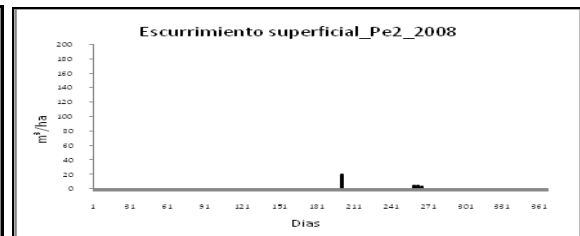


Gráfico 6.

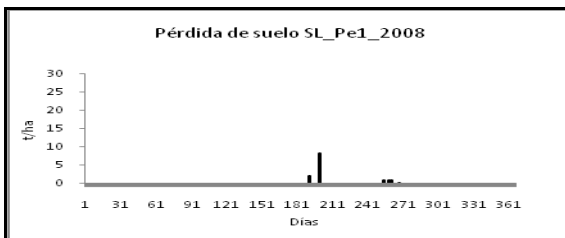


Gráfico 7.



Gráfico 8

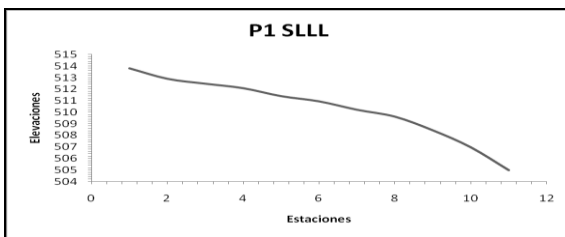


Gráfico 9

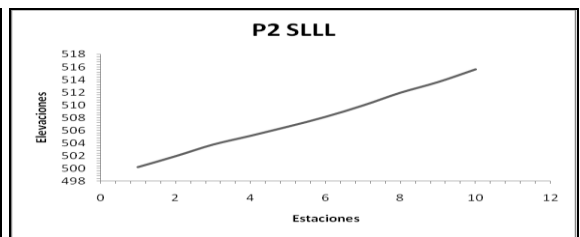


Gráfico 10

Escala horizontal de los perfiles 1:500

Gráficos 1-8. Precipitación anual Santa Lucia 2008. Parcelas 1 y 2 del llanito (precipitación, cobertura, escurrimiento y pérdidas de suelo).

En la parcela 1 de El Llanito que es parcela testigo presentó el mayor escurrimiento superficial el 09 de julio, día 200 con 198 m³/ha (Gráfica 5.) y el menor se presentó el 17-07, día 199 con 8.83m³/ha, presentando la mayor pérdidas de suelo el 09 de julio día 191 con 7.74 t/ha y la menor se presentó el 17 de julio, día 199 con 0.14 t/ha (Gráfica 7.).

La parcela 2 también presentó su mayor escurrimiento superficial el 09 de julio día 191 con 14.72m³/ha y la menor el 29 de junio, día 181 con 5.15 m³/ha (Gráfica 6.), presentando la mayor pérdidas de suelo el 09 de julio, día 191 con 2.70 t/ha y la menor el 29 de junio, día 181 con 0.56 t/ha (Gráfica 8.).

El mayor escurrimiento presentado en las parcela 1 corresponde a las mayores pérdidas de suelo y a una cobertura vegetal del 15% (Gráfico 3) y lluvias continuas provocando una saturación hídrica en el suelo y un bajo porcentaje de cobertura vegetal lo que favoreció este fenómeno para la parcela.

Los mayores escurrimientos presentados en la parcela 2 con 14.72m³/ha fueron producto de lluvias consecutivas y una cobertura vegetal (cultivo de frijol) del 10% lo cual contribuyó a la saturación del suelo y a las consecuentes pérdidas de este.

Como se puede apreciar de las parcelas uno y dos de El Llanito, en la parcela uno es donde se registraron los mayores escurrimientos superficiales con 239.08 m³/ha contra 33.18 m³/ha de la parcela dos , pero las mayores pérdidas de suelo se registraron en la parcela dos con 30.86 t/ha mientras que la parcela uno registra pérdida de 12.98 t/ha, en parte a que la parcela dos posee una pendiente de 39.11% mientras que la uno 17.67% con perfil cóncavo y convexo para ambas parcelas y texturas arcillosas.

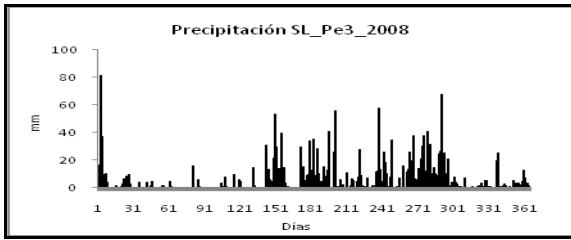


Gráfico 11.

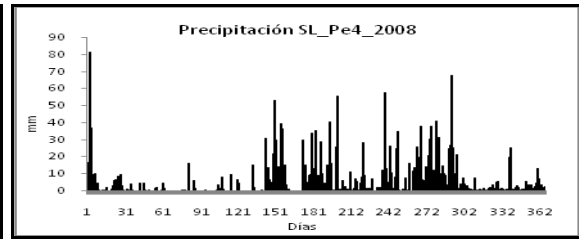


Gráfico 12

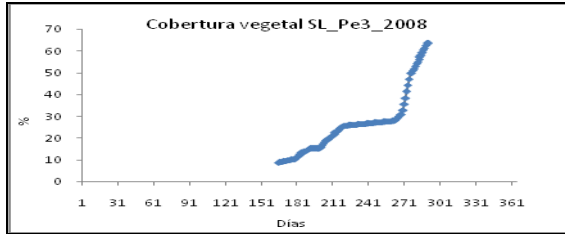


Gráfico 13.

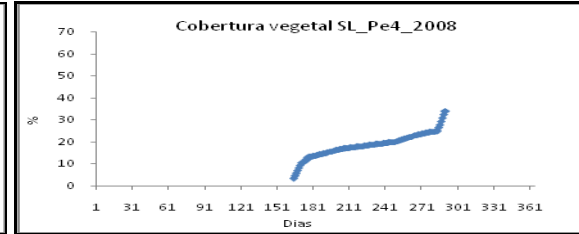


Gráfico 14

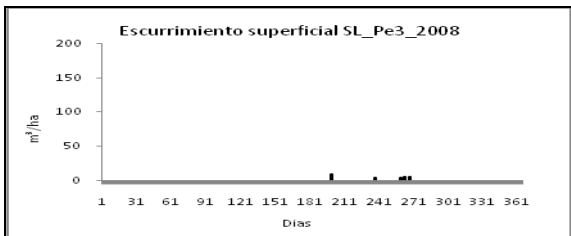


Gráfico 15

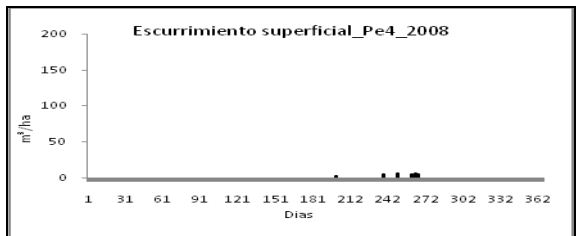


Gráfico 16

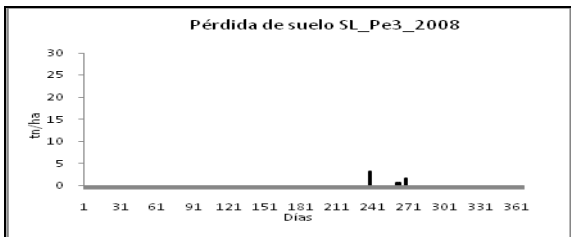


Gráfico 17

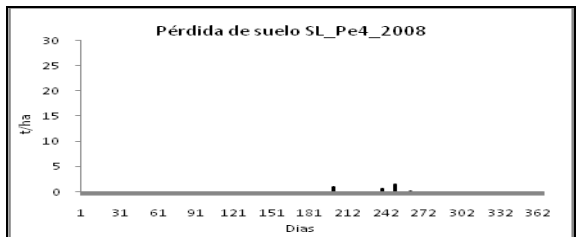


Gráfico 18

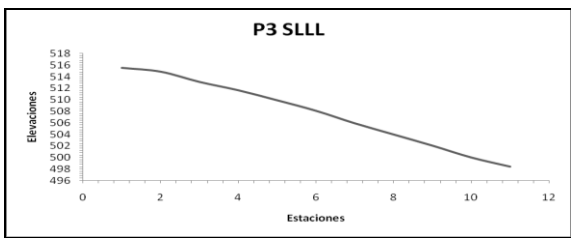


Gráfico 19

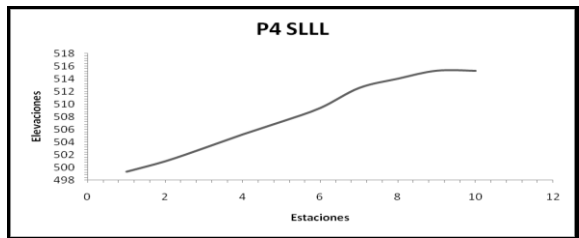


Gráfico 20

Escala horizontal de los perfiles 1:500

Gráficos 11-18. Precipitación anual Santa Lucia 2008. Parcelas 3 y 4 del llanito (precipitación, cobertura, escurrimiento y pérdidas de suelo).

El mayor escurrimiento superficial en la parcela 3 de El Llanito se presentó el 18 de julio, día 200 con 8.42m³/ha y con una cobertura vegetal de frijol del 15.37% (Grafico 13.) siendo el menor escurrimiento el originado el 16-09 día 260 con 3.96 m³/ha y cobertura vegetal de Maíz del 25.87% .Presentando su mayor pérdida de suelo el 25 de agosto, día 238 con 3.30tn/ha (Gráfico 16.) y la menor pérdida se dio el 19 de septiembre, día 263 con 0.77 t/ha (Gráfico 15.).

De igual manera la parcela 4 que es parcela testigo presentó su mayor escurrimiento el 05 de septiembre, día 249 con 6.19m³/ha con cobertura vegetal del 20% (parcela testigo) y el menor el 18 de julio día 200 con 2.28m³/ha; así como la, mayor pérdida de suelo se presento el 05 septiembre, día 249 con 1.52 t/ha (Gráfico 16) y la menor pérdida el 22 de septiembre, día 266 con 0.07t/ha.

Cuando se presentó el mayor escurrimiento superficial en la parcela 3 se encontraba establecida con cubierta vegetal de frijol, siendo este no tan buen protector del suelo como el Maíz, debido al porcentaje de cobertura presentado de 15.37%.

El mayor escurrimiento se produce porque el suelo se encontraba mojado debido a los eventos que lo antecedían y la baja cobertura vegetal no así en la parcela de maíz que había mejor cobertura y el suelo se encontraba húmedo.

Los mayores escurrimientos presentados en la parcela 4 con 6.19m³/ha día 249 coincide con las mayores pérdidas de suelo de 1.52 t/ha día 249 debido a que esta poseía una cobertura del 20% y debe hacerse referencia al perfil de esta pendiente que es convexo lo que favorece el escurrimiento superficial.

En estas parcelas, se pudo observar que el mayor escurrimiento superficial se presenta en la parcela 4 con 30.19 m³/ha y en la parcela 3 con 27.06t/ha, pero no así la mayor pérdida de suelo, que fue superior en la parcela 3 con 6.49 tn/ha mientras en la parcela 4 con 3.54t/ha, esto en parte al afloramiento rocoso con tamaños inferiores a 1 m², presentes en esta parcela, la remoción del suelo a la que esta ha sido sometida para la siembra de maíz días anteriores a este evento, una pendiente de 34.26% y léase que la parcela 4 no ha sido sometida a remoción del suelo durante los dos años anteriores por lo que las partículas de suelo se encuentran con mayor adhesión que el de la parcela tres además que según estudios, el pasto es mejor protector del suelo que el cultivo de maíz.

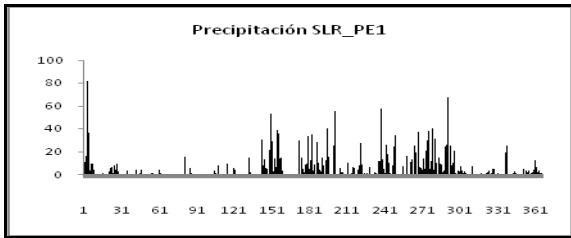


Gráfico 21.

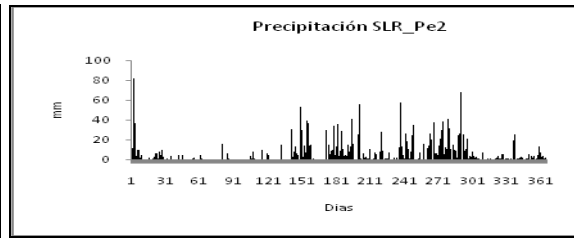


Gráfico 22.

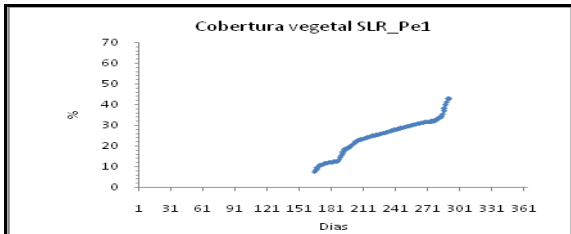


Gráfico 23.

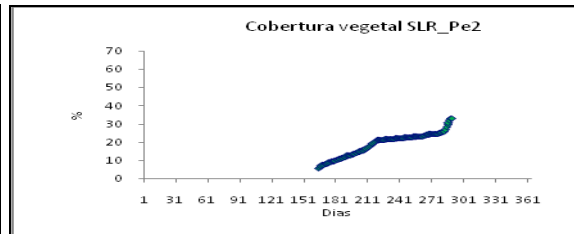


Gráfico 24.



Gráfico 25.

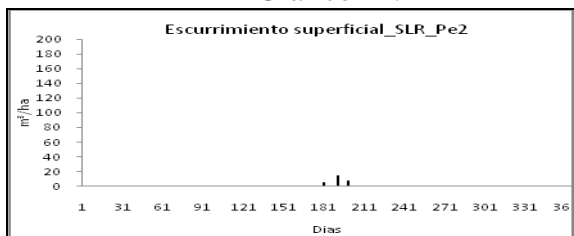


Gráfico 26.



Gráfico 27.

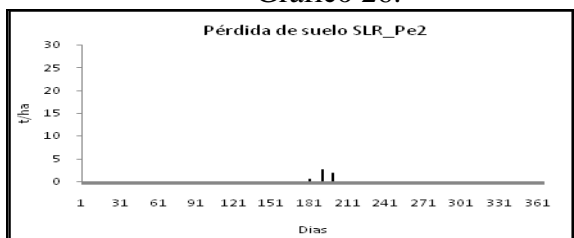


Gráfico 28.

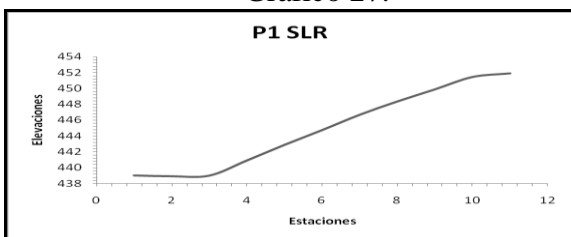


Gráfico 29

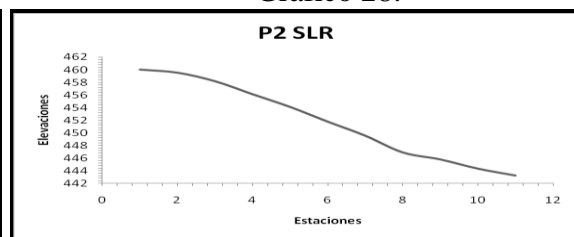


Gráfico 30

Gráficos 21-28. Precipitación anual Santa Lucia 2008. Parcelas 1 y 2 del Riego (precipitación, cobertura, escurrimiento y pérdidas de suelo).

En la parcela 1 de El Riego se presentaron 3 escurrimientos superficiales, el mayor se presentó el 09 de Julio (día 191) con 19.61 m³/ha y el menor el 29 de Junio (día 181) con 0.01m³/ha (Gráfico 21.) y en la parcela 2 de El Riego hubieron 3 eventos de escurrimientos, el mayor escurrimiento se presentó el 09 de Julio (día 191) con 14.72 m³/ha y el menor el 29 de Junio (día 181) con 5.15m³/ha(Gráfico 22.).

Estas parcelas presentan las mayores pérdidas de suelo el 09 de Julio con 7.74 t/ha y la menor el 17 de Julio con 0.14 t/ha para la parcela 1(Gráfico 23.) y para la parcela 2 tenemos que la mayor pérdidas de suelo fue el 09 de Julio (día 191) con 2.70t/ha y la menor el 29 de Junio (día 181) con 0.56 t/ha (Gráfico 24.).

Las parcelas que presentaron sus mayores escurrimientos superficiales fueron las que se encontraban establecidas con pasto nativo debido a que este solamente tenía una cobertura del 18.2% para esa fecha (09 de Julio, día 191), con pendiente de 33.53%, perfil convexo y uniforme, fueron donde ocurrieron las mayores pérdidas de suelos, debido a las características descritas de la parcela.

Como se pudo observar en las gráficas de las parcelas 1-2 de El Riego, las mayores pérdidas de suelo y de escurrimiento superficial con 8.26t/ha y 28.45m³/ha, se presentan en la parcela 1 en parte porque ésta tiene una pendiente de 33.53%, contra 25.76% de la parcela 2 y una cobertura vegetal de 16.3% de la parcela lo que contribuyó en cierta forma a que se diera este proceso de erosión.

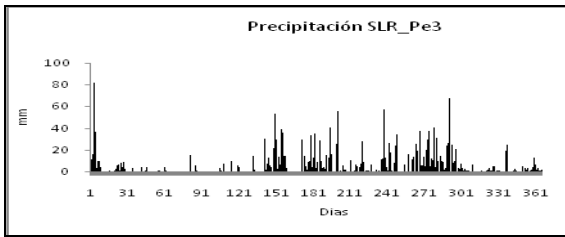


Gráfico 31.

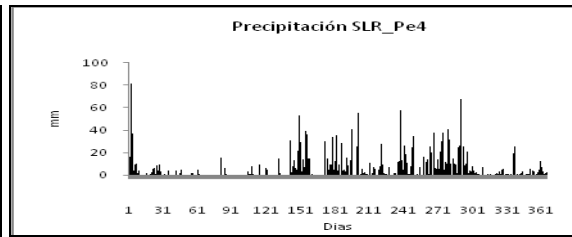


Gráfico 32.

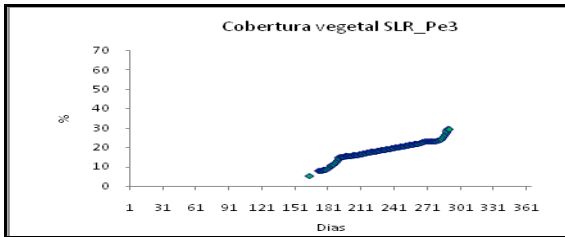


Gráfico 33.

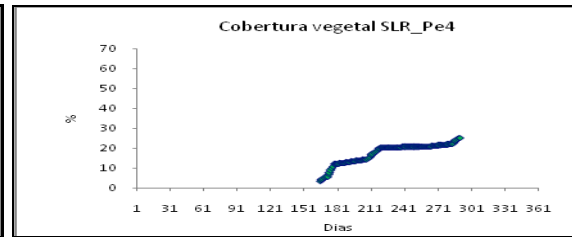


Gráfico 34.



Gráfico 35.

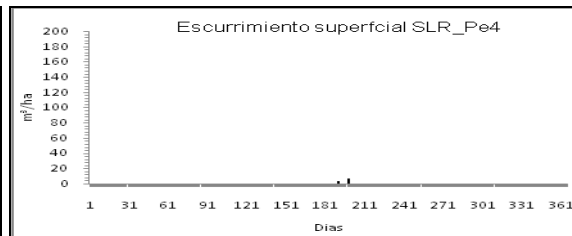


Gráfico 36.



Gráfico 37.

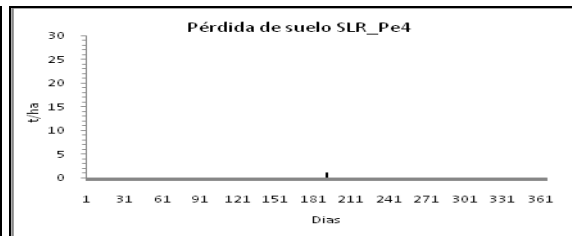


Gráfico 38.

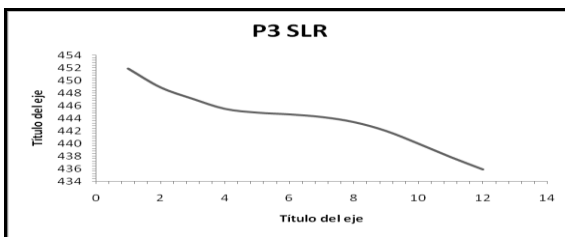


Gráfico 39

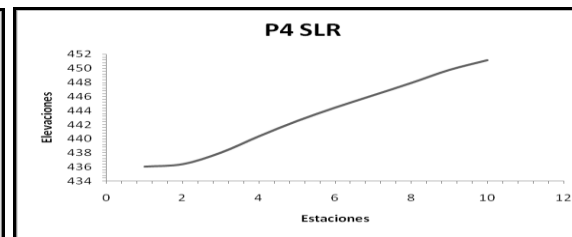


Gráfico 40

Gráficos 31-38. Precipitación anual Santa Lucia 2008. Parcelas 3 y 4 de El Riego (precipitación, cobertura, esguimiento y pérdidas de suelo).

La parcela 3 presentó su mayor escurrimiento superficial el 07 de octubre día 281 con 18.24 m³/ha (Gráfico 29) siendo el menor escurrimiento el 09 de julio con 13.58 m³/ha y la parcela 4 el 17 de julio, día 199 con 6.18 m³/ha y el menor escurrimiento con 3.13 m³/ha el día 191 (Gráfico 30).

Estas parcelas presentan las mayores pérdidas de suelo, el 09 de julio, día 191 (Gráficos 31 y 32) con 4.31 t/ha.

Las parcelas presentaron sus mayores escurrimientos superficiales cuando se encontraban establecidas con cubierta vegetal de Maíz, que fueron donde ocurrieron las mayores pérdidas de agua acumulada.

Los escurrimientos y las mayores pérdidas se presentaron en la cubierta vegetal de maíz esto debido a que las láminas de agua acumulada en los días anteriores fueron mínimas, provocando que el suelo este seco y que al caer lámina mayor a las anteriores ésta se infiltrara, pero que hay escurrimiento mínimo y arrastre de partículas del suelo.

En este caso de la parcela 3-4 se puede verificar que las mayores pérdidas de suelo y de escurrimiento superficial se encuentran en la parcela tres pero con una pendiente de 26.02%, la cual es menor que la de la parcela 4 que es de 28.14, esto en parte a que en la parcela 3 se había realizado remoción del terreno para el cultivo de maíz y aunque la parcela 4 tenía mayor pendiente ésta no había sido removida en los últimos dos años puesto que esta ha permanecido con pasto, el cual ayuda a fijar la tierra y hace difícil su desmembramiento.

Desde el punto de vista de erosión o pérdida de suelo, los resultados que se obtuvieron durante el proceso de estudio suman un total de 72.84 t/ha entre todos los tratamientos, comprendido en un periodo de seis meses en época de lluvia tiempo que duró dicho estudio. A demás podemos decir que la precipitación acumulada y el porcentaje de cubierta vegetal influyen como principal factor en la remoción de partículas ya que obtuvimos las mayores pérdidas de suelo en los primeros días después de la siembra donde el cultivo establecido presenta menor cobertura vegetal y ocurrieron las mayores láminas de agua.

Tabla 11 PERDIDAS DE SUELO: REALES, USLE Y RUSLE

Ciclo de Primera	Ciclo de postrera	Perdidas de suelo reales t/ha	Perdida de suelo USLE t/ha	Perdida de suelo RUSLE t/ha
ERP1F		8.26	0.97	0.32
ERP2F		5.21	39.31	25.97
ERP3F		4.31	1.73	1.40
ELLP1F		10.29	5.06	5.43
ELLP2F		29.02	15.00	9.93
ELLP3F		0.03	14.66	8.71
TOTAL		57.12	76.73	51.76
	ERP1M	0.00	0.14	0.05
	ERP2M	0.00	0.00	0.00
	ERP3M	0.01	0.79	0.64
	ELLP1M	2.68	6.94	7.45
	ELLP2M	1.84	16.04	10.62
	ELLP3M	6.47	17.32	10.29
TOTAL		11	41.23	29.05
ERP4 (Testigo)		1.18	28.04	16.24
	ERP4 (Testigo)	0.00	0.00	0.00
ELLP4 (Testigo)		1.06	0.37	0.22
	ELLP4 (Testigo)	2.48	1.21	0.73
TOTAL		4.72	29.62	17.19

ERP1: El Riego Parcela 1

ELLP4: El Llanito Parcela 4

La tabla 7 muestra que las pérdidas de suelo real anual en comparación con los dos modelos USLE/RUSLE son menores.

También se puede apreciar que las mayores pérdidas de suelos anuales se presentan en las parcelas de la finca El Llanito esto debido a que en esta finca las parcelas poseían pendientes que van de cóncavo y convexo a convexo.

El tratamiento que presentó mayor pérdida real de suelo fue el de frijol, sin embargo en ambos tratamientos presentan menores pérdidas en comparación con el tratamiento de frijol, esto se debe en parte a que dos de los tratamientos fueron establecidos en ciclos diferentes y por ende las precipitaciones fueron variables en los ciclos, dando como resultado distintos valores de erosividad, así como también diferentes valores de cobertura vegetal.

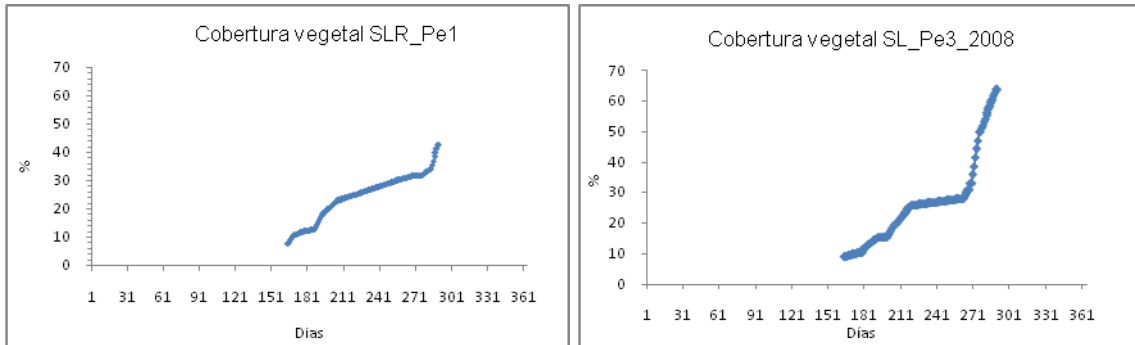


Grafico 6. Cobertura vegetal de pasto-frijol-maíz (El Riego-El Llanito, Santa Lucia, Boaco 2008).

Como se puede apreciar en las gráficas el porcentaje de cobertura vegetal varia para las diferentes parcelas de El Llanito: parcela 1(21.67%), parcela 2 (47%), parcela 3(63.66%), y en la parcela 4(34%); mientras que para las parcelas que se encontraban en El Riego la cobertura vegetal es la siguiente: parcela 1(22.9%), parcela 2 (21.2%), parcela 3 (17.56%) y en la parcela 4 que era parcela testigo es de 20.4%.

V. CONCLUSIONES

- El factor cobertura vegetal “C” para dos de los tratamientos (maíz y frijol), presentaron mayor protección al suelo a ser erosionados, dando como resultados pérdidas de suelos bajas , en comparación con la cubierta vegetal de pasto nativo (sin manejo agronómico).
- Las pérdidas de suelos reales y las calculadas por la USLE y RUSLE, presentan datos 72.84, 120.35, 98.00 t/ha, respectivamente, estos valores muestran diferencia, en tal caso los datos calculados por los dos métodos sobre estiman las pérdidas reales totales debido a que estas ecuaciones fueron desarrolladas para condiciones ambientales ajenas a las tropicales.
- Las mayores pérdidas de suelos se presentaron cuando las parcelas estuvieron con cobertura vegetal de maíz y frijol; puesto que las raíces de estos cultivos ofrecen menor área de fijación del suelo en comparación al pasto.
- De los modelos el que se ajusta más a nuestras condiciones tropicales la que está más asociado a las pérdidas reales para estas parcelas es el RUSLE.

VI RECOMENDACIONES

- Establecer los tres tratamientos en el mismo ciclo de siembra y dándole manejo agronómico a las parcelas testigos con el objetivo de obtener resultados más confiables.
- Establecer las parcelas en un mismo sitio, con las dimensiones originales utilizadas por Wischmeier y Smith, 1978, para obtener una mayor veracidad que los datos obtenidos sean en base a los parámetros empleados originalmente.

VII BIBLIOGRAFIA

M.J.Kirkby, R.P.C.Morgan, Erosión de suelos

Aguirre B. J (1996). Calculo del suelo perdido por erosión hídrica.

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 25 de octubre. 2008. Disponible en www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002005000200017&script=sci_abstract.

F.A.O. (1977). Guía para la descripción de perfiles de suelos. Roma Italia. 70 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

Horonato P.R (2000). Manejo de edafología.

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 10 de septiembre 2008.Disponible en

Cátedra de edafología

Kirkby M. J. y Morgan. R.P.C.1984; Erosión de suelos.1ra edición, impreso en México.375 p.

Murillo M. G (1990). La erodabilidad de cuatro serie de suelos mediante un mini simulador de lluvia. Tesis de grado Ing. Agrónomo (UNA). Managua.

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.

Núñez. S.J (2000). Manejo y conservación de suelo.

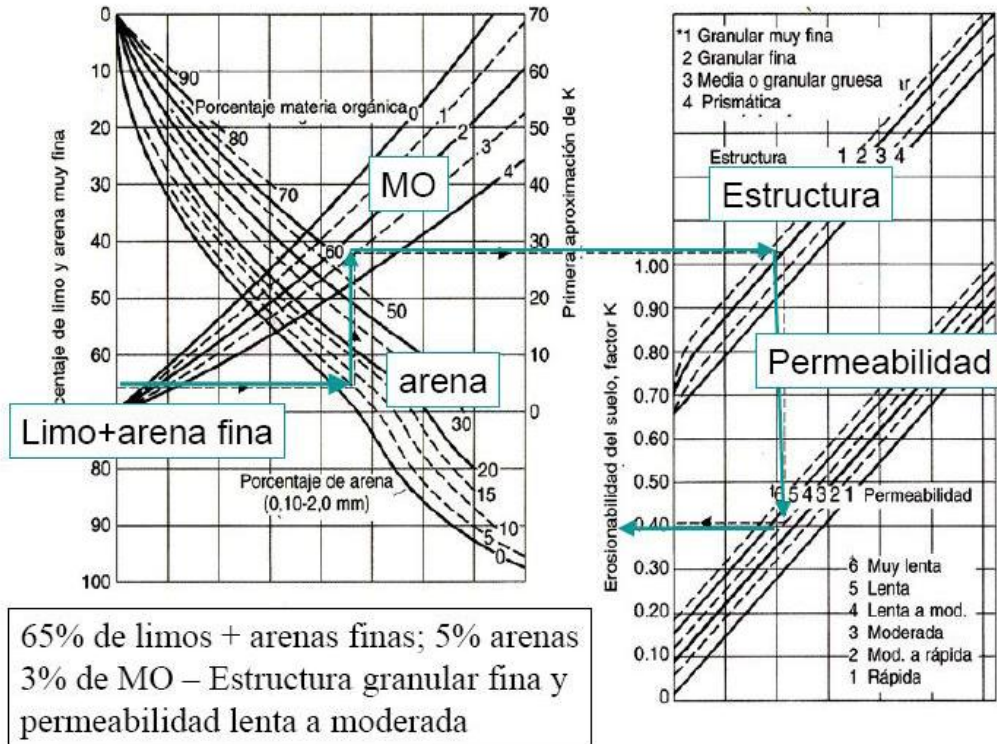
Pecorari C. y Alassia M. J. (1998). Efecto del estado hídrico inicial sobre la compactación de los suelos. Información Técnica para Productores, Argentina. (en línea). Consultado 20 de noviembre 2008. Disponible en rafaela.inta.gov.ar/productores97_98/p108.htm

Ramírez P, V, C.2005. Estudio de Impacto Ambiental y Social Telecomunicaciones (en línea). Consultado el 28 de septiembre.2008. Disponible en: wwwds.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 2 de Diciembre 2008. Disponible en tarwi.lamolina.edu.pe/~cramost/MODELO%20DE%20EROSION%20HIDRICA%20-%20SIG.pdf

VIII ANEXOS

Anexo 1. Nomograma



65% de limos + arenas finas; 5% arenas
3% de MO – Estructura granular fina y
permeabilidad lenta a moderada

Anexo 2. Descripción de perfil de suelo en el área experimental El Riego.

A (0-24cm.): Café (10YR 4/3) seco, gris muy oscuro (5YR3/1) húmedo, franco arcillo arenoso, bloques sub angulares finos, medios y gruesos, duro en seco, firme en húmedo, plástico y adherente en mojado, abundantes poros finos y muy finos, pocos poros medios, abundantes raíces finas y medias, limite abrupto y ligeramente ondulado.

C (24-79cm.): Café amarillento oscuro (10YR 4/4) seco, café oscuro (10YR3/3) húmedo, franco arenoso, bloques sub angulares medios y gruesos, firme en húmedo, plástico y adherente en mojado, moderados poros medios, muy pocas raíces finas, limite abrupto y ondulado.

Anexo 3. Descripción de perfil de suelo en el área experimental El Llanito

A1 (0- 21 cm.): Café muy oscuro (7.5YR2.5/2) seco, negro (7.5YR2.5/1) húmedo, arcilloso, 25% de cascajos, bloques sub angulares medios y gruesos, duro en seco, muy firme en húmedo, muy plástico y muy adherente en mojado, abundantes poros finos y muy finos, pocos poros medios, abundantes raíces finas y muy finas, limite claro y ondulado.

A2 (21-98 cm.): Café muy oscuro (10YR2/1) seco, negro (10YR2/1) húmedo, arcilloso, prismas medios y gruesos, 30-40% cascajos, toba parecida a arenisca gris con brillo vítreo, duro en seco, firme en húmedo y plástico y adherente en mojado, abundante poros finos y muy finos, pocas raíces finas y muy finas, límite abrupto y uniforme.

A1 (0-22 cm.): Negro (10YR2/1) seco, negro (10 YR 2/1) húmedo, arcilloso, bloques sub angulares gruesos, medios, finos y muy finos, duro en seco, muy firme en húmedo, muy plástico y adherente en mojado, moderados poros finos, abundantes raíces finas y muy finas, moderadas raíces medias, límite abrupto y ondulado.

A2 (22-43 cm.): Negro (10YR2/1) seco, negro (10 YR 2/1) húmedo, arcilloso, prismas gruesos, extremadamente duro en seco, muy firme en húmedo, muy plástico y adherente en mojado, moderados poros finos, pocas raíces finas y medias, limite abrupto y uniforme.

Bt1 (43-58 cm.): Café amarillento oscuro (10YR4/4) seco, café amarillento oscuro (10YR4/6) húmedo, arcilloso, prismas gruesos, extremadamente duro en seco, muy firme en húmedo muy plástico y adherente en mojado, abundantes poros finos y muy finos, pocas raíces finas y medias, existen superficies de deslizamiento, limite abrupto y ondulado.

Bt2 (58-79 cm.): Café amarillento oscuro (10YR4/4) seco, café amarillento oscuro (10YR4/6) húmedo, arcilloso, prismas gruesos, extremadamente duro en seco, muy firme en húmedo muy plástico y adherente en mojado, moderados poros finos y muy finos, pocas raíces finas y medias, existen superficies de deslizamiento, limite abrupto y ondulado.

A1 (0-50 cm.): Negro (10 YR 2/1) seco, negro (10YR 2/1) húmedo, arcilloso, bloques sub angulares medios y finos, muy duro en seco, firme en húmedo, muy plástico y muy adherente en mojado, abundantes poros finos y muy finos, abundantes raíces finas, moderadas raíces medias y gruesas, abundantes poros finos y muy finos, limite claro.

ABt1 (50-87 cm.): Café muy oscuro (10 YR 2/2) seco, negro (10 YR 2/1) húmedo, arcilloso, prismas medios, muy duro en seco, firme en húmedo, muy plástico y muy adherente en mojado, abundantes raíces finas, moderadas raíces medias y gruesas, limite claro.

ABt2 (87-107 cm.) Negro (10 YR 2/1) seco, negro (10YR 2/1) húmedo, arcilloso, prismas medios fuertes, duro en seco, firme en húmedo, muy plástico y muy adherente en mojado, moderados poros finos, no hay raíces, limite abrupto y uniforme. Roca temporizada de color naranja (7.5 YR 5/8).

C (107 a más): Café amarillento (10YR 5/4) seco, café (5YR4/3) húmedo, arcilloso con gravas, masivo, duro en seco, firme en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adherente en mojado, moderados poros medios, no hay raíces, limite abrupto y uniforme.

Anexo 4. Pérdidas de suelo y escurrimiento superficial.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Código o LABSA	cm.	Fecha	parcela	Tamaño del tanque	(gr.)	(gr.)	(gr.)	gr.	Cm ³	Cm ²	Cm ³	gr./ volumen del tanque	(Ton/ha)/tanq.	Ton/ha	M ³ /m ²	m ³ /ha
1363	90	17/07/08	2	pequeño	324.7	2207.7	335.6	10.9	1.87	7238.23	651.44	49704.92	0.66	0.66	1.219	16.26
1367	90	17/07/08	3	grande	322	2423.3	323.1	1.1	2.1	7239.23	651.53	716.68	0.01	0.01	1.368	18.24
1496	90	17/07/08	1	grande	316.9	710.4	318.7	1.8	0.39	7240.23	651.62	1172.92	0.02	0.02	0.255	3.4
1507	90	17/07/08	1	pequeño	318.2	945	320.3	2.1	0.62	7241.23	651.71	1368.59	0.02	0.03	0.4072	5.43
1494	90	17/07/08	2	grande	324.5	1547.4	326.1	1.6	1.22	7242.23	651.8	1042.88	0.01	0.68	0.796	10.61
1837	90	17/07/08	1	grande	314.3	2077.4	317	2.7	1.76	7243.23	651.89	1760.1	0.02	0.02	1.148	15.3
1838	90	17/07/08	4	grande	315.2	1028.2	317	1.8	0.71	7244.23	651.98	1173.57	0.02	0.02	0.464	6.18
1839	90	10/07/08	2	grande	315	1098.2	147.9	147.9	0.63	7245.25	652.07	96441.24	1.29	0.65	0.411	5.48

A=Código de ingreso al Laboratorio de suelo y agua (LABSA)

B=Altura a la que llegó el agua al tanque.

C= Fecha de recolección de la muestra.

D= Parcela.

E= Tamaño del tanque.

F= Peso del beaker.

G= Beaker + agua + sedimentos. (Laboratorio)

H= Suelo seco + peso del beaker después de estar en el horno.

I= Suelo seco, se obtiene restando el peso del beaker.

J= Volumen del agua que tenía la muestra recolectada.

K= Area de circunferencia del tanque en cm².

L= Volumen de sedimentos en el tanque (area del tanque circular por la altura).

M= Volumen de sedimento en el tanque 1.

N= Peso de suelo en el tanque.

O= Perdida de suelo en el tanque.

P= Escurrimiento superficial por parcela.

Q= Escurrimiento superficial m³/ha.

Anexo 5. Tablas de pérdidas potenciales Usle y Rusle

PIR= Parcela numero 1 El Riego

PILL= Parcela numero 1 El Llanito

Fecha	P1R RUSLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
29/06/2008		0.05	3.94	120.93	0.01	1	0.24
07/07/2008		0.05	3.94	2.23	0.01	1	0.00
17/07/2008		0.05	3.94	24.51	0.01	1	0.05
28/07/2008		0.05	3.94	0.16	0.01	1	0.00
27/08/2008		0.05	3.94	23.42	0.01	1	0.05
Total							0.34

Fecha	P1R USLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
29/06/2008		0.05	11.85	120.93	0.01	1	0.72
07/07/2008		0.05	11.85	9.31	0.01	1	0.06
17/07/2008		0.05	11.85	33.14	0.01	1	0.19
28/07/2008		0.05	11.85	0.16	0.01	1	0.00
27/08/2008		0.05	11.85	23.42	0.01	1	0.14
Total							1.11

Fecha	P2R RUSLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
29/06/2008		0.04	8.82	120.93	0.87	0.45	16.70
07/07/2008		0.04	8.82	9.31	0.87	0.45	1.29
17/07/2008		0.04	8.82	24.51	0.87	0.45	3.39
28/07/2008		0.04	8.82	33.14	0.87	0.45	4.58
27/08/2008		0.04	8.82	0.16	0.87	0.45	0.02
Total							25.97

Fecha	P2R USLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
29/06/08		0.04	13.35	120.93	0.87	0.45	25.28
09/07/2008		0.04	13.35	9.31	0.87	0.45	1.95
16/07/2008		0.04	13.35	24.51	0.87	0.45	5.12
17/07/2008		0.04	13.35	33.14	0.85	0.45	6.93
28/07/2008		0.04	13.35	0.16	0.87	0.45	0.03
Total							39.31

Fecha	P3R RUSLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
09/07/2008		0.045	8.36	9.31	0.89	0.45	1.40
15/08/2008		0.045	8.36	4.32	0.88	0.45	0.64
Total							2.05

Fecha	P3R USLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
09/07/2008		0.045	10.30	9.31	0.89	0.45	1.73
15/08/2008		0.045	10.30	4.32	0.88	0.45	0.79
Total							2.52

FECHA	P4R RUSLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
09/07/2008		0.048	12.46	9.31	0.89	0.45	1.29
13/07/2008		0.048	12.46	77.57	0.86	0.45	10.40
17/07/2008		0.048	12.46	33.14	0.88	0.45	4.55
Total							16.24

FECHA	P4R USLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
09/07/2008		0.048	10.3	9.31	0.89	0.45	2.23
13/07/2008		0.048	10.3	77.57	0.86	0.45	17.96
17/07/2008		0.048	10.3	33.14	0.88	0.45	7.85
Total							28.04

FECHA	P1LL RUSLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
09/07/2008		0.048	4.14	9.31	0.89	0.45	0.74
18/07/2008		0.048	4.14	58.92	0.89	0.45	4.69
10/09/2008		0.048	4.14	0.07	0.87	0.45	0.01
14/09/2008		0.048	4.14	13.05	0.87	0.45	1.02
17/09/2008		0.048	4.14	33.1	0.87	0.45	2.58
23/09/2008		0.048	4.14	53.52	0.84	0.45	3.85
Total							12.88

FECHA	P1LL USLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
09/07/2008		0.048	3.86	9.31	0.01	1	0.09
18/07/2008		0.048	3.86	58.92	0.01	1	1.09
10/09/2008		0.048	3.86	0.07	0.01	1	0.00
14/09/2008		0.048	3.86	13.05	0.01	1	0.24
17/09/2008		0.048	3.86	33.1	0.01	1	0.61
23/09/2008		0.048	3.86	53.52	0.01	1	0.09
Total							2.06

FECHA	P2LL RUSLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
18/07/2008		0.049	8.99	58.92	0.85	0.45	9.92
15/09/2008		0.049	8.99	13.05	0.8	0.45	2.0
18/09/2008		0.049	8.99	33.1	0.76	0.45	4.99
21/09/2008		0.052	8.99	22.26	0.76	0.45	3.56
Total							20.5

FECHA	P2LL USLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
18/07/2008		0.049	13.58	58.92	0.85	0.45	15.00
15/09/2008		0.049	13.58	13.05	0.8	0.45	3.13
18/09/2008		0.049	13.58	33.1	0.76	0.45	7.53
21/09/2008		0.052	13.58	22.26	0.76	0.45	5.38
Total							31.04

FECHA	P3LL USLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
18/07/2008		0.048	13.55	58.92	0.85	0.45	14.65
25/08/2008		0.048	13.55	51.66	0.74	0.45	11.18
05/09/2008		0.048	13.55	28.03	0.74	0.45	6.07
19/09/2008		0.054	13.55	0.22	0.72	0.45	0.05
24/09/2008		0.054	13.55	0.03	0.69	0.45	0.00
Total							31.97

FECHA	P3LL RUSLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
18/07/2008		0.048	8.05	58.92	0.85	0.45	8.71
25/08/2008		0.048	8.05	51.66	0.74	0.45	6.64
05/09/2008		0.048	8.05	28.03	0.74	0.45	3.60
19/09/2008		0.048	8.05	0.22	0.72	0.45	0.03
24/09/2008		0.048	8.05	0.03	0.69	0.45	0.00
Total							18.99

FECHA	P4LL USLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
18/07/2008		0.048	13.13	58.92	0.01	1	0.37
25/08/2008		0.048	13.13	51.66	0.01	1	0.33
05/09/2008		0.048	13.13	28.03	0.01	1	0.18
17/09/2008		0.048	13.13	33.1	0.01	1	0.21
20/09/2008		0.048	13.13	49.53	0.01	1	0.32
22/09/2008		0.048	13.13	14.98	0.01	1	0.09
Total							1.5

FECHA	P4LL RUSLE	K	L*S	R	C	P	Pérdida potencial
18/07/2008		0.048	7.9	58.92	0.01	1	0.22
25/08/2008		0.048	7.9	51.66	0.01	1	0.20
05/09/2008		0.048	7.9	28.03	0.01	1	0.11
17/09/2008		0.048	7.9	33.1	0.01	1	0.13
20/09/2008		0.048	7.9	49.53	0.01	1	0.23
22/09/2008		0.048	7.9	14.98	0.01	1	0.07
Total							0.95

Anexo 6. Factor de método de control de la erosión, P.

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