

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE CUENCAS**



TRABAJO DE DIPLOMA

**CUANTIFICACIÓN DE LA EROSION HIDRICA EN DIFERENTES
SISTEMAS PRODUCTIVOS CON PARCELAS DE ESCORRENTIA
EN LA MICROCUENCA ESTANZUELA, ESTELI-NICARAGUA**

Autores:

Br: Yilmer Joel Avilés González

Br: Jamin Uriel Barahona Molina

Asesores:

**Ph.D Ing. Domingo Rivas Cerda
Ing. Andrés López**

**Managua, Nicaragua
2007**

INDICE GENERAL

Contenido	Páginas
Índice general.....	i
Lista de cuadros.....	v
Lista de figuras.....	vi
Lista de mapas.....	vii
Dedicatoria.....	viii
Agradecimiento.....	x
Resumen.....	xi
Summary.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades de erosión.....	4
2.1.1 Erosión del suelo.....	4
2.1.2 Erosión hídrica.....	4
2.1.3 Erosión actual.....	4
2.1.4 Erosión potencial.....	5
2.2 Factores que contribuyen a la erosión hídrica.....	4
2.3 Factores específicos que determinan la erosión hídrica.....	5
2.3.1 Erosividad de la lluvia.....	5
2.3.2 Erodabilidad del suelo.....	6
2.4 Factores relacionados con la precipitación pluvial.....	6
2.4.1 Desprendimiento y dispersión de las partículas de suelo.....	6
2.4.2 Compactación superficial del suelo.....	6

2.4.3 Infiltración por precipitación pluvial.....	7
2.5 Factores relacionados con la vegetación.....	7
2.5.1 Pendiente completamente cubierta por vegetación.....	7
2.5.2 Pendiente parcialmente cubierta por vegetación.....	7
2.5.3 Ausencia de la vegetación.....	8
2.6 Parcelas de escorrentía.....	8
2.6.1 Ventajas de las parcelas de escorrentía.....	9
2.6.2 Desventajas de las parcelas de escorrentía.....	9
2.7 ¿Qué es un Sistema de Información Geográfica (SIG)?.....	9
2.8 Método de estimación de la erosión: Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS).....	10
2.9 Tolerancia de pérdida de suelo.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1 Descripción del área de estudio.....	15
3.1.1 Localización.....	15
3.1.2 Clima.....	16
3.1.3 Vegetación.....	16
3.1.4 Fauna.....	16
3.1.5 Suelo.....	17
3.1.6 Información socio económica.....	17
3.1.7 Hidrología.....	17
3.2 Proceso metodológico para cuantificar la erosión utilizando parcelas de escorrentía.....	18
3.2.1 Etapa de precampo.....	18
3.2.2 Etapa de campo.....	19
3.2.3 Etapa de análisis de los datos con parcelas de escorrentía.....	21
3.3 Descripción de los sistemas productivos.....	22
3.4 Relación de la erosión y escorrentía con la precipitación del período lluvioso 2005.....	25

3.5 Factores de la (EUPS) en un SIG a nivel de la Microcuenca Estanzuela, Estelí.....	26
3.5.1 Factor de erosividad de lluvia “R”.....	26
3.5.2 Factor de erodabilidad del suelo “K”.....	27
3.5.3 Factor de longitud de pendiente “L” y gradiente de la pendiente “S”.....	27
3.5.4 Factor de uso y manejo de la cobertura vegetal “C”.....	27
3.5.5 Factor de prácticas de conservación de suelo “P”.....	28
3.5 Creación del escenario de cambio de uso de la tierra en la Microcuenca Estanzuela, Estelí.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 Comportamiento de las precipitaciones registradas en el período lluvioso de 2005.....	31
4.2 Pérdida de suelo registrada en los diferentes sistemas productivos.....	32
4.2.1 Sistema de maíz y frijol.....	32
4.2.2 Sistema de pasto taiwán morado.....	33
4.2.3 Sistema de gamba y brachiaria.....	34
4.2.4 Sistema de pasto gamba.....	34
4.2.5 Sistema de cultivo en callejones (maíz y madero negro).....	35
4.3 Volumen de escorrentía en los sistemas productivos.....	35
4.4 Determinación de los parámetros de la EUPS combinado con un Sistema de Información Geográfica (SIG).....	36
4.4.1 Erosión actual y potencial estimada en la Microcuenca Estanzuela-Estelí aplicando EUPS en un SIG.....	37
V. CONCLUSIONES.....	44
VI. RECOMENDACIONES.....	46

VII. BIBLIOGRAFÍA.....	47
VIII. ANEXOS.....	49
Anexo 8.1 Material de campo.....	49
Anexo 8.2 Cantidad de muestras obtenidas en los sistemas productivos evaluados en el período 2005.....	50
Anexo 8.3 Resultados de las muestras obtenidas en el campo de la parcela 1.....	51
Anexo 8.4 Resultados de las muestras obtenidas en el campo de la parcela 2.....	52
Anexo 8.5 Resultados de las muestras obtenidas en el campo de la parcela 3.....	53
Anexo 8.6 Resultados de las muestras obtenidas en el campo de la parcela 4.....	54
Anexo 8.7 Resultados de las muestras obtenidas en el campo de la parcela 5.....	55
Anexo 8.8 Esquema general de las etapas de trabajo de las parcelas de escorrentía.....	56
Anexo 8.9 Datos de muestra de suelo obtenido en laboratorio, Estanzuela, Estelí 2007.....	57
Anexo 8.10 Tabla de valores para el factor C.....	58
Anexo 8.10 Nomograma para el cálculo del factor K.....	60
Anexo 8.11 Red hidrográfica Estanzuela.....	61
Anexo 8.12 Uso actual de Estanzuela.....	62
Anexo 8.13 Mapa de gradiente de la pendiente Estanzuela.....	63

LISTA DE CUADROS

Cuadros	Páginas
1. Clasificación de la degradación de suelos causados por la erosión hídrica (FAO, 1980).....	14
2. Pérdida de suelo en cinco meses de lluvia del período de 2005 en los diferentes sistemas productivos.....	33
3. Pérdida de suelo y volumen de escorrentía período 2005.....	35
4. Niveles de erosión actual en porcentaje de área con respecto a la clasificación de la erosión utilizando método FAO en la Microcuenca Estanzuela.....	38
5. Niveles de erosión potencial en porcentaje de área con respecto a la clasificación de la erosión utilizando método FAO en la Microcuenca Estanzuela.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Páginas
1. Ubicación del área de estudio.....	15
2. Parcela de escurrimiento en pasto mejorado gamba (<i>Andropogon gayanus</i>) y brachiaria (<i>Brachiaria brizantha</i>) en Estanzuela Estelí...	20
3. Parcela de cultivo anual (maíz y frijol) en Estanzuela Estelí, 2005.....	22
4. Parcela de pasto taiwán morado en Estanzuela Estelí, 2005.....	23
5. Parcela de pastos gamba y brachiaria en Estanzuela Estelí, 2005.....	24
6. Parcela de pasto gamba en Estanzuela Estelí, 2005.....	24
7. Parcela de cultivo en callejones (madero negro y maíz) en Estanzuela, Estelí, 2005.....	25
8. Modelo conceptual para predicción de erosión actual utilizando el Sistema de Información Geográfica a nivel de la Microcuenca Estanzuela, 2007.....	29
9. Precipitación del período lluvioso 2005, fuente INETER/Estación: San Isidro de Barbacoa.....	31

LISTA DE MAPAS

Mapas	Páginas
1. Mapa de la erosión actual del suelo en la Microcuenca Estanzuela de la subcuenca del Río Estelí.....	40
2. Mapa de la erosión potencial del suelo en la Microcuenca Estanzuela de la Subcuenca del Río Estelí.....	43

DEDICATORIA

Quiero dedicar este estudio al que me dio todas las fuerzas para estar hoy donde estoy a Dios, porque me dio unos padres maravillosos que durante toda mi carrera de educación siempre estuvieron a mi lado apoyándome con lo poco que podían, es por eso que les dedico esta investigación a Julio Cesar Barahona Cruz, mi papá y a mi madre Miriam Molina Cruz.

Al diputado de Jinotega Leonidas Centeno por las gestiones que realizó para mi ingreso a la Universidad.

A Victoria Borge, Francisco Téllez responsable de cultura por creer en mí, a Licenciada Idalia Casco responsable de servicios estudiantiles por brindarme siempre lo necesario.

A la Asociación de Desarrollo Municipal "ADEM-WIWILI" por oportunidad que se me dio de trabajar en la Radio Stereo Kilambé, de perfil ambientalista, la cual me indujo a estudiar la carrera de Ingeniería Forestal.

A mi pueblo Wiwilí- Jinotega que a pesar de haber sufrido en tiempo de guerra hoy tiene hijos que cada día más se preparan, con el único compromiso de salir adelante.

Jamin Uriel Barahona Molina.

DEDICATORIA

A Dios, sobre todas las cosas, por iluminar mis caminos, por darme sabiduría cuando más la necesitaba y ser mi guía en todo momento.

A mi padre Freddy Alberto Avilés Paredes y mi madre Martha Asunción González Castillo, por ser unos padres grandiosos que durante todos mis estudios han estado siempre a mi lado apoyándome en todo momento en mis estudios y deseando siempre lo mejor para mi.

Yilmer Joel Avilés González

AGRADECIMIENTO

Nuestro mayor agradecimiento:

A todo el personal del proyecto VESA- POSAF (Valoración Económica Socio-Ambiental del Programa Socio-Ambiental y Desarrollo Forestal).

A nuestros asesores Ph.D Ing. Domingo Rivas Cerda e Ing. Andrés López, por su orientación y apoyo en la elaboración de este trabajo de tesis.

A M Sc. Jannethe Gutiérrez por su orientación y cordial atención.

A doña Cornelia Palacios por su amabilidad y profesionalismo en el laboratorio de suelo y agua.

A nuestros compañeros por apoyarnos mutuamente en el establecimiento de las parcelas experimentales en la etapa de campo: Ofilio José Hernández Álvarez, Francisco Aníbal Moncada Ulloa y Kemuel de Jesús Castillo Zeledón.

A nuestros amigas(os) Tania Verusca Ruiz, Leonor Cardoso, Mercedes López, Ronda Conely, Obal Josué Cruz Leiva, Yader de Jesús Peralta Herrera, Jorge Flores Mendoza, Holman Armas Machado, Eliécer Meneses (El Fresón), y El Chino que de una u otra forma nos brindaron su apoyo.

¡Muchas Gracias!

RESUMEN

El estudio tiene como principal objetivo evaluar la erosión hídrica utilizando parcelas de escorrentía en los diferentes Sistema Productivo (Maíz y Frijol, Pasto Taiwán Morado, Pasto Gamba y Brachiaria, Pasto Gamba, Cultivo en callejones y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Microcuenca Estanzuela, Estelí. Con el método de parcelas de escorrentía se seleccionaron 4 fincas en la Microcuenca Estanzuela atendidas por FIDER-POSAF, que fueron evaluados con sistemas productivos que son representativos de la zona tomadas del período lluvioso 2005. Los valores obtenidos de pérdidas de suelo y relación de pérdida de suelo con respecto a los sistemas, muestran la influencia que las coberturas locales ejercen sobre la pérdida de suelo, también presenta una relación del volumen de escorrentía (Lts) y la pérdida (ton/ha/año), a mayor volumen de escorrentía mayor pérdida de suelo se obtendrá. En cambio con el método de estimación de la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) aplicado a los sistemas de información geográfica, muestra un modelo de erosión en la que presenta varios niveles, un 72% en la clasificación de ligera o ninguna distribuido en todo el área de la Microcuenca Estanzuela, un 17% en la clasificación de moderada entre los rangos de 10 y 50 ton/ha/año, un 10% en la clasificación de alta entre los rangos de 50 y 200 ton/ha/año, y que menos del 1% pierde más de 200 toneladas por hectárea al año encontrados en la parte alta y baja de la microcuenca en cambio el escenario donde cambian los valores de la cubierta vegetal donde se sustituyen los bosques exceptuando el bosque de galería por cultivos se obtuvo 56% en la clasificación de pérdida de suelo para ligera o ninguna, un 13% para la clasificación de moderada, 19% para alta y muy alta con 11%.

SUMMARY

The study must like main objective evaluate the hydric erosion using parcels of run-off in different the Productive System (maíz and frijol, dwelled taiwan grass, grass gamba and brachiaria, grass prawn, culture of black log and maize) and the GIS (SIG) in the Microriver basin Estanzuela, Estelí. With the method of run-off parcels 4 property in the microriver basin Estanzuela were selected taken care of by FIDER-POSAF, that were evaluated with productive systems that are representative of the zone taken from rainy period 2005. The obtained values of losses of ground and relation of loss of ground with respect to the systems show the influence that the local covers exert on the loss of ground also presents/displays a relation of the volume of run-off (Lts) and the loss (ton/ha/ano), greater volume of run-off greater loss of ground will be obtained. However with the method of estimation of the universal equation of loss of ground (EUPS) applied to the GIS, it shows an erosion model in which it presents/displays several levels, a 72% in the slight classification of or no distributed in all the area of the microriver basin Estanzuela, a 17% in the classification of moderate between the 50 ranks of 10 and ton/ha/ano, a 10% in the classification of discharge between the 200 ranks of 50 and ton/ha/ano, and that less of 1% loses but of 200 tons by hectare to ano found in the high and low part of the microriver basin however the scene where they change values of the vegetal cover where the forests are replaced excepting the forest of gallery by cultures obtained 56% in the classification of light loss of ground for or no, a 13% for the classification of moderate, 19% for discharge and very high with 11%.

I. INTRODUCCIÓN

El Departamento de Estelí es el de mayor desarrollo socioeconómico de la región de Las Segovias, en este se encuentra concentrado gran parte de los servicios de apoyo a la producción agropecuaria que son encabezadas por el Municipio de Estelí, el cual ocupa el segundo lugar en cantidad de productores agropecuarios de la región segoviana, sin embargo, la mayor parte de los suelos del departamento son de vocación forestal (MARENA-POSAF, 2002).

Según el Proyecto Socio Ambiental Forestal (POSAF) la degradación de la Microcuenca Estanzuela es causada fundamentalmente por los altos niveles de deforestación que se dan por el cambio del uso de la tierra, cambiando las áreas boscosas por pastos y cultivos agrícolas, lo que a su vez provoca mayores niveles de erosión hídrica ocasionando alteraciones al régimen hidrológico de las cuencas y en sus patrones de drenaje, también encontramos problemas de contaminación ambiental por desechos urbanos y de la producción agropecuaria, además de problemas de inundaciones y deslizamientos que se dan en las zonas medias y bajas de la Microcuenca producto de los altos caudales provenientes de los afluentes.

Desde 1997, el POSAF ha venido desarrollando actividades en el terreno, con el objetivo de promover de manera sostenible el manejo de los recursos naturales, bosques, suelos, agua y mejorar la situación socioeconómica de los productores beneficiarios a través de la producción agroforestal. Para llevar a cabo sus objetivos, el programa se basó en la aplicación de técnicas de conservación de suelo en terrenos agrícolas y la aplicación de sistemas agroforestales y silvopastoriles en el territorio comprendido por la Microcuenca Estanzuela.

La Microcuenca Estanzuela fue seleccionada para este estudio con el propósito de evaluar la erosión hídrica, utilizando parcelas de escorrentía en diferentes sistemas productivos y la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) combinada con un Sistema de Información Geográfica (SIG). El estudio fue apoyado por el POSAF II - MARENA en coordinación con la Fundación de Investigación y Desarrollo Rural (FIDER) por formar parte de las ONG's co-ejecutoras que están vinculadas al desarrollo sostenible de la Microcuenca Estanzuela.

1.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Cuantificar el proceso de erosión hídrica utilizando parcelas de esorrentía en diferentes sistemas productivos y el modelo de la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) combinado con un sistema de información geográfica (SIG) en la Microcuenca Estanzuela, Estelí.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Identificar los factores que más influyen en el proceso de erosión hídrica de los sistemas productivos evaluados en la Microcuenca Estanzuela.
- ❖ Cuantificar las tasas de erosión hídrica por sistemas productivos (maíz y frijol, pasto taiwán morado, pasto gamba y brachiaria, pasto gamba, cultivo en callejones, utilizando parcelas de esorrentía en la Microcuenca Estanzuela.
- ❖ Determinar la erosión actual en la Microcuenca Estanzuela (Estelí) a través del la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) en combinación con un Sistema de Información Geográfica (SIG).
- ❖ Crear un escenario de cambio de uso de tierra en la Microcuenca Estanzuela (Estelí) para determinar la erosión potencial, utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) en combinación con un Sistema de Información Geográfica.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades de erosión

2.1.1 Erosión del suelo

La palabra erosión, se deriva del latín “*erosio*” que significa roedura, consiste en la pérdida gradual del material que constituye el suelo, al ir siendo arrastradas las partículas (disgregadas, arrancadas y atrapadas), a medida que van quedando en superficie (Gavande, 1987 citado por Reyes, 2001).

2.1.2 Erosión hídrica

La erosión hídrica es un proceso natural, donde las principales etapas son:

- El desprendimiento y transporte del suelo, causado por el agua, en este caso la lluvia tropical.
- El desprendimiento es causado por la acción de la gota de lluvia al impactar sobre los agregados del suelo desnudo y al escurrimiento superficial.
- Una tercera etapa ocurre cuando la capacidad de transporte de la escorrentía disminuye, la sedimentación en los terrenos planos (Sánchez, 1983 citado por Mendoza, 1994).

2.1.3 Erosión actual

Pronóstico o medida de la pérdida de suelos que exista en un determinado lugar en el momento presente, no indica el estado de degradación en que se encuentra el suelo (Moreira, 1991).

2.1.4 Erosión potencial

Es una estimación de la erosión bajo condiciones hipotéticas de manejo y uso de las tierras (Moreira, 1991).

2.2 Factores que contribuyen a la erosión hídrica

Una reducción de la capacidad productiva alimentaría, especialmente en el mundo en desarrollo donde la mayor parte de los campesinos pobres viven al margen de la economía principal. La explotación excesiva de los suelos pobres, la deforestación de las cuencas hidrográficas, el embalse de los ríos, la tala de los manglares y el agotamiento de los recursos genéticos vegetales y animales, son algunos de los factores que ponen en peligro la productividad de los recursos naturales para la alimentación y la agricultura (Morgan, 1997citado por Gutiérrez, 2004).

2.3 Factores específicos que determinan la erosión hídrica

Existen ciertos factores que contribuyen de manera más específica y directa que produce la erosión hídrica, estos pueden ser:

2.3.1 Erosividad de la lluvia

Las pérdidas de suelos están estrechamente relacionadas con la lluvia, en parte por el poder de desprendimiento del impacto de las gotas al golpear el suelo y en parte, por la contribución de la lluvia a la escorrentía. La respuesta del suelo a la lluvia puede estar determinada, también, por las condiciones meteorológicas (Morgan, 1997citado por Gutiérrez, 2004).

2.3.2 Erodabilidad del suelo

La erodabilidad define la resistencia del mismo a los procesos de desprendimiento y transporte. Aunque que la resistencia de un suelo a la erosión depende, en parte, de su posición topográfica, pendiente y grado de alteración, la erosionabilidad varía con la textura del suelo, la estabilidad de los agregados, la resistencia al esfuerzo constante, la capacidad de infiltración y los contenidos minerales y orgánicos (Morgan, 1997 citado por Gutiérrez, 2004).

2.4 Factores relacionados con la precipitación pluvial

2.4.1 Desprendimiento y dispersión de las partículas de suelo

Cuando una gota de lluvia hace impacto en el suelo, las partículas de suelo se esparcen y mientras mayor sea la velocidad de impacto, mayor será la cantidad de suelo esparcida. El impacto de las gotas es más efectivo cuando una película delgada cubre la superficie del suelo y la máxima dispersión de las partículas del suelo se presenta cuando la profundidad del agua es casi la misma que el diámetro de la gota de lluvia (Kirkby y Morgan, 1984).

2.4.2 Compactación superficial del suelo

El impacto de las gotas de lluvia y la dispersión de las partículas del suelo compactan y forman costra. Esta costra a menudo consta de dos partes, una muy delgada (más o menos 0.1 mm) en forma de estrato no poroso y una zona de hasta 5 mm de partículas finas no deslavadas (Kirkby y Morgan, 1984).

2.4.3 Infiltración por precipitación pluvial

La costra que se forman por el impacto de las gotas de lluvia es mucho menos permeable que el suelo sub adyacente y las tasas de transmisión del agua pueden ser entre 2000 y 200 veces menor para los estratos compactos y lavados, en relación a la capa mas profunda por lo tanto, la infiltración de la precipitación pluvial en los suelos con costras es muy baja y esto hace que se aumente el escurrimiento superficial del agua (Kirkby y Morgan, 1984).

2.5 Factores relacionados con la vegetación

En el proceso de erosión existen factores que actúan directamente con la vegetación y pendiente estos pueden ser:

2.5.1 Pendiente completamente cubierta por vegetación

Las escorrentías y erosión que proceden de buenos pastizales o de bosque son pequeñas, a menudo representan menos del 5 y del 1% de las pérdidas de suelo sin cobertura vegetal. Los escurrimientos son bajos por la alta infiltración en comparación con suelos sin cobertura vegetal (Kirkby y Morgan, 1984).

2.5.2 Pendiente parcialmente cubierta por vegetación

Las escorrentías y la erosión aumentaran rápidamente sobre suelos con menos del 70 % de cubierta vegetal. Las cantidades de suelo erosionados no se realizan tanto con la escorrentía como con las proporciones de suelos desnudos; esto se debe a que el suelo arrastrado frecuentemente no llegan a la corriente si no que es atrapado cuesta abajo por la vegetación o redepositado en los fondos de los valles o en las grietas cóncavas en la pendiente. El sobrepastoreo y las quemas conducen al debilitamiento de la cubierta de césped y la exposición del suelo desnudo (Kirkby y Morgan, 1984).

2.5.3 Ausencia de la vegetación

Las pendientes rara vez están desprovistas de vegetación a menos que las tierras sean de labranza excepto de las regiones áridas; la tierra desnuda y arable es más susceptible a la erosión hídrica y se puede perder grandes cantidades de suelo con una tormenta o durante una estación lluviosa (Kirkby y Morgan, 1984).

2.6 Parcelas de escorrentía

Es un área de tamaño variable ubicada en laderas limitadas por paredes metálicas o de cualquier otro material, las cuales se aíslan completamente y evitan que llegue la escorrentía de otros predios se utilizan para cuantificar la erosión hídrica de un área determinada (Wischmeier, 1976 citado por Aguilera y Pineda, 1999).

Dentro de los diferentes usos que ofrece las parcelas de escorrentía, también conocida como parcelas de erosión tenemos:

1. Determinar el efecto que tiene los diferentes usos de la tierra en la producción de sedimentos y descarga de agua.
2. Estudiar la validez de formulas de cálculo de descarga mediante el cálculo de coeficiente de escorrentía.
3. Validar fórmula de predicción de producción de sedimento.
4. Mejorar las técnicas de control de la erosión.
5. Estudiar el régimen de escorrentía en su fase inicial y la influencia que sobre ella produce las pendientes, la longitud y estado de las ladera, tipo de suelo y vegetación.

2.6.1 Ventajas de las parcelas de escorrentía

- Permite medir el escurrimiento y la erosión del suelo en superficies pequeñas y grandes.
- Permite medir el efecto de la cobertura vegetal.
- Se puede construir con diversos materiales.
- Se puede determinar balances hídricos y de fertilidad.

2.6.2 Desventajas de las parcelas de escorrentía

- Sus resultados son locales.
- Para poder extrapolar los resultados obtenidos se requiere de período considerable de estudio.
- El personal de campo que realiza el monitoreo requiere ser capacitado.
- Es necesario que la muestra de escurrimiento y sedimentos sean homogéneas.
- Se necesita de personal de vigilancia para cuidar los instrumentos instalados en la parcela.
- Requiere de costos de establecimiento.

2.7 ¿Qué es un Sistema de Información Geográfica (SIG)?

Un SIG es un conjunto de programas de computación que tiene capacidad de almacenar, organizar, analizar y presentar datos espaciales. Aquellos datos que tengan referencias geográficas, como por ejemplo densidades de insectos (Nº de individuos por unidad de área), tipos de suelo, de vegetación, caminos, datos climáticos, pueden ser incorporados a un SIG para luego ser utilizados en la confección de mapas o coberturas temáticas que permitan la visualización y análisis de forma integrada de los datos originales y no como entidades individuales (Condori y Mendoza, 2002).

2.8 Método de estimación de la erosión: Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS)

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS) ideado por Wischmeier y Smith (1978), aunque no tiene la precisión de otros modelos existentes, cuando se trabaja a nivel de cuenca o Microcuenca, es el que mejor se adapta a un análisis a nivel de la escala utilizada y fundamentalmente porque recoge los principales parámetros físicos causantes de la erosión hídrica y presenta una menor complejidad en su aplicación (Condori y Mendoza, 2002).

La EUPS en tal sentido, está compuesta por la multiplicación de 5 factores que representan la cantidad de suelo perdido por unidad de superficie y unidad de tiempo (A), y está expresada en la siguiente fórmula:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

A: Es la cantidad de material erodado.

R: Es el factor de erosividad de la lluvia.

K: Es el factor de erodabilidad del suelo.

LS: Es el factor combinado de longitud y gradiente de pendiente.

C: Es el factor de cobertura vegetal.

P: Es el factor práctica de conservación de suelo.

Los factores **LS**, **C** y **P** de la ecuación se utilizan para ajustar cuantitativamente los valores de K según las condiciones diferentes en las parcelas experimentales donde se desarrolló el modelo.

El producto de los primeros cuatro factores (**R, K, L y S**) es el potencial erosivo inherente en el sitio, es decir, la pérdida de suelo que ocurriría en ausencia de cualquier cobertura vegetal (**C**) o práctica de manejo (**P**). Los dos últimos factores reducen esta pérdida potencial para compensar los efectos de uso de la tierra, manejo y prácticas especiales (Kirkby y Morgan, 1984).

- **Factor erosividad de la lluvia (R)**

La capacidad de la tormenta de erosionar el suelo depende tanto de la energía total de las gotas de lluvia y de la escorrentía asociada. La energía de impacto de una unidad de lluvia incrementa con el incremento en el tamaño de la gota, y el tamaño de la gota generalmente incrementa con la intensidad de la lluvia hasta cerca de 75 mm/h. La energía total de una tormenta puede ser computada de datos de pluviógrafos. El índice disponible más exacto de potencial erosivo de la lluvia es el parámetro EI. Para una tormenta dada, este parámetro es igual al producto de la energía de las gotas de lluvia y su intensidad máxima en 30 minutos. Los valores de EI de las tormentas pueden ser sumados para obtener valores anuales o estacionales de la erosividad de un patrón de lluvia. Las unidades de R son MJ mm/ha h (Kirkby y Morgan, 1984).

- **Factor erodabilidad del suelo (K)**

Algunos suelos se erosionan más rápidamente que otros bajo idénticas condiciones. Los suelos altos en limo o arena muy fina erosionan más rápidamente. La erodabilidad, disminuye a medida que el contenido de partículas de arcilla o arena (excluyendo arena muy fina) incrementan. La materia orgánica del suelo mejora la estructura, infiltración, agregación y disminuye la erodabilidad, pero agregados grandes pueden aun ser transportados por escorrentía de alta velocidad. La permeabilidad del perfil es importante debido a su influencia en la escorrentía (Kirkby y Morgan, 1984).

Wischmeier *et al*, 1974 (citados por Kirkby y Morgan, 1984), determinaron las propiedades del suelo con mayor correlación con la erodabilidad del suelo. El factor K para un suelo dado es la pérdida de suelo esperada por hectárea por unidad sobre una parcela unitaria 22.1m longitud y 9% de gradiente de pendiente, continuamente labrada a favor de la pendiente sin cobertura.

Valores más exactos de K pueden ser obtenidos usando el nomograma de erodabilidad. El nomograma gráficamente calcula K para un suelo dado en función de la distribución de tamaño de las partículas, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad del perfil. Valores conocidos de este factor de suelo reportado son entre 0.005 y 0.034 (Kirkby y Morgan, 1984).

Los valores de K no son constantes, en la medida que aumenta la erosión de un determinado suelo, tiende a disminuir su valor K, debido a la pérdida de las partículas más erosionable, lo que origina un incremento en la proporción de material no erosionable por lo tanto mayor resistencia a la subsiguiente erosión (Kirkby y Morgan, 1984).

- **Factor longitud y gradiente de la pendiente (LS)**

Los efectos de la longitud y gradiente de la pendiente se representan como L y S respectivamente; sin embargo, a menudo se evalúan como factores topográficos únicos, LS. La longitud de la pendiente se define como la distancia desde el punto de origen del flujo sobre la superficie hasta el punto donde la pendiente disminuye lo bastante como para que ocurra la deposición o hasta el punto en que la escorrentía entra en un canal definido. El canal parte de una red de drenaje a un canal construido. El gradiente de la pendiente es el segmento de la pendiente, expresado generalmente como un porcentaje (Kirkby y Morgan, 1984).

- **Factor cobertura vegetal (C)**

La cobertura vegetal de suelo es la más grande defensa contra la erosión de suelo, pero un mantenimiento de variables de sistema de cultivos y manejo también influyen altamente en la habilidad de la superficie de suelo a resistir erosión. Todo esto es combinado en el factor de cobertura y manejo, C. Hay un procedimiento para calcular C para un cultivo y sistema de manejo dado con relación a un patrón de lluvia. Tablas regionales de valores de C (Anexo 8.10) son disponibles en la literatura así como para condiciones de sitios de construcción, pastizales y bosque (Kirkby y Morgan, 1984).

- **Factor prácticas de conservación de suelos (P)**

Este factor representa el efecto de mejores prácticas como cultivos en contorno o en bandas. Su valor depende de la pendiente del terreno y puede ser obtenido de tablas. Los valores de P varían entre 0 y 1. La determinación del factor P por efecto de incluir practicas de conservación de suelos son obtenidos de valores obtenidos en ensayos experimentales (Kirkby y Morgan, 1984).

2.9 Tolerancia de pérdida de suelo

La tolerancia de pérdida de suelo es la cantidad de suelo, expresada en toneladas por unidad de superficie, que un determinado suelo puede perder sin dejar por ello de conservar todavía durante un largo periodo de índice de productividad (Cuadro 1). Esta tolerancia refleja la máxima pérdida de suelo que puede consentirse alcanzando todavía el grado de conservación necesario para mantener una producción económica en período futuro previsible (Gutiérrez, 2004).

Cuadro 1: Clasificación de la degradación de suelo causados por la erosión hídrica.

Categoría	Pérdida de suelo (ton/ha/año)
Ninguna a ligera	<10
Moderada	10-50
Alta	50-200
Muy alta	>200

Fuente: (FAO, 1980)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Localización

La Microcuenca Estanzuela forma parte de la Subcuenca del Río Estelí, que a su vez pertenece a la Cuenca del Río Coco, tiene un área de 3.6 km² con una elevación entre 880 – 1520 msnm, ubicada entre los Municipios de Estelí y San Nicolás, comprendida entre las coordenadas 13° 3' " y 12° 57' 40" latitud norte y 86° 19' 47" y 86° 23' 6" longitud oeste, situada en la región central del país conocida como Cordillera Central de Nicaragua (Figura 1).

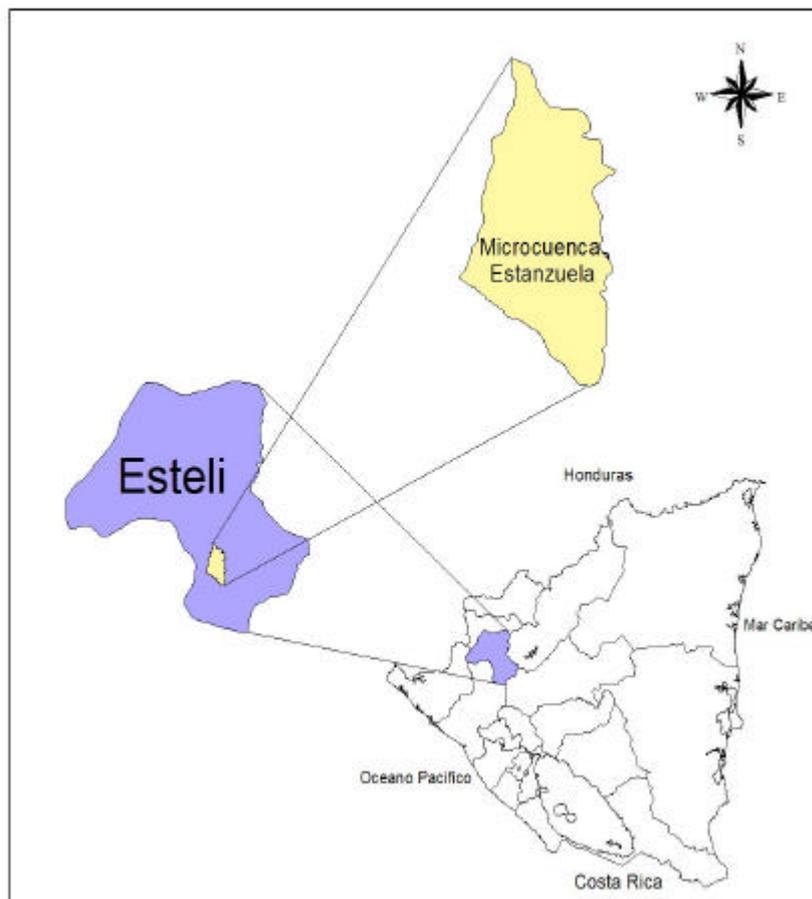


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

La mayor parte del área de la Microcuenca Estanzuela pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), la cual esta bajo la administración de la Fundación de Investigación y Desarrollo Rural (FIDER), a través de un convenio de co-manejo con el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales “MARENA” (Montoya y López, 2005).

3.1.2 Clima

Según Salas (1993), el área se encuentra dentro de la Zona Ecológica II, la cual describe como la más templada del país, con temperaturas que generalmente varían según la altitud, oscilando entre los 17°C y 24°C. La precipitación varía de 1,000 a 1,800 mm anuales (FIDER, 2003).

3.1.3 Vegetación

El área presenta grandes manchas de bosque que se caracteriza por la presencia de pinares, robledales y bosque latifoliado. Entre los árboles más comunes se encuentran pinos (*Pinus oocarpa Schiede ex Schlecht. Subs. oocarpa*), roble (*Quercus oleoides schlecht. & cham*) y cedro (*Cedrela odorata L.*). Los bosques generalmente están situados en terrenos con pendientes frecuentemente abruptas. En el bosque subtropical presente en el área, se encuentran con frecuencia árboles de Jiñocuabo (*Bursera simarouba L. Sarg.*), Laurel (*Cordia alliodora Ruiz & Pavon*), Cedro Real (*Cedrela odorata L.*) y otros (Montoya y López, 2005).

3.1.4 Fauna

Según Montoya y López (2005), en esta área se encuentran unas 100 especies, de las cuales 62 son aves, 28 son mamíferos y 10 son reptiles.

3.1.5 Suelos

Estos por lo general presentan un estado pedregoso, con la excepción de los valles y terrazas situadas al norte de la meseta, se han formado suelos aluviales que permiten el asidero de los pastos o una agricultura de baja labranza y suelos ácidos derivados de ignimbritas donde crecen rodales de pinos. En general los suelos de la Microcuenca Estanzuela presentan dos órdenes molisol y alfisol. Siendo de textura en la superficie Franco Arcillosa y en el subsuelo es franco arcillosa y arcillosa, el drenaje interno es bueno así como el grado de estructura (Montoya y López, 2005).

3.1.6 Información socio económica

Las actividades económicas de la zona están sustentadas fundamentalmente en la agricultura, la ganadería, el comercio, la pequeña y mediana industria artesanal.

Los cultivos tradicionales son, frijol, maíz, sorgo, papa, repollo, chilla, linaza y manzanilla. El sector ganadero se realiza en menor escala, las comunidades se encuentran fuertemente influenciadas por la ganadería extensiva (producción de leche, ganado de engorde y desarrollo), por lo que el despale ha avanzado mucho en el territorio (FIDER, 2003).

El comercio está basado en pulperías que se encuentran anexados a las viviendas. En el Municipio de San Nicolás no existe mercado local, por tanto las pulperías sustituyen este servicio (FIDER, 2003).

3.1.7 Hidrología

La fuente de agua más importante de la zona se encuentra localizada en La Lajas, por ser la fuente principal de Estelí. Se ve en la zona de Estanzuela un uso para riego no controlado por medio de extracción de aguas superficiales con motobombas, esta extracción está causando ciertos conflictos aguas abajo por la

“deseccación” del río, este efecto es obvio en el Salto La Estanzuela que hoy en día casi no lleva agua en las épocas secas, cuando históricamente era un lugar de gran belleza escénica y atractivo turístico (FIDER, 2003).

3.2 Proceso metodológico para cuantificar la erosión utilizando parcelas de escorrentía

Este se llevó a cabo a través de tres etapas, las cuales son:

- ✓ Etapa de precampo
- ✓ Etapa de campo
- ✓ Etapa de análisis de los datos

3.2.1 Etapa de precampo

❖ Selección del sitio de estudio

El área de influencia del estudio comprendió una Microcuenca de la sub cuenca de intervención del Proyecto Socioambiental Forestal (POSAF) en este caso se seleccionó la Microcuenca Estanzuela que pertenece a la Sub cuenca del Río Estelí.

❖ Proceso de selección de fincas

Para la selección de las fincas se coordinó con técnicos de la Fundación de Investigación y Desarrollo Rural (FIDER) que trabaja en coordinación con el Programa Socioambiental y Desarrollo Forestal (POSAF), para los cuales se seleccionaron cuatro fincas en la que se consideraron los siguientes criterios:

- ✓ Ubicación de los productores, potenciales colaboradores en el área de intervención.
- ✓ Accesibilidad de todo tiempo en la finca.
- ✓ Seguridad en cuanto al equipo de campo permanente en la finca.
- ✓ Disponibilidad del productor y mano de obra temporal.

❖ **Criterios para seleccionar los sistemas productivos**

- ✓ Que sea representativo de la zona.
- ✓ Debe estar establecidos en sitios que presentan una pendiente uniforme o sea en una sola dirección la pendiente principal.

3.2.2 Etapa de campo

❖ **Instalación de las Parcelas de Escorrentía (PE).**

Las dimensiones usadas fueron de 3 m ancho (transversal a la pendiente) y de 20 a 12 m de longitud (a lo largo de la pendiente). Esta área se encuentra aislada en la parte superior y laterales por bordos hechos de láminas de zinc liso. Estos bordos impiden el paso del agua de escorrentía de terrenos fuera del área de captación (Figura 2). Un canal interceptor de sedimentos y escorrentía se ubica en el lado inferior del área, colecta y canaliza la escorrentía hacia un sistema de almacenamiento por medio de un tubo conductor.



Figura 2. Parcela de escorrentía en pasto mejorado Gamba (*Andropogon gayanus*) y Brachiaria (*Brachiaria brizantha*) en Estanzuela Estelí, 2005.

El sistema de almacenamiento de escorrentía y sedimentos provenientes del área de captación de la parcela, consistió en dos barriles conectados en serie y que están nivelados. El primer barril (B1) recibe la escorrentía proveniente del tubo de conducción. Ligeramente a una menor altura que este tubo en el B1, se instalan salidas de drenaje. Una de estas salidas se conecta con el segundo barril (B2). Estas parcelas de escorrentía fueron establecidas en los meses de mayo y junio, 2005.

❖ **Sistema de monitoreo y proceso de recolección de datos en el campo**

Establecida la parcela de escorrentía, se procedió al seguimiento del proceso de erosión en cada sistema productivo seleccionado. Esto consistió en una visita periódica con frecuencia semanal.

La toma de datos en campo se inicio con la medición de la altura (h) de la mezcla de escorrentía y sedimentos en cada barril. Tomando como constante el área de la sección transversal (AST) del barril y el valor de altura (h), se calculo el volumen de escurrimiento del barril (VEB), utilizando la siguiente fórmula.

Área de la sección transversal del barril (AST):

$$AST = p r^2$$

Donde:

p = Constante con valor 3.1416

r = radio del barril (cm.)

Para el caso del barril dos (B2), es necesario multiplicar este valor por el número de salidas que tiene el B1.

Después de tomar los datos de altura de escorrentía en cada barril, se procedió al muestreo de la mezcla de escorrentía y sedimentos de cada barril. Esto consistió en agitar la mezcla en el barril y se colectaba una muestra de volumen conocido, se codificó y transportó al Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria (UNA). Se determinó en el laboratorio el volumen de escorrentía de la muestra (VEM) utilizando una probeta. Luego se dejó sedimentar la muestra en un recipiente y posteriormente se decantó a los 2 o 3 días el agua de escorrentía de la muestra. Los sedimentos que quedan se trasladaron a un recipiente metálico y se colocan al horno durante 24 horas a 105 °C, después fueron pesados para obtener el peso seco de los sedimentos (PSS).

3.2.3 Etapa de análisis de los datos con parcelas de escorrentía

En esta etapa se procedió a determinar la pérdida de suelo (A), la relación de peso seco del sedimento (PSS) a volumen de escorrentía de la muestra (VEM) es la concentración de sedimentos (CS), se expresa en unidades de gramos litros (g/L). Este dato se multiplica por la cantidad de escorrentía del barril muestreado para determinar la pérdida de suelo (A).

Se suman los valores de ambos barriles y así se obtiene la pérdida de suelo por parcela. Para fines de comparación se extrapolan estos datos a unidades de

kilogramo o toneladas por hectárea. Finalmente, los valores de cada período de muestreo son sumados por mes y para todo el período lluvioso hasta obtener el valor del Indicador tasa anual de pérdida de suelo (A).

3.3 Descripción de los sistemas productivos

Con base en los procesos de selección de finca y los criterios de selección de sistemas productivos se establecieron los siguientes sistemas productivos en las parcelas de erosión.

✓ **Sistema de maíz y frijol (Parcela ES01¹)**

Esta parcela estaba conformada por maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus acutifolius*), el productor no aplico manejo y la dejo en abandono (Figura 3) por exceso de lluvia. La parcela tiene una dimensión de 20 m de largo x 3 m de ancho con una pendiente de 19%.



Figura 3. Parcela de cultivo anual (maíz y frijol) en Estanzuela Estelí, 2005

¹ ES01= Código de la parcela de escorrentía

ES= Estelí 01= numero de la parcela

✓ **Sistema de pasto Taiwán morado (Parcela ES02)**

Consistió en Taiwán morado (*Pennisetum purpureum*), el productor durante el período de muestreo 2007 sólo controló maleza a finales de agosto (Figura 4), la dimensión de la parcela es de 20 m de largo x 3 m de ancho con una pendiente 17%.



Figura 4. Parcela de pasto Taiwán morado en Estanzuela Estelí, 2005

✓ **Sistema de pastos gamba y brachiaria (Parcela ES03)**

Se estableció pastos gamba (*Andropogon gayanus*) y brachiaria (*Brachiaria brizantha*), el productor durante el período de muestreo 2007, sólo realizó control de maleza a finales de agosto (Figura 5), la dimensión de la parcela es de 20 m largo x 3 m ancho sobre una pendiente del 20%, en esta parcela fue permitido el ingreso del ganado bovino con fines de pastoreo, la cantidad de animales estuvo en dependencia de la especie, manejo, lluvia y suelo con el fin de determinar posteriormente el efecto del mismo sobre la escorrentía superficial y la erosión.



Figura 5. Parcela de pastos gamba y brachiaria en Estanzuela Estelí, 2005

✓ **Sistema de pasto Gamba (Parcela ESO4)**

Esta parcela se encuentra compuesta por pasto gamba (*Andropogon gayanus*), en este sistema el productor durante el período de muestreo no realizó manejo (Figura 6), la parcela presenta dimensiones de 12 m de largo x 3 m de ancho con una pendiente de 17%, aquí no hubo ingreso de ganado.



Figura 6. Parcela de pasto gamba en Estanzuela Estelí, 2005

✓ **Sistema de cultivo en callejones de maíz y madero Negro (Parcela ES05)**

La parcela está compuesta por cultivo en callejones de maíz (*Zea mays*) y madero negro (*Gliricidia sepium Jacq. Steud*) el productor no brindó manejo al sistema dejándolo en abandono, la parcela presenta dimensiones de 20 m de largo x 3 m de ancho, con una pendiente de 23% los árboles de madero negro ya estaban establecidos por lo tanto el productor sólo decidió el tipo de cultivo a establecer que en este caso fue maíz (Figura 7).



Figura 7. Parcela de cultivos en callejones (madero negro y maíz) en Estanzuela Estelí, 2005

3.4 Relación de la erosión y escorrentía con la precipitación del período lluvioso 2005

Para encontrar la relación que existe entre los datos de erosión y escorrentía de este estudio con la precipitación y efecto de comparación con los sistemas productivos se hizo necesario presentar los registros de precipitación del período lluvioso 2005 obtenidos de la estación agrometeorológica de San Isidro de Barbacoa ubicada en las coordenadas: 12° 34' 48" latitud Norte y 86° 11' 30" Longitud Oeste.

3.5 Factores de la (EUPS) en un SIG a nivel de la Microcuenca Estanzuela, Estelí

Para obtener la cantidad de suelo erosionada en la Microcuenca Estanzuela se hizo uso de la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) en un Sistema De Información Geográfica (Figura 8) en el cual se utilizó el software Gis ArcView 3.1. La fórmula para calcular la erosión utilizando la EUPS es como se presenta a continuación:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

A: Es la cantidad de material erodado (ton/ha año)

R: Es el factor de lluvia (Mj mm/ha h año)

K: Es el factor de erodabilidad del suelo (ton ha h /ha MJ mm año)

LS: Es el factor combinado de longitud y gradiente de pendiente (sin unidades)

C: Es el factor combinado de vegetación y manejo (sin unidades)

P: Es el factor práctica de conservación de suelo (sin unidades)

3.5.1 Factor de erosividad de lluvia “R”

Para el cálculo del factor R, se sumó la precipitación de cada mes elevada al cuadrado dividida por la precipitación anual. El valor obtenido de este procedimiento está bajo las unidades del sistema americano (pp^2/pp anual) por lo que tenemos que multiplicar el valor por 17.02 para pasarlo al sistema internacional. En este caso se trabajó con este sistema internacional (Mj mm/ha h año) para facilitar las conversiones.

3.5.2 Factor de erodabilidad del suelo “K”

Para este valor se realizó un análisis de textura, materia orgánica, estructura y permeabilidad de suelo de la microcuenca, luego se aplicó el nomograma de Wischmeier (1971) (Anexo 8.11) para obtener el valor de K expresado en ton ha h /ha Mj mm año.

3.5.3 Factor de longitud de pendiente “L” y gradiente de la pendiente “S”

Este factor parte de un modelo digital de elevación en el cual presenta características de puntos altos, curvas a nivel, limite de la Microcuenca, drenaje de la Microcuenca y caminos uniendo estos factores en el software gis ArcView 3.1 obtenemos un modelo digital de elevación luego seleccionamos el modelo y cargando una extensión (RUSLE- calcut) se obtiene otro modelo en el que se encuentra representado por los valores de LS de la Microcuenca. (Anexo 8.14)

3.5.4 Factor de uso y manejo de la cobertura vegetal “C”

Los valores de C se asignaron de acuerdo a la cuadro de uso actual de la Microcuenca, estos valores de C fueron tomados de tabla referenciales de índice de factor de uso de Miller y Danahue. (Anexo 8.10)

Los valores tomados para realizar el escenario, de cambio de uso de la Microcuenca Estanzuela cambiando áreas boscosas exceptuando los bosques de galerías por estar cerca de los ríos por cultivos anuales, fueron tomados de la misma tabla de referencia para el factor de uso de Miller y Donahue (XXXX).

3.5.5 Factor de practicas de conservación de suelo “P”

Para el cálculo del factor de prácticas de control de la erosión (P), no se consideró, ya que se asume que en la zona estudiada no existen prácticas de conservación de ningún tipo.

Para el cálculo de la estimación de la erosión a nivel de Microcuenca Estanzuela se facilitó a través de un modelo conceptual el cual consiste en la creación de mapas representando cada uno de estos los factores de la ecuación universal de pérdida de suelo a nivel de la Microcuenca Estanzuela utilizando los sistemas de información geográfica.

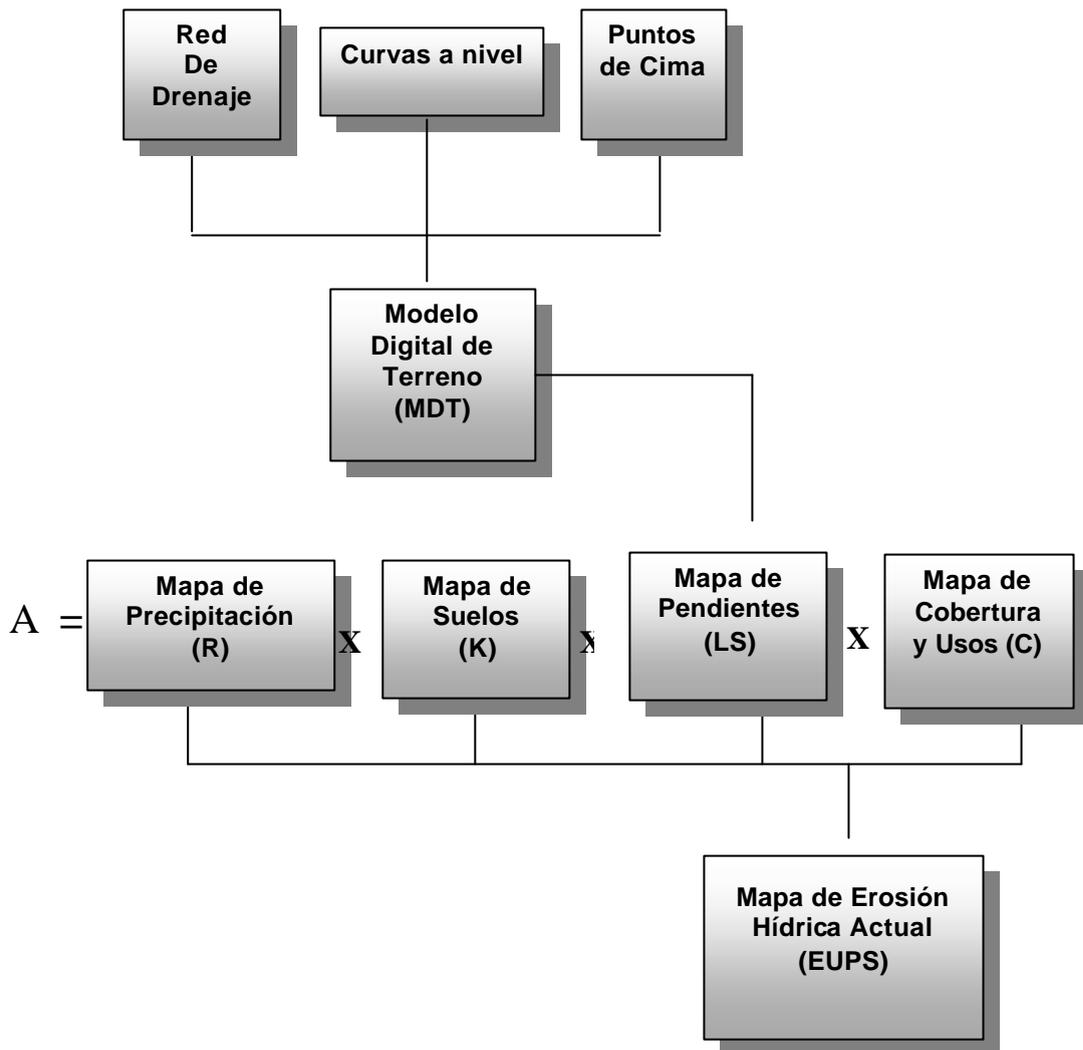


Figura 8. Modelo conceptual para predicción de erosión actual utilizando el sistema de información geográfica a nivel de la Microcuenca Estanzuela, 2006

Este modelo es adaptado a cada uno de los factores utilizando la herramienta SIG, relacionados con las condiciones de la zona de estudio y expresado a través de la pérdida de suelo expresada en ton/ha/año.

3.6 Creación del escenario de cambio de uso de la tierra en la Microcuenca Estanzuela, Estelí

En esta etapa se desarrolló un modelo dinámico piloto fundamentado en la ecuación empírica base (EUPS), que describe los riesgos de erosión en los suelos debido a los cambios en el manejo en el uso de la tierra, este consistió en el cambio de áreas cubierta por bosque exceptuando las áreas que se encuentra cerca de los ríos (bosques de galerías) este modelo fue implementado en el software ArcView3.1.

Aquí el factor de conservación considerado es la cobertura vegetal, y su eficacia depende en gran medida del porcentaje de cobertura del suelo. La finalidad de los sistemas sostenibles de manejo de los recursos naturales consiste fundamentalmente en la reducción del escurrimiento superficial y la reducción de su capacidad de transporte.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comportamiento de las precipitaciones registradas en el período lluvioso de 2005

La precipitación es uno de los principales factores que influye en el proceso de erosión hídrica, ya que contribuye a la erosión cuando el suelo se encuentra sin una cubierta vegetal y mucho más en aquellos terrenos que presentan pendientes muy escarpadas, por tal motivo es necesario conocer cual ha sido el comportamiento de estas en el período evaluado.

La mayor precipitación registrada del período lluvioso 2005 fue en el mes de junio (Figura 9) con 244 milímetros, en cambio el mes de septiembre registró la menor precipitación con 52 milímetros, esto pudo haber sido causado por algún fenómeno de bajas precipitaciones por que históricamente el mes de septiembre no ocurren estas bajas precipitaciones.

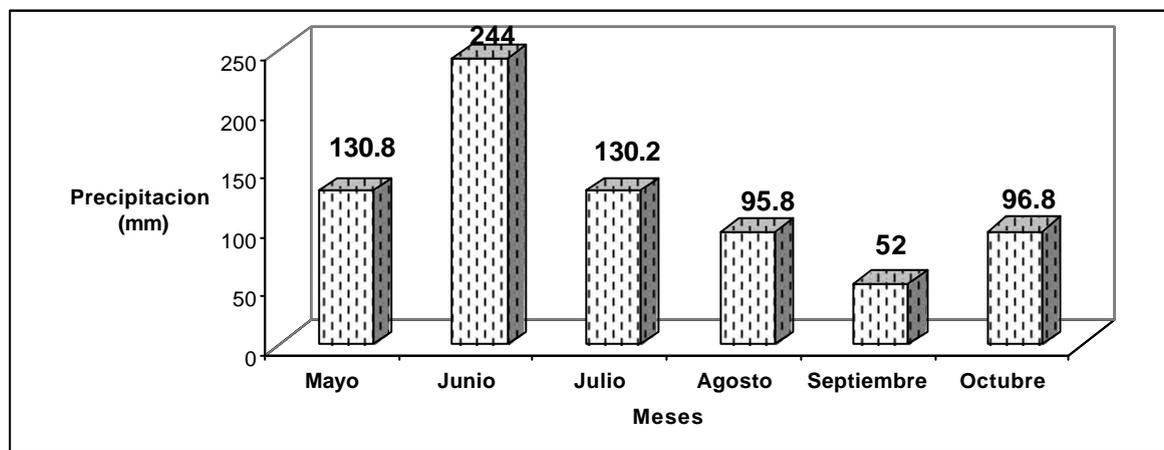


Figura 9. Precipitación del período lluvioso 2005, fuente INETER/Estación: San Isidro de Barbacoa.

Estos registros de precipitación muestran una relación directamente proporcional entre las cantidades de escorrentía registrada y las pérdidas de suelo medidas en las parcelas, las cuales pueden observarse a más detalle en el Cuadro 2.

4.2 Pérdida de suelo registrada en los diferentes sistemas productivos

Para un total de 47 muestras recolectadas de julio a noviembre, en los cinco sistemas evaluados en el período lluvioso 2005, los valores obtenidos de pérdidas de suelo fueron influenciados por el tipo de cobertura presente en cada uno de los sistemas productivos, el cual estuvo ejerciendo alguna resistencia al arrastre de las partículas de suelo, lo anterior se puede observar claramente en los registros presentes en la Cuadro 2.

4.2.1 Sistema de maíz y frijol

Se recolectaron 10 muestras en total, entre los meses de julio a noviembre. El sistema presentó la mayor pérdida de suelo para el mes de julio con 0.43 ton/ha. Esto se debió a la poca cobertura del cultivo, que permitió el impacto directo de las gotas de lluvia sobre las partículas del suelo. En octubre registró una pérdida de 0.25 ton/ha, debido a que presentó una pudrición del material vegetativo de los frijoles lo que condujo a un manejo de control de malezas deficiente y que beneficio con el aumento de cobertura muerta y viva que redujo el arrastre de las partículas de suelo durante los eventos de lluvia.

En el mes de septiembre, se registró una de las menores pérdida de suelo con 0.02 ton/ha, en este caso contribuyó la vegetación y la menor cantidad de precipitación con respecto a las normas históricas en la zona (Figura 9).

En el mes de noviembre las pérdida de suelo fueron al igual que el mes de septiembre muy bajas en comparación a los otros meses con 0.012 ton/ha causada por la finalización de la estación lluviosa en esa zona del país, otros estudios realizados por Paredes y Vásquez (1998) registró pérdidas suelo de 0.012 ton/ha por milímetros de precipitación en un período de un año en parcelas con tratamiento de barbecho desnudo (BD) en Venezuela; Trujillo.

Cuadro 2. Pérdida de suelo en cinco meses de lluvia del período de 2005 en los diferentes sistemas productivos.

Mes	Sistemas Productivos				
	Cultivo de maíz y frijol	Pasto taiwán morado	Pasto gamba y brachiaria	Pasto gamba	Cultivo en callejones (Maíz y Madero Negro)
Jul.	0.43	0.16	0.013	0.027	0.0013
Ago.	0.38	0.19	0.078	0.012	0.0049
Sep.	0.020	0.02	0.006	0.004	0.0047
Oct.	0.25	0.006	No hay dato	0.0006	No hay dato
Nov.	0.012	0.0011	0.007	0.002	No hay dato
Total ton/ha	1.092	0.3771	0.104	0.0456	0.0109

Fuente: Elaboración propia, 2007.

4.2.2 Sistema de pasto taiwán morado

Se recolectaron 11 muestras en total, entre los meses de julio a noviembre, la mayor pérdida de suelo se muestran en los meses de julio y agosto con pérdidas totales de 0.16 y 0.19 ton/ha respectivamente, esto se debe a que el área de la parcela cubierta por pasto Taiwán presentaba una baja densidad al inicio de la toma de datos, por consiguiente favoreció el proceso de erosión dentro del área ya que estos fueron meses de precipitaciones medias (Figura 9).

En cambio en los meses de septiembre, octubre y noviembre en el sistema se registraron pérdidas de suelo con 0.02, 0.006 y 0.011 ton/ha respectivamente, siendo estas las más bajas registradas en comparación a los meses de julio y agosto, lo cual pudo ser beneficiado en primer lugar por un aumento de la densidad en la cubierta de pasto taiwán que fue favorecido por las lluvias en los meses anteriores(mayo, junio, julio y agosto) y en segunda instancia por una pequeña reducción en las precipitaciones por la finalización de la época lluviosa.

4.2.3 Sistema de gamba y brachiaria

En este sistema se recolectaron un total de 9 muestras, entre los meses de julio a noviembre. Presentando la mayor pérdida de suelo en el mes de agosto con 0.078 ton/ha probablemente por la presencia de ganado mayor (bovino) causando pisoteo y una disminución de la cubierta vegetal del suelo, en cambio en el mes de julio se registraron las pérdida suelo con 0.013 ton/ha por una mayor densidad de la cubierta vegetal que se encontraba en la parcela, debido a que todavía no había presencia de ganado.

En el mes de septiembre las pérdidas de suelo fueron de 0.006 ton/ha causados por las bajas precipitaciones registradas que fue de 52 mm (Figura 9), en octubre no se obtuvieron muestra de campo por que se presentaron fuga de agua en los barriles por lo que no permitió la toma de datos, para el mes de noviembre las pérdidas fueron de 0.007 ton/ha cual fueron las más bajas en el sistema por la finalización del período lluvioso.

4.2.4 Sistema de pasto gamba

En este sistema se recolectaron un total de 10 muestras presentando la mayor pérdida de suelo para el mes de julio con 0.027 ton/ha, esto se debe a una moderada precipitación de 130 milímetros registrada en este período lluvioso y una baja cubierta vegetal de pasto gamba que se encontraba ejerciendo resistencia contra la erosión del suelo, para el mes de agosto y septiembre se obtuvieron pérdidas totales de 0.012 y 0.004 ton/ha respectivamente, en este se puede observar un descenso en la pérdida de suelo debido a las bajas precipitaciones registradas, esta reducción también fue presentada en el mes de octubre con pérdidas de 0.0006 ton/ha, para el mes de noviembre presentó valores de 0.002 Ton/ha, lo cual pudo estar siendo influenciado por la finalización del período lluvioso en esta zona. (Figura9).

4.2.5 Sistema de cultivo en callejones (maíz y madero negro)

En este sistema se recolectaron un total de 7 muestras registrando las menores pérdidas de suelo para el mes de julio de 0.0013 ton/ha, esto se debió a que esta parcela fue la última en ser instalada y solamente se recolectó una muestra en la última semana de dicho mes.

Para el mes de agosto y septiembre fueron de 0.0049 y 0.0047 ton/ha respectivamente, hay que señalar que durante este mes ocurrió un fenómeno de baja precipitación (Figura 9), para los meses de octubre y noviembre no se obtuvieron datos ya que presentó problemas con los barriles que fueron removidos por los productores, en esta parcela el cultivo de maíz también se dejó en abandono por el productor.

4.3 Volumen de Escorrentía en los sistemas

Este estudio muestra una similitud entre el volumen de escorrentía y la pérdida de suelo registrada en cada uno de los sistemas estudiados (Cuadro 3), es decir que la presencia de un mayor volumen de escorrentía provocará una mayor pérdida de suelo.

Cuadro 3. Pérdida de suelo y volumen de escorrentía en cinco meses del período 2005

Variables	Sistemas Productivos				
	Cultivo de maíz y frijol	Pasto taiwán morado	Pasto Gamba y brachiria	Pasto gamba	Cultivo en callejones (maíz y madero negro)
Pérdida de suelo (ton/ha)	1.092	0.3771	0.104	0.0456	0.0109
Volumen de escorrentía (L)	2,040	678.05	978.05	424.46	147.74

Fuente: Elaboración propia, 2005.

En el sistema de cultivo en callejones se obtuvo el mayor volumen de escorrentía y pérdida de suelo en comparación a los otros sistemas evaluados durante cinco meses de monitoreo, donde se registraron valores totales de escorrentía de 2040 litros y pérdidas totales de suelo de 1.092 ton/ha/año, esto fue a consecuencia de la poca cubierta vegetal presente en las primeras semanas de haber instalado las parcelas de escorrentía, facilitando de esta manera el arrastre de las partículas de suelo.

En el sistema cultivos en callejones (maíz con barreras de madero negro) se obtuvo el menor volumen de escorrentía y pérdida de suelo en comparación a los otros sistemas evaluados durante un monitoreo de tres meses, registrándose valores totales de escorrentía de 147.74 litros y pérdidas totales de suelo de 0.0109 ton/ha/año. Estos resultados muestran que en este sistema, tanto el maíz como el componente arbóreo de madero negro están ejerciendo resistencia al arrastre de sedimentos transportado por la escorrentía superficial y contribuyendo de esta forma a la protección y conservación del recurso suelo.

4.4 Determinación de los parámetros de la EUPS combinado con un Sistema de Información Geográfica (SIG)

➤ **Factor erosividad (R):**

Los eventos lluviosos registraron una precipitación media de 860 mm entre los períodos de 1962 a 1988 (27 años) tomados del Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER) estación meteorológica Estelí/Estelí, el valor de erosividad es de 2290.55 Mj mm/ha/ hora año.

➤ **Factor erodabilidad (K):**

Utilizando el nomograma de Wischmeier 1971 a través de los resultados de laboratorio de textura, materia orgánica, estructura y permeabilidad (Anexo 8.11) de suelo de la Microcuenca Estanzuela, en el sistema internacional el valor de erodabilidad es de 0.021 ton ha hora /ha Mj mm año .

➤ **Factor longitud y gradiente de la pendiente (LS):**

Este factor se calculó a través de un modelo, en el cual se utilizó el software gis ArcView 3.1 el que se encuentra representado por los valores de longitud y gradiente (LS) de la Microcuenca Estanzuela (Anexo 8.14).

➤ **Factor cobertura vegetal (C):**

Los valores de C se asignaron de acuerdo a la tabla de uso actual (Anexo 8.10) de la Microcuenca Estanzuela.

➤ **Factor prácticas de conservación de suelos (P):**

No se consideró, ya que se asume que en la zona estudiada no existen prácticas de conservación de ningún tipo.

4.4.1 Erosión actual y potencial estimada en la Microcuenca Estanzuela-Estelí aplicando EUPS en un SIG

Juntando los parámetros antes mencionados de la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) en combinación con un sistema de información geografía (SIG) se obtienen los valores de erosión en la Microcuenca Estanzuela.

- **Erosión actual**

La erosión actual estimada a través del modelo presenta una tasa de erosión del 28% afectada en la Microcuenca Estanzuela que se encuentra relacionada con la cobertura boscosa del área que representa el 49% y otro tipo de cubierta presente como pasto. El área de menor riesgo erosivo obtuvo como resultado que a aproximadamente el 72% del área de la Microcuenca Estanzuela no presenta problemas de erosión por estar clasificada como erosión ligera o ninguna perdiendo menos de 10 ton/ha/año distribuida en toda la microcuenca, siendo este el factor de cobertura vegetal el que haya disminuido las pérdidas de suelo (Anexo 8.10). Para saber el porcentaje de erosión y área correspondiente de pérdida de suelo expresada en ton/ha/año en la Microcuenca Estanzuela se clasifico la de pérdida de suelo según FAO.

Cuadro 4. Niveles de erosión actual en porcentaje de área con respecto a la clasificación de la erosión utilizando método FAO en la Microcuenca Estanzuela.

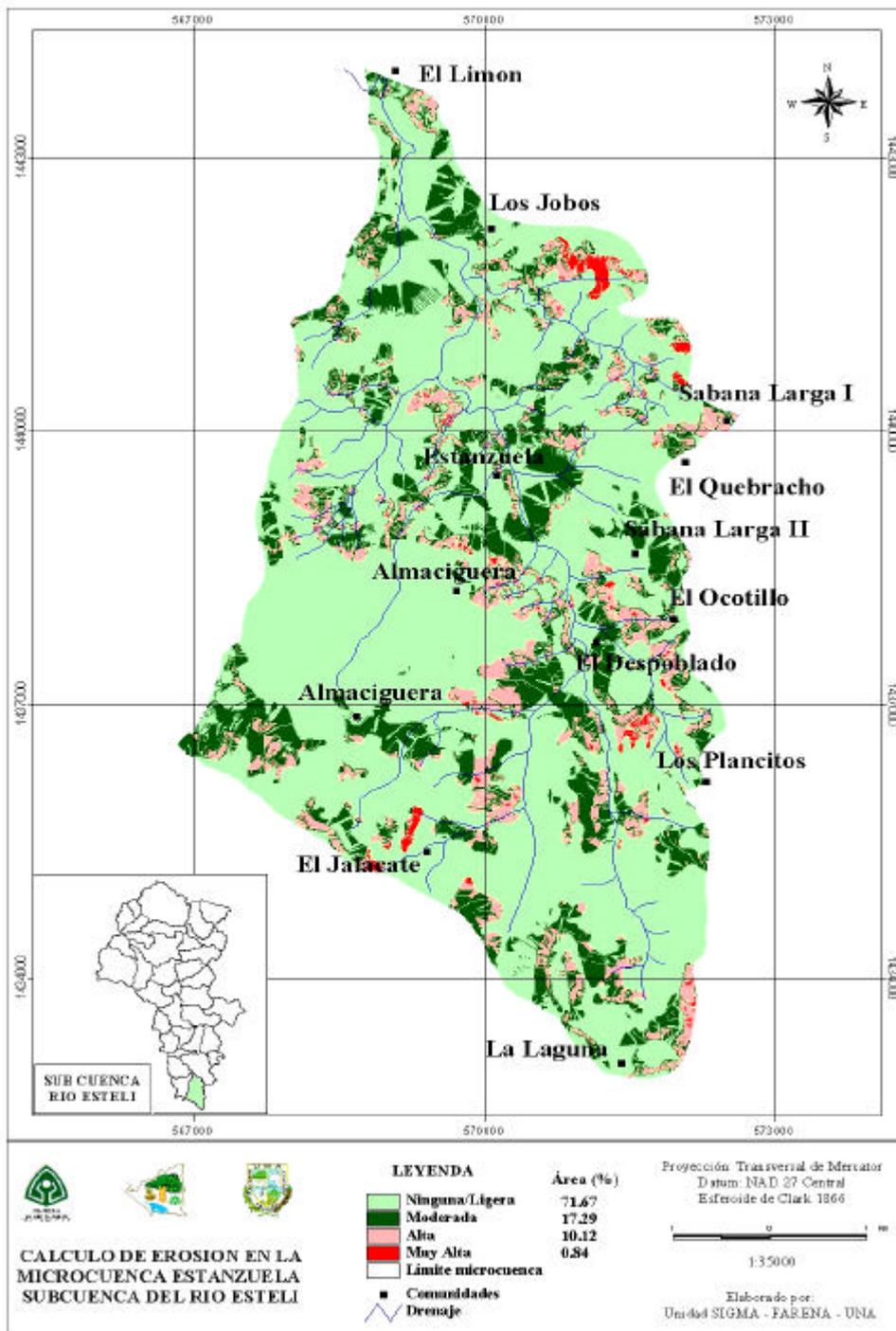
Clasificación	Pérdida de Suelos (ton/ha año)	Área (ha)	Área (%)
Ligera o Ninguna	Menores de 10	2588.24	71.7
Moderada	10 - 50	624.48	17.3
Alta	50 - 200	366.05	10.1
Muy Alta	Mayores de 200	31.91	0.84
TOTAL		3610.68	100

Fuente: Elaboración propia, 2005.

El área de riesgo de erosión clasificada como erosión moderada (10 a 50 ton/ha/año) presenta un área del 17%, localizada en las comunidades la Almaciguera, Estanzuela y El Despoblado. El área en estas comunidades presenta suelos moderadamente escarpados y una baja cubierta forestal.

El porcentaje de área con riesgo de erosión alta (50 a 200 ton/ha/año) representa el 10 % del área de la Microcuenca que se localiza en diferentes sectores del área de la Microcuenca en terrenos escarpados, con una baja cubierta vegetal (Cuadro 4).

Finalmente el área de riesgo de erosión clasificada como muy alta (mayores de 200 ton/ha/año) representa menos del 1% del área de la Microcuenca, afectando en la parte alta de la Microcuenca en la comunidad El Jalacate, Los Plancitos y la parte baja de la Microcuenca entre las comunidades de Sabana Larga I y Los Jobos. Ubicadas en áreas muy escarpadas con una cubierta vegetal muy baja o sin protección que están siendo utilizadas en cultivos anuales (Mapa 1).



Mapa 1. Mapa de la erosión actual en la Microcuenca Estanzuela de la Subcuenca del Río Estelí, 2005. (Fuente: Elaboración propia)

- **Erosión potencial**

El escenario que permite un cambio de uso de la Microcuenca obtuvo como resultado que aproximadamente el 56% del área total de la Microcuenca no presenta problemas de erosión, sin embargo, hubo una reducción de casi un 16% en comparación con los resultados del modelo anterior (Cuadros 4 y 5), estas áreas reducidas corresponden a diferentes sectores de la Microcuenca tanto en las partes altas como medias y bajas, ya que todos los bosques latifoliados abiertos y cerrados, bosques de coníferas y mixtos que fueron cambiados por cultivos anuales se encuentran dispersos en toda la Microcuenca, a esto se le suma la forma del relieve donde se encuentran localizados los bosques también se puede decir que no sólo el bosque se encuentra ejerciendo resistencia a las pérdidas de suelo sino que también otra cubierta vegetal como pastura, a esto se le suma las áreas que en su mayoría presentan pendientes de moderadamente escarpadas a muy escarpadas, todo esto conllevó a un aumento de la erosión en las diferentes partes de la Microcuenca presentando cambios significativos que pasaron de 366.05 a 711.91 ton/ha/año en las áreas clasificadas con categoría de alta, esto representa un aumento de aproximadamente un 100% y cambios drásticos en las categorías de muy alta, las cuales pasaron de 31.91 a 410.07 ton/ha/año

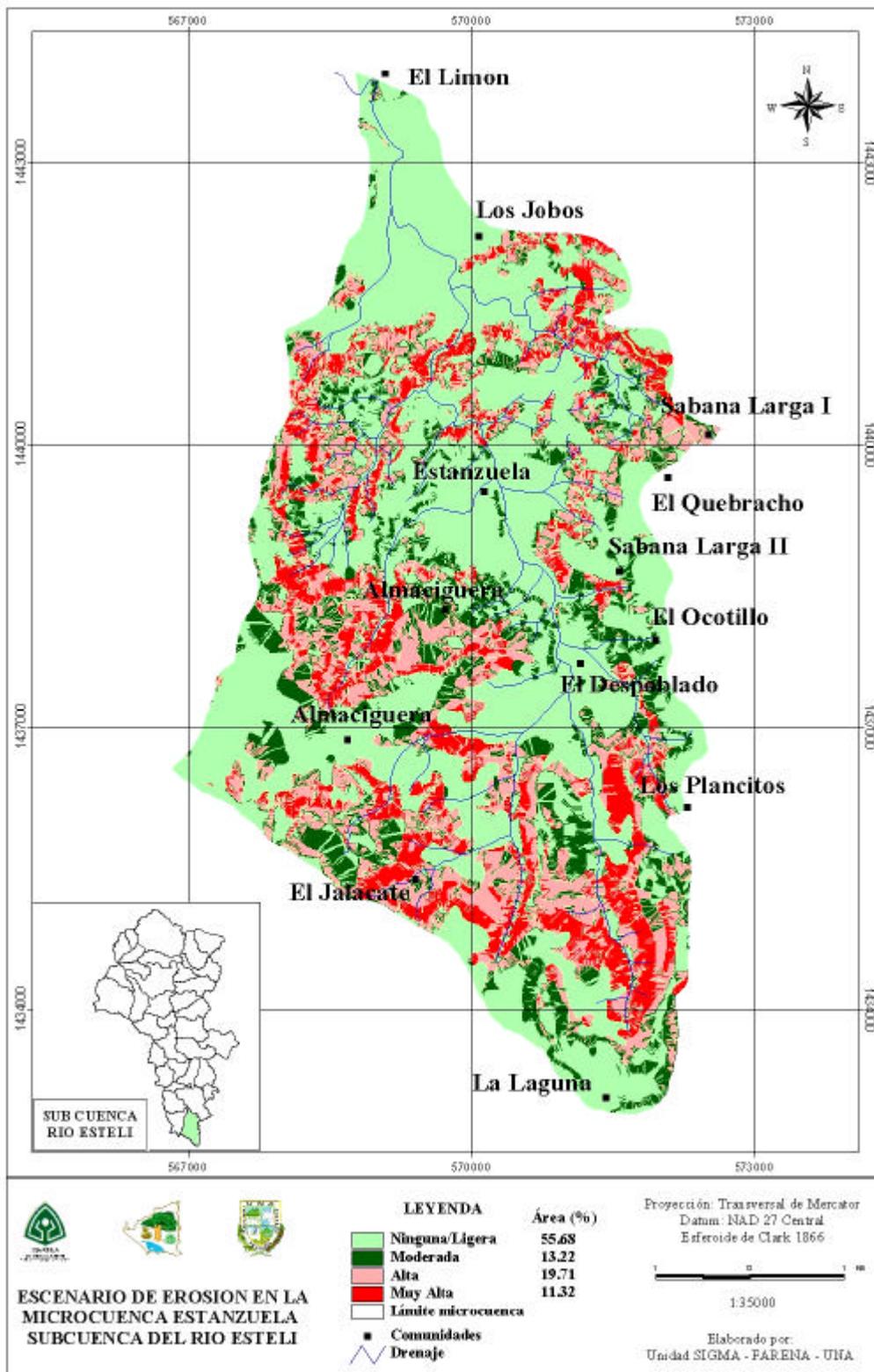
Cuadro 5. Niveles de erosión potencial en porcentaje de área con respecto a la clasificación de la erosión utilizando método FAO en la Microcuenca Estanzuela.

Clasificación	Pérdida de Suelos (ton/ha año)	Área (ha)	Área (%)
Ligera o Ninguna	Menores de 10	2010.41	55.7
Moderada	10 - 50	477.66	13.2
Alta	50 - 200	711.91	19.7
Muy Alta	Mayores de 200	410.07	11.3
TOTAL		3610.68	100.0

Fuente: Elaboración propia, 2005.

Es importante mencionar que no se realizó cambios en los bosque de galería, ya que estos sitios se encuentran a orillas del río , pues realizan una función de protección y de conservación del río mismo, aunque si valoramos el área de bosque que fue cambiada por cultivos anuales, que correspondió a 1,756 hectáreas que representan aproximadamente un 49% del área total de la Microcuenca, podemos darnos cuenta que la cubierta vegetal esta realizando una función importante en la Microcuenca que es la protección del suelo contra el proceso de erosión, además no podemos olvidar que en todos los bosques habitan otras especies que no son propiamente arbóreas como los animales y otros vegetales que se verían afectadas también con la desaparición de los mismos.

En el mapa 2 podemos observar claramente las comunidades y sectores que se encuentra dentro de una clasificación de erosión de ligera o ninguna, estas se encuentra distribuida a lo largo de toda la Microcuenca en áreas con buena cobertura vegetal y moderadas pendientes, también se pueden observar las áreas mas afectada con erosión muy alta distribuida a lo largo de la Microcuenca, esto es debido al cambio de uso del suelo sustituyendo los bosque por cultivo en la Microcuenca Estanzuela.



Mapa 2 Mapa del escenario de erosión potencial en la Microcuenca Estanzuela de la subcuenca del Río Estelí, 2005. (Fuente: elaboración propia)

V. CONCLUSIONES

- ❖ Los factores que más influyeron en los sistemas productivos evaluados son la precipitación y la cubierta vegetal en la Microcuenca Estanzuela.
- ❖ La densidad y tipo de cubierta vegetal tiene una función protectora contra el impacto de las gotas de lluvia y el movimiento de ésta, a través del escurrimiento superficial.
- ❖ El sistema de maíz y frijol registró las mayores pérdidas de suelo totales con 1.0 ton/ha/año en comparación a los otros sistemas productivos estudiados, por presentar una menor densidad de la cubierta vegetal al inicio de su desarrollo vegetal y precipitaciones media ocurridas en los meses de julio, agosto.
- ❖ El sistema de pasto gamba registró las menores pérdidas de suelo presentando una buena cubierta vegetal que se mantuvo durante todo el año evaluados en los cinco meses del período lluvioso de 2005.
- ❖ La erosión actual de la Microcuenca Estanzuela mostró un 72% aproximadamente de erosión ligera o ninguna, ya que la mayor parte del área de la Microcuenca Estanzuela se encuentra cubierta por bosque y el otro 28% se encuentra con problemas de erosión.
- ❖ La creación del escenario del cambio de uso de la tierra permite corroborar la importancia de los bosques y otro tipo de cubierta como pastura en la protección del suelo contra el proceso de erosión en la Microcuenca Estanzuela.

- ❖ La sistematización de la información espacial a través del SIG permitió generar de manera muy fácil y rápida el escenario pesimista y determinar el efecto provocado por el cambio de uso del suelo en la Microcuenca Estanzuela, demostrando la utilidad de esta tecnología para el análisis, cuantificación y representación de la distribución espacial de la erosión hídrica, permitiendo localizar geográficamente las áreas afectadas.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Pueden establecerse bancos forrajeros de Taiwán morado (*Pennisetum purpureum*), Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*.) o especies similares ya que son especie de fácil manejo, reduce la erosión y escorrentía superficial, además es una alternativa de alimento para el ganado en épocas secas.
- ❖ Es necesario continuar con este estudio de investigación con el fin de adquirir datos de mayor confiabilidad por ser resultados de un año de muestreo del período de lluvia de 2005 en cuanto a la pérdida de suelo en la zona de estudio de la Microcuenca Estanzuela-Estelí.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera R. M. A y Pineda R. M. O 1999. Evaluación del efecto de barrera viva de *Gliricidia sepium* sobre la erosión del suelo y la producción de granos básicos en parcelas de escurrimiento en la Cuenca El Pital. Tesis Ing. Managua, Nicaragua, UNA; 76 p.
- Condori G. D. y Mendoza J. F. J 2002. Integración de SIG y MDT para predicción de erosión hídrica actual y potencial en un distrito de riego proyectado en zonas de ladera. Tesis Especialidad. Bogota, Colombia. Universidad Distrital Francisco José de caldas; 77 p.
- FAO [on line]. Erosión de suelos en América Latina: Predicción de la erosión de suelos, Proyecto GLASOD SOTTER 1992 (citado marzo 2007). Habilitado de Internet. URL: www.fao.org/index_es.htm
- FIDER (Fundación de Investigación y Desarrollo Rural) 2003. Plan de Manejo Reserva Natural Tisey-Estanzuela; Estelí-Nicaragua; 288 p.
- Gutiérrez A, M, C. 2004. Simulación de la escorrentía y producción de sedimentos aplicando SWAT en las Microcuencas 7 y13, subcuenca III, cuenca sur del lago de Managua, Nicaragua. Tesis Ing. Managua, Nicaragua, UNA. 132 p.
- Kirkby, M. J, y Morgan. R. P. C. 1984; Erosión de suelos.1ra edición, impreso en México.375 p.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales); POSAF (Programa Socioambiental y de Desarrollo Forestal) 2002. Plan de ordenamiento de la Cuenca Río Estelí, Managua, Nicaragua. 211 p.

- Moreira M, J, M. 1991. Capacidad de uso y erosión de suelo: una aproximación a la educación de tierra en Andalucía (en línea). Consultado 15 mayo. 2007. Disponible en http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicas/Publicaciones_Divulgaciones_y_Noticias/Documento_Tecnico/Usos_y_erosion/pdf/evaluacion2.pdf
- Mendoza C, B, R. 1994. Evaluación de practicas Agroforestales de Conservación de Suelo sobre la Erosión y la Producción de Granos Básico. Tesis Ing. Managua, Nicaragua, UNA. 60 p.
- Montoya V, M, S. López, A. 2004. Estudio del uso y comercialización de productos forestales no maderables en 7 comunidades del área protegida Tisey-Estanzuela en el departamento de Estelí, Nicaragua. Tesis Ing. Managua, Nicaragua, UNA. 41 p.
- Paredes E. Y Vásquez Y. 1998. Influencia de la cobertura sobre la erosión en agroecosistemas de café (en línea). Consultado 25 marzo. 2007. Disponible en <http://natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp20/1675-t.pdf>
- Pérez J. M y Pratt L 1997. Análisis de Sostenibilidad de la Industria de Ganadería (en línea) Nicaragua, Consultado 15 febrero 2007. Disponible en <http://www.incae.ac.cr/ES/clacds/investigacion/pdf/cen751.pdf>
- Reyes B, R, I. 2001. Estimación de pérdida de suelo en la Microcuenca Wibuse-Jicaro San Dionisio, departamento de Matagalpa, utilizando cuatro modelos de predicción. Tesis Ing. Managua, Nicaragua, UNA. 71 p.

VIII. ANEXO

Anexo 8.1 Material de campo

Cinta métrica
Estacas
Laminas de zinc liso
Pala
Machete
Tijera para cortar zinc
Remaches
Remachadora
Tuvo pvc
Barriles
Tapa goteras
Tenazas
Piochas
Coba
Balde
Panas
Guantes de cuero
Capote
Sondaleza
GPS
Cámara digital
Silicón
Botellas desechables
Libretas
Lápiz
Regla
Marcadores

Otros Material:

Computadoras
Libros
Libretas
Lápices
Reglas
CD
Impresora

Anexo 8.2 Cantidad de muestras obtenidas en los sistemas productivos evaluados en el período 2005

Fuente: Elaboración propia, 2005

Código de parcela	Sistema Productivo	PERÍODO DE MONITOREO					TOTAL POR SISTEMA
		Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	
ES01	Cultivo anual	2	3	3	1	1	10
ES02	Pasto Taiwán	3	3	3	1	1	11
ES03	Pasto Gamba y Brachiaria	2	3	3	No hay datos	1	9
ES04	Pasto Gamba	2	3	3	1	1	10
ES05	Cultivo en callejones	1	3	3	No hay datos	No hay datos	7
TOTAL POR MES		10	15	15	3	4	47

Anexo 8.3 Resultados de las muestras obtenidas en el campo de la parcela 1, 2005

Cultivo: Maíz en asocio con Frijol

Lugar: Estanzuela- Estelí

Área: 20 x 3 metros

Tratamiento	peso de beaker		peso del beaker con sedi (g)		sedimentos (g)		Vol. De la muestra (lts)		consentracio de sedi (g/lts)		ALTURA DEL BARRIL (cm)		VOL ESCORRENTIA DEL BARRIL (lts)		pérdida de suelo ton/ha		TOTAL PS Ton/ha
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	
ES01 03/07/05	322		344		22		1.5		15		62		158		0.38		
ES01 31/07/05	318.8		324.9		6.1		2		3		37		94.4		0.0472		
ES01 10/08/05	317.9		330.5		12.6		1.5		8		29.5		75.3		0.0176		
ES01 19/08/05	325.4	322	330.3	330	4.9	9	1.6	1.5	3	5.58	72	16	184	245	0.0902	0.23	
ES01 28/08/05	319.9		322.2		2.3		1.6		1		705		180		0.044		
ES01 03/09/05	303.7		305.7		2		1.5		1		19.8		50.5		0.0111		
ES01 11/09/05	304.1		305.1		1		1.6		0		25		63.8		0.0045		
ES01 21/09/05	327.9		329.3		1.4		1.6		1		11		28.1		0.0042		
ES01 23/10/05	321.1	319	321.4	322	0.3	4	1.6	1.5	0	2.45	73.5	38	188	582	0.006	0.24	
ES01 10/11/05	319.4		320		0.6		1.5		0		75		191		0.0124		
TOTAL	3180.2	641	3233	653	53.2	12	16	3	32	8.03	1110	54	1213	827	0.6172	0.47	1.0872

Total de pérdida de suelo de la parcela uno es de 1.0872 ton/ha

ES= Estelí; 01=Parcela; B 1y2= Barril

Fuente: Elaboración propia, 2005

Anexo 8.4 Resultados de las muestras obtenidas en el campo de la parcela 2, 2005

Cultivo: Taiwán morado

Lugar: Estanzuela-Estelí

Área: 20 x 3 metros

Tratamiento	peso de beaker		peso del beaker con sedimentos (g)		sedimentos (g)		Vol. De la muestra (lts)		concentración de sedimentos (g/lts)		ALTURA DEL BARRIL (cm)		VOL DE ESCORRENTIA DEL BARRIL (lts)		pérdida de suelo ton/ha		TOTAL PS ton/ha
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	
ES02 03/07/05	326		364		38		1.6		34		12		30.6		0.12		
ES02 12/07/05	321.2		324.4		3.2		1.4		2		2		5.1		0.0019		
ES02 31/07/05	320.1		325.8		5.7		2		3		29.5		75.3		0.0358		
ES02 10/08/05	317.6		330.5		12.6		2.1		8		4		10.2		0.0043		
ES02 19/08/05	321.1		327.8		6.7		1.5		5		66		168		0.1288		
ES02 28/08/05	319.3		323.2		3.9		1.6		3		53		135		0.0566		
ES02 03/09/05	322.1		324.9		2.8		1.5		2		16.9		43.1		0.013		
ES02 11/09/05	322		322.8		0.8		1.5		1		3		7.65		0.0007		
ES02 21/09/05	329.6		330.9		1.3		1.5		1		29		74		0.0103		
ES02 23/10/05	326.5		329		2.5		1.6		1		21.5		54.9		0.0056		
ES02 10/11/05	322.5		323.9		1.4		1.5		1		29		74		0.0113		
TOTAL	3548	0	3627.2	0	78.9	0	17.82	0	61	0	265.9	0	678.5	0	0.388263	0	0.388263

Total de pérdida de suelo de la parcela dos es de 0.388263 ton/ha

ES= Estelí; 02=Parcela; B 1y2= Barril

Fuente: Elaboración propia, 2005

Anexo 8.5 Resultados de las muestras obtenidas en el campo de la parcela 3, 2005

Cultivo: Pasto gamba y brachiria

Lugar: Estanzuela-Estelí

Área: 20 x 3 metros

Tratamiento	peso de beaker		peso del beaker con sedimentos (g)		sedimentos (g)		Vol. De la muestra (lts)		concentracio de sedimento (g/lts)		ALTURA DEL BARRIL (cm)		VOL DE ESCORRENTIA DEL BARRIL (lts)		pérdida de suelo ton/ha		TOTAL PS Ton/ha
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	
ES03 12/07/05	329.8		335.2		5.4		2.5		2		10		25.5		0.0092		
ES03 31/07/05	303.7		304.1		0.4		1.5		0		40		102		0.0044		
ES03 10/08/05	307.8		308.4		0.6		2.1		0		5		12.8		0.0006		
ES03 19/08/05	318.8	321	319.5	321	0.7	0	2	1.5	0	0.27	70	82	179	209	0.01	0.056	
ES03 28/08/05	326.3		325.4		0.9		1.5		1		49		125		0.0123		
ES03 03/09/05	307.3		307.9		0.6		1.6		0		35.5		90.6		0.0058		
ES03 11/09/05	324.1		324.2		0.1		0.7		0		1		2.55		6E-05		
ES03 21/09/05	223.3		223.6		0.3		1.6		0		8		20.4		0.0006		
ES03 10/11/05	325.3		325.7		0.4		1.5		0		70		179		0.0077		
TOTAL	2766.4	321	2774	321.4	9.4	0.4	14.98	1.53	4.6	0.27	288.5	82	736.54	209.24	0.050713	0.056	0.106713

Total de pérdida de suelo de la parcela tres es de 0.106713 ton/ha

ES= Estelí; 03=Parcela; B 1y2= Barril

Fuente: Elaboración propia, 2005

Anexo 8.6 Resultados de las muestras obtenidas en el campo de la parcela 4, 2005

Cultivo: Pasto gamba

Lugar: Estanzuela-Estelí

Área: 12 x 3 metros

Tratamiento	peso de beaker		peso del beaker con sedimentos (g)		sedimentos (g)		Vol. De la muestra (lts)		concentration de sedimentos (g/lts)		ALTURA DEL BARRIL (cm)		VOL DE ESCORRENTIA DEL BARRIL (lts)		pérdida de suelo ton/ha		TOTAL PS Ton/ha
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	
ES04 12/07/05	317.9		318.5		0.6		1.54		0.4		10		25.52		0.027		
ES04 31/07/05	323.1		323.3		0.2		2.03		0.1		11	B2	28.07		0.00077		
ES04 10/08/05	324.8		325.1		0.3		1.55		0.2		2		5.1		0.00026		
ES04 19/08/05	329.7		329.9		0.2		1.522		0.1		15		38.28		0.00138		
ES04 28/08/05	322.9		325.8		2.9		2.57		1.1		13.5		34.45		0.0107		
ES04 03/09/05	323		323.4		0.4		1.555		0.3		3		7.66		0.00055		
ES04 11/09/05	320.4		320.6		0.2		1.525		0.1		4		10.21		0.00036		
ES04 21/09/05	328.2		328.5		0.3		2		0.2		34		86.76		0.0036		
ES04 23/10/05	319.5		319.6		0.1		1.5		0.1		12		30.32		0.00059		
ES04 10/11/05	329.7		329.8		0.1		1.56		0.1		62		158.09		0.0026		
TOTAL	3239.2		3244.5		5.3		17.35		2.6		166.5		424.46		0.04781		0.04781

Total de pérdida de suelo de la parcela cuatro es de 0.04781 ton/ha

ES= Estelí; 04=Parcela; B 1y2= Barril

Fuente: Elaboración propia, 2005

Anexo 8.7 Resultados de las muestras obtenidas en el campo de la parcela 5, 2005

Cultivo: Cultivo en callejones (maíz y madero negro)

Lugar: Estanzuela-Estelí

Área: 20 x 3 metros

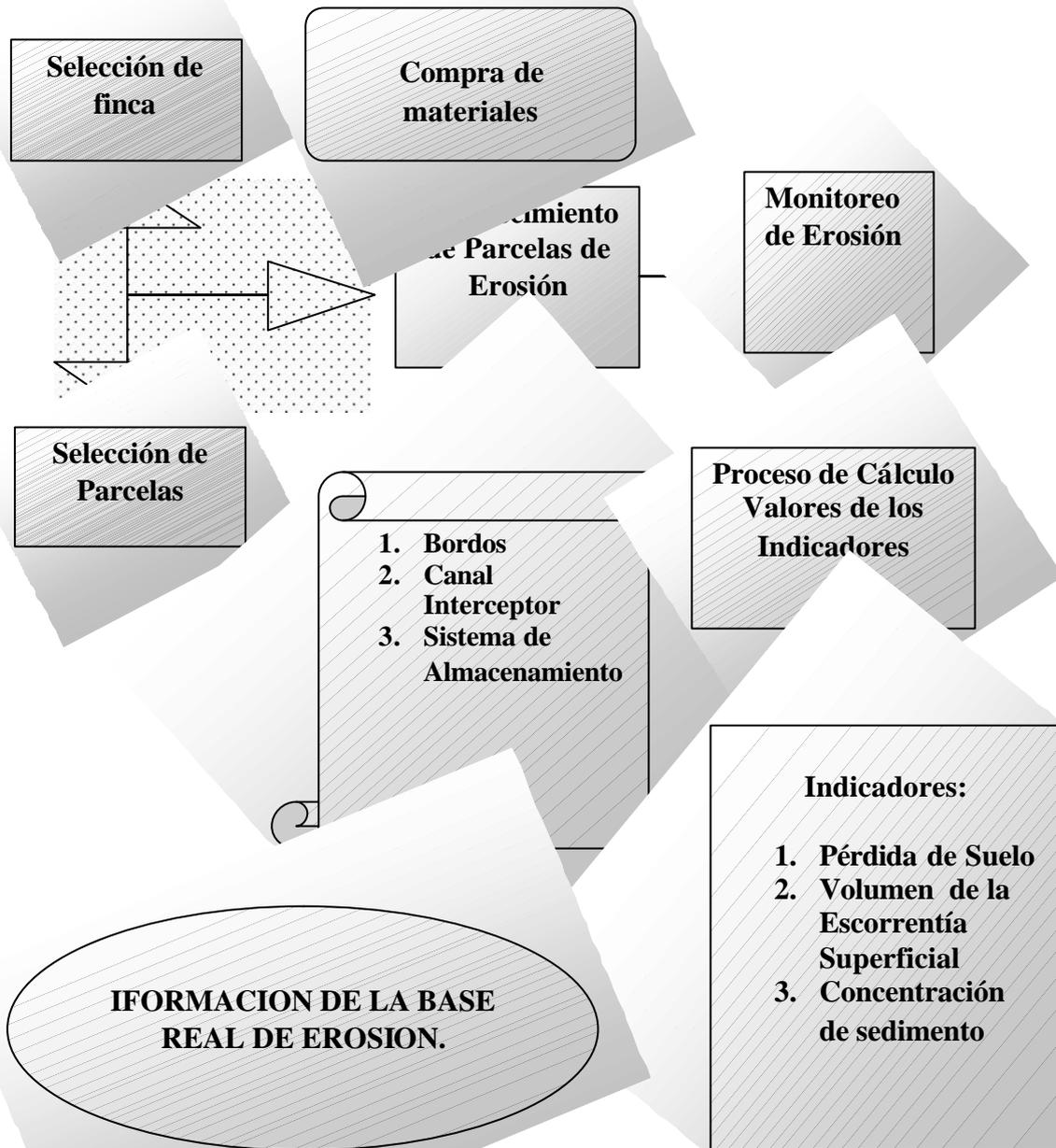
Total de pérdida de suelo de la parcela cinco es de 0.1107 ton/ha

Tratamiento	peso de beaker		peso del beaker con sedimentos (g)		sedimentos (g)		Vol. De la muestra (lts)		concentration de sedimentos (g/lts)		ALTURA DEL BARRIL (cm)		VOL DE ESCORRENTI A DEL BARRIL (lts)		pérdida de suelo ton/ha		TOTAL PS ton/ha
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	
ES05 31/07/05	324.7		325.3		0.6		2		0.3		10		25.52		0.00131		
ES05 10/08/05	326.5		327.2		0.7		1.55		0.5		2		5.1		0.00038		
ES05 19/08/05	323.1		324.1		1		2.55		0.4		12		30.62		0.002		
ES05 28/08/05	315.9		317.2		1.3		2.53		0.5		12.4		31.64		0.0026		
ES05 03/09/05	329.7		330.8		1.1		1.55		0.7		5		12.76		0.0015		
ES05 11/09/05	315.1		315.5		0.4		2.054		0.2		3.5		8.93		0.00028		
ES05 21/09/05	307.2		308.3		1.1		2.005		0.6		13		33.17		0.003		
TOTAL	2242.2		2248.4		6.2		14.24		3.1		57.9		147.74		0.01107		0.01107

ES= Estelí; 05=Parcela; B 1y2= Barril

Fuente: Elaboración propia, 2005

Anexo 8.8 Esquema general de las etapas de trabajo de las parcelas de escorrentía



Fuente: [illegible], 2005

Anexo 8.9: Datos de muestra de suelo obtenido en laboratorio, Estanzuela Estelí 2007

Especificaciones		Descripción
Perfil Representativo		Estanzuela-Estelí
Textura	Clase	Franco
	% arena	46
	% limo	32
	% arcilla	22
% Materia Orgánica		5.24
Estructura	clase	Bloques subangulares
	b	3
Permeabilidad	clase	moderada
	c	3
K Sist. US		0.16
K Sist. INT		0.021

Anexo 8.10 Tabla de valores para el factor C

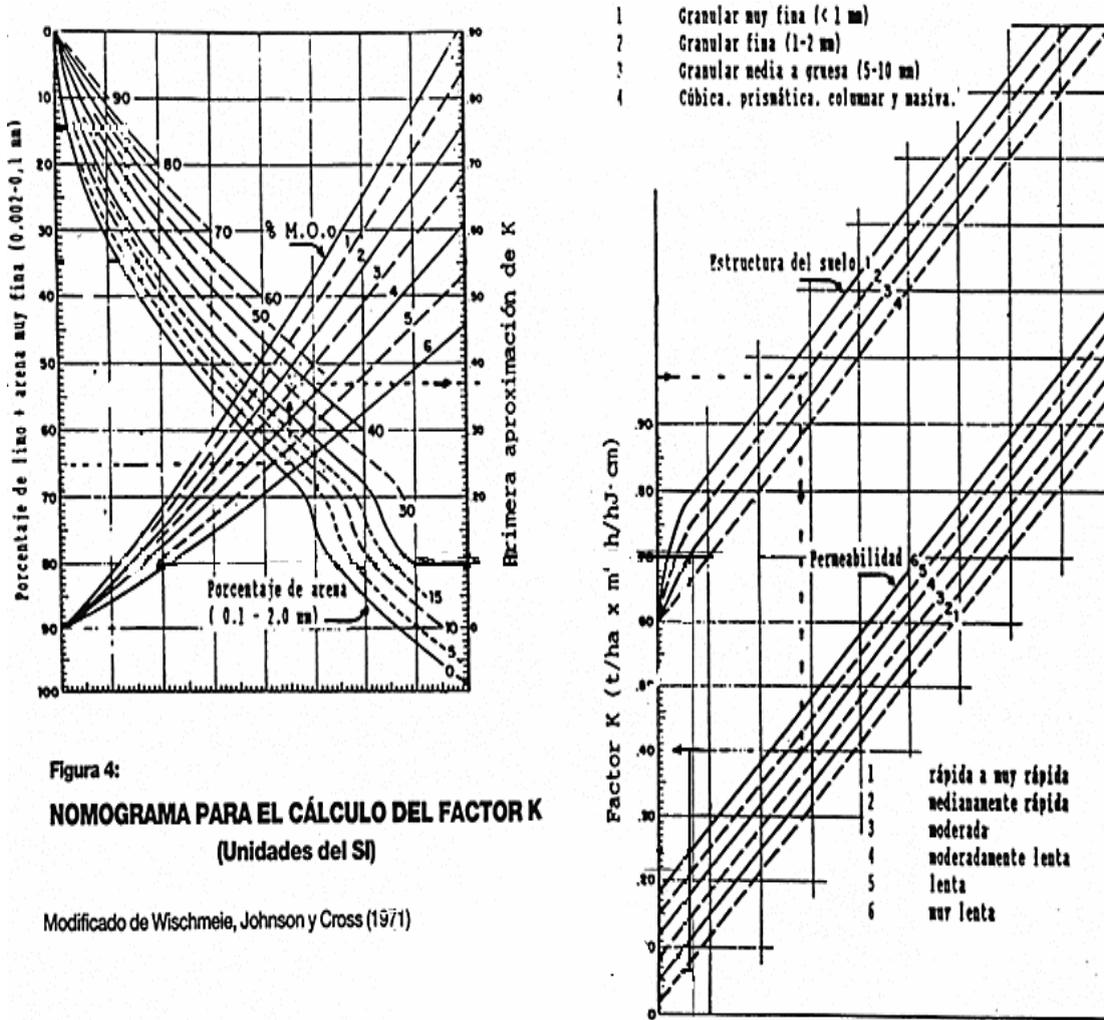
VALORES REFERENCIALES DEL INDICE DE FACTOR DE USO Y MANEJO DEL SUELO C	
COBERTURA VEGETAL	C
Bosque no intervenido	0.001
Bosque intervenido	0.34
Tierras erosionadas con escasa vegetación	0.8
Suelo desnudo	1
Cultivos extensivos en hileras, ejemplo maíz	0.5
Yuca y batata 1er año	0.2-0.8
Palmera, café, cacao	0.1-0.3
Pastos	0.07
Hortalizas	0.3
Algodón	0.6
arroz de irrigación	0.05
arroz de secado	0.5
Banana	0.6
Bosque con capa de humus	0.001
Cacao	0.2
Café	0.2
Café bajo sombrío	0.05
Cana de azúcar	0.2
chile	0.6

(Continuación)

VALORES REFERENCIALES DEL INDICE DE FACTOR DE USO Y MANEJO DEL SUELO C	
Maíz	0.65
maní	0.3
Palma de aceite	0.3
papas	0.4
papas (surcos a través de la pendiente)	0.3
papas (surcos según la pendiente)	0.6
papaya	0.2
Pasto permanente -bueno	0.04
Pastos permanente malo	0.4
Pina en contorno - residuos en superficie	0.01
Pina en contorno - residuos enterrados	0.2
Pina en contorno - residuos recolectados	0.3
Plantación joven de árboles	0.3
rastrojo alto con capa de humus	0.01
Sorgo	0.3
soya	0.4
Suelo desnudo	1
Tabaco	0.5
Taro	0.86
Te	0.2
Tef (Etiopía)	0.25
Yam	0.5
Yuca	0.8

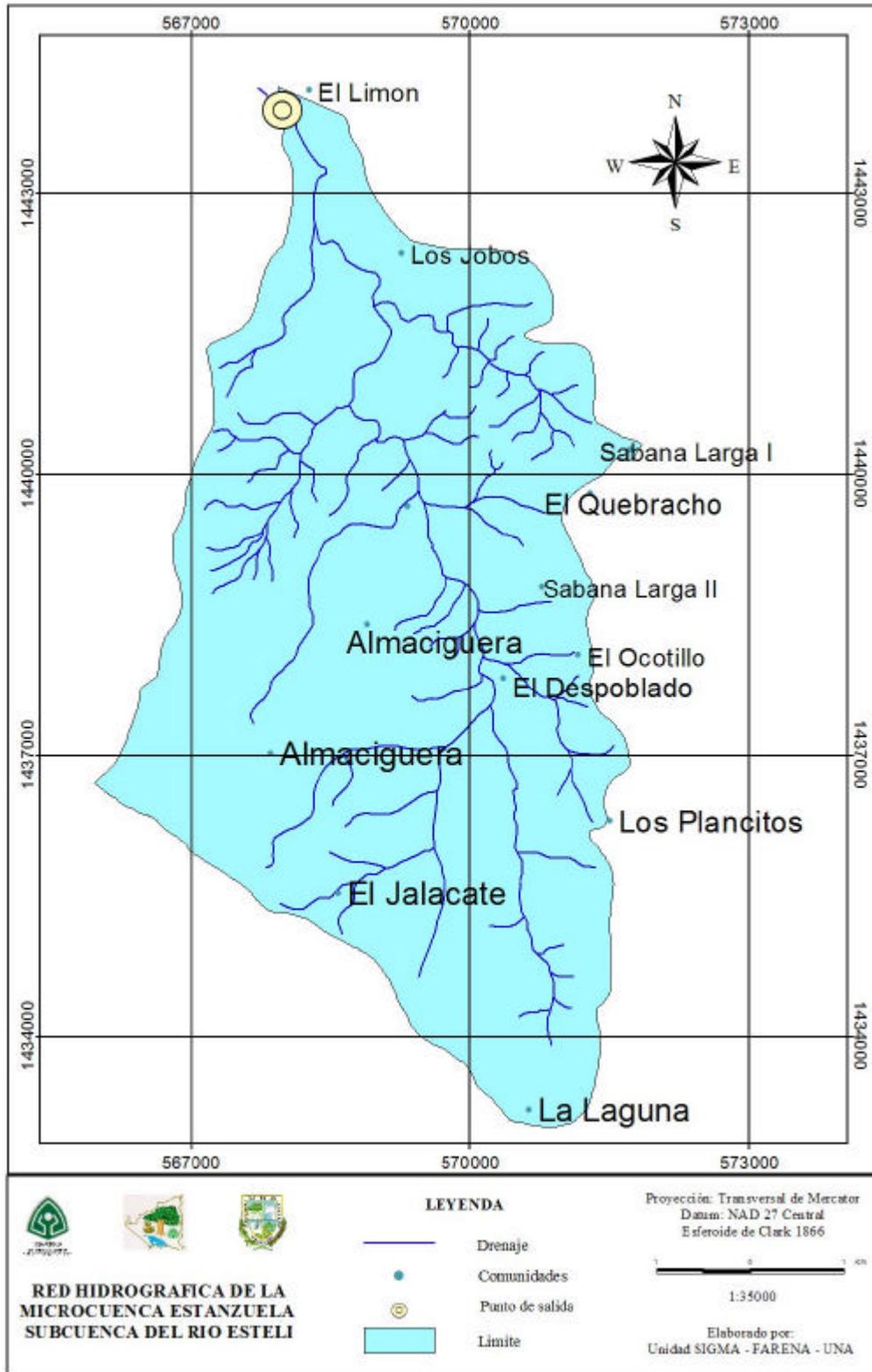
Fuente: Tomado de Miller and Donahue, 1990.

Anexo 8.11 Nomograma para el cálculo del factor K



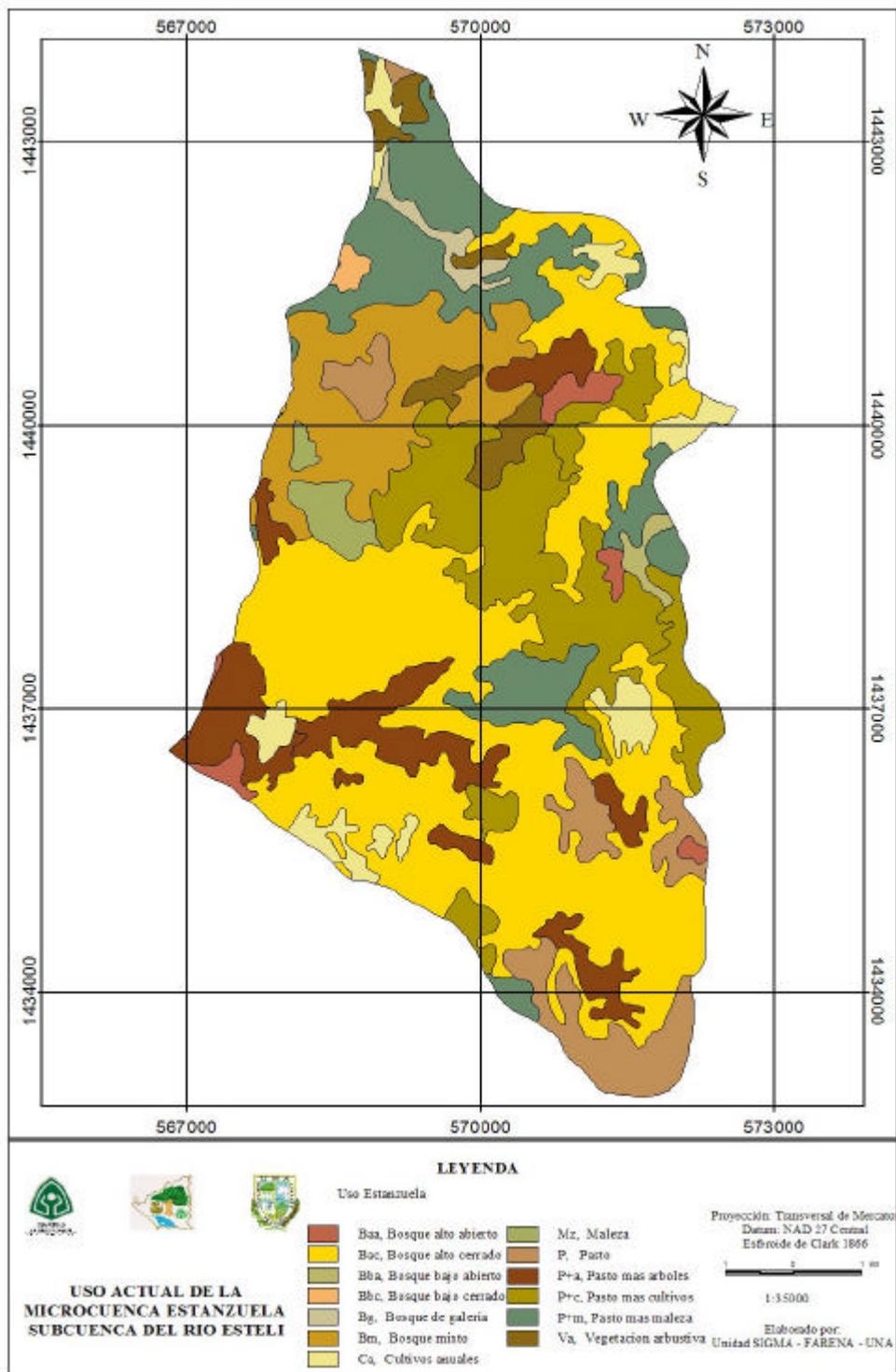
Fuente: Tomado de Wischmeier, Jonson y Cross 1971

Anexo 8.12 Red hidrográfica Estanzuela



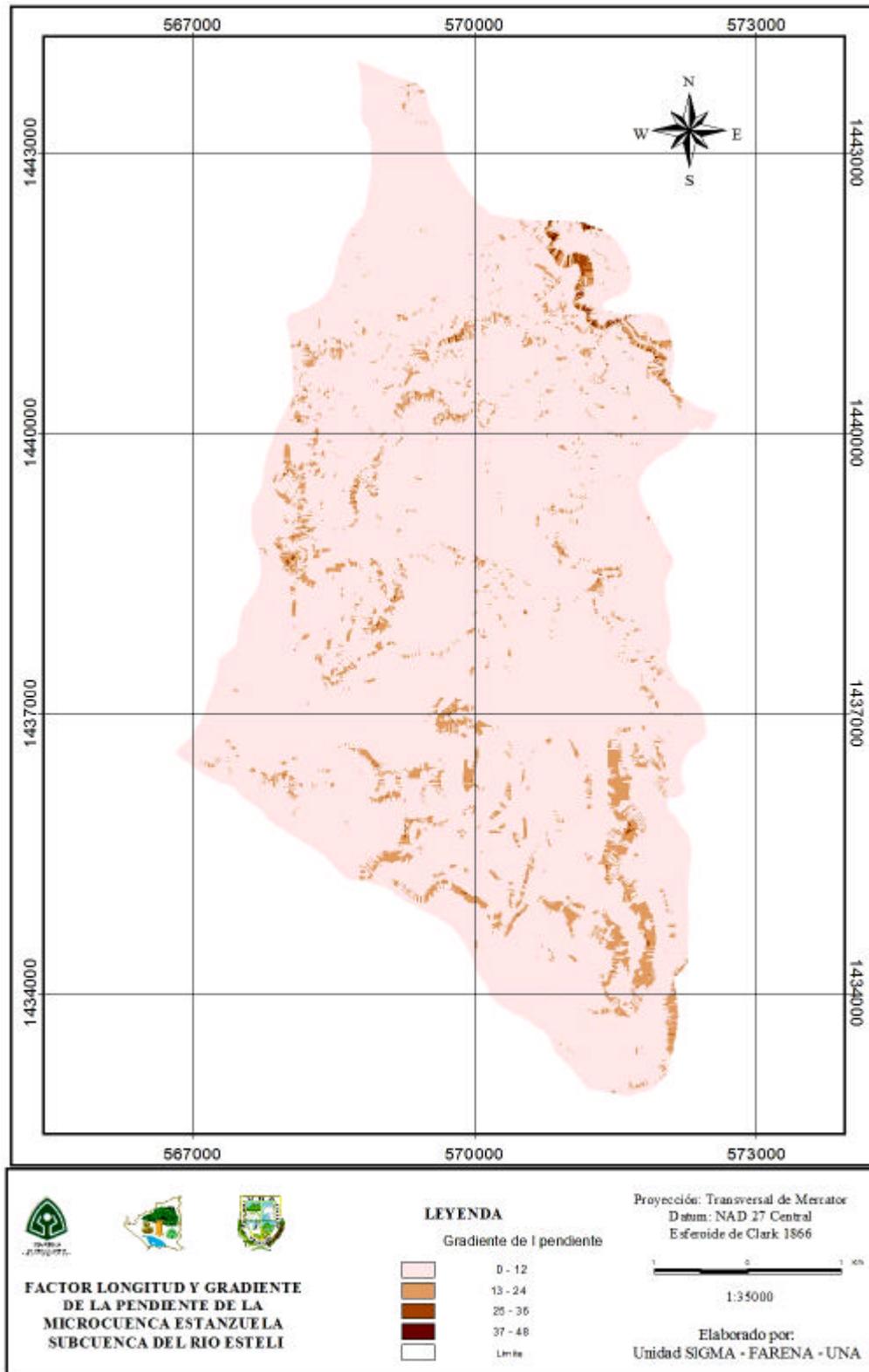
Fuente: Elaboración propia, 2007.

Anexo 8.13 Uso actual de Estanzuela



Fuente: Elaboración propia, 2007.

Anexo 8.14 Mapa de gradiente de la pendiente Estanzuela



Fuente: Elaboración propia, 2007.