

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



TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN EN SISTEMAS FORESTALES Y
AGROFORESTALES PROMOVIDOS POR EL POSAF EN LA MICROCUENCA
LAS GRADAS DEL RÍO DIPILTO (NUEVA SEGOVIA)**

AUTORES:

Br. Ofilio José Hernández Álvarez.

Br. Francisco Aníbal Moncada Ulloa.

ASESORES:

Ing. Domingo Rivas Cerda (Ph.D).

Ing. Andrés López.

**Managua, Nicaragua
Diciembre 2007**

INDICE GENERAL

Contenido.....	Paginas
Índice general.....	I
Índice de tabla.....	iv
Índice de figura.....	V
Índice de anexo.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Agradecimiento.....	ix
Resumen.....	x
Summary.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Supuestos.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Bosques de pino en Nicaragua.....	4
2.2 Procesos de erosión.....	4
Erosividad.....	5
Erodabilidad.....	5
2.3 Erosión actual y erosión potencial.....	5
Erosión actual.....	5
Erosión potencial.....	5
2.4 Cuantificación de erosión utilizando parcelas de escorrentía	6
2.5 Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS).....	6
2.5.1 Ventajas y limitaciones de la (EUPS).....	11
2.6 Pérdidas permisibles de suelos (Tolerancia).....	12
2.7 Sistema productivo y cultivo.....	13

2.7.1 La agroforestería.....	13
2.7.2 Sistema silvòastoril (SSP).....	14
2.8 Practicas de conservación mas utilizadas.....	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1 Ubicación y características del área de estudio.....	15
3.1.1 Localización.....	15
3.1.2 Clima.....	16
3.1.3 Relieve.....	16
3.1.4 Suelo.....	16
3.1.5 Zonas de vida (vegetación).....	17
a) Bosque (neblíselva de altura).....	17
b) Bosque (pinos asociados con roble encino).....	17
c) Bosque de galería.....	18
3.1.6 Información socio-económica.....	18
3.2 Proceso metodológico utilizando parcelas de escurrimiento.	19
3.2.1 Etapa de pre-campo.....	19
a) Proceso de selección del sitio de estudio.....	19
b) Criterios para seleccionar los sistemas productivos.....	19
3.2.2 Etapa de campo.....	20
a) Instalación de las parcelas de escorrentía.....	20
b) Sistema de monitoreo y recolección de datos en el campo....	20
3.2.2.1 Descripción de los sistemas productivos.....	21
a) Sistema de manejo de bosque (MB).....	21
b) Sistema de banco e nergético taiwán verde (BE).....	22
c) Sistema de Manejo de Regeneración de Bosque (MRB).....	23
3.2.3 Etapa de análisis de los datos.....	23
3.2.3.1 Relación de escorrentía superficial con la precipitación..	24
3.3 Cálculo de los factores de la EUPS en el (SIG).....	24
a) Factor de erosividad de lluvia "R".....	25
b) Factor de erodabilidad del suelo (K).....	25

c) Factor longitud y gradiente de pendiente (LS).....	25
d) Factor uso y manejo de cobertura vegetal (C).....	26
e) Factor practicas de conservación de suelo (P).....	26
3.4 Diseño experimental (SIG) aplicado a (USLE).....	26
3.5 Creación de los escenarios en la microcuenca Las Gradadas..	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1 Precipitación registrada en el periodo de Julio a Octubre.....	29
4.2 Pérdidas de suelos mensuales en los diferentes sistemas.....	30
a) Pérdidas de suelos en el sistema de manejo de bosque.....	31
b) Pérdidas de suelos en el sistema de banco e nergético.....	31
c) Pérdidas de suelos en el manejo de regeneración de bosque	32
4.3 Porcentaje de escorrentía superficial en cada sistema.....	33
4.4 Escorrentía superficial y concentración de sedimento.....	34
a) Escorrentía superficial por sistemas.....	34
b) concentración de sedimento por sistemas productivos.....	34
4.5 Factores de la (EUPS).....	35
a) Factor de erosividad de lluvia “R”.....	35
b) Factor de erodabilidad del suelo “K”.....	36
c) Factor de longitud de pendiente “L” y gradiente “S”.....	36
d) Factor de uso y manejo de la cobertura vegetal “C”.....	36
e) Factor de prácticas de conservación de suelo “P”.....	36
4.6 Escenarios aplicando al sistema de información geográfica..	37
4.6.1 Estimaciones de pérdida de suelo bajo escenarios.....	38
a) Bosque denso o cultivos con mulch espeso.....	38
b) Cultivos anuales en su totalidad.....	39
V. CONCLUSIONES.....	40
VI. RECOMENDACIONES.....	42
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	43
VIII. ANEXO.....	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros.....	Paginas
1. Valores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS).....	8
2. Tolerancia de pérdida de suelo (Mannering 1981).....	12
3. Clasificación de la degradación de los suelos (FAO, 1980).....	13
4. Valores de C reportados por Roseé (1977) en África Occidental.....	26
5 Propiedades del suelo en la microcuenca Las Gradadas, del río Dipilto	36
6. Resultados de los factores de la (EUPS), 2005.....	37

ÍNDICE DE FIGURA

Figuras.....	Páginas
1. Efecto de la erosividad de lluvia en la microcuenca Las Gradadas, 2005.....	5
2. Ubicación del área de estudio.....	15
3. Parcela de manejo de bosque, 2005.....	22
4. Parcela de banco energético (taiwán verde), 2005.....	22
5. Parcela de manejo de regeneración de bosque, 2005.....	23
6. Modelo conceptual para predicción de erosión potencial, 2005.....	27
7. Precipitación registrada en mm para el año 2005, fuente (INETER).....	29
8. Pérdida de suelo por sistemas productivos, 2005.....	30
9. Pérdida de suelo (sistema de manejo de bosque, 2005).....	31
10. Pérdida de suelo (sistema de banco energético taiwán verde 2005).....	32
11. Pérdida de suelo (sistema de regeneración de bosque, 2005).....	33
12. Volumen de esorrentía (m ³ /ha) por sistemas, 5005.....	33
13. Volumen de esorrentía (L/ha) por sistemas, 2005.....	34
14. Concentración de sedimentos (g/L) por sistemas, 2005.....	35
15. Escenario I, Cubierta por bosque cerrado totalmente, 2007.....	38
16. Escenario II cubierta por cultivos anuales, 2007.....	39

ÍNDICE DE ANEXO

ANEXO.....	Pagina.
1. a) Materiales utilizados en el campo.....	45
b) Materiales de post-campo.....	45
2. Resumen Meteorológico Anual 1990-2006.....	46
3. Cálculo de “LS” de la (EUPS).....	47
4. Cálculo de “K” de la (EUPS).....	48
5. Pérdidas de suelos potenciales en el sistema de manejo de bosque.....	49
6. Pérdidas de suelos potenciales en el sistema de banco energético.....	50
7. Pérdidas de suelos potenciales en sistema de manejo de regeneración.....	51
8. Energía cinética sobre la base de la intensidad de la lluvia.....	52
9. Valores del factor P para cultivos en contorno.....	52
10. Valores del factor P para cultivos en fajas.....	53
11. Valores del factor P para terrazas de gradientes y acequias de laderas.....	53
12. Valores del factor P para barreras, vivas, muertas y de piedra.....	54
13. Pérdida de suelo, Concentración de sedimentos, y volumen de escorrentía.....	54

DEDICATORIA

Dedico este trabajo investigativo a **Dios sobre todas las cosas**, el cual me brindo fuerzas para seguir adelante y alcanzar metas propuestas y sobre todo brindarme la oportunidad de seguir viviendo bajo su Amor incondicional y fraterno.

A mis padres **Ofilio Hernández Solís y Cándida Mariana Álvarez**, parte medular de mi formación personal, a los que con tanto esfuerzo, dedicación y sacrificio me brindaron su mano en todo momento, de forma económica y moral.

A mis hermanos Lic. Fátima Álvarez, Lic. Maria del Carmen Álvarez, Ing. Wilberth Antonio Hernández Álvarez, Shirley Norelis Hernández Álvarez, Luís Ramón Hernández Álvarez y Byron Enrique Hernández Álvarez.

A una persona muy especial en mi vida Lic. Rosanía Centeno Reyes, a mis sobrinos miembros motivadores de mi formación profesional.

Muy especialmente a la memoria de mi querida y recordada abuelita Paula Álvarez (q.e.p.d), y a todos aquellos amigos que partieron al descanso eterno llamados por nuestro Señor Jesucristo a la vida Eterna.

Br. Ofilio José Hernández Álvarez

DEDICATORIA

Te Exaltare, Mi Dios, Mi Rey y Bendeciré tu nombre eternamente y para siempre (sal. 145).

A nuestro Dios, Padre, Hijo y Espíritu Santo por todo el bien que ha hecho en mi vida al permitirme llevar a feliz termino mi formación profesional.

A nuestra Madre la virgen del trono Maria Santísima, que con su ejemplo humilde fortalece a los pequeños y Santa Ana, patrona de Chinandega, por tantos favores recibidos.

A mis padres: Aníbal Antonio Moncada Martínez y Nora del Carmen Ulloa Pérez con orgullo por sus trabajos y sacrificios para hacer de mí un hombre de bien.

A mis hermanos: Yariseydi Carolina Moncada Ulloa, Lino Renyer Moncada Ulloa, Raúl Ernesto Moncada, para quienes quiero ser inspiración y ejemplo de perseverancia para alcanzar las metas que se han propuesto.

Muy en especial a la memoria de mis queridos abuelos: Eduardo Ramón Ulloa Hernández y Francisco Aníbal Moncada Otero (q.e.p.d).

Br. Francisco Aníbal Moncada Ulloa

AGRADECIMIENTO

Nuestro más profundo agradecimiento a:

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

* A nuestro asesor Ph .D Ing. **Domingo Rivas Cerda** y el Ing. **Andrés López**, por su orientación y apoyo en la elaboración de este trabajo de tesis.

* A Doña **Cornelia Palacios** por su amabilidad y profesionalismo en el laboratorio de suelo.

* A **Wilfredo Martínez** Técnico Forestal de ADEPROFOCA, Dipilto Nueva Segovia.

* A Ing. **Edmundo Umaña** y el Ing. **Claudio Calero** por facilitarnos información y amistad bajo nuestras necesidades.

* A nuestros compañero y amigo **Holman Eliécer Armas Machado** por su apoyo moral y compañerismo en todo momentos.

* A nuestros compañeros universitarios y colaboradores:

Br. Yilmer Joel Avilés Gonzáles.

Br. Jamin Uriel Barahona Molina.

Br. Kemuel de Jesús Castillo Zeledón.

Por apoyarnos mutuamente en el establecimiento de las parcelas experimentales en la etapa de campo.

Br. Ofilio José Hernández Álvarez

Br. Francisco Aníbal Moncada Ulloa

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la microcuenca Las Gradadas del río Dipilto, ubicada en el Departamento de Nueva Segovia durante el periodo lluvioso del 2005. El propósito fue cuantificar el proceso erosivo, usando parcela de erosión a nivel de sistemas y mediante un modelo de predicción (Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo EUPS), monitoreándose desde la primera semana de Julio hasta Octubre del año 2005. Las precipitaciones en este periodo fueron de 1301.5 mm. Los sistemas productivos evaluados se clasificaron en: manejo de regeneración de bosque establecido hace 8 años, banco energético taiwán verde y manejo de Bosque establecido hace 18 años. Las variables evaluadas fueron, pérdidas de suelo (ton/ha), volumen de escorrentía superficial (m^3/ha) y concentración de sedimentos (g/lts). Se realizaron modelos a través de la (USLE), con los factores R, K, LS, C, y P. Prediciendo pérdida de suelo en (ton/ha/año) a nivel de microcuenca. Las pérdidas de suelo medidas para el año 2005, fueron de 2.18 ton/ha, con un volumen de escorrentía de 9835.0 lts y una concentración sedimentos de 91.78 g/lts en los tres sistemas (Parcelas). La concentración de sedimento en el manejo de bosque fue de 13.77 g/lts, siendo éste inferior a los sistemas de manejo de regeneración de bosque con 26.12 g/lts, y el sistema de banco energético con 51.89 g/lts. Clasificándose un volumen de escorrentía de 1215 lts en el sistema (MB), 1763 lts para el (MRB), y 6857 lts para el (BE). Encontrándose una pérdida de suelo de 0.19 ton en el sistemas (MB), 0.55 ton en el (MRB), y 1.43 ton/ha en el sistemas (BE). La pérdida de suelo a través del modelo fueron de 1.10 ton/ha/año en los sistemas productivos, MB, BE, y MRB. El valor del factor de erosividad (R) fue de 2,053.9 $Mj*mm/ha/año$, el factor K 0.03, factor LS 18 m, factor C 0.001, Se considero el factor P igual a 1 puesto a que no existe ninguna obra de conservación. El área promedio de la microcuenca consta de 2.6 km^2 (259 ha), caracterizando bosque de pino cerrado y bosque de pino abierto, según el modelo de la (EUPS) la microcuenca pierde aproximadamente 7.6 ton/ha.

SUMMARY

This study was fulfilled in microcuenca Las Gradadas Dipilto River, located in the department of Nueva Segovia during the rainy period of 2005. The purpose was to quantify the erosive processed using parcel of erosion-level systems and using a prediction model (Equation Universal Soil Loss EUPS) assessed since the first week of July to October 2005. Rainfall during this period was 1301.5 mm. The production systems evaluated were classified as: management of forest regeneration established eight years ago, bank management and green energy taiwán Forest established 18 years ago. The variables were evaluated, loss of soil (ton / ha), the volume of surface water (m³/ha) and sediment concentration (g/lts). We models through the (USLE) with the factors R, K, LS, C, and P, finding loss of soil (ton / ha / yr) micro level. The loss of soil measures for the year 2005, were Feb. 18 ton / ha, with a volume of runoff from 9835.0 lts and sediment concentration of 91.78 g/lts in all three systems (plots). The concentration of sediment into forest management was 13.77 g/lts, of which this is below the management systems of forest regeneration with 26 g/lts, and the system of bank energy with 51.89 g/lts. Qualifying a volume of runoff de 1215 lts in the system (MB), 1763 lts for (MRB), and 6857 for the lts (BE). He was a loss of 0.19 ton of soil in the systems (MB), 0.55 ton at (MRB), and 1.43 ton / ha in the systems (BE). The loss of soil through the model were 1.10 ton / ha / year in production systems, MB, BE, and MRB. The value factor erosividad (R) was 2053.9 mm * Mj / ha / year, the K-factor 0.03, LS 18 m factor, a factor C 0.001, think is the factor P equals 1 put that there is no conservation work. The average area of micro consists of 2.6 km² (259 ha), characterizing pine forest closed and open pine forest, along the lines of (EUPS) microcuenca loses approximately July 6 ton / ha.

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques son de gran importancia tanto en flora como fauna ya que es el elemento más importantes del tapiz vegetal; por la gran diversidad de especies de animales y vegetales que existen en el, su tamaño, apariencia, belleza, contribución a la salud, producción de ambientes, suministro de alimento a la vida silvestre y humana, medicinas, leña, maderas y muchos beneficios más (MARENA-POSAF, 2001).

A mediados de la década de los cincuenta la microcuenca Las Gradadas en Dipilto se encontraba en su mayoría cubierta de vegetación tanto de coníferas como de latifoliada. La presión demográfica ejercida hacia los recursos naturales se podría decir que se encontraba en condiciones ecológicamente aceptable, pero el aprovechamiento irracional de los pinares en Nueva Segovia ha sido uno de los factores que más ha deteriorado esta riqueza forestal, durante el cual se explotó la madera por diferentes empresas las que ocuparon la gran masa boscosa.

Otras afectaciones a la microcuenca en los últimos años han sido la erosión hídrica como consecuencia de la deforestación de los bosques de pinos y latifoliadas tanto por el hombre mismo, y las áreas afectadas por el gorgojo descortezador (*Dendroctonus frontalis*, Zimm). La ganadería extensiva en forma desordenada propicia la eliminación del bosque de pinos en sus primeros estadios de desarrollo, asimismo la agricultura con sus labores tradicionales de labranza (sin ninguna obra de conservación de suelo). Las áreas afectadas han ido en aumento como consecuencia del aumento de la población rural y urbana, lo cual conlleva a un incremento en el uso de los recursos naturales de la zona de Dipilto.

La densidad poblacional actual de los pinares es muy variable van desde unos pocos árboles por hectárea hasta unos 40-50 árboles/ha.

La cobertura del suelo se encuentra con un orden del 30% la que es insuficiente para evitar erosión hídrica, en este se observan muchos trillos de ganado los cuales contribuyen a la erosión potencial a través de la remoción y suspensión de las partículas del suelo en la microcuenca Las Gradadas.

El pinar se encuentra mayormente en pendientes del 70% con muchas cárcavas, este se encuentra en estado de emergencia, y se requiere de conservación y protección forestal. A elevaciones alrededor de los 1,000 m de altura, el pinar coexiste con latifoliadas introducidas en cultivo incluyendo guabas (*Inga punctata*).

Por el grado de deterioro de la microcuenca, el Programa Socio Ambiental Forestal (POSAF-MARENA), ha venido desarrollando actividades desde 1997 con el objetivo de promover de manera sostenible el manejo de los recursos naturales y mejorar la situación socioeconómica de los productores beneficiarios a través de la producción agroforestal. Los productores consideran al manejo forestal como la columna vertebral de la economía local conjuntamente con el café. También se propusieron reducir la erosión a través de la integración de prácticas silviculturales, sobresaliendo el método de chapia selectiva, favoreciendo a especies útiles en la regeneración del bosque secundario.

La finalidad de este estudio es determinar la tasa de erosión en los sistemas productivos con prácticas de manejo en pinares utilizando parcelas de escurrimientos, y predecir el proceso de erosión a nivel de la microcuenca Las Gradadas del río Dipilto usando un modelo empírico.

1.1 OBJETIVOS

GENERAL:

➤ Evaluar el efecto de los sistemas productivos sobre erosión hídrica a nivel de parcelas en la finca La Esperanza y simular el proceso a nivel de Microcuenca en Las Gradadas, subcuenca del Río Dipilto durante el periodo de Julio a Octubre del 2005.

ESPECÍFICOS:

➤ Cuantificar las pérdidas de suelos, escorrentía superficial y la carga de sedimentos transportados en cada uno de los sistemas productivos evaluados.

➤ Determinar los parámetros del modelo de la EUPS en la Microcuenca Las Gradadas, Subcuenca del Río Dipilto.

➤ Estimar la erosión potencial bajo dos escenarios de cobertura vegetal utilizando el modelo de la EUPS en la Microcuenca Las Gradadas, Subcuenca del Río Dipilto.

SUPUESTOS:

➤ Las pérdidas de suelo inducidas por el agua de escorrentía son similares entre los sistemas productivos evaluados.

➤ El cambio de uso de la cubierta vegetal a nivel de microcuenca no ejerce ninguna variación en la tasa de erosión en cuanto al área de afectación ni en la clasificación de la severidad de la erosión.

➤ La mayor pérdida de suelo se esperaba en el sistema de banco energético.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Bosques de pino en Nicaragua

En Nicaragua los bosques de pino se manejan con el sistema monocíclico donde las actividades silviculturales y de aprovechamiento se realizan por rodal según edad, altura, diámetro, sitio y desarrollo del bosque. De forma específica el plan de manejo forestal se convierte en un instrumento rector del aprovechamiento racional del bosque, el cual se forma principalmente a partir de las características biofísicas del área o del bosque y en base a los objetivos del productor. En Nueva Segovia los bosques de pino (*pinus oocarpa*) se encuentran principalmente en los municipios de Dipilto Nuevo, Dipilto Viejo, Jalapa, San Fernando, y Santa Clara (MARENA-POSAF, 2001).

2.2 Procesos de erosión

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 arrastrado. Las partículas disgregadas son transportadas a medida que van quedando en superficies expuestas a la erosión ocasionando un impacto negativo con resultados de degradación progresivas. Este proceso consiste en tres etapas: desprendimiento, transporte y depósito del suelo por el accionar del agua.

El desprendimiento es causado por la acción de las gotas de lluvias al impactar sobre los agregados del suelo en mayor proporción y por la escorrentía, transporte de las partículas del suelo por las gotas de lluvia a corta distancia y a mayor distancia por la escorrentía superficial. El depósito ocurre cuando la capacidad de transporte de escorrentía disminuye la sedimentación en los terrenos planos.

Se sabe, por simple observación que en un mismo suelo una tormenta causa más erosión que otra, y también se sabe que una misma tormenta produce más erosión en un suelo que en otro. El efecto erosivo de la lluvia se denomina erosividad, siendo el grado de susceptibilidad del suelo a ser erosionado por el agua de lluvia, se llama erodabilidad.

Erosividad: Es la agresividad de la lluvia en función de la cantidad e intensidad del evento para provocar la erosión (FAO 1980).

Erodabilidad: Es la susceptibilidad del suelo a la erosión en función de las características físicas y químicas del suelo (FAO, 1980).



Figura 1. Efecto de la erosividad de lluvia en la microcuenca Las Gradadas, 2005.

2.3 Erosión actual y erosión potencial

a) Erosión actual: Es la máxima pérdida de suelo posible en ausencia de cobertura vegetal y prácticas de conservación de suelo, es decir, considerando solo la interacción de los factores suelo, clima y topografía (Thurow, 1998).

b) Erosión potencial: Es el grado de susceptibilidad a la erosión, o erosión que se prevé va a tener lugar en el futuro en una determinada zona bajo diferentes escenarios (Thurow, 1998).

En este caso nos interesa lo que “puede ocurrir o va a ocurrir”, no de lo que existe, y la medida de lo que va a ocurrir hay que hacerlo a través de factores o elementos del medio que se conocen y cuyos datos pueden ayudar a predecir el fenómeno.

2.4 Cuantificación de erosión utilizando parcelas de escorrentía

La cuantificación de erosión en parcelas según (Wischmeier, 1976) es un diseño que permite cuantificar la erosión actual de los suelos causados en forma laminar y en surcos en un evento lluvioso determinado. Este diseño empírico fue validado en los Estados Unidos de Norteamérica.

Este diseño ha sido validado en Nicaragua en cultivos agrícolas en micro-parcelas de erosión, en la Comarca Cristo Rey del Municipio de Telica, Departamento de León; Rivas (1992) evaluando los factores que afectan la erosión en cultivos de maíz y de piña, en el período de 1990-1992 en el Municipio de Ticuantepe, Departamento de Managua; Mendoza (1994) asocio con maíz en evaluación de cobertura vegetales en asocio con maíz en el Municipio de Ticuantepe, Departamento de Managua.

2.5 Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS)

La ecuación universal de pérdida de suelo es un método que ha sido ampliamente aplicado en planificación conservacionista de suelo. La erosión laminar y en surco anual promedio de un sitio particular, bajo ciertas condiciones puede ser determinada por medio de la (EUPS). Fue diseñada para áreas agrícolas y de construcción, pero puede ser adaptada a otras condiciones. La (EUPS) calcula la pérdida de suelo anual promedio de erosión laminar y en surco sobre un terreno en función de las características de la lluvia, las propiedades del suelo, rasgos topográficos, uso de la tierra y prácticas de manejo (Kirkby, y Morgan 1984).

La formula para calcular o estimar la erosión potencial de los suelos se clasifica de la siguiente:

$$A: R * K * L * S * C * P.$$

Donde:

A: Es la **cantidad de material erodado** calculado o medido puede ser expresado en tonelada por hectárea para una duración de lluvia específica. (A) tiene las unidades de (K), en el periodo de tiempo seleccionado para (R).

R: Es el **factor de lluvia** es medido por el poder erosivo de la lluvia expresado en toneladas metro por hectárea hora o en joule por metro cuadrado.

K: Es el factor de **erodabilidad el suelo** es la erosión estándar en toneladas por hectáreas por unidad de erosión (R).

L: Es el factor **longitud de pendiente** expresa la relación de la pérdida de suelo de una pendiente con una longitud dada.

S: Es el factor de **gradiente de pendiente** expresa la relación de la pérdida de suelo de una gradiente de pendiente específica.

C: Es el factor combinado de **vegetación y manejo**, expresa la relación de pérdida de suelo en área de cobertura o manejo aun área de barbecho o de labranza.

P: Es el factor **prácticas de conservación de suelo** expresa la relación de perdida de suelo de un área de cobertura y manejo como cultivo en contorno, y con labranzas a favor de la pendiente.

El valor de pérdida de suelo (A) obtenido y expresado en ton/ha año en el sistema internacional, es un indicador ambiental de extrema utilidad, ya que permite comparar diferentes zonas y realizar estudios temporales dentro de una zona

determinada y en definitiva, predecir y conocer la evolución del fenómeno de la erosión hídrica.

Para este cálculo se distinguen dos tipos de información que dependen de su evolución en el tiempo, por una parte, la información sin variación (estática) que son las correspondientes al relieve del terreno (**LS**) y la que describe las características de los suelos (**K**), ya que sus dinámicas temporales son lo suficientemente lentas como para experimentar cambios considerables en períodos más o menos cortos de tiempo. Por otra parte, la información de lluvia (**R**) y la de usos y coberturas vegetales del suelo (**C**), que son consideradas como dinámicas en el tiempo. Especialmente la primera, que presenta cambios temporales y espaciales muy frecuentes (Kirkby, y Morgan 1984).

Los factores LS, C y P de la ecuación se utilizan para ajustar cuantitativamente los valores de K según las condiciones diferentes a las parcelas experimentales de donde se desarrolló el modelo. Los dos últimos factores reducen esta pérdida potencial (Cuadro 1) para compensar los efectos de usos de tierra, manejo y prácticas especiales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS).

Factor	Sistema americano	Sistema métrico	Sistema internacional
A	ton cortas/acre/año	kg./m ² año ton métricas/ha año	ton métricas/ha año
R	pies ton pulg/acre h	Joules mm/m ² h kg-m mm/m ² h ton-m mm/ha h	MJ mm / ha h
K	ton cortas/acre año R	kg./m ² R	ton métricas/ha año R
LS	sin unidades	a dimensional	a dimensional
C	sin unidades	a dimensional	a dimensional
P	sin unidades	a dimensional	a dimensional

Mediante la (EUPS) se puede calcular o estimar la pérdida de suelos en un lugar determinados, mediante se conozcan o se puedan determinar los valores (numéricos) de cada uno de los factores de la ecuación universal de pérdida de suelo, como un modelo empírico.

Los factores individuales son discutidos seguidamente para dar un concepto de su importancia, rango de valores y referencias de valores de sitios específicos bajo cualquier condición ecológica.

a) Cantidad de suelo erodado (A)

Es la pérdida de suelo en un intervalo de tiempo determinado, expresados en las unidades de pérdidas de suelo usualmente ton/ha/año (Kirkby, y Morgan 1984).

b) Factor erosividad de la lluvia (R)

El factor R por definición es un valor promedio anual, creado para la predicción de la pérdida de suelo y es obtenido por la sumatoria de los valores EI30 en el año de las tormentas consideradas erosivas o sea con láminas de precipitación mayor de 12 mm e intensidades mayores de 25 mm/h. Se establece un promedio anual de los valores de R de 20 a 25 años (Kirkby, y Morgan 1984).

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 a la energía de impacto de una unidad de lluvia aumenta 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 pluviografos. El índice disponible más exacto del potencial erosivo de la lluvia es un indicador para una tormenta dada, este indicador es igual al producto de la energía de las gotas de lluvia y su intensidad máxima en intervalo de tiempo lluvioso de 30 minutos (EI30).

R es un índice de la erosividad (promedio anual) de la precipitación pluvial para un determinado lugar (por ejemplo una zona con determinado clima). Las unidades de R son MJ mm/ha h (Kirkby, y Morgan 1984).

c) Factor erodabilidad del suelo (K)

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

La permeabilidad del perfil es importante debido a su influencia en la escorrentía. (Wischmeier, 1976) 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 expresada por hectárea por unidad de (EI30) sobre una parcela unitaria (22 m longitud y 9% de gradiente de pendiente), continuamente labrada a favor de la pendiente sin cobertura vegetal.

Los valores de K no son constantes, en la medida que se avanza 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.

d) Factor longitud y gradiente de la pendiente (LS)

Los efectos de la longitud y gradiente de la pendiente se representan como 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 gradiente de pendiente se refiere al grado de inclinación del terreno con respecto a la horizontal.

e) Factor de cobertura vegetal (C)

La cobertura de suelo es la mayor protección del suelo contra la erosión de suelo, pero un mantenimiento de variables en 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 (Kirkby, y Morgan 1984).

Los valores de (C) universalmente válidos no existen, por la gran variedad de cultivos, secuencias de rotaciones de cultivos y manejos, sería necesaria la evaluación de los valores de (C) experimentalmente en condiciones locales.

f) Factor prácticas de conservación de suelos (P)

Este factor representa el efecto de control que las prácticas ofrecen al suelo como cultivos en contorno. Su valor depende de la pendiente del terreno y puede ser obtenido de cuadros. 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).

2.5.1 Ventajas y limitaciones de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

a) Ventajas

- Planificación y conservación adecuada de los cultivos.
- Predice las pérdidas indefinidas de sedimento.
- Facilidad de su aplicación.
- Amplia adaptación bajo diferentes condiciones.

b) Limitaciones

- Se recomienda utilizarlo a largo plazo.
- La ecuación se diseño para predecir pérdida de suelo asociada con erosión laminar y en surco no corresponde a producción de sedimento de un campo.
- La ecuación predice pérdidas promedio anuales de suelo en un campo específico y bajo condiciones diferentes de manejo.

2.6 Pérdidas permisibles de suelos (Tolerancia)

El origen del valor de tolerancia asignados a los suelos de Estados Unidos de América, se obtuvo de 12 ton/ha/año, proveniente de suelos profundos de textura media, moderadamente permeable y con características del subsuelo favorables para el crecimientos de las plantas, teniendo una tasa de renovación el horizonte superficial de 1 mm y un valor de densidad aparente de 1.2 g/cc (Sánchez y Alejandro, 1987).

El producto de la lámina de suelo perdida (0.001 m/año) por los metros cuadrados que tiene una hectárea (10 m³), el cual al multiplicarlo por la densidad aparente (1.2 ton/ m³) daría el valor de tolerancia de 12 ton/ha/año. Mannering, (1981), desarrolló una tabla para representar los niveles de tolerancia en pérdidas de suelos, según la profundidad del suelo sin restricciones al desarrollo radicular.

Cuadro 2. Tolerancia de pérdida de suelo según (Mannering, 1981).

Profundidad del suelos (cm)	Tolerancia (ton/ha año)
00 a 25	0 a 4
25 a 50	4 a 8
50 a 100	8 a 12
100 a 150	12 a 16
150 a 200	16 a 20
> 200	> 20

Según la (FAO, 1980), ha tomado en cuenta la falta de técnicas y metodologías que permitan comparar los efectos de varios tipos de degradación de los suelos y sabiendo que no es posible su comparación directa desarrolló la siguiente clasificación de pérdidas de suelos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación de la degradación de los suelos causados por la erosión hídrica (FAO, 1980).

Categoría	Pérdida de Suelo	
	ton/ha/año	mm./año
Ninguna a ligera	<10	<0.6
Moderada	10 – 50	0.6 – 3.3
Alta	50 – 200	3.3- 13.3
Muy alta	>200	>13.3

2.7 Sistema productivo y cultivo

Un sistema de producción es considerado un conjunto de elementos en interacción dinámica, organizados en función de un objetivo (Rosnay, 1975).

Sebillote, (1986), define un sistema de cultivo como un conjuntos de modalidades técnicas utilizadas sobre parcelas tratadas de manera homogénea, el que se define por la naturaleza de los cultivos con su orden de sucesión.

2.7.1 La agroforestería

Una manera de incorporar árboles a las fincas para proteger la microcuenca sin dañar los ingresos de la familia, es combinándolos de cultivos, pastos y animales, a esto se le conoce como agroforestería, puede ser utilizada desde parcelas pequeñas hasta espacios amplios de tierra, en el caso de las asociaciones con cultivos, el cálculo económico se debe efectuar en base al conjunto de sistemas de cultivos (Thurow, 1998).

2.7.2 Sistema silvopastoril (SSP)

Un sistema silvopastoril es una opción de producción que involucra la presencia de especies leñosas perennes, árboles o arbustos, que interactúan con los componentes pecuarios tradicionales, forrajeras herbáceas y animales, todos ellos bajo un sistema de manejo ecológico integral (Thurow, 1998).

2.8 Prácticas de conservación más utilizadas

Las actividades inadecuadas del hombre al explotar el recurso suelo incrementa la tasa de erosión. Un sistema de producción con prácticas de conservación de suelo tendría un mayor efecto, si previo a su establecimiento se destinará el uso del recurso suelo mediante a su capacidad productiva, algo no muy común debido a la situación socio-económica de los productores de la región.

Las prácticas de conservación de suelo son medidas e implementadas dentro de un sistema de producción con el fin de lograr una sostenibilidad en términos de fertilidad del suelo, producción y menores costos económicos. Estos pueden clasificarse en agronómicas (biológicos y de manejo). Teniendo como objetivo proteger el recurso suelo del impacto de las gotas de lluvias (coberturas vivas) y el de incrementar la resistencia del suelo utilizando la incorporación de (abonos orgánicos, labranza). Las mecánicas tratan de controlar, reducir la velocidad y cantidad de escurrimiento superficial, conduciéndolo fuera de los terrenos sin causar erosión (Mendoza, 1994).

Estas prácticas conservacionistas son aplicables a toda condición ambiental mediante a la incorporación de un sistema de producción sostenible y biológicamente rentable, a todas aquellas personas que se benefician de este tipo de servicio.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación y características del área de estudio

3.1.1 Localización

La microcuenca Las Gradadas se localiza en la parte nor-occidental de Nicaragua, en el Departamento de Nueva Segovia. Se localiza entre los límites: al norte con Honduras, al sur con Ocotal, al este con Mozonte y al oeste con Macuelizo y Santa María, esta se ubica entre las coordenadas $13^{\circ}36'57''$ y $13^{\circ}47'57''$ de Latitud Norte y a los $86^{\circ}39'49''$ y $86^{\circ}42'42''$ de Longitud Oeste.

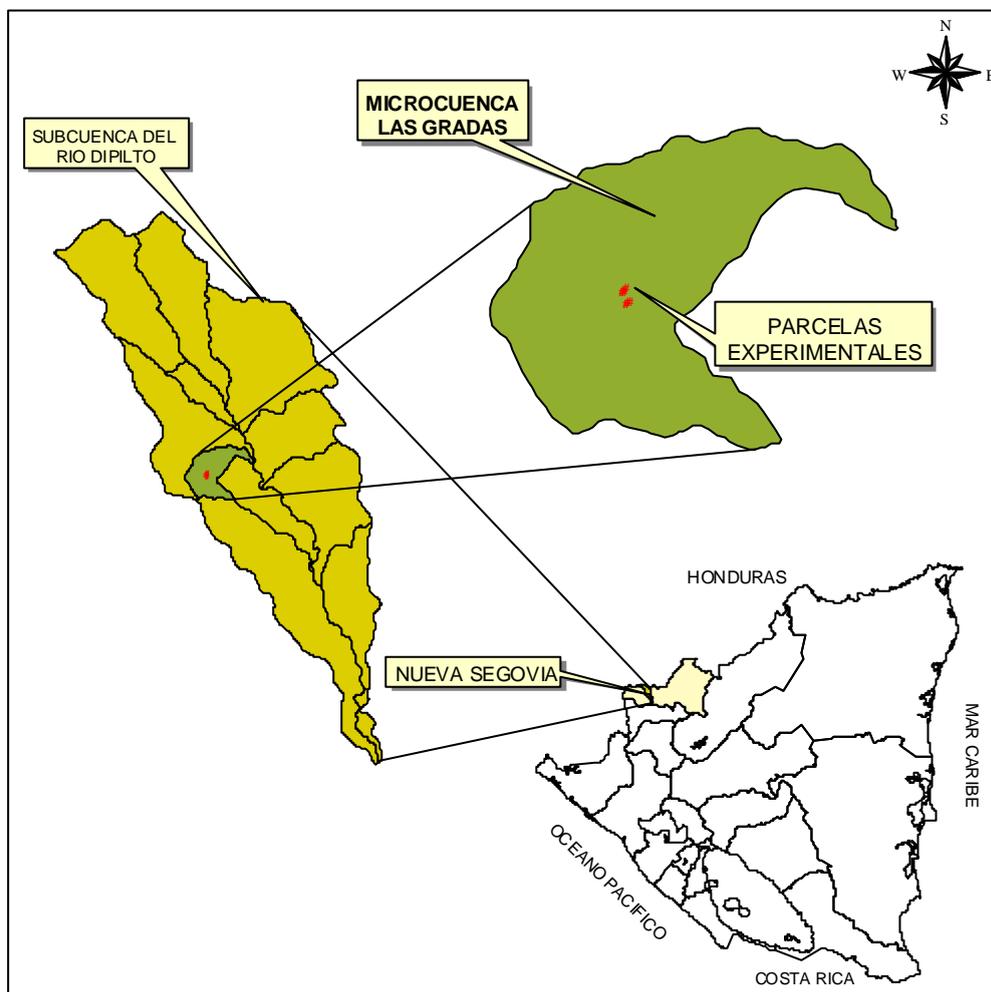


Figura 2. Ubicación del área de estudio.

3.1.2 Clima

El promedio anual de temperatura oscila entre los 24.2°C con promedio mínimo de 21.6°C en el mes de Enero y medias máximas en Mayo. La humedad relativa media anual es de 81%, y una precipitación media anual de 1003 mm, en el municipio de Dipilto presenta una precipitación media anual de 1160 mm, con meses lluviosos entre Mayo y Noviembre, el mes Junio registró las mayores cantidades de precipitaciones con 399.3 mm, un periodo seco relativamente corto aproximadamente un mes, llamado canícula, corta el periodo lluvioso en la mitad, del 15 de Julio al 15 de Agosto (MARENA, 2001).

3.1.3 Relieve

El relieve es accidentado con pendiente mayor del 30%, las alturas oscilan entre los 600 m en la parte sur del llano de Ocotol y alcanzan 1832 m en la zona norte de la frontera con Honduras. En Dipilto el relieve es muy variado oscila de moderadamente ondulado a escarpado presentando gradientes de pendientes superiores a 30% en su totalidad territorial (MARENA, 2001).

3.1.4 Suelo

Presentan suelos Ultisoles con un drenaje interno natural de imperfecto a bien drenados, de profundos a muy profundos, en relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad natural tiene valores de baja a media con un contenido variable de aluminio, se han desarrollado de rocas básicas, intermedias y ácidas, de sedimentos aluviales, coluviales y fluviales.

El relieve es accidentado con pendientes generalmente mayores de 30-50 % en la microcuenca media y alta, estos suelos son los más antiguos del país y presentan una geología muy variada, se han originado de rocas ígneas y metamórficas granitos (MARENA, 2001).

La degradación y transporte llegan las áreas planas adyacentes al que recubre el llano de Ocotál. La litología en general, es de granita y grano diorita rocas muy ácidas en que las predomina el cuarzo siendo los suelos mas antiguos del territorio nacional.

3.1.5 Zonas de vida (vegetación)

En el año 2001, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), realizo un estudio para identificar y describir los ecosistemas forestales ubicados en la subcuenca del río Dipilto y se definieron tres tipos de vegetación las cuales son: bosque mediano o altos perennifolios en zonas muy frescas y húmedas (neblíselva de altura), bosque mediano o altos perennifolios de zonas muy frescas y húmedas (pinos asociados con roble encino), y bosque de galería.

a) Bosque (neblíselva de altura)

La formación de los bosques de neblíselva se extiende desde los Municipios de Las Manos hasta los alrededores de Dipilto, está cubierto por bosque de confiera denso y café con sombra más huerto, algunas áreas comprenden pastizales con malezas. La vegetación se mantiene verde y existen algunas especies como: Pino (*Pinus oocarpa*), roble encino (*Quercus sp*), según (MARENA, 2002).

b) Bosque (pinos asociados con roble encino)

Esta formación se extiende en mayor área desde Ocotál haciéndose menos denso hacia el poblado de Dipilto, es notoria la existencia de pastizales, bosque de confieras ralos y bosques de tacotal. También existe vegetación propia de zona seca, matórralosas y espinosas. Las especies más abundantes identificadas en esta formación son: Acacia (*Acacia pennatula*), Quebracho (*Lysiloma auritum*), Guiliguiste (*Karwinskia calderonii*), (MARENA-POSAF, 2002).

c) Bosque de galería

Según (MARENA, 2002), estos se encuentran en los márgenes del río donde las especies se mantienen siempre verdes. Ayudan a evitar la evaporación de las aguas del río, siendo refugio de vida silvestre. Las principales especies identificadas en esta formación son: sauce (*Salix humboldtiana*), Guabillo (*Inga vera*), guapinol (*Hymenaea courbaril L.*), carboncillo (*Acacia pennatula*), Guiliguiste (*Karwinskia calderonii, Standl.*)

3.1.6 Información socio-económica

La población total del municipio de Dipilto se estima que es de 4,087 habitantes de los cuales esta distribuida en 1,381 habitantes establecidas en el sector urbano y 2,706 habitantes ubicados en el sector rural. La mayor parte de los habitantes se dedican a los rubros del café y la madera, constituyendo la actividad agrícola y ganadera, (casi exclusivamente de subsistencia), ostentando dicho municipio con una superficie de 91 km² (POSAF-MARENA, 2001).

En lo que a vivienda se refiere en el municipio de Dipilto se cuantifica 44 casas respectivamente en el área rural, este tipo de viviendas se construyen de adobes y tejas, y para el caso del área urbana se estima 230 casas en dicho municipio. Según diagnóstico socioeconómico en Ocotil y Dipilto del sector agropecuario no existe un arriendo de tierras, sin embargo se estima que un 29% de las tierras son propiedad del Estado (Plan de ordenamiento de la microcuenca de Dipilto).

Debido a las características de la zona en Ocotil siendo el centro de la actividad comercial y por lo tanto mayor población existe mayor incidencia educativa en la zona urbana con 23 escuelas (primaria, secundaria, educación normal, se imparte pre-escolar y educación especial). En la zona rural existen 32 escuelas, con 7,468 alumnos y un promedio de 245 profesores (POSAF-MARENA, 2001).

La fuente de abastecimiento de agua potable para la población rural y urbana del municipio de Dipilto lo constituyen los ríos y riachuelos de la zona, siendo estas no tratables para el consumo humano.

3.2 Proceso metodológico cuantificación de la erosión utilizando parcelas de escurrimiento

Estas se llevaron acabo a través de tres etapas: pre-campo, campo y análisis de la información.

3.2.1 Etapa de pre-campo

a) Proceso de selección del sitio de estudio

Para la selección de las fincas se coordinó con técnicos de la Asociación de Productores Forestales C.A. (ADEPROFOCA), a través del Ing. Wilfredo Martínez, quien trabaja en coordinación con el Programa Socio ambiental y Desarrollo Forestal (POSAF), para los cuales se consideraron los siguientes criterios de selección:

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

b) Criterios para seleccionar los sistemas productivos

- Que sea representativo de la zona, con al menos una incidencia de POSAF del 15% en el territorio de la microcuenca
- Debe presentar una pendiente uniforme, o sea con una única inclinación principal.

3.2.2 Etapa de campo

a) Instalación de las parcelas de escorrentía

Las parcelas de escorrentía, también llamadas parcelas de erosión, consisten en la delimitación (marcación) de un área rectangular (captación). Las dimensiones usadas fueron de 3 m (transversal a la pendiente) y 20 m de largo (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 enterrado a 20 cm de profundidad. Estos bordos impiden el paso del agua de escorrentía de terrenos fuera del área de captación. Un canal interceptor de sedimentos y escorrentía, se ubica en el lado inferior del área, el cual colecta y canaliza la escorrentía hacia un sistema de almacenamiento por medio de un tubo conductor.

El sistema de almacenamiento de escorrentía superficial y sedimentos provenientes del área de captación de la parcela consistió en dos barriles conectados en serie a nivel. El primer barril recibe la escorrentía proveniente del tubo de conducción en este se instalan salidas de drenaje, una de estas se encuentra conectada al segundo barril (B2).

b) 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 a quincenal durante la época de lluvia.

La toma de datos en el campo se inicia 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 calcula el volumen de escurrimiento del barril ($AST = p r^2$).

Donde, p = Constante con valor 3.1416 y r = Radio del barril (cm).

Para el caso del (B2), es necesario multiplicar el valor de dicho volumen por el número de salidas que tiene el B1. Después de tomar los datos de altura de escorrentía en cada barril, se procede al muestreo de la mezcla de escorrentía y sedimentos de cada barril. Esto consiste en agitar la mezcla en el barril y se colecta una muestra de volumen conocido, se codifica y transporta al laboratorio de suelos.

A nivel de laboratorio se determinan el volumen de escorrentía de la muestra utilizando una probeta, se dejan sedimentar la muestra en un recipiente y se decantan a los 2 o 3 días el agua con sedimento, los sedimentos que quedan se trasladan a un recipiente metálico y se colocan al horno durante 24 horas a 105 °C, posteriormente se pesan y se obtiene el peso seco de cada muestra.

3.2.2.1 Descripción de los sistemas productivos

Tomando los procesos de selección de finca y los criterios de selección de sistemas productivos se describieron tres sistemas productivos, clasificados de la siguiente manera.

a) Sistema de Manejo de Bosque (MB)

Este sistema forestal cuenta con un establecimiento de 18 años, estos se encuentran fuertemente intervenidos y alterados, se aprovechan forestalmente, estos se ralean y queman lo cual reduce la regeneración natural sufriendo un severo proceso de destrucción por la infestación del gorgojo descortezador en la zona de Dipilto. La cobertura del suelo con un orden del 30 % es insuficiente para evitar erosión hídrica, en lo que se observan muchos trillos de ganado los cuales contribuyen significativamente a la erosión potencial. Dicha masa boscosa cuenta con árboles de 10 m de altura y diámetros mayores de 20 cm siendo este aprovechable ecológicamente y comercialmente para los productores de la zona (Ver Figura 3).



Figura 3. Parcela de manejo de bosque en la microcuenca Las Gradadas, 2005.

b) Sistema de Banco Energético “taiwán verde” (BE)

Esta parcela presenta una dimensión de 20 m de largo por 3 m de ancho con una pendiente de 25%, la época de siembra se realizó en Mayo en la época lluviosa en cantidades de 3 a 4 ton/ha de material vegetativo, a distancias entre surcos de 75 a 100 cm de ancho, colocado el material en el fondo del surco y aplicando 3 quintales/ha de fertilizante completo. Se uso 4 ó 5 estacas que tengan 3 ó 4 nudos cada una las estacas se siembran de forma inclinada y con los brotes hacia arriba, la distancia de siembra fue de 20 pulgadas entre planta y planta y 1 m entre surcos para lograr el cubrimiento rápido del terreno (Ver Figura 4).



Figura 4. Parcela de banco energético (taiwán verde) al frente de la foto y manejo de bosque en el fondo en la microcuenca Las Gradadas, 2005.

c) Sistema de Manejo de Regeneración de Bosque (MRB)

Este sistema se encuentra establecido con ocho años de edad alcanzando una altura promedio de 2-4 m de altura y un diámetro promedio de 6-10 cm, este se encuentra con una cobertura vegetal homogénea por lo que minimizaba el riesgo de pérdida de suelo en mencionado sistema.

El establecimiento de esta parcela se realizó el 25 de Junio del 2005, obteniendo su primera toma de muestra el 12 de Julio y su última medición se tomó el 23 de Octubre del mismo año, presenta una dimensión de 3 x 20 m de longitud.



Figura 5. Parcela (MRB) en la microcuenca Las Gradadas, 2005.

3.2.3 Etapa de análisis de los datos en parcelas de escorrentía

En esta etapa se procede a determinar la pérdida de suelo, la relación de pérdida de suelo seco y el volumen de escorrentía de cada muestra, la concentración de sedimentos se expresa en unidades de gramos litros (g/lts). Este dato se multiplica por la cantidad de escorrentía de los barriles muestreados para determinar la pérdida de suelo.

Se suman los valores de ambos barriles y de esa manera se obtiene las pérdidas de suelo por sistemas productivos. Para fines de comparación se extrapolan estos datos a unidades de kilogramo o toneladas por hectárea. Finalmente, los valores de cada periodo muestreado son sumados por mes en todo el período lluvioso hasta obtener el valor del indicador de tasa anual de pérdida de suelo.

3.2.3.1 Relación de la escorrentía superficial con la precipitación del periodo lluvioso del 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 periodo lluvioso 2005 obtenidos de la estación metereologica en la ciudad de Ocotol (HPM) estación completa en el Departamento de Nueva Segovia.

3.3 Cálculos de los factores de la (EUPS) en un sistema de información geográfica (SIG) a nivel de microcuenca Las Gradadas, Dipilto

Para obtener la cantidad de suelo erosionada en la microcuenca Las Gradadas se utilizó la ecuación universal de pérdida de suelo, en un sistema de información geográfica en el cual se utilizo el software Gis ArcView 3.1. La fórmula para calcular la erosión utilizando la ecuación como se presenta a continuación.

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

Donde:

A: Es la cantidad de material erodado.

R: Es el factor de lluvia.

K: Es el factor de erodabilidad del suelo.

L: Es el factor longitud de pendiente.

S: Es el factor de gradiente de pendiente.

C: Es el factor combinado de vegetación y manejo.

P: Es el factor práctica de conservación de suelo.

a) Factor de erosividad de lluvia (R)

Se utilizaron los datos de INETER Estación HMP-Ocotal colectados de 19 años para el cálculo del factor R se realizó de la siguiente manera: la precipitación promedio mensual obtenida de INETER fue elevada al cuadrado y luego sumado los valores obtenidos. La sumatoria es dividida por la precipitación anual promedio. El valor obtenido de este procedimiento esta 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.

b) Factor de erodabilidad del suelo (K)

Para este valor se realizo un análisis de suelo de la microcuenca en la que se obtuvieron los valores de K (Wischmeier, 1976). Para un suelo dado en función de la distribución de tamaño de las partículas, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad del perfil. El valor de K fue obtenido usando el nomograma de erodabilidad.

c) Factor longitud y gradiente de pendiente (LS)

Este factor parte de un modelo digital de elevación en el cual se presentan las características de los puntos altos, curvas a nivel, limites y drenajes de la microcuenca y caminos, uniendo estas condiciones (factores) obtenemos un modelo digital de elevación a través de un sistema de información geográfica luego seleccionamos este 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.

d) Factor uso y manejo de cobertura vegetal (C)

Con el uso de tablas de referencia de la literatura especializada en donde producto de ensayos experimentales en regiones similares a las de Nicaragua se han compilado valores del factor C con bosque denso o cultivo con mulch (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores de C reportados (Roose, 1977) en África Occidental.

Uso de la tierra	Valor anual de C
Suelo desnudo	1.0
Bosque denso o cultivos con mulch espeso	0.001
Sabana o pastizales sin pastoreo	0.01
Maíz, sorgo	0.4 – 0.9
Arroz (cultivo intensivo, Segundo ciclo)	0.1 - .0.2
Algodón, tabaco (Segundo ciclo)	0.5
Maní, Soya	0.4 – 0.8
Yuca (primer año)	0.2 – 0.8

Fuente: Roose, 1977.

e) Determinación del factor prácticas de conservación de suelo (P)

Para este caso se consideró el factor P igual a 1, ya que se asume que en la zona estudiada no existen prácticas de conservación como barreras vivas, terrazas y acequias de laderas.

3.4 Diseño (SIG) aplicado a los diferentes factores de la (USLE)

Se elaboró un modelo conceptual que contempló los factores que intervienen en la predicción de este fenómeno natural. El análisis para la estimación de la erosión actual y potencial, dependió en gran medida de la calidad y periodicidad de la información que se introdujo en el modelo predicativo.

Se determino un modelo conceptual en función de generar una estimación de la erosión potencial en La microcuenca Las Gradadas, entre curvas a nivel cada 20 m en los puntos de cima (parte agua), e intensidades de las precipitaciones, no fue posible utilizar curvas de nivel más detalladas, se determinaron cada una de estas variables y se estableció el mapa de erosión hídrica, se contó con una estación meteorológicas completa HMP ubicada en la ciudad de Ocotlal.

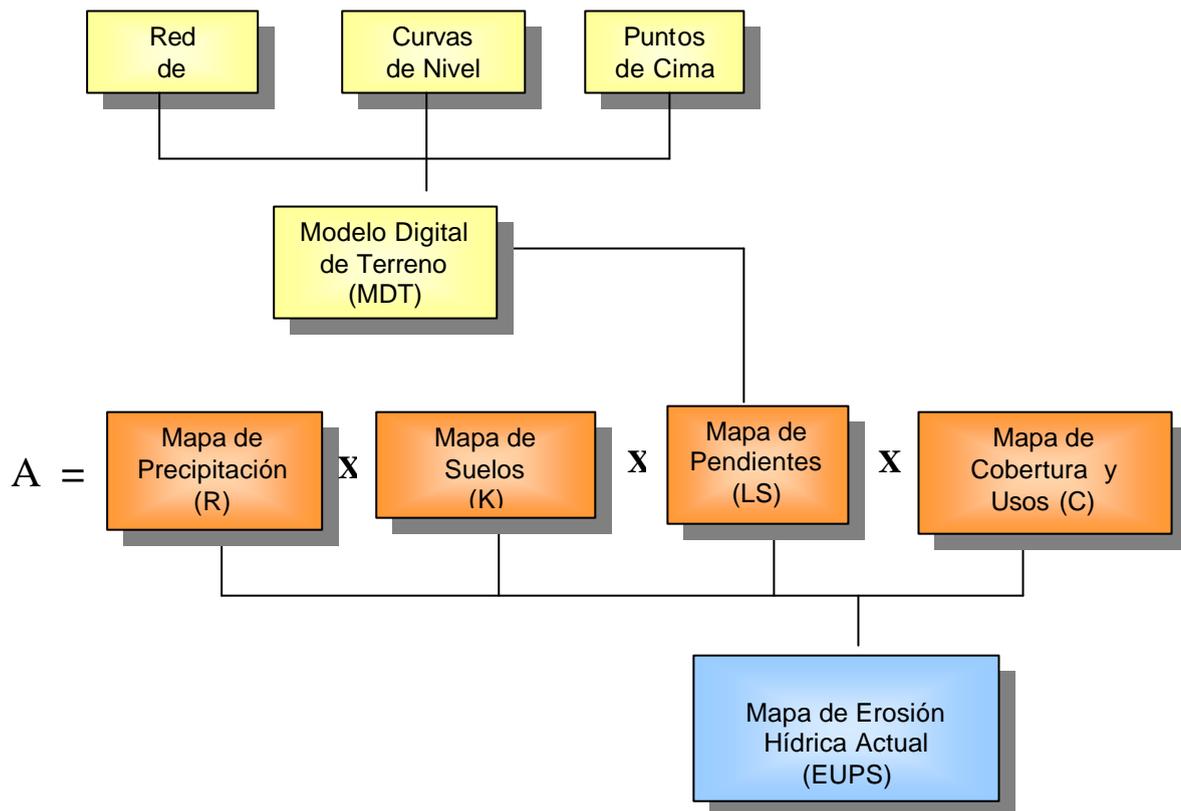


Figura 6. Modelo conceptual de erosión potencial en la micocuenca Las Gradadas, Dipilto, 2005.

Este modelo se ha adaptado a cada uno de los factores relacionados con las condiciones de vida de la zona, red de drenaje, curvas de nivel, puntos de cima, modelo digital del terreno, mapa de precipitación, mapa de suelo, mapa de pendientes, mapa de cobertura y uso, para clasificar un modelo de erosión hídrica, expresado en ton/ha a través de la (EUPS).

3.5 Creación del escenario de cambio de uso de la tierra en la microcuenca Las Gradadas, Dipilto

En esta sección 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. El modelo fue implementado en el software ArcView 3.1.

El factor de conservación considerado aquí 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.

Los resultados obtenidos se basan en la erosión actual o sea bajo la información disponible al momento del estudio sobre la cobertura vegetal y un escenario general donde la cobertura vegetal del bosque ha sido cambiada por agricultura tradicional.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Precipitaciones registradas en el periodo de Julio a Octubre del 2005

Durante el periodo de estudio se registraron precipitaciones de 641 mm de Julio a Octubre del año 2005, ocurriendo mayores precipitaciones en los meses de Julio y Octubre (Datos de la estación meteorológica Ocotal INETER, 2005).

La precipitación es uno de los principales factores que influye en el proceso de erosión hídrica, ya que contribuye a la erosión cuando éste se encuentra sin una cubierta vegetal y mucho más en aquellos terrenos que presentan suelos muy escarpadas con promedios del 30%.

En referencia a las precipitaciones en el periodo de estudio para el mes de Junio se registraron un total de 399.3 mm de lluvia, siendo el mes más lluvioso para ese año 2005. Se registraron precipitaciones de 242.5 mm en Julio, 122 mm en Agosto, 103.5 mm (Septiembre) y 137.9 mm (Octubre), siendo el mes de Septiembre el mes menos lluvioso con 103.5 mm.

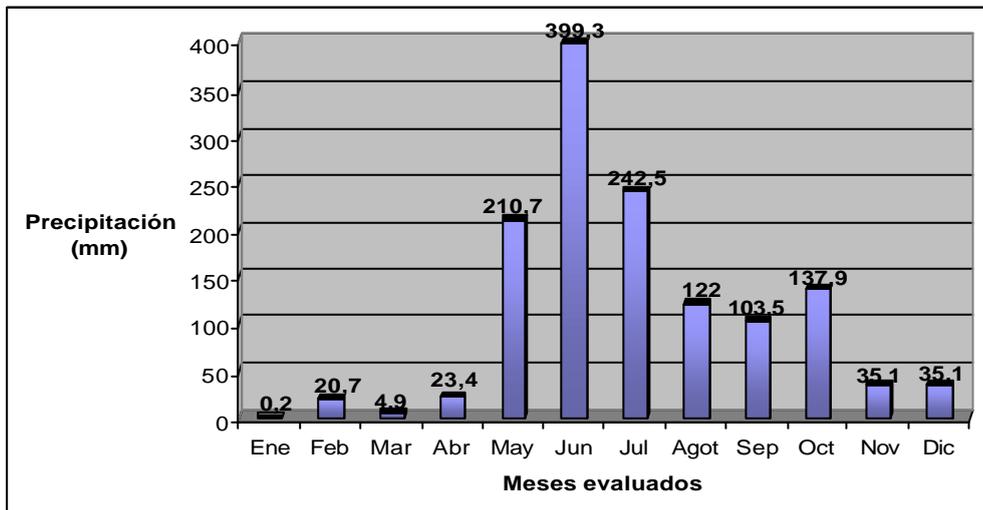


Figura 7. Precipitaciones registradas en la microcuenca Las Gradadas, 2005, fuente INETER. Estación: principal HMP en Ocotal.

4.2 Pérdidas de suelos mensuales en los diferentes sistemas productivos

Los valores obtenidos de pérdidas de suelo se determinaron por el tipo de cobertura presente en cada uno de los sistemas productivos. Las pérdidas de suelos de cada sistema evaluado representando once eventos erosivos lluviosos en cada uno de los sistemas evaluados.

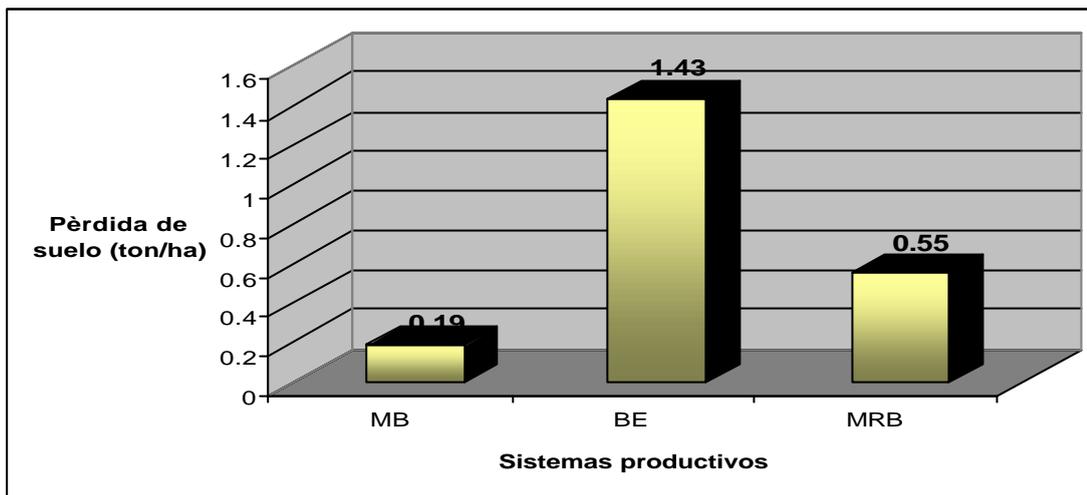


Figura 8. Pérdidas de suelo por sistemas productivos, 2005.

Las pérdidas de suelo fueron inferiores al nivel de tolerancia, siendo estas menores a 10 ton/ha clasificado por la (FAO 1980) en los tres sistemas evaluados bajo diferentes condiciones de cubierta vegetal.

Estas pérdidas de suelo fueron generalmente bajas comparadas con otros estudios. Según (Ferreira y Rivera, 2003). En Siguatepeque Honduras se estimaron pérdidas de suelos en agricultura sin el efectos de barreras vivas de 40 ton/ha seguida por la agricultura con la incorporación de barreras vivas de 26 ton/ha. Estos resultados fueron asociados a una alta estabilidad de agregados y a un uso anterior de la tierra al que proporcionó coberturas boscosas permitiendo acumular materia orgánica en algunos de estos sistemas. El sistema de pastizal presentó pérdidas de suelos de 21 ton/ha mientras que el sistema de bosque obtuvo 12 ton/h.

a) Pérdidas de suelo en el sistema de manejo de bosque

El MB presentó la menor pérdida de suelo en los meses de Julio, Agosto, Septiembre y Octubre respectivamente, esto se debió a la alta densidad de vegetación, que impidió el impacto directo de las gotas de lluvia sobre las partículas del suelo, lo que disminuyó el arrastre del suelo durante los eventos lluviosos.

En el mes de Julio se registraron pérdidas totales de 0.15 ton/ha las cuales son altas en comparación con los demás meses, esto fue debido a las bajas precipitaciones que se presentaron a causa del inicio de la canícula. En el caso del mes de Septiembre se registraron las menores pérdidas de suelo con un valor de 0.0054 ton/ha estas fueron muy bajas en comparación a los otros meses evaluados.

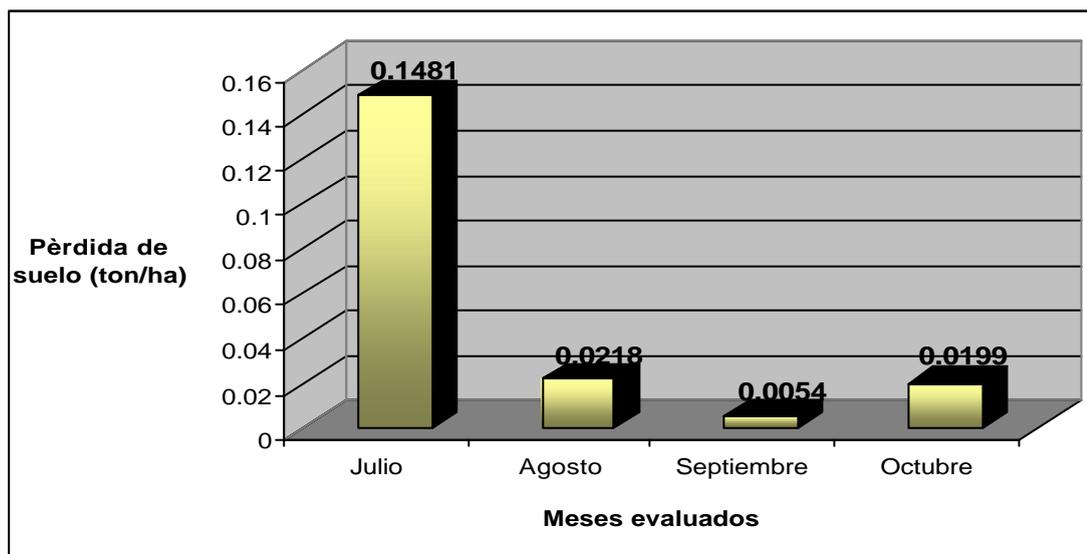


Figura 9. Pérdidas de suelo en el sistema de manejo de bosque, 2005).

b) Pérdidas de suelo en el sistema de banco energético, “Taiwán verde”

En el sistema de BE la mayor pérdida de suelo se determinó en los meses de Julio y Agosto con pérdidas totales de 0.56 y 0.42 ton/ha respectivamente, esto se debe a que el área de la parcela cubierta por pasto taiwán presentaba una baja

densidad vegetal al inicio de las tomas de datos, presentando remoción de tierra en su establecimiento, lo que favoreció el proceso de erosión dentro del cultivo.

En los meses de Septiembre y Octubre se registraron pérdidas de suelo menores de 0.41 y 0.03 ton/ha siendo estas las más bajas registradas, en comparación a los meses de Julio y Agosto. En el mes de Octubre disminuyó la pérdida beneficiaron por el aumento de la densidad vegetal cubierta de pasto taiwán lo que disminuyó las pérdidas de suelo en este sistema productivo de banco energético.

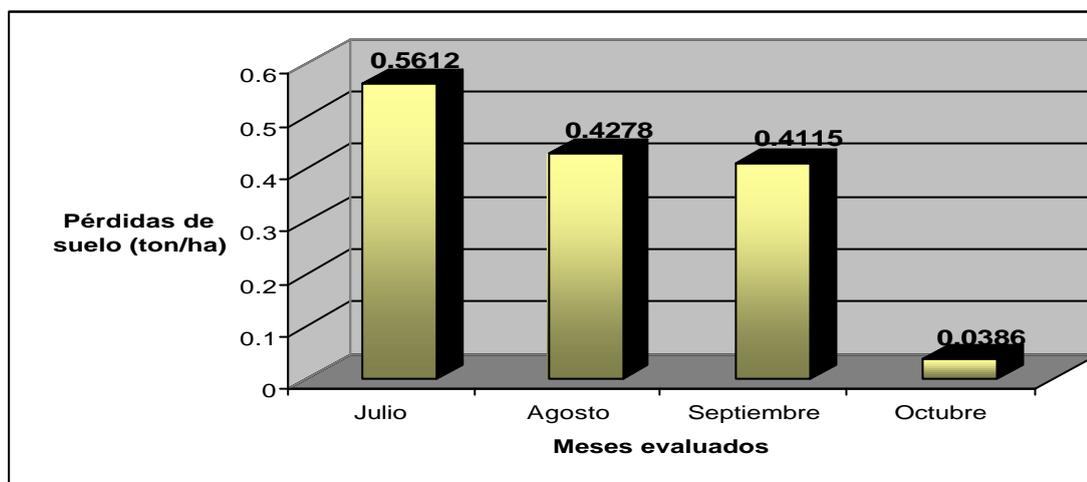


Figura 10. Pérdidas de suelo sistema de banco energético Taiwán verde, 2005.

c) Pérdidas de suelo en el sistema de manejo de regeneración de bosque

En el sistema MRB el mes de Julio, presentó la mayor pérdidas de suelo con 0.25 ton/ha siendo el mes que más ocasionó pérdidas de suelo al parecer una mayor densidad vegetal (rastros) encontrada en la parcela, evito el arrastre de partículas del suelo en mencionado sistema no hay presencia de ganado mayor (bovino) lo que redujo las pérdidas de suelo en este sistema.

En el mes de Septiembre y Octubre presentaron las menores pérdidas de suelo registradas con 0.07 y 0.035 ton/ha siendo estas inferiores al sistema de banco energético.

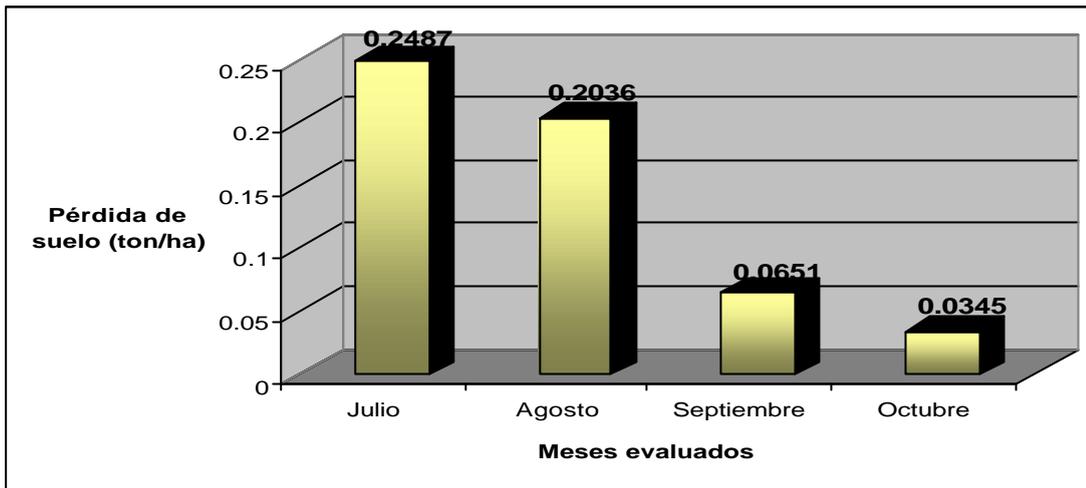


Figura 11. Pérdidas de suelo en el sistema de regeneración de bosque, 2005.

4.3 Porcentaje de escorrentía superficial en cada sistema productivo

La escorrentía superficial medida en las parcelas demostró que el sistema de banco energético produjo la mayor cantidad de escorrentía superficial con 69.72 m³/ha, a diferencia del sistema de manejo de bosque con 12.35 m³/ha, aun por debajo del sistema de manejo de regeneración de pino con 17.92 m³/ha estos resultados concuerdan con lo enunciado previamente sobre el efecto que tienen la cobertura vegetal sobre la cantidad de sedimento y el volumen de escorrentía (Figura 12).

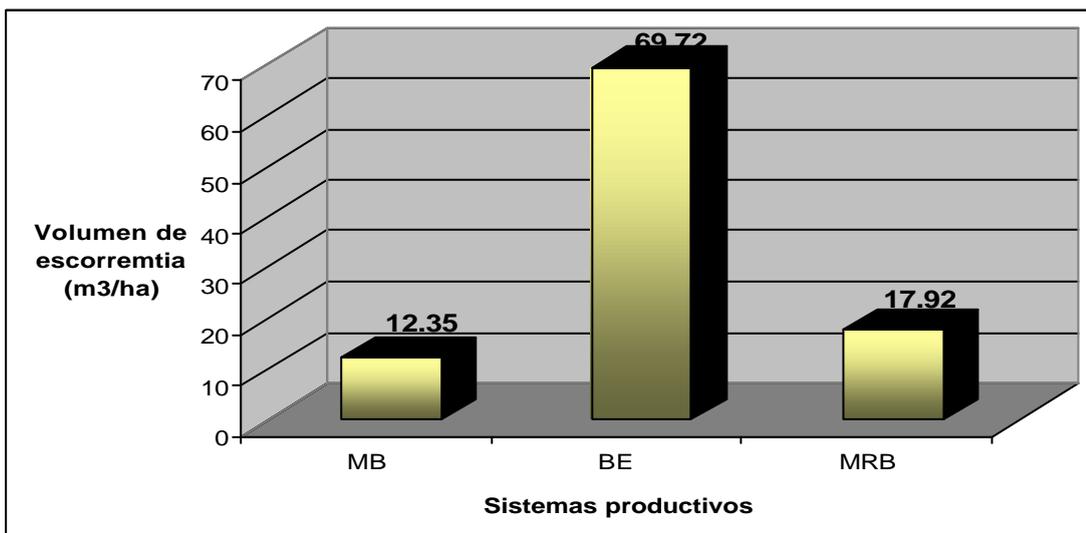


Figura 12. Volumen de escorrentía (m³/ha) por sistemas productivos, 2005.

4.4 Escorrentía superficial y concentración de sedimento por sistemas

a) Escorrentía superficial por sistemas

El sistema de banco energético presentó las mayores cantidades de escorrentía superficial con un valor de 5868 lts, seguido del sistema de regeneración de bosque 1763 lts, inferior a ellos con tan sólo 1215 lts se encuentra el sistema de manejo de bosque, dichos valores se clasificaron en conformación a todos los eventos lluviosos evaluados en el periodo de Julio a Octubre del año 2005.

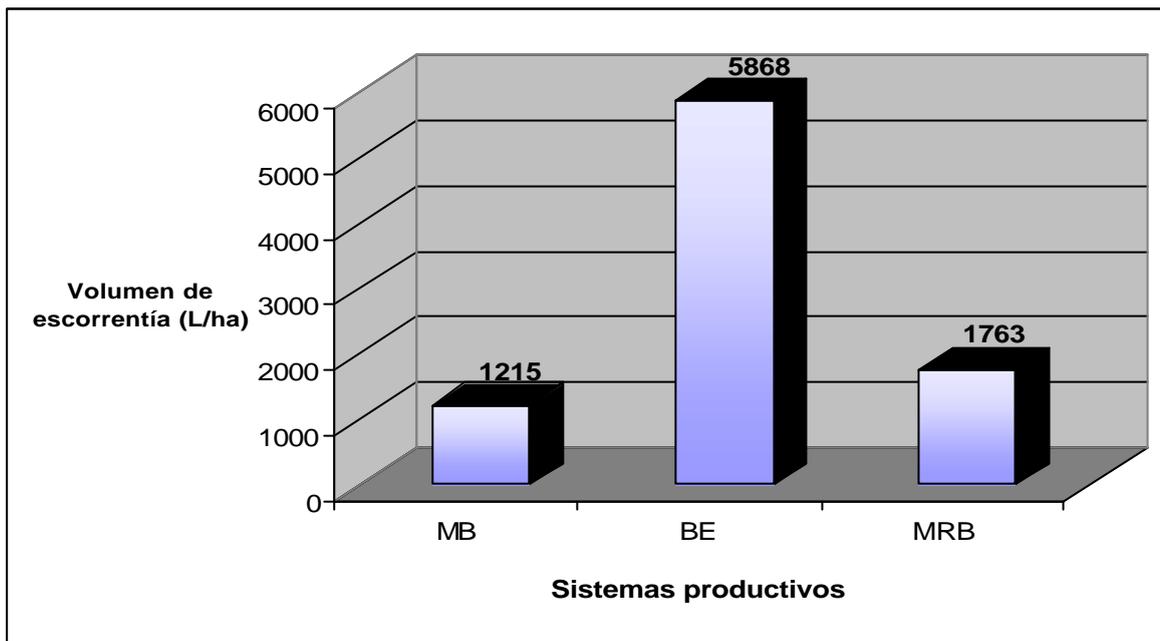


Figura 13. Volumen de escorrentía (L/ha) por sistemas productivos, 2005.

b) concentración de sedimento por sistemas productivos

Se determinó la concentración de sedimento en los tres sistemas productivos a partir de muestras recolectadas de cada evento lluvioso bajo el periodo de estudio comprendido de Julio a Octubre. El sistema de banco energético presentó la mayor cantidad de sedimento suspendido con un valor de 51.89 g/lts, seguido del sistema de regeneración de bosque con 26.12 g/lts y muy por debajo de ellos se encontró el sistema de manejo de bosque con 13.7 g/lts (Figura 14).

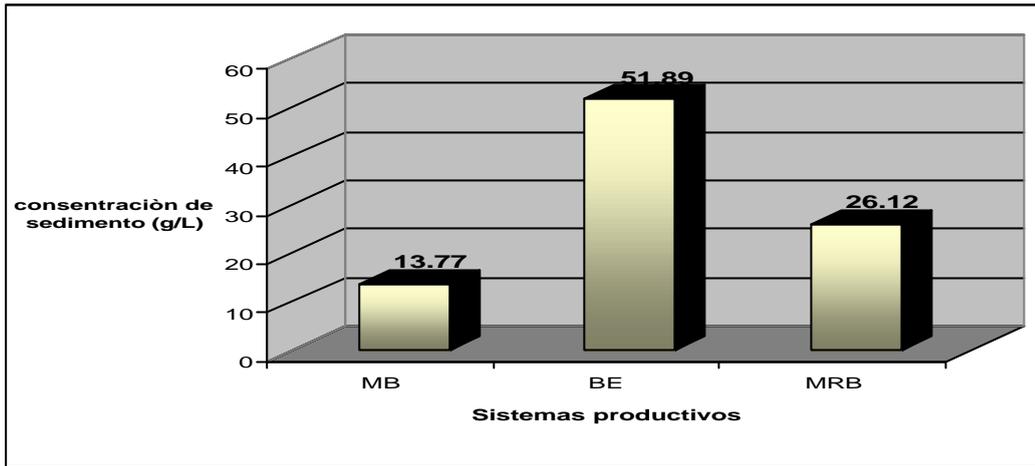


Figura 14. Concentración de sedimentos (g/L) por sistemas productivos, 2005.

Estos valores reflejan un grado de erosión nula a ligera, esto es debido a que presentan pérdidas de suelos menores a las permisibles de 10 ton/ha según la (FAO, 1980). Estudios realizados en Honduras presentaron similares características biofísicas y condiciones de vida, demostrando que el sistema de banco energético (taiwán) es el principal causante de las pérdidas de suelos en diferentes focos de estudios, esto es debido a su establecimiento en zonas de laderas, presentando mayor índice de escorrentía superficial y mayor concentración de sedimento. En el caso del sistema de banco energético, aportó mayores pérdidas de suelo asociado a una remoción del mismo. No obstante, en general todas las pérdidas de suelo son consideradas bajas a nulas.

4.5 Factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS)

a) Factor de erosividad de lluvia "R"

En base a los datos de precipitación mensual por mes de Julio-Octubre del año 2005, se trabajó con el sistema internacional para facilitar las conversiones de las unidades. Los eventos lluviosos registraron una precipitación media anual de 809.3 mm entre los períodos de 1990 al 2006 (19 años) el valor de erosividad es de 2,053.97 MJ mm/ha h año este, valor indica la erosividad del año 2005.

b) Factor de erodabilidad del suelo “K”

El nomograma de erodabilidad dio un valor de K de 0.03 (ton ha h/ha MJ mm año), en este se determinaron contenido de materia orgánica, textura, permeabilidad y los porcentajes de arena, limo y arcilla respectivamente (Ver cuadro 5).

Cuadro 5. Propiedades del suelo en la microcuenca Las Gradadas, del río Dipilto.

Propiedades	Valores
Porcentaje de arena	78
Porcentaje de limo	14
Textura	Granular Mediana
Materia orgánica	1.68
Permeabilidad	Mediana Rápida
Arcilla	8

Fuente: Laboratorio LABSA-UNA.

c) Factor de longitud de pendiente “L” y gradiente de la pendiente “S”

Para el factor de longitud de pendiente y gradiente de pendiente fue (18), bajo un valor de longitud de pendiente de 100 m y una gradiente de la pendiente de 30% bajo condiciones ambientales.

d) Factor de uso y manejo de la cobertura vegetal “C”

Los valores del factor C cobertura vegetal para la microcuenca Las Gradadas fueron de 0.001 representado por bosque denso o cultivos con arroyo espeso, valores de C reportados por (Roose, 1977) indicando las condiciones del suelo.

e) Factor de prácticas de conservación de suelo “P”

Para el factor de prácticas de control de erosión (P), en la microcuenca no presentó ninguna de las prácticas propuestas por Wischmeier, (1976) por tal razón se asigna el valor máximo de (1).

Las interacciones de cada uno de estos factores determinan una vulnerabilidad del recurso suelos, a través del proceso de erosión hídrica representando pérdidas de suelo de 1.10 ton/ha en la microcuenca en estudio.

Cuadro 6. Resultados de los factores de la (EUPS), en microcuenca Las Gradadas en los tres sistemas productivos evaluados para el año 2005.

A (ton/ha).	R (MJ mm/ha h).	K (ton ha h /ha MJ mm.	LS.	C.	P.
1.10	2,053.97	0.03	18	0.001	1

Fuente: Ofilio Hernández, 2005

4.6 Escenarios de erosiones potenciales estimadas en la microcuenca Las Gradadas aplicando al Sistema de Información Geográfica (SIG), escenario pesimista y escenario con una visión de protección forestal.

La erosión calculada en el escenario de protección forestal obtuvo como resultado que el 100% del área total de la microcuenca Las Gradadas no presenta problemas de erosión, si fuese el caso que el área estuviese cubierta en su totalidad bajo la categoría de protección forestal, sin embargo, si se establece un cambio de uso de tierra presentaría un aumento significativo de pérdidas de suelo de 52% en comparación con los resultados del modelo de protección forestal (figuras 14 y 15). Estas áreas corresponden a diferentes sectores de la microcuenca tanto en las partes altas como en las partes medias y bajas, en su mayoría presentan pendientes moderadamente escarpadas a muy escarpadas.

En la (Figura, 15), se observa claramente las clasificaciones de erosión de ligera o ninguna, esta se encuentran distribuidas a lo largo de toda la microcuenca con áreas bajo coberturas vegetales homogéneas y pendientes moderadas, cabe destacar que la microcuenca abarca una dimensión territorial de de 2.6 km² del cual para este escenario no presenta pérdidas de suelo en su totalidad.

4.6.1 Estimaciones de pérdida de suelo bajo diferentes escenarios

a) Bosque denso o cultivos con mulch espeso.

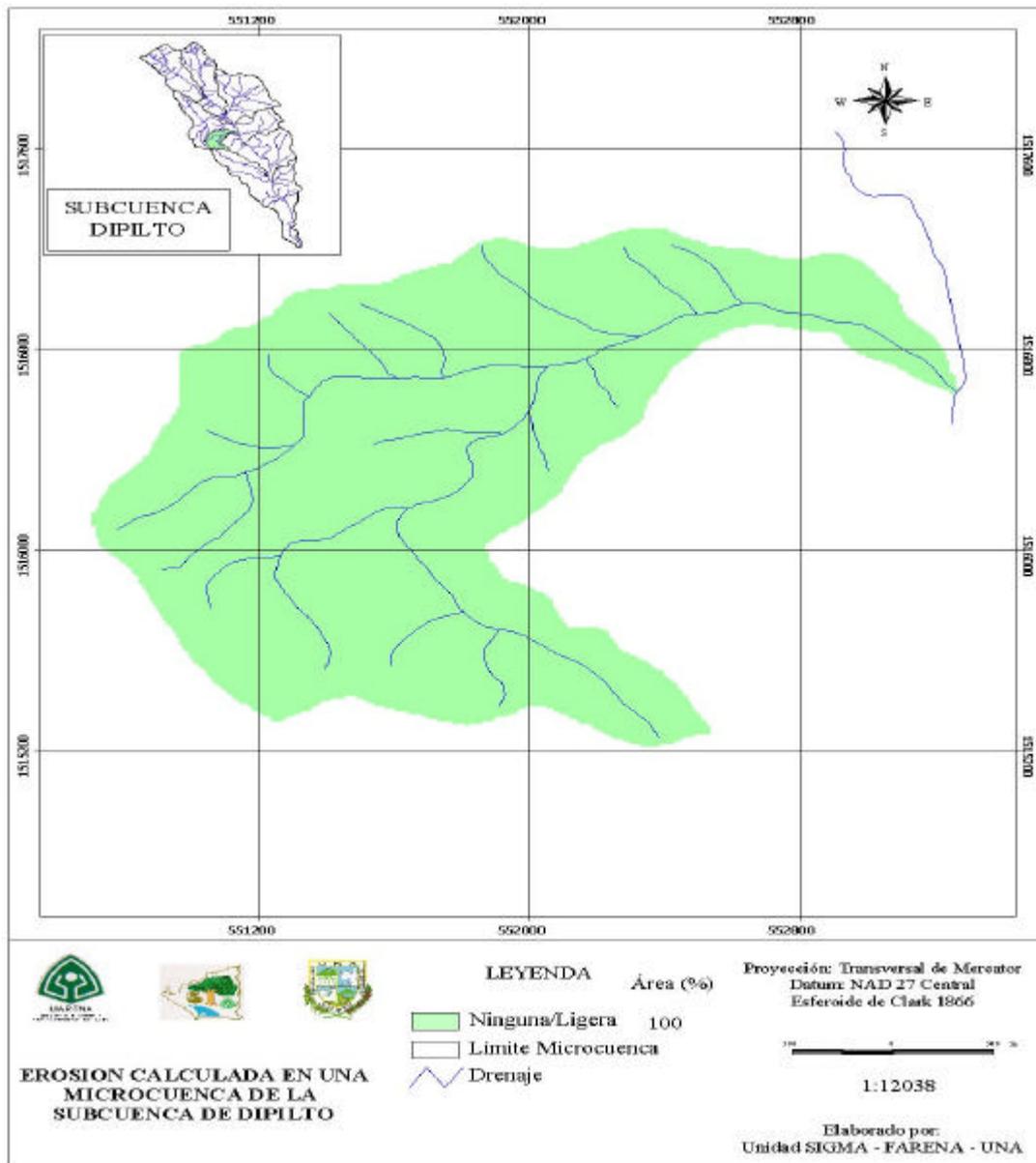


Figura 15. Escenario I, Cubierta por bosque cerrado en la microcuenca Las Gradadas, 2005.

El modelo determino que la microcuenca contando con la protección forestal en todo su entorno, la pérdida de suelos esta por debajo del nivel de tolerancia en 100% del territorio. Como efecto de la cubierta con material vegetativo leñoso bosque cerrado, la erosión se clasifica por lo tanto como una erosión nula a ligera.

b) Cultivos anuales en su totalidad.

Basado en un escenario en donde la cobertura vegetal protectora del bosque se cambia por cultivos anuales, un 80% del área presenta riesgos de erosión clasificados como es muy alta con un 51% y moderada 3% no acorde a la capacidad del suelo (Figura 16).

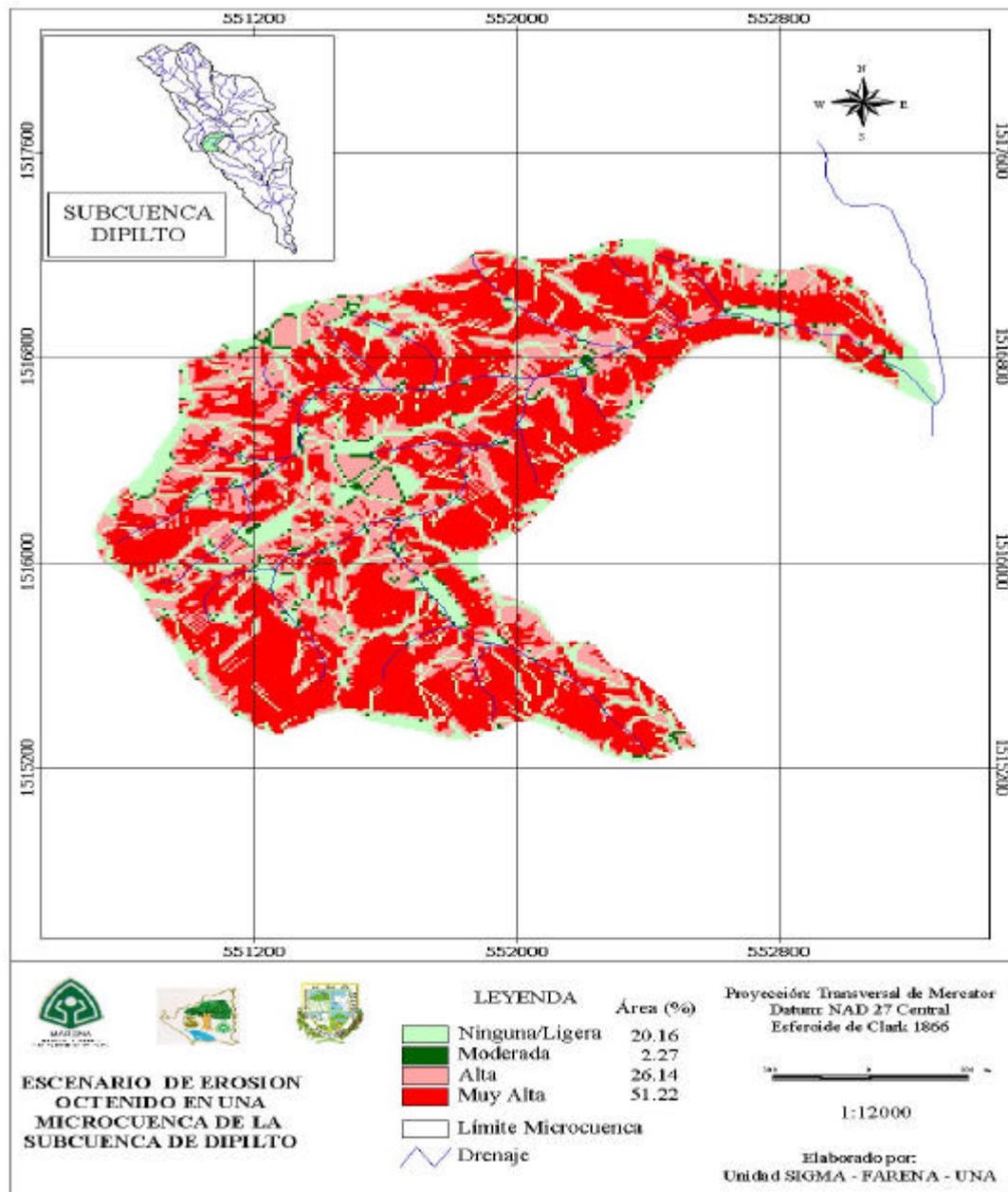


Figura 16. Escenario II, cubierta por cultivos anuales en la microcuenca Las Gradadas, 2005.

5. CONCLUSIONES

La mayor pérdida de suelo la presentó el sistema banco energético con 1.43 ton/ha, seguido del sistema de regeneración de pino con 0.55 ton/ha y el manejo de bosque con 0.19 ton/ha; sin embargo, cabe destacar que todos son considerados como pérdidas mínimas por presentar valores menores que el nivel de tolerancia de 10 ton/ha/año, ó sea en equilibrio el proceso de erosión con la formación de suelos.

La presencia de una cubierta de material vegetativo leñoso (rastros) sobre el suelo en el sistema de regeneración de pino y una mayor cobertura arbórea en el sistema manejo de bosque, impidieron la incidencia directa de la lluvia sobre el suelo, provocando una menor dispersión de las partículas lo cual coadyuva a la disminución en el arrastre de partículas suspendidas por la escorrentía superficial.

La menor escorrentía superficial la presentó el sistema manejo de bosque con 12.35 m³/ha, seguido del sistema regeneración natural con 17.92 m³/ha y sistema banco energético con 69.72 m³/ha, lo cual confirma que el sistema manejo de bosque se encuentra con una mayor cobertura vegetal y por lo tanto esta mayormente protegido de la erosión.

El mayor contenido de sedimento del suelo lo presentó el sistema de banco energético con 51.89 g/L, seguido del sistema de regeneración de pino con 26.12 g/L y el sistema de manejo de bosque con 13.77 g/L, esto está directamente relacionado con la escorrentía superficial, ya que ante la presencia de una mayor escorrentía superficial, habrá un mayor arrastre de los sedimentos y por lo tanto mayor concentración de las partículas transportadas.

La cobertura vegetal evita la incidencia directa del agua sobre suelo, favorece la retención de agua, disminuye la escorrentía superficial y por lo tanto reduce la erosión.

Los factores de más influencia en este estudio fueron (cobertura vegetal) con un valor de 0.001, previamente este valor contempla las condiciones de la microcuenca, establecido por bosques densos con un 80%, seguidamente del factor de (erosividad de lluvia) con valor de 2,053.97 Mj mm/ha h año, en donde se obtuvo la mayores cantidad de precipitación en la zona de estudio en los meses de Julio y Octubre.

Se determinó la erosión potencial bajo diferentes escenarios, en base a protección forestal (bosque cerrado), y estableciendo un criterio pesimista, cambio de uso de tierra de bosque cerrado a cultivos anuales persistiendo pérdidas de suelos que van desde muy altas hasta permisibles a nulas. El modelo arrojó que cuando el uso de la tierra era conformado únicamente por bosque, la única clasificación de erosión fue de ninguna a ligera. Cuando se propuso el cambio de uso de la tierra de bosque a cultivos anuales, esta se redujo a un área de solo 20.16%. Paralelamente, el modelo calculó en la microcuenca del río Dipilto un incremento del área con erosión clasificada como muy alta de 51.22%.

Las prácticas de conservación basados en cobertura tiene un efecto relativamente menor sobre la disminución de pérdidas de suelos a la vulnerabilidad del cultivo (banco energético taiwán verde).

6. RECOMENDACIONES

Establecer muestreos de campo a nivel de microcuena para determinar los valores de cobertura vegetal y erodabilidad de suelo con valores in-situ en las parcelas experimentales.

Incluir un estudio de erodabilidad de lluvia en la aplicación e inserción de un sistema de pluviografos para determinar dicho valor, no obstante obviando de información secundaria para comparar dichos datos obtenidos a través de la estación más cercana al área de estudio.

Para posteriores trabajos se recomienda utilizar la ecuación universal de pérdida de suelo de 1.10 ton/ha, por presentar las pérdidas de suelo más aproximada a las pérdidas reales del suelo medidos en el campo equivalente a 2.18 ton/ha.

Es necesario dar seguimiento a este trabajo investigativo para tener parámetros más confirmados en cuanto a las pérdidas de suelo de la zona de estudio, y compararlos con datos venideros, para brindar posibles soluciones a la degradación potencial.

Es recomendable dar a conocer la información del estudio y difundir los resultados a los productores de Dipilto y Ocotál para que conozcan los parámetros e incidencias de las tasas de pérdidas de suelos registradas en dicha zona.

7. BIBLIOGRAFÍA

FAO, 1980. (on. Line). Erosión de suelos en América Latina. Predicción de la erosión de los suelos proyecto GLASOD SOTTER 1992, (citado Marzo 2007). Habitado de Internet URL.www.fao.org/index.es.htn.

FAO, PNUMA, 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de suelos. Roma, Italia. p 86.

Ferreira, O. y Rivera, S. 2003. Escorrentía, erosión y macronutrientes en cuatro coberturas en fincas del Achiote Siguatepeque, Honduras. Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR), p 12.

Kirkby y morgan 1984. Erosión de suelos. 1ra edición, impreso en México. 375 p.

Mannering, J, V. 1981. The use of soil loss tolerances as a strategy for soil conservation. En Morgan (Ed.) Soil conservation: Problems and prospects. Wiley. Chich. Edo. México, p. 265-303.

Mendoza, C, B, R. 1994; Evaluación de prácticas agroforestales de conservación de suelo sobre la erosión y la producción de granos básico. Tesis Ing. Managua, Nicaragua, UNA. p 60.

MARENA. 2002; Plan de ordenamiento de la cuenca del río Estelí, Managua, Nicaragua.

MARENA-POSAF. 2001. Plan de ordenamiento de la micocuenca río Dipilto. Informe técnico no IV.

Rivas, C. D. A. 1992. (A). Desing and field construction of erosion plot system in Ticuantepe, Nicaragua. Soil Sciences Department, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. p. 69.

Rosnay, J. 1975. Le macroscopie. Paris. Ed. Du Seuil. p. 107.

Roose, E. 1977. Soil Erosión and Carbón Dynamics in África Occidental. p. 352.

Sánchez, V. y Alejandro. 1987. Conceptos elementales de hidrológica forestal agua, cuenca y vegetación. Primera edición. Universidad Nacional Autónoma de Chapingo. México.

Sebillote, M. 1974. Agronomie et agriculture. Essaid analyse des taches de 1 agronome. Paris. Cahiers Ortom Serie Biologie n. 24: p 3-25.

Thurrow, T. y Smith, 1998. Evaluación de métodos de conservación de suelo y agua aplicados a las tierras de laderas cultivadas en el sur de Honduras, boletín técnico no. 98-2

Wischmeier, W, H. 1976. Use and misuse of the universal soil equation. J. Soil & Water Cons. p. 5-9.

8. ANEXO

Anexo 1

a) Materiales utilizados en el campo

- 1- Cintas métricas
- 2- Estacas
- 3- Reglas
- 4- Palas
- 5- Machetes
- 6- Clavos
- 7- Botellas
- 8- Libretas
- 9- Marcadores
- 10- Lápices
- 11- Laminas de zinc
- 12- Barriles
- 13- Remaches
- 14- Martillos
- 15- Cinceles
- 16- Remachadoras
- 17- Niveles
- 18- Panas
- 19- Baldes
- 20- Tubos pvc
- 21- Pegas pvc
- 22- Tijeras
- 23- Cierras
- 24- Terminales
- 25- Llaves estilson
- 26- Cobas
- 27- Piochas
- 28- Alicates
- 29- Sondanesas
- 30- Pistola de silicona
- 31- Siliconas.

b) Materiales de post-campo

- 1- Computadora e impresora
- 2- Tonner
- 3- Papel tamaño carta
- 4- Disquete
- 5- Otros.

Anexo 2, Cuadro 7. Resumen Meteorológico Anual 1990 al 2006.

Instituto nicaragüense de estudios territoriales.
Dirección general de meteorológica,

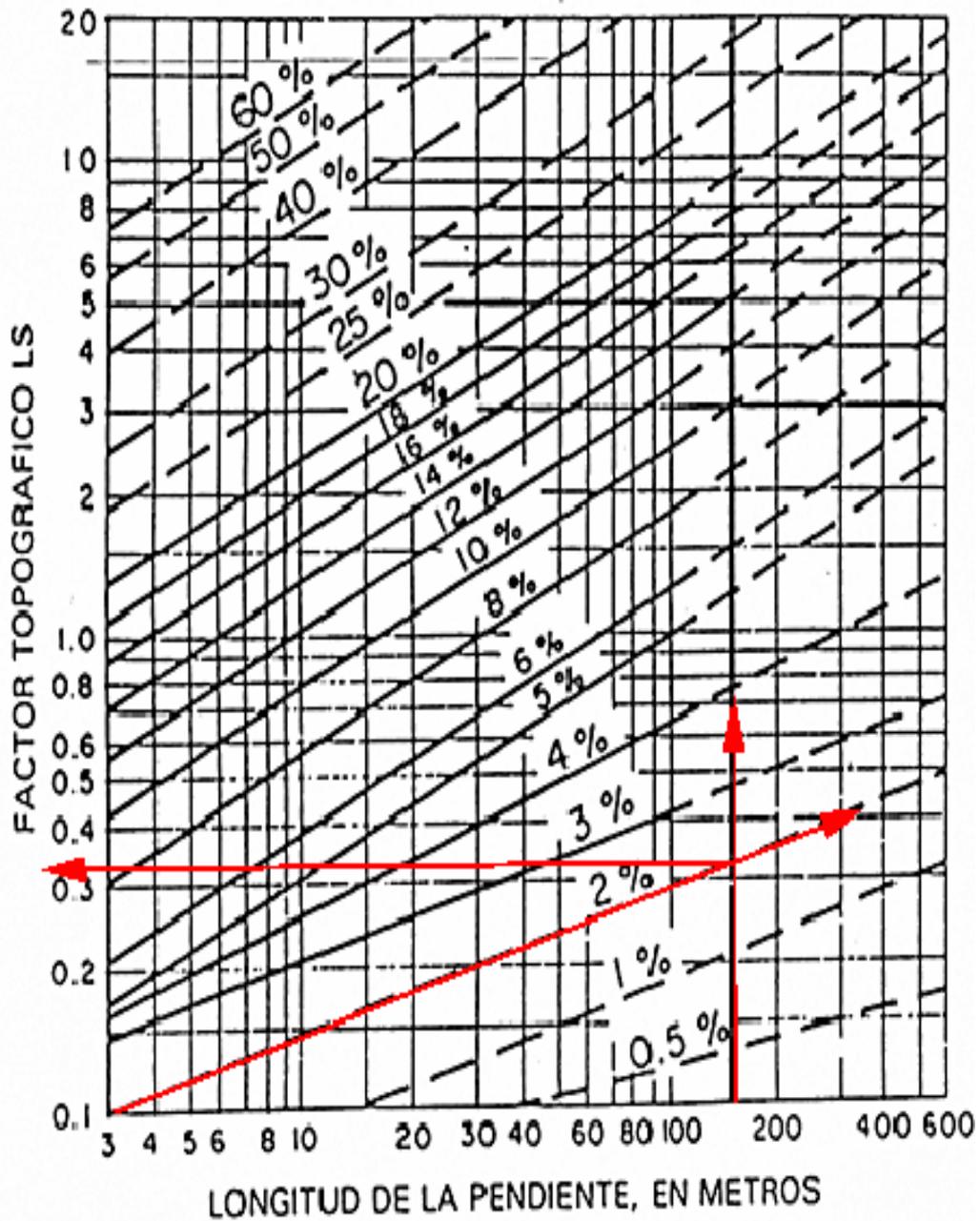
Estación: - OCOTAL / OCOTAL	Latitud: 13° 37' 00" N
Código: 45 017	Longitud: 86° 28' 00" W
Años: 1990 – 2006	Elevación: 612 msnm
Parámetro: precipitación (mm)	Tipo: HMP

Año	En e	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos	Sep.	Oct.	Nov.	Dic	Suma
1990	1.2	1.5	0.4	86.0	100.2	61.0	44.4	100.8	92.5	95.4	156.7	30.1	770.2
1991	1.3	0.0	1.2	1.4	188.0	99.8	39.1	59.4	33.8	191.5	33.3	-	648.8
1992	4.6	23.0	0.9	0.5	130.4	122.1	61.8	56.4	62.2	86.6	2.1	6.1	556.7
1993	2.3	0.0	11.3	70.8	256.7	120.8	43.7	84.6	269.5	53.8	2.9	1.8	918.2
1994	5.4	1.1	2.2	47.3	112.7	44.5	30.5	60.9	106.8	98.9	37.1	5.3	552.7
1995	0.8	1.8	44.2	161.3	67.0	148.4	45.7	288.9	169.7	153.4	14.3	14.2	1109.7
1996	2.8	0.7	1.0	30.7	163.7	26.4	161.3	230.7	89.6	311.3	82.8	0.2	1101.2
1997	3.6	2.6	3.7	24.6	25.6	229.2	58.4	30.0	157.3	140.5	21.3	0.0	696.8
1998	0.0	0.0	24.9	2.0	107.1	109.4	169.4	252.3	208.2	776.2	66.3	1.3	1717.1
1999	5.7	38.6	11.1	10.7	68.5	68.6	132.7	82.7	310.3	150.3	41.7	1.6	922.5
2000	6.4	4.0	0.0	0.0	61.0	12.1	42.3	46.6	179.6	75.1	2.2	10.2	439.5
2001	1.9	3.3	9.6	0.6	152.7	96.9	26.4	76.3	182.2	40.5	13.3	0.0	603.7
2002	1.3	4.7	1.2	9.0	251.8	204.9	49.7	31.0	129.6	77.1	13.6	1.1	775.0
2003	0.8	3.7	37.5	0.2	97.7	262.4	52.8	44.3	78.1	94.9	56.3	5.0	733.7
2004	1.6	0.1	9.9	12.3	23.5	89.7	45.2	77.4	161.3	114.0	40.8	0.4	576.2
2005	0.2	20.7	4.9	23.4	210.7	399.3	242.5	122.0	103.5	137.9	35.1	1.3	1301.5
2006	4.1	1.1	1.2	60.2	28.4	137.2	95.9	7.1	-	-	-	-	335.2
Suma	44.0	106.9	165.2	541.0	2045.7	2232.7	1341.8	1651.4	2334.2	2597.4	619.8	78.6	13758.7
Media	2.6	6.3	9.7	31.8	120.3	131.3	78.9	97.1	145.9	162.3	38.7	5.2	809.3
Máximo	6.4	38.6	44.2	161.3	256.7	399.3	242.5	288.9	310.3	776.2	156.7	30.1	1717.1
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	23.5	12.1	26.4	7.1	33.8	40.5	2.1	0.0	335.2

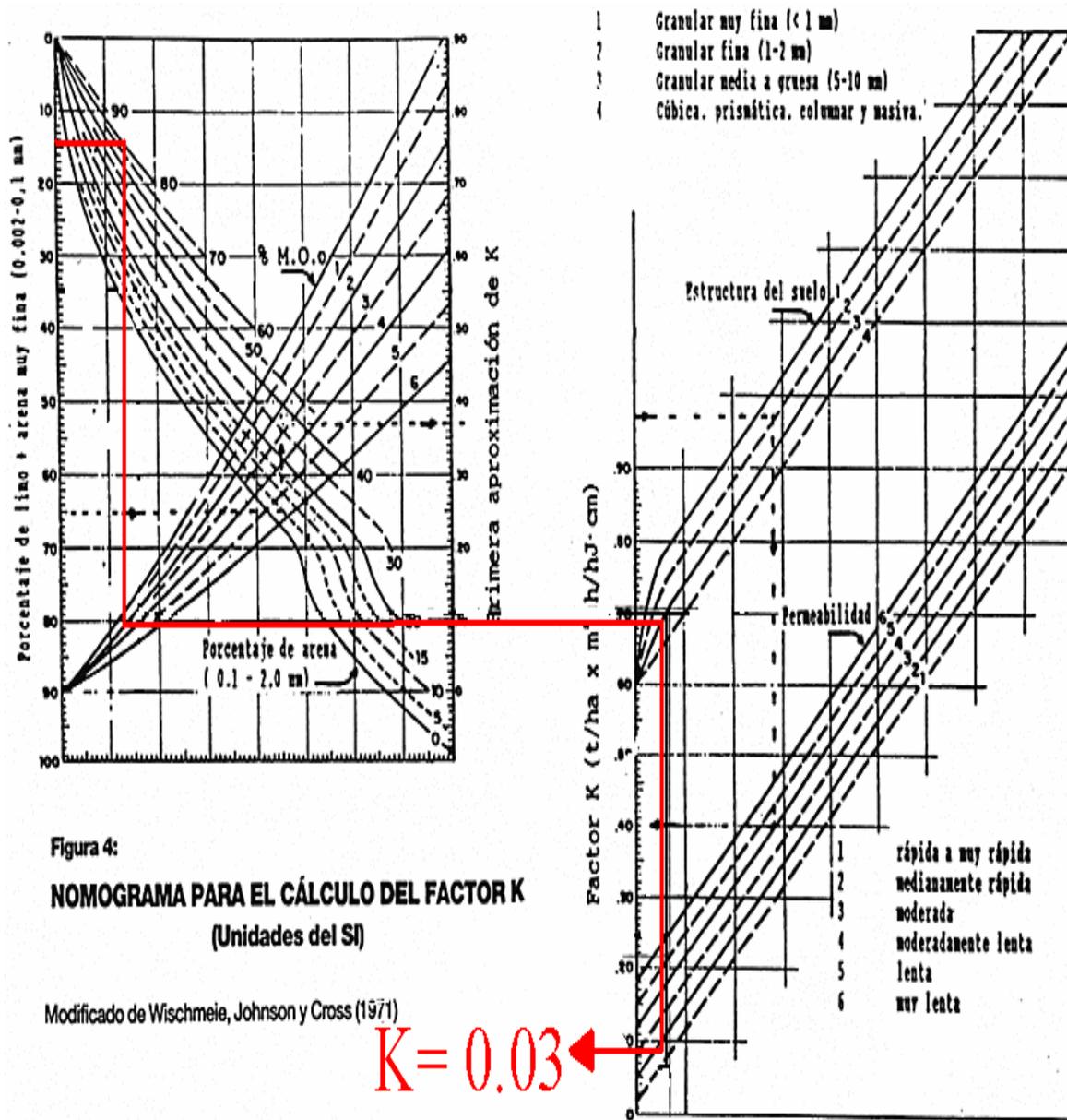
R: 120.68 Sistemas Americanos. (Multiplicado por 17.02).

R= 2053.97 Sistema Internacional.

Anexo 3, figura 17. Cálculo de "LS" longitud de pendiente y gradiente de la pendiente en la ecuación universal de pérdidas de suelos (EUPS).



Anexo 4, figura 18. Cálculo de erodabilidad del suelo "K" de la (EUPS).



Anexo 5, Cuadro 8. Datos procesados en las pérdidas de suelos potenciales (Manejo de Bosque) 2005

Sistemas productivos	Vol. H2O campo (lts)		Vol. H2O muestra (mlts)		Peso del beaker (gr)		Peso beaker, sed.(g/L)		Sedimento (gr)		Volumen de escorrentía (lts)		Concentración de sedimento(gr/lts)		Pérdida de suelos(ton/ha)	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
DI.01 02/07/2005	74		1190		324		325		1		185.53		0.84		0.0259	
DI.01 12/07/2005	30		1520		328.1		329		0.9		75.21		0.59		0.0073	
DI.01 31/07/2005	40	20	1530	1560	307.3	321	316.3	324.3	9	3.3	100.28	285.06	5.88	2.11	0.0982	0.0167
DI.01 10/08/2005	10		1570		322		325		3		25.07		1.91		0.0079	
DI.01 19/08/2005	18		1550		321.9		322.5		0.6		45.12		0.38		0.0028	
DI.01 28/08/2005	70		1560		307.8		308.4		0.6		175.5		0.38		0.0111	
DI.01 03/09/2005	16		1200		310.4		311		0.6		40.11		0.5		0.0033	
DI.01 11/09/2005	10		1200		314		314.1		0.1		25.07		0.08		0.0003	
DI.01 21/09/2005	28		1190		325.8		326		0.2		70.2		0.16		0.0018	
DI.01 07/10/2005	53		1590		323		324.4		1.4		132.88		0.88		0.0194	
DI:01 23/10/2005	22		3080		310.5		310.7		0.2		55.15		0.06		0.0005	
Total	371		17180	1560	3494.8	321	3512.4	324.3	17.6	3.3	930.12	285.06	11.66	2.11	0.1785	0.0167

Anexo 6, Cuadro 9. Datos procesados en las pérdidas de suelos potenciales (Banco Energético) 2005.

Sistemas productivos	Vol. H2O campo (L)		Vol. H2O muestra (mL)		Peso del beaker (g)		Peso beaker, sed.(g/L)		Sedimento (g)		Volumen de escorrentía (L)		Concentración de sedimento(g/L)		Pérdida de suelos(ton/ha)	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
DI.02 19/08/2005	72	42	1200	1200	330.3	324	331.5	326	1.2	2	183.72	517.2	1	1.66	0.0306	0.0199
DI.02 28/08/2005	65	40	1600	1470	320.3	301.7	338.4	303.8	18.1	2.1	165.86	492.6	11.31	1.42	0.3126	0.0233
DI.02 03/09/2005	74	73	1200	1570	319.6	324	323.1	326	3.5	2	188.83	899	2.91	1.27	0.0915	0.038
DI.02 11/09/2005	75	23	1200	2000	312.7	321	313.7	321.7	1	0.7	191.38	283.2	0.83	0.35	0.0264	0.0033
DI.02 21/09/2005	74	70	1190	1560	319.1	324.5	328.3	325	9.2	0.5	188.83	862.05	7.73	0.32	0.2432	0.0091
DI.02 07/10/2005	61	29	2000	1550	317.5	319.2	319.7	319.9	2.2	0.7	155.65	357.1	1.1	0.45	0.0285	0.0053
DI.02 23/10/2005	38		3000		328		328.9		0.9		96.96		0.3		0.0048	
Total	459	277	11390	9350	2247.5	1914.4	2283.6	1922	36.1	8	1171.23	3411.15	25.18	5.47	0.7376	0.0989

Anexo 7, Cuadro 10. Datos procesados en las pérdidas de suelos potenciales (Manejo de Regeneración de Bosque) 2005.

Sistemas productivos	Vol. H2O campo (lts)		Vol. H2O muestra (mlts)		Peso del beaker (gr)		Peso beaker, sed.(g/L)		Sedimento (gr)		Volumen de escorrentía (lts)		Concentración de sedimento(gr/lts)		Pérdida de suelos(ton/ha)	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
DI.03 03/09/2005	71	4	1530	1530	319	330	322	332.1	3	2.1	174.87	47.5	1.16	1.37	0.0338	0.0021
DI.03 11/09/2005	33		1560		325.3		328.4		3.1		81.27		1.98		0.0268	
DI.03 21/09/2005	31.5		1560		307.8		308.1		0.3		77.58		0.19		0.0024	
DI.03 07/10/2005	44	23	1554	1554	326.7	323	327.9	325	1.2	2	108.37	273.2	0.77	1.29	0.0139	0.0117
DI.03 23/10/2005	22	17	1560	2030	319	320	320	321	1	1	54.18	201.9	0.64	0.49	0.0057	0.0032
Total	201.5	44	7764	5114	1597.8	973	1606.4	978.1	8.6	5.1	496.27	522.6	4.74	3.15	0	0.017

Anexo 8, Datos del factor de prácticas de conservación de suelo (P).

Cuadro 11. Energía cinética calculada sobre la base de la intensidad de la lluvia (MJ/ha) por mm de lluvia.

Decenas (mm./h)	Número de unidades de intensidad en(mm/h)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.119	0.145	0.161	0.172	0.180	0.187	0.193	0.196	0.202
10	0.206	0.210	0.213	0.216	0.218	0.222	0.224	0.226	0.228	0.231
20	0.232	0.234	0.236	0.238	0.239	0.241	0.242	0.244	0.245	0.247
30	0.248	0.2449	0.250	0.252	0.253	0.254	0.255	0.256	0.257	0.258
40	0.259	0.260	0.261	0.262	0.262	0.263	0.264	0.265	0.266	0.267
50	0.267	0.266	0.269	0.270	0.271	0.272	0.272	0.273	0.273	0.274
60	0.274	0.275	0.275	0.276	0.277	0.277	0.278	0.278	0.279	0.280
70	0.280	0.280	0.281	0.282	0.282	0.282	Ec = 0.283 a l > 76 mm /h			

Cuadro 12. Valores del factor (P) para cultivos en contorno en función de la gradiente de la pendiente y su máxima longitud permitida entre obras.

Gradiente de pendiente (%)	Factor P	Máxima Longitud de Pendiente (m)
3 – 5	0.50	90-100
6 – 8	0.50	60-65
9 – 12	0.60	40
13 – 16	0.70	25
17 – 20	0.80	20
21 – 25	0.90	15

Cuadro 13. Valores del factor (P) para cultivos en fajas, ancho de las fajas de cultivos y longitud de pendiente permisible (Wischmeier, 1976).

Gradiente de pendiente (%)	Factor P	Ancho de Faja (m)	Máxima Longitud de Pendiente (m)
1 – 2	0.30	40	244
3 – 5	0.25	31	183
6 – 8	0.25	31	122
9 – 12	0.30	24	73
13 – 16	0.35	24	49
17 – 20	0.40	18	37
21 – 25	0.45	15	31

Cuadro 14. Valores del factor (P) para terrazas de gradientes y acequias de laderas en cultivos a nivel entre las terrazas o acequias.

Gradiente de pendiente (%)	Terraza de gradiente	Acequias con Barrera viva densa (pendiente arriba)
1 a 2	0.12	No aplica
3 a 8	0.10	No aplica
9 a 12	0.12	No aplica
13 a 16	0.14	0.10
17 a 20	0.16	0.13
21 a 25	0.18	0.16
26 a 30	No aplica	0.20

Cuadro 15. Valores del factor (P) para barreras, vivas, muertas y de piedra con la distancia máxima entre obras.

Gradiente (%)	Barreras vivas	Barreras muertas	Barreras de piedra	Distancia (m)
1 a 2	0.50	-	-	40
3 a 5	0.40	-	-	33
6 a 8	0.40	-	-	30
9 a 12	0.50	-	-	25
13 a 16	0.55	0.60	0.40	15
17 a 20	0.60	0.65	0.45	12
21 a 25	0.65	0.70	0.50	10
26 a 30	0.70	0.75	0.55	9
31 a 35	0.75	0.80	0.60	9

Cuadro 16. Pérdida de suelo, concentración de sedimentos, y volumen de escorrentía reducida por sistemas productivos de microcuenca Las Gradadas del río Dipilto Nueva Segovia.

Sistema productivo	Concentración de sedimentos (g/L)	Volumen de escorrentía reducida (L)	Pérdida de suelo reducida (ton/ha)
BE	51.89	6857.19	1.43
MB	13.77	1215.18	0.19
MRB	26.12	1762.67	0.55