

INSTITUTO SUPERIOR DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL

DEPARTAMENTO DE SUELOS Y AGUA

TRABAJO DE DIPLOMA

"PLANIFICACION CONSERVACIONISTA DE LA FINCA EL PLANTEL"

AUTOR : Matilde Somarriba CHang.

ASESOR : Ir. Adrian Vogel.

Managua, Nicaragua.

Julio, 1989.

DEDICATORIA

a mi madre, Angela , a mi esposo Benigno Abraham, a mis hijos : Natalia y Eduardo Abraham, que con sus esfuerzos, apoyo y cariño, impulsaron el deseo de culminar este trabajo.

a mi abuela paterna, Matilde; por mi formación inicial en el colegio.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor, quien me brindo ayuda incondicionalmente, a lo largo de la ejecución del presente.

A mis compañeros de trabajo, quienes fueron de mucho apoyo durante la realización de este trabajo, especialmente : Xiomara, Mauricio, Carlos , Lucía, Georgina y Domingo.

A mi esposo, por su ayuda en la escritura final de este texto, y por el impulso que siempre me brindó.

A Pedro, por su intervención en la redacción final de este escrito.

A Luis, quien siempre se interesó personalmente en colaborar con este trabajo.

Al personal de apoyo del departamento de Suelos y Agua : conductores, secretarias, laboratoristas, dibujantes.

INDICE

CONTENIDO	PAGINA
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	11
INDICE	iii
INDICE DE TABLAS	iiii
RESUMEN	iiiiii
I. INTRODUCCION	1
II. MATERIALES Y METODOS	3
2.1. Descripción del área de estudio	3
2.2. Metodología	6
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES	18
3.1. Levantamiento de erosión actual.....	18
3.1.1. Por fotointerpretación	18
3.1.2. Por observaciones en el campo	19
3.1.3. Por medición de erosión laminar y en surcos. Método de clavos y arandelas....	20
3.1.4. Medición de erosión en cárcavas. Método de transectos de cárcavas.....	21
3.2. Levantamiento de erosión potencial	23

3.2.1. Determinación del factor	
Erosividad de la lluvia (R).....	23
3.2.2. Determinación del factor de	
Erodabilidad del suelo (K).....	24
3.2.3. Determinación de los factores	
longitud y gradiente de pendiente (LS).	25
3.2.4. Determinación del factor de	
cobertura y manejo de cultivo (C).....	26
3.2.5. Determinación del factor de	
prácticas de control de erosión.....	27
3.2.6. Determinación de la pérdida de suelo...	27
3.3. Elaboración de Mapas.....	30
3.3.1. Mapa de erosión actual.....	30
3.3.2. Mapa de riesgo de erosión.....	32
IV. CONCLUSIONES.....	33
V. RECOMENDACIONES.....	35
VI. BIBLIOGRAFIA	38

INDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PAGINA
Tabla 1. Valores de m para determinación del factor L	15
Tabla 2. Pérdida de suelo por erosión laminar y en surcos	21
Tabla 3. Valores de los factores LS	26
Tabla 4. Pérdidas de suelo en las diferentes parcelas de El Plantel, sin control de erosión y con las Prácticas de control de erosión recomendadas.....	28

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la finca El Plantel, propiedad del Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA); la cual tiene una superficie de 183 hectáreas; está ubicada entre los 12°06'24" y los 12°07'30" Latitud norte y entre los 86°04'46" y los 86°05'27" Longitud oeste, presenta una precipitación promedio anual de 1100 mm., una temperatura media de 26°C y una evapotranspiración potencial de 1400 mm. al año.* La problemática de la erosión de suelos en El Plantel es bastante evidente, de este trabajo se espera proyectar la necesidad de ejercer medidas inmediatas para proteger estos suelos y brindar la pauta para futuras investigaciones en este campo, dentro del ISCA como institución docente-investigativa. La metodología consistió en realizar un Levantamiento de Erosión Actual, basándose en fotointerpretación, observaciones y mediciones en el campo (Método de clavos y arandelas y Método de transectos de cárcava) y en evaluar el riesgo de erosión de las tierras de El Plantel a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS)(Wischmeier, et al, 1959). Se encontraron áreas con un riesgo de erosión desde muy bajo (< 1 Ton/ha. año) hasta muy alto (> 39 Ton/ha.año). Y en cuanto a erosión actual desde nula o muy leve hasta muy severa. A partir de estos resultados se elaboraron un Mapa de Erosión Actual y uno de Erosión Potencial o Riesgo de Erosión,

entre los cuales se observa una clara coincidencia en el grado de incidencia de erosión en ambos. De aquí se generó la división en áreas Sobreutilizadas y áreas Bienutilizadas; las primeras requieren de un uso y manejo que permita su recuperación y sostenimiento productivo. Para cada área, de acuerdo al riesgo de erosión que presenten, se recomiendan prácticas de control de erosión y/o cambio en el uso de la tierra; así tenemos : áreas donde sólo la práctica de sembrar en contorno disminuye el riesgo de erosión a un límite aceptable (3 a 8 Ton/ha.año); áreas que requieren un cambio de cultivo para disminuir la erosión, combinado con siembra en contorno y otras que necesitan además establecer barreras vivas y cultivos en contorno para bajar las pérdidas de suelo hasta el límite de tolerancia; y finalmente las más críticas donde sólo la reforestación sería la solución para reestablecer dichas áreas.

I. INTRODUCCION,

El suelo es uno de los recursos naturales más importante con que cuenta nuestro país; ya que nuestra economía se basa en la producción agrícola, por ello es necesario promover la protección de tan valioso recurso.

En la finca El Plantel, propiedad del ISCA, se ha venido observando, a lo largo de estos años, un acelerado proceso de erosión de suelos; en todas sus formas y en diversos grados. Esta problemática ha sido señalada en varias oportunidades por docentes del ISCA, estudiantes, e incluso los mismos trabajadores de la finca. Por ser un problema real y palpable, se ha querido realizar este estudio con el fin de investigar las proporciones de estas pérdidas de suelo, y las consecuencias que ellas están acarreando a la finca, las cuales se asocian, por parte de los productores a una pérdida de la productividad de dichos suelos, y reducción de los rendimientos de los cultivos.

Para realizar una planificación conservacionista es necesario reconocer las causas, las formas, el grado y la extensión de los procesos erosivos que afectan los suelos en estudio. Para ello se contempla una estimación y evaluación de la erosión actual y erosión potencial en los terrenos de la finca. Con el fin de proponer las prácticas y medidas convenientes para recuperar, mantener, y mejorar las características agronómicas de dichos suelos.

Este trabajo se plantea los siguientes objetivos generales :

- Elaborar un Plan de uso y manejo Conservacionista de la finca, El Plantel.
- Contribuir en la evaluación de la tierra para diferentes usos en la finca El Plantel.
- Fortalecer la importancia del criterio conservacionista como parte del desarrollo agropecuario.

Y como objetivos específicos :

- Evaluar la Erosión Hídrica actual en la finca.
- Estimar la Erosión Potencial ó Riesgo de Erosión en la finca.
- Elaborar un mapa de Areas Críticas en cuanto a riesgo de erosión.
- Determinar el Uso y Manejo de las diferentes áreas en la finca.
- Generar conocimiento práctico en el área de Conservación de suelos, necesario para elevar el nivel de la enseñanza, y la vinculación teoría - práctica.
- Dar pauta para el desarrollo de otros trabajos de investigación en el campo de estudio.

Observaciones: Este trabajo no se refiere a erosión eólica debido a que este fenómeno se presenta en la finca en un período muy específico del año, cuando se ha preparado la tierra, y aún no ha comenzado a llover (Mayo), fuera del período de este estudio.

Además este trabajo forma parte de un estudio más amplio, por esto se hace referencia en el texto a algunos estudios como : Levantamiento de suelos, Evaluación de la tierra.

II. MATERIALES Y METODOS :

2.1. Descripción del área de estudio :

La finca El Piantel está localizada en el kilómetro 42 carretera Tipitapa - Masaya. A una elevación entre 98 y 110 m.s.n.m. Las coordenadas geográficas lo ubican entre los 12° 06'24'' y los 12° 07'30'' Latitud Norte y entre los 86° 04'46'' y los 86° 05'27'' Longitud Oeste. La superficie de la finca es de ^{167.8 ha} 183 hectáreas.

Esta zona presenta una precipitación anual promedio de 1100 mm., gran parte de la cual ocurre entre los meses de Mayo a Octubre, denominada por esto la época lluviosa, y presentando un corto período seco entre julio y agosto (canicula); es así que durante 6 meses consecutivos se concentra la precipitación anual, y los otros 6 meses del año (Noviembre a Abril) permanecen los suelos secos y practicamente descubiertos de vegetación, época seca. La temperatura media anual de la zona es de 26 °C, manteniéndose constante durante todo el año, elevándose con frecuencia en los meses más secos, previos a la época lluviosa (Marzo y Abril). Se mantiene una humedad relativa promedio de 70 %; y una evapotranspiración potencial de 1400 mm. al año, estimada por la fórmula de Holdridge, y según datos de la estación meteorológica SAINSA, a 4 Km. de la finca.

En Anexo 1 se presenta el climodiagrama correspondiente a la zona del área estudiada, con su respectiva tabla de datos promedios mensuales de precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial (Anexo 2).

Geomorfología y Geología : El área de estudio está localizada en la transición entre las provincias fisiográficas : Volcánica del Pacífico y la Depresión Nicaraguense, aproximadamente entre las subprovincias Cordillera de los Murrabios y Planicies de Tipitapa. Esta zona se consideran como terrenos intermedios, es decir, son las pendientes inferiores de los conos volcánicos.

Entre los procesos que determinan la forma actual del terreno se pueden mencionar los procesos sedimentarios coluviales y el vulcanismo explosivo. El primer término se refiere a todos los materiales en cuya deposición la gravedad desempeña un papel esencial. El segundo término se refiere a procesos ígneos extrusivos, que incluyen la deposición de lavas volcánicas e ignimbritas, principalmente.

El terreno presenta un relieve ondulado a fuertemente ondulado, con pendientes moderadas las que pueden alcanzar hasta 20 %. Este relieve corresponde a la transición entre los pie de monte y las planicies.

La red de drenaje es paralela y fluye hacia las planicies de Tipitapa y el Lago de Nicaragua.

Los suelos de esta zona pertenecen a la serie ZAMBRANO (Catastro, 1971), que consiste de suelos profundos a superficiales, bien drenados, con sub suelo arcilloso y que está sobre un estrato endurecido continuo pero fragmentado (talpetate). Estos suelos se han desarrollado de ceniza volcánica que descansa sobre arcilla, toba parcialmente meteorizada o arena y escoria cementada. Según el Sistema USDA (1976) estos suelos se pueden clasificar como Typic Durustolls.

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1978), el área donde está localizada la finca El Plantel corresponde una transición entre bosque tropical, moderadamente denso y seco, y bosque tropical subhúmedo. Esta vegetación fue eliminada con la introducción del monocultivo del algodón, entre los años 50 y 60. Actualmente la tierra se usa con cultivos de granos básicos como maíz, sorgo y frijol; además de frutales como cítricos, mango, aguacate y plátano. La yuca es un cultivo también común en esta área.

2.2. Metodología :

El trabajo de tesis se inició con la recopilación de información existente sobre la finca : fotografías aéreas, mapa topográfico, mapa de suelos, información geomorfológica, etc. (Catastro, 1971). Posteriormente se definieron los criterios que se utilizarían en el levantamiento de erosión actual y potencial.

El método consistió en evaluar el riesgo de erosión de las tierras de El Plantel en función de la erosión actual y potencial. La erosión actual se evaluó usando fotointerpretación, observaciones en el campo y mediciones (Método de clavos y arandelas y Método de transectos de cárcavas). La erosión potencial se evaluó por medio de la fórmula de Wischmeier (Ecuación Universal de Pérdida de Suelos); los cuatro primeros términos de esta fórmula (R,K,L,S) fueron determinados con datos pertenecientes al área de estudio, los dos últimos (C,P) fueron extrapolados de la bibliografía relevante. A continuación se describe pormenorizadamente los procedimientos seguidos en cada caso.

2.2.1. LEVANTAMIENTO DE EROSION ACTUAL :

En el presente trabajo se utilizaron varios procedimientos para determinar la erosión actual, con el fin de obtener la máxima confiabilidad de los resultados, pues los daños que causa la erosión no siempre son detectables directamente. Se recurrió al uso del mapa topográfico y fotografías aéreas y, además, se realizaron observaciones y mediciones en el terreno. Tal levantamiento de erosión implica trazar un mapa de las consecuencias físicas reconocibles (huellas de erosión), que tiene una importancia con respecto a las posibilidades de uso de la tierra (Eppink, 1985).

2.2.1.1. Fotointerpretación :

Utilizando fotografías aéreas escala 1: 10000, del año 1986, tomadas en época seca, se estudio la fisiografía, el relieve, especialmente la topografía, tanto de El Plantel como de las áreas colindantes con la finca, se localizó la ubicación de los cauces señalados en el Mapa topográfico (1:3000), así como otros detalles de importancia obteniendo así un mapa índice.

Las fotografías usadas no fueron las mejores porque la época en que fueron tomadas (seca) no muestra las "huellas de erosión", ya que la experiencia indica que para el estudio de erosión en fotografías aéreas es muy importante que estas sean tomadas después de la preparación del terreno en la época lluviosa cuando el agente erosivo es activo y el hombre no va a modificar radicalmente el estado del terreno.

En cuanto a la escala Semanova (1959), indica que fotografías aéreas en una escala 1:10000 son las más útiles para obtener información relacionada a las huellas de erosión. La fotografía usada nos brinda una buena imagen del relieve, visión adecuada de la erosión en cárcavas, al estereoscopio, y aún a simple vista.

2.2.1.2. Observaciones en el campo - Huellas de erosión.

La erosión como un proceso activo está reflejada en huellas efímeras como canaliculos o pequeños surcos, y en huellas que muestran el efecto acumulado de la erosión pasada (como los desagües, las cárcavas y la erosión laminar.

Para estudiar las huellas de erosión en El Plantel se realizaron varios recorridos en el campo por toda la finca, haciendo un reconocimiento de senderos, pequeños cauces, erosión laminar (talpetate a flor), erosión en surcos, sedimentación. Ubicándose con los puntos de referencia señalados en el mapa topográfico y\o en las fotografías aéreas, con la ayuda de brújula y cinta métrica. Se trazó un mapa de huellas de erosión, teniendo como base el mapa topográfico 1:3000. Además en el caso de erosión en pequeños cauces y surcos se tomaron medidas de las dimensiones de los mismos.

2.2.1.3. Medición de erosión laminar y en surcos.

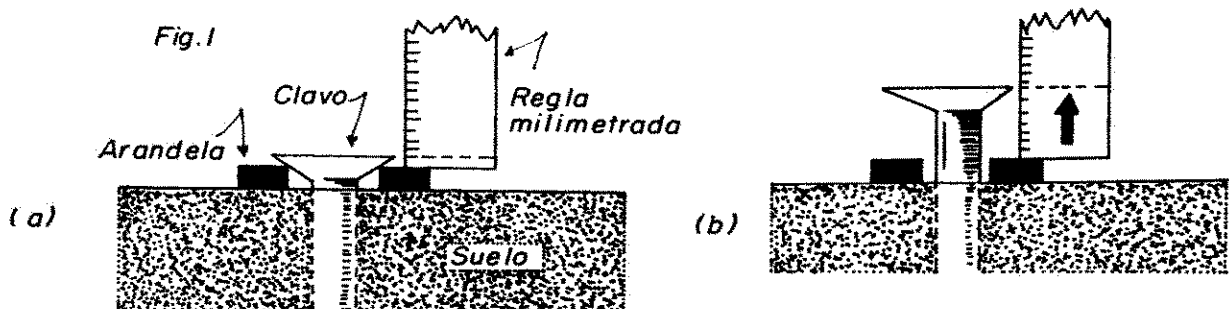
Método de clavos y arandelas.

Utilizando el método de CLAVOS Y ARANDELAS (FAO,1977) el cual consiste en colocar en un área de 5 x 5 metros, doce clavos con sus respectivas arandelas, enterrados de manera que la arandela descanse sobre la superficie del suelo, y la cabeza del clavo la toque ligeramente, como muestra la figura 1. Se colocaron al azar, siempre dentro de los 25 metros cuadrados, cuyos vértices se demarcaron con estacas y banderas rojas para señalar los límites de cada parcela.

Se instalaron 8 parcelas, las que permanecieron en el campo durante el período comprendido entre el 16 de septiembre al 28 de octubre de 1988. Cada cierto tiempo (15 - 30 días) se medía la distancia que "bajaba" la arandela, teniendo así la lámina de suelo perdido, que multiplicado por la densidad aparente del suelo y el área, nos resulta la pérdida de suelos en toneladas/ área/ período evaluado (FAO, 1977).

La densidad aparente fue determinada para cada parcela por el método de muestras inalteradas, trabajando con cilindros de acero de 100 centímetros cúbicos.

Además se midieron las pendientes y su longitud en cada uno de los sitios donde se colocaron los clavos y arandelas, esto fue hecho con nivel de precisión y estadia.



Las ocho parcelas que se instalaron para medir erosión laminar presentaban las siguientes características :

Parcela 1 : sin cobertura. 10% de pendiente.

Parcela 2 : cultivo de maíz (Zea mays). 15 % de pendiente. Con un ciclo de desarrollo del cultivo de 100 - 142 días después de siembra (dds).

Parcela 3 : sin cobertura . 5 % de pendiente. Las dos parcelas sin cobertura fueron mantenidas bajo esta condición durante todo el período de medición, chapodando con machete y retirando los residuos fuera de ellas.

Parcela 4 : cultivada con yuca (Manihot esculentum). 10 % de pendiente; con un ciclo de desarrollo del cultivo de 28 - 70 dds. Control de malezas: chapoda y dejando residuos sobre la superficie del terreno.

Parcela 5 : cultivo de maíz. 7 % de pendiente; ciclo de desarrollo del cultivo de 100 - 142 dds. Las dos parcelas de maíz con este ciclo de desarrollo recibieron igual manejo a esa edad no se controla las malezas.

Parcela 6 : cultivo de plátano. 2 % de pendiente; sembrado en hileras a favor de la pendiente y con canales de drenaje superficial.

Parcela 7 : cultivo de maíz. 4 % de pendiente; ciclo de desarrollo de 12 - 54 dds.

Parcela 8 : frutales. 5 % de pendiente. De 2 a 3 años de edad; superficie entre hileras de árboles totalmente cubierta con vegetación (gramíneas).

2.2.1.4. Medición de erosión en cárcavas.

Método de transectos de cárcavas.

La medición se realizó en la cárcava más grande que atraviesa el Plantel CI (véase Mapa n° 1), la que consistió en dividir la cárcava en transectos de 40 metros de longitud, midiendo las secciones correspondientes a cada transecto con el método de las cuerdas: con este objetivo se clavó una estaca a 3 metros de cada margen de la cárcava, entre estas se tensó una cuerda gruesa para medir el ancho de la cárcava, luego con cuerdas delgadas colocadas cada 0.5 metros sobre la cuerda base, situadas en sentido vertical se midió la profundidad de la cárcava en cada intervalo tal como se muestra en la figura 2 :

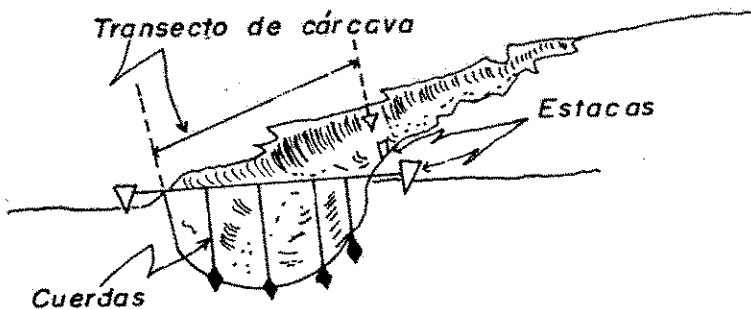


Fig. 2. Procedimiento para medir la sección transversal de cárcavas Método de las cuerdas.

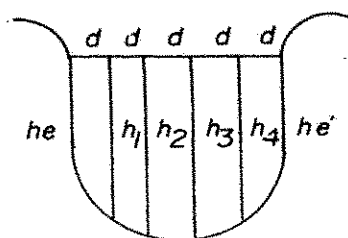
Este mismo procedimiento se usó en cada transecto, con la información obtenida en cada sección (ancho y profundidad de la cárcava), se procedió a calcular el área de cada sección mediante la fórmula : $A = d (he/2 + \sum hi + he'/2)$, donde: he = longitud del talud

izquierdo (primer)

hi = cada una de las longitudes dentro de la cárcava.

he' = longitud del talud derecho (último).

d = distancia de un borde a otro.



La primer medición se realizó el 29 de Abril de 1988, antes de la época lluviosa, y se repitió en la segunda visita, dos meses después, el 29 de Junio del mismo año. La diferencia entre el área final y la inicial multiplicada por la longitud de cada transecto (40 metros) nos resulta en el volumen de suelo perdido en cada transecto, en el transcurso del tiempo indicado.

2.2.2. LEVANTAMIENTO DE EROSION POTENCIAL.

Para la estimación de erosión potencial se seleccionó la ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDAS DE SUELOS (EUPS) (Wischmeier et al ,1958). Esto es por la amplia aceptación de su uso, bajo condiciones diferentes. También se han tomado en cuenta las diferentes modificaciones que han introducido a esta ecuación diferentes estudios de erosión, con el fin de adecuarla a las condiciones propias del trópico (lluvias estacionales e intensas con períodos secos definidos).

La ecuación consta de la conjugación de 6 factores :

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

donde :

A : Pérdida de suelo en Toneladas/Hectárea/Año.

R : Factor de erosividad de la lluvia.(Mj.mm./Ha.h.).

K : Factor erodabilidad del suelo.(Ton/Ha./Mj.mm/Ha.h.año).

L : Factor longitud de pendiente.

S : Factor gradiente de pendiente.

C : Factor de cobertura y manejo de cultivo.

P : Factor prácticas de Control de Erosión.

A continuación se describe el significado de cada factor y se explica brevemente el método para estimarlo en este estudio.

2.2.2.1. Factor Erosividad de la lluvia :R : El factor R se define como el producto de la energía total de la precipitación por su máxima intensidad en 30 minutos (EI30) para todos los eventos importantes de precipitación en un área durante un año promedio.

Matemáticamente R puede ser expresado tal como sigue :

$$R = \sum_{i=1}^n EI$$

donde : E = energía total para un
evento de precipitación.
I = intensidad máxima en 30
minutos.

Wischmeier (1962) señala, que para desarrollar un adecuado cálculo de R para las Grandes Planicies en E.E.U.U., fueron necesarios por lo menos 22 años de observaciones. En el presente estudio no se dispuso de una secuencia de observaciones de la intensidad de precipitación en la zona de estudio, por ello se usó una fórmula obtenida en la región noreste de los Estados Unidos (con lluvia promedio anual de 890 a 1140 mm y más o menos 80% de la lluvia erosiva en un período de 6 meses) también con la fórmula siguiente :

$$R = 0.82 P_a + 350$$

donde : R : Erosividad de la lluvia en Mjam/ha.h. año.

P_a : Promedio de lluvia anual en mm.

350 : Factor de conversión de unidades inglesas al sistema métrico decimal.

Wischmeier, et al, 1978.

2.2.2.2. Factor de erodabilidad del suelo : K.

La erodabilidad del suelo se define como la vulnerabilidad del mismo a la acción de los agentes erosivos.

Los cálculos originales del factor K fueron basados en medidas hechas en parcelas estándares, mantenidas bajo barbecho con labranza periódica en dirección de la pendiente.

Wischmeier et al (1971) estudiaron las propiedades del suelo más íntimamente relacionadas a la erodabilidad y desarrollaron un nomograma que relaciona a ésta con determinadas propiedades edáficas las cuales incluyen porcentaje de limo más arena muy fina, porcentaje de arena fina a muy gruesa, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad del suelo. En anexo 3 se presenta dicho nomograma.

El factor K para los suelos de El Plantel fué estimado por la fórmula de donde se obtienen los mismos valores que en el Nomograma:

$$K = \frac{2.1 M^{1.14} (10^{-4}) (12 - a) + 3.25(b - 2) + 2.5(c - 3) * 0.1317}{100}$$

donde :

- M = (% Limo + Arena muy fina)(100 - % Arcilla)
- a = % de Materia Orgánica. Si M.O. > 4, a = 4
- b = Clase de Estructura (Según Nomograma).
- c = Clase de Permeabilidad (Según Nomograma).

Estos parámetros (M, a, b, c) fueron determinados en muestras de suelo de la capa arable, en cada una de las unidades de suelo existentes en El Plantel, los análisis se realizaron en los Laboratorios del Departamento de Suelos del ISCA.

2.2.2.3. Factores longitud y gradiente de pendiente: LS :

Los parámetros que relacionan la longitud y el gradiente de pendiente en la fórmula de Wischmeier se denomina LS, y se calcula con la siguiente ecuación :

$$LS = \frac{l}{22.13} (0.065 + 0.045a + 0.0065a^2)^m$$

donde : l = longitud de pendiente en metros.

a = gradiente de pendiente en porcentaje.

m = exponente que refleja relación entre pendiente y grado de erosión.

El factor m asume valores diferentes oscilando entre 0.2 y 0.6 en función de la pendiente, como se aprecia en la tabla siguiente :

Tabla 1 Valores de m para determinación del factor longitud de pendiente L :

m tiene el valor de

0.2 cuando la pendiente < 1%

0.3 cuando la pendiente > 1% y < 3%

0.4 cuando la pendiente > 3% y < 5%

0.5 cuando la pendiente > 5% y < 10%

0.6 cuando la pendiente > 10% y < 50%.

Fuente : Hudson et al, 1959, para LS bajo condiciones tropicales.

En este estudio para determinar LS se hizo uso del mapa topográfico (1:3000), a partir del cual se elaboró un mapa de pendientes, por el Método de la cuadrícula, que consiste en dividir el mapa con las curvas a nivel con un papel milimetrado, contando las curvas dentro de cada centímetro cuadrado, lo que permite obtener una relación de la diferencia de elevación y longitud horizontal. Lo que proporciona los valores de pendiente en porcentaje; el mapa de pendientes así obtenido fue corregido de acuerdo a la interpretación de las fotografías aéreas (1:10000), delimitando las diferencias de nivel en el área, de esta manera se evita enmarcar de forma artificial las áreas, con formas geométricas.

2.2.2.4. Factor de Cobertura y Manejo de Cultivo : C .

El factor de Cobertura y Manejo de Cultivo es la relación resultante al comparar las pérdidas de suelo ocurridas en áreas con cobertura vegetal protectora y varias prácticas de manejo con las correspondientes pérdidas en la misma área bajo continuo barbecho y cultivadas en sentido de la pendiente a intervalos regulares. Se considera un factor muy complicado a causa del amplio rango de posibilidades en cuanto a cobertura protectora, manejo y las diversas formas en las cuales los residuos de los cultivos pueden ser dejados sobre el suelo (Donahue et al, 1983).

Wiachaeier y Smith (1978) desarrollaron un sistema detallado para definir diferentes estadios en la evolución de los cultivos en relación al factor C , con tablas y gráficos complejos, para varios cultivos, sistemas de manejo, niveles de productividad y condiciones climáticas comunes en Estados Unidos.

Gáspari (1982) opina que utilizar y/o adaptar información tan refinada a nuestras circunstancias no incrementaría la precisión de los resultados a obtener sino que complicaría en cierto grado la aplicabilidad inmediata de la EUPS, por lo cual sugiere, a corto plazo, utilizar los valores de "C" producidos en condiciones tropicales o aún los de E.U. cuya naturaleza facilite su aplicación al caso en estudio. A mediano y largo plazo, el mismo autor sugiere la realización de investigaciones que permitan obtener valores de "C" particulares para las condiciones particulares del medio.

El factor C para cada parcela en El Plantel fue extrapolado a través de Tabla presentada en Anexo 4, elaborada para diferentes cultivos y formaciones vegetales en Africa Occidental, por Roose (1977). Seleccionándose estos valores de acuerdo al tipo de cultivo en cada parcela delimitada en el mapa; por observaciones en el campo y consultas personales con el responsable de la finca.

2.2.2.5. Factor de Prácticas de Control de Erosión : P .

El factor P indica la relación entre las pérdidas de suelo que resultarían en un terreno arado y sembrado en dirección de la pendiente y aquellas que ocurrirían si se tuviesen en consideración determinadas prácticas para el control de la erosión.

El factor P tiene un valor máximo de 1 el cual tiende a ser reducido por las prácticas de conservación tales como: cultivos contorno, cultivos en fajas, barreras vivas y otras.

En relación a las terrazas es importante señalar que su efecto no es incluido en el factor P sino en el factor LS, al evaluar la longitud de la pendiente entre terrazas, la longitud de la pendiente será el intervalo horizontal de la terraza (Wischmeier et al, 1978).

2.2.3 ELABORACION DE UN MAPA DE AREAS CRITICAS.

Para la elaboración de un mapa de áreas críticas se diseñó un mapa de Riesgo de Erosión, basándose en los datos obtenidos del Levantamiento de Erosión Potencial.

El Riesgo de Erosión es la probabilidad de que se presente la Erosión acelerada a corto plazo en un área determinada. Donde la Erosión acelerada ya está, el Riesgo de Erosión expresa la intensidad del proceso de erosión esperado (Wischmeier y Smith, 1970).

El mapa de Riesgo de Erosión presenta la pérdida predicha de suelo en una situación de algún uso y manejo de la tierra.

Teniendo además el mapa de Erosión Actual se realice una contraposición de ambos mapas (Riesgo de Erosión y Erosión Actual), con lo cual se logra obtener áreas definidas así :

- Con Erosión Actual y Riesgo de Erosión.
- Sin Erosión Actual pero con Riesgo de Erosión.
- Sin Erosión Actual y sin Riesgo de Erosión.

De esta manera quedan establecidas las áreas :

- SOBRE UTILIZADAS.
- BIEN UTILIZADAS.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

3.1. LEVANTAMIENTO DE EROSION ACTUAL

La erosión actual es la erosión que está ocurriendo en un área determinada en el momento que se realiza el estudio en dicha área; a continuación se presentan los resultados de este levantamiento.

3.1.1. Por Fotointerpretación:

La fotointerpretación reveló un claro sistema de cárcavas dentro de El Plantel, las que se originan fuera de sus terrenos, provenientes de las áreas circundantes a la finca.

La cárcava mayor C1 (ver Mapa N°1), cuyas dimensiones son : 1400 metros de longitud y un promedio de 3 metros de ancho y 3 metros de profundidad, penetra en el límite sureste de la finca, recibiendo aportes de otra pequeña cárcava originada en la esquina sureste de El Plantel. Esta cárcava atraviesa la finca de sur a norte, en toda su extensión.

La cárcava C2 (800 metros de longitud y un promedio de 3 metros de ancho y 2 metros de profundidad), se introduce a la finca por el límite sur en el centro del límite, aproximadamente. La atraviesa de sur a norte, pero a diferencia de la primera, ésta se disminuye en los terrenos de El Plantel, hasta casi desaparecer.

La cárcava menor C3 (400 metros de longitud y un promedio de 2 metros de ancho y 1.5m de profundidad), se forma dentro de la finca, en el área suroeste y avanza hacia el noreste, al igual que la C2 va disminuyendo hasta casi desaparecer antes de salir de la finca.

El patrón de drenaje se observa claramente paralelo, ya que las 3 cárcavas están ubicadas paralelamente, atravesando la finca de sur a norte, desde la parte occidental, el centro y la parte oriental de la finca. (véase Mapa 1 Erosión Actual)

3.1.2. Por observaciones en el campo. Huellas de Erosión.

Las huellas de erosión en los terrenos cultivados fueron difíciles de detectar. Solamente cuando la erosión alcanzaba dimensiones considerables (de moderada a severa) fué posible señalarla. Es así que se observaron varias áreas con el talpetate "a flor", síntoma de erosión laminar; y también erosión en surcos, a los cuales se midieron en ancho, largo y profundidad.

En los caminos dentro de la finca se manifiesta la gravedad de erosión laminar, en términos de pérdida de suelo; los caminos muestran el talpetate "a flor". En las superficies de cultivo es frecuente la formación de pequeños surcos a partir de la dirección de siembra, sobre todo cuando cultivan a favor de la pendiente, lo que es notorio en la finca. También se observaron bancos de sedimentos, con frecuencia en los márgenes de las cárcavas, y se estimó que alcanzaban hasta 1 metro de profundidad.

Las observaciones en el campo corroboran la interpretación de las fotografías aéreas: la cárcava C1 se presenta más ancha y profunda cuando penetra a la finca, disminuyendo un poco las dimensiones al salir de estos terrenos. La cárcava C2 también aumenta su anchura y profundidad antes de cruzar la carretera que atraviesa la finca de este a oeste, después de la cual se transforma en una arroyada. La cárcava C3 se formó producto de la confluencia de varias corrientes menores, provenientes del desagüe de los terrenos cultivados. En este punto es posible señalar que siendo mínimas las diferencias edáficas y climáticas entre El Plantel y las fincas vecinas, la gravedad de la erosión en cárcavas que se manifiesta es producto, principalmente, del manejo que se da a los suelos de dicha finca.

3.1.3. Por medición de erosión laminar y en surcos.

Método de Clavos y Arandelas.

Los resultados de las mediciones de erosión laminar y en surcos, realizadas con clavos y arandelas, se presenta en la siguiente tabla :

Tabla N° 2. Pérdida de suelo por erosión laminar y en surcos en suelos francoarenosos, de la finca El Plantel, estimada por el Método de Clavos y Arandelas, durante el período comprendido entre el 16-09-88 al 28-10-88.

Cobertura	Pendiente (%)	Lámina de suelo perdida (mm.)	Densidad aparente (gr/cm ³)	Pérdida de suelo. (Ton/ha.)
sin	10	14.5	1.11	160.95
maíz	15	11.5	1.18	135.70
sin	5	9.4	1.10	103.40
yuca	10	8.4	1.04	87.36
maíz	7	7.0	0.99	69.30
plátano	2	6.7	1.07	71.69
maíz	4	6.6	1.06	69.96
frutales	5	0.0	-	0.0

En esta tabla se muestran las características de las parcelas : Porcentaje de pendiente y coberturas de suelo (tipo de cultivo), indicándose la lámina de suelo perdida en cada parcela, así como la densidad aparente del suelo correspondiente. Obteniendo así la cantidad de suelo perdido en toneladas por hectárea por período evaluado.

Se observa que la mayor pérdida de suelo ocurrió en el suelo sin cobertura (desnudo), parcela n° 1; con 10% de pendiente; las pérdidas disminuyen, en general, al disminuir la pendiente, excepto en el caso de la parcela n° 2, cuya pendiente es de 15%, la cual fue cultivada con maíz, esto estaría indicando el valor de la cubierta vegetal en la reducción de pérdidas de suelo por erosión hídrica.

La presentación de estos resultados en una gráfica permite visualizar con mayor claridad los efectos de los tratamientos estudiados. En efecto en la gráfica n° 2 se puede verificar la estrecha relación existente entre la pérdida de suelo, la pendiente y la cobertura vegetal, según los valores de la tabla n° 2.

Durante el tiempo que estuvieron instaladas las parcelas de clavos y arandelas la precipitación acumulada alcanzó 381 milímetros, la cual fue determinada con un pluviógrafo colocado en la finca para tal finalidad; esta cifra es de hecho alta, pues la media para 18 años de mediciones es de 294 mm (estación SAINSA), lo que se explica por la ocurrencia del huracán Joan (Octubre/1988); es de suponer que las mediciones superen las pérdidas de suelo que normalmente ocurrirían.

3.1.4. Medición de Erosión en Cárcava con el Método de "Transectos de Cárcavas".

De la medición de erosión en la cárcava C1 de El Plantel (ver Mapa 1), se extrajeron los resultados que se encuentran en Anexo 5, se puede observar las áreas perdidas o ganadas, de cada sección medida en el cauce; las cifras representan un promedio de dos secciones consecutivas el que se consideró como el área correspondiente al transecto entre ambas, de aquí se obtuvo como producto entre áreas y transecto, el volumen perdido por transecto.

Se puede constatar diferentes grados de pérdida de suelo en toda la longitud de la cárcava; esto es debido a las diferencias de nivel, a las curvas o sinuosidades de la misma a lo largo de la trayectoria de la escorrentía.

Con estos datos se obtuvo un volumen total de pérdida de suelo de 2,804 metros cúbicos en la cárcava, cuya longitud es de 1385 metros, resultando así un promedio de 2.025 metros cúbicos/metro de cárcava, durante el período, los datos fueron registrados entre el 29 de Abril al 29 de Junio de 1988, para correlacionar esta pérdida de suelo con la precipitación promedio caída en los meses de Mayo y Junio en la zona de estudio; la que alcanzó respectivamente 143 mm y 186 mm., cifra que representa un valor medio de precipitación, entre los meses menos lluviosos (Julio y Agosto) y los más lluviosos (Septiembre y Octubre).

3.2. LEVANTAMIENTO DE EROSION POTENCIAL.

La erosión potencial es la erosión que se presentaría en un suelo dado y bajo condiciones de clima dadas, si determinadas prácticas de manejo no se realizaran o dejaran de realizarse. Para el uso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos se hicieron los cálculos necesarios para obtener el valor de cada uno de los factores de dicha ecuación, para la finca El Plantel.

3.2.1. Determinación del factor de Erosividad de la lluvia (R) :

De la estación meteorológica SAIMSA se obtuvo el dato de precipitación anual promedio, con 18 años completos de observaciones de 1968 a 1986; resultando ser de 1065 mm.

Se calcula un valor de $R = 1200 \text{ Megajoul.milimetro/hectárea.hora.}$

Este valor se considera relativamente bajo, comparandolo con otros valores que se pueden calcular en regiones más lluviosas, ya que la zona de El Plantel es practicamente seca, tal como se señala en la descripción climática. Aunque, es necesario indicar que al tener una precipitación concentrada en tan sólo 6 meses al año, la erosividad de ésta puede ser considerable.

En cuanto al uso de esta fórmula, sería necesario comparar con valores de otras localidades de Nicaragua, que hubiesen sido obtenidos a través de la fórmula original de Wischmeier et al, en vista de no contar con toda la información necesaria, y ya que sería punto para otra investigación en cuanto a este tema, en recomendaciones se plantean las sugerencias del caso.

3.2.2. Determinación del factor de Erodabilidad del suelo : K :

En base al estudio de suelos de la finca El Plantel (Zelaya,1989), se definieron tres categorías de suelo, conforme la profundidad efectiva :

T1 : Suelos con profundidad \leq 40 cms.

T2 : Suelos con profundidad de 40 a 80 cms.

T3 : Suelos con profundidad $>$ 90 cms.

Se tomaron las muestras de la capa arable, se realizaron los análisis de laboratorio para la obtención de los parámetros necesarios en la determinación de los valores del factor K para las tres unidades de suelo de El Plantel, los parámetros determinados en el laborstorio fueron los siguientes :

Unidades de suelo	% Limo + muy fina	% de arcilla	% de arena gruesa	% de M.O.	Clase de estructura	Clase de permeabilidad	K (T/ha he.h/ Mjm)
T1	23	20	57	1.7	3	5	0.026
T2	19	27	54	2.0	3	4	0.018
T3	21	24	55	2.5	3	2	0.019

Los valores de K encontrados indican suelos medianamente erosionables (Goujon et al, 1977) Anexo 4b.

3.2.3. Determinación de los factores de longitud y gradiente de pendiente : L y S :

Con el mapa de pendiente y la interpretación de fotografías aéreas, fué posible clasificar áreas con un gradiente y longitud de pendiente promedios, es así que se obtuvieron las siguientes combinaciones de ambos parámetros :

Longitud de pendiente (m)	Gradiente de pendiente (%)
30	1
90	3
90	6
100	6
120	6
90	8
120	12
150	12
90	18

Se puede observar que las pendientes no son demasiado escarpadas oscilan entre 1 y 18 %, pero sí bastante largas, lo cual es un factor incidente en la erosión hídrica, sobre todo en la erosión incidirosa (laminar). Con estos datos, y usando la fórmula de LS, se obtuvieron los valores anotados en la siguiente tabla :

Tabla 3 : Valores de los factores LS para las distintas combinaciones de la en los terrenos de El Plantel.

l	s	n	LS
(m)	(x)		
30	1	0.2	0.1238
90	3	0.3	0.3937
90	6	0.5	1.1475
100	6	0.5	1.2095
120	6	0.5	1.3250
90	8	0.5	1.6955
120	12	0.6	4.2493
150	12	0.6	4.8581
90	18	0.6	6.9170

3.2.4 Dterminación del factor de Cobertura y Manejo de Cultivo

C :

De acuerdo a Anexo 4, elaborado por Roose (1977), tenemos los siguientes valores del factor Cobertura y Manejo de Cultivo (C) para los cultivos comunes en la finca.

Cultivo	Valor de C
Maíz, Sorgo	0.60
Yuca	0.50
Plátano	0.30
Frutales	0.01
Pastos	0.01

En el caso de cultivos en hilera se seleccionó un valor de C promedio de 0.60, para ser utilizado durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo.

El valor de 0.50 para yuca se escogió por ser el promedio de valores extremos presentados por Roose; ya que se considera para todo el ciclo de desarrollo del cultivo.

En cuanto al plátano, por estar sembrado en hileras a favor de la pendiente y recibir un mantenimiento que propicia el drenaje superficial y con ello la erosión hídrica, se seleccionó el máximo valor de C para este cultivo, 0.30.

Los frutales de El Plental están manejados con una cobertura permanente de gramíneas que protegen el suelo durante todo el año, de aquí la selección de un valor C = 0.01.

3.2.5. Determinación del factor de Prácticas de Control de Erosión P :

Para evaluar la Erosión Potencial sin prácticas de control de erosión, se considera $P = 1$, puesto que en la finca no existe ninguna práctica de control de erosión, este será el valor P para las condiciones.

En la recomendación de prácticas que reduzcan las pérdidas de suelo a niveles aceptables, y sean de fácil implementación en la finca, se utilizaron valores mostrados en Anexos 5 para cultivos en contorno y para fajas en contorno, ambas tablas elaboradas por Wischmeier y Smith (1978).

3.2.6. Determinación de la pérdida de suelo : A :

Efectuando el producto de todos los factores de la Ecuación se elaboró la tabla que aparece a continuación, donde se muestran las pérdidas de suelo sin ninguna práctica de control de erosión y los resultados que se lograrían al implementar las prácticas recomendadas y/o el cambio en el uso de la tierra indicado.

4 Perdida de suelo estimada para las diferentes parcelas de EL Plantel por medio de la Ecuacion Universal de Perdida de Suelo (A=RKLSCP). Respectivamente sin ninguna practica de control de erosion y con implementacion de practicas recomendadas y/o cambio en el uso de la tierra.

28

R Mjmm/hah	Unidades de suelo	K ton/ha/Mj hah año	LS	C	P	A Ton/ha/año	
1200	T3	0.019	0.1238	0.30 (b)	1.0 (h)	0.85	
				0.60 (c)		1.70	
			0.3937	0.30 (b)		1.0 (h) / 0.5 (i)	2.70
				0.60 (c)			5.4 / 2.7
				0.01 (d)			1.0 (h)
	T2	0.018	0.1475	0.50 (e)	1.0 (h)	12.4 / 6.2	
				0.60 (c) / 0.50 (e)		14.9 / 6.2	
			1.2095	0.60 (c)	0.50 (i)	15.7 / 7.9	
				1.32 / 0.7 a		0.60 (c)	17.2 / 2.7
	T1	0.026	1.69 / 0.9 a	0.60 (c)	1.0 (h)	31.7 / 5.5	
				4.24 / 1.8 a		0.50 (e)	79.4 / 8.4
			4.858	0.60 (c)	1.0 (h)	90.8 / 15.2-1.5	
				0.1-0.01 (f)			
			6.917	0.60 (c)	0.50 (i)	129.5 / 11-1.1	
		0.1-0.01 (g)					

a: barreras vivas cada 30 m

b: platanó

c: sorgo o maiz

d: frutales con cobertura

e: yuca

f: pastizal al inicio y despues de un año

g: reforestacion al inicio y a dos años.

h: no hay practica

i: siembra en contorno

j: barreras vivas densas y siembra en contorno.

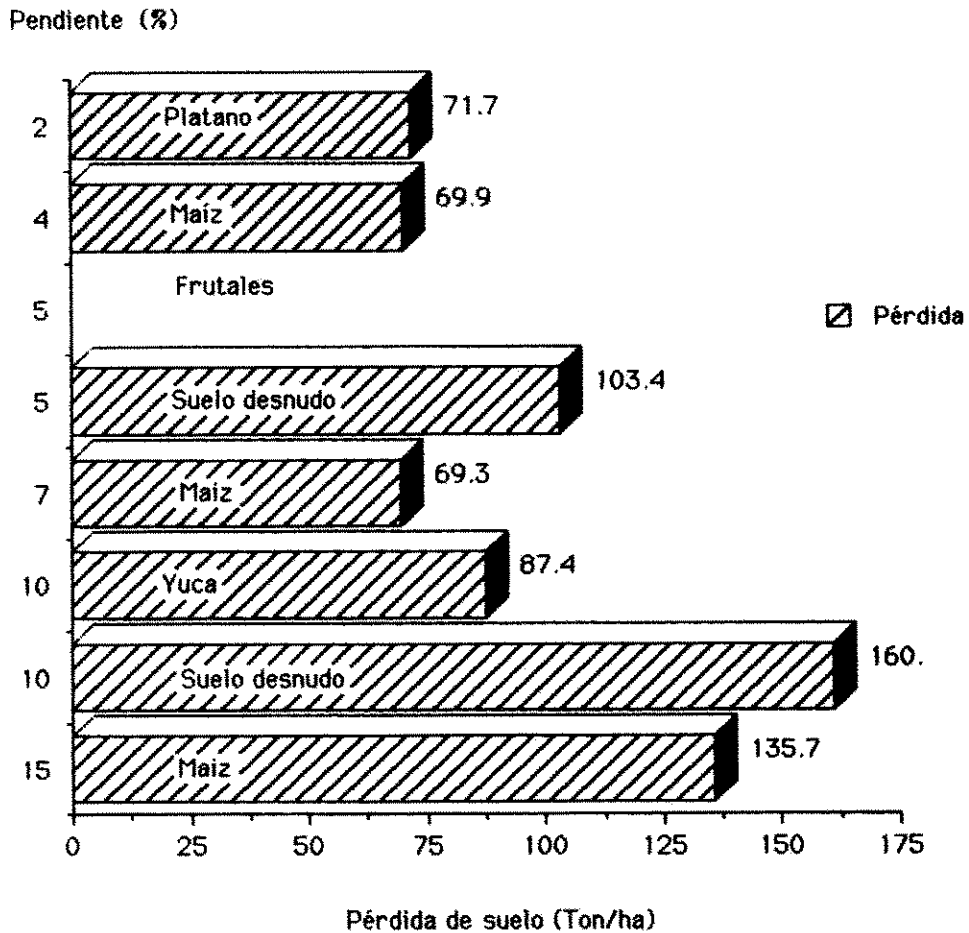


Fig 2. Pérdida de suelo según la pendiente y cobertura

De forma general se recomiendan prácticas sencillas y pocos cambios en el uso de la tierra, esto es con el fin de lograr :

- Disminuir considerablemente las pérdidas de suelo y agua.
- Implementar el uso de sistemas agroforestales.
- Mejorar las condiciones para la fertilidad de los suelos.
- Brindar productos adicionales a la finca
(leña, maderas, frutos).
- Mantener los cultivos tradicionales que son de consumo básico en la finca.
- Introducir paulatinamente cambios en el manejo de la finca.

Como se puede distinguir en los resultados (columna A), existen áreas donde el riesgo de erosión es mínimo o nulo, y otras donde es muy elevado.

Cada valor presentado en las columnas de LS es obtenido de la tabla de LS (4.2.3.); cuando ocurre un cambio es por cortar la pendiente (1) con barreras vivas, colocadas cada 30 metros a través de la pendiente y sembradas en contorno.

En cuanto a los valores de C y P, la tabla trae la indicación para cada uno de ellos, al pie de la misma.

3.3. ELABORACION DE MAPAS.

3.3.1. Mapa de erosión actual.

En el mapa de erosión actual (mapa N° 1), está señalada la erosión en surcos, su dirección y sus dimensiones, se distingue la presencia de erosión laminar, y áreas de deposición con capas de sedimentos, en los márgenes de las cárcavas.

La intensidad del proceso erosivo está directamente relacionada con el gradiente de pendiente y el uso del suelo. Es así que se observe una erosión severa, en forma laminar y en surcos, en las áreas donde se ha sembrado consecutivamente sorgo y maíz, sin ninguna práctica de control de erosión, en ocasiones hasta a favor de la pendiente y con gradientes de 8 a 18 %. Por otro lado, las áreas con erosión actual nula o muy leve, son aquellas que han sido sembradas con cultivos perennes (frutales), o con cultivos anuales escardados pero en terrenos con pendientes de 3% o menos.

De acuerdo a la incidencia de erosión actual se pueden clasificar las áreas de la siguiente manera :

- Areas con erosión actual nula o muy leve.
- Areas con erosión actual leve.
- Areas con erosión actual moderada.
- Areas con erosión actual severa.
- Areas con erosión actual muy severa.

En cuanto a la erosión en surcos, en el mapa se encuentran señalados los surcos medidos en el campo, y a continuación se presentan sus dimensiones :

Surco 1 : Longitud = 400 - 500 metros.

Ancho = 0.5 - 1.0 metros.

Profundidad = 0.5 - 1.0 metros.

Surco 2 : Longitud = 700 - 800 metros.

Ancho = 0.5 - 1.0 metros.

Profundidad = 0.25 - 0.5 metro.

Surco 3 : Longitud = 250 - 300 metros.

Ancho = 0.5 - 1.0 metro.

Profundidad = 0.5 - 1.0 metro.

Surco 4 : Longitud = 450 - 500 metros.

Ancho = 0.5 - 1.0 metro.

Profundidad = 0.20 - 0.40 metro.

Surco 5 : Longitud = 200 metros.

Ancho = 0.5 - 1.0 metro.

Profundidad = 0.10 - 0.20 metro.

Surco 6 : Longitud = 200 metros.

Ancho = 0.5 - 1.0 metro.

Profundidad = 0.10 - 0.20 metro.

3.3.2. Mapa de riesgo de erosión.

El mapa de riesgo de erosión (Mapa N^o 2) muestra las áreas calificadas de acuerdo al riesgo de erosión, según los resultados obtenidos a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (tabla 3).

Para lo cual se utilizó la siguiente clasificación :

Pérdidas de Suelo (Ton./ha.año)	Riesgo de Erosión
< 1	Muy bajo
1 - 6	Bajo
7 - 17	Medio
18 - 38	Alto
> 39	Muy alto

Se seleccionaron estos rangos de acuerdo a la tolerancia a la pérdida de suelos, que en promedio se considera hasta de 12 ton./ha.año.

IV. CONCLUSIONES

1. En la finca El Plantel se observan todas las formas de erosión hídrica: laminar, en surcos y en cárcavas.
2. El grado de erosión, expresado como erosión actual, depende de un área a otra dentro de la finca, variando de leve a moderada hasta severa o extrema.
3. Las mediciones de erosión laminar muestran una relación directa entre el grado de la pendiente y la pérdida de suelo, bajo iguales condiciones de cobertura.
4. La medición de la cárcava C1, indica un alto grado de erosión dentro de ella, con pérdidas de suelo extremas ($2.025 \text{ m}^3/\text{metro lineal}$).
5. Las áreas con mayores pérdidas de suelo son las que tienen un suelo de poco espesor (poco profundo), lo que hace de mayor urgencia la implementación de medidas para disminuir la erosión.
6. Cálculos muestran que la finca va a ser aún más afectada por la erosión, dependiendo del tipo de suelo, grado y longitud de pendiente, y uso de la tierra.
7. Existe cierta área tan crítica donde ya no es posible seguir utilizándola con cultivos, debido a la gravedad de su estado y al riesgo de erosión que existe en ella (130 ton/ha. año de pérdidas de suelo).
8. Al comparar los mapas de erosión actual y de riesgo de erosión, se puede observar una clara coincidencia entre ambos, ya que las áreas que presentan una erosión actual de leve a moderada, también son las que tienen un bajo ó medio riesgo de erosión. Por otro lado, las áreas con erosión actual severa son las que tienen un riesgo de erosión alto y muy alto.

Esto significa que la mayor atención en cuanto a combatir la erosión tiene que ser dirigida a tales partes que ya muestran un alto grado de degradación, pues también corren el mayor riesgo de ser afectadas en el futuro próximo.

9. Las áreas que están siendo sobreutilizadas varían en tipo de suelo, grado y longitud de la pendiente, por lo tanto las alternativas de uso y manejo no son uniformes para toda la finca.

10. Las dimensiones de las 3 cárcavas presentes en la finca son marcadamente diferentes, por lo tanto el control para cada una debe ir de acuerdo a su mayor tamaño y a las posibilidades de la finca. De no tomar medidas para al menos estabilizar la cárcava con las mayores dimensiones esta se convertirá en un problema cuya solución estará fuera del alcance del hombre.

11. La erosión en cárcavas no es un problema sólo de El Plantel sino de toda la zona de influencia, es decir la subcuenca que comprende a la finca, debe ser tratado integralmente.

12. Las prácticas de control de erosión que existen o existían (cortinas rompevientos y terrazas de bordo) no ejercen ninguna función pues no fueron bien diseñadas y/o bien ubicadas, y actualmente están deterioradas.

V. RECOMENDACIONES

5.1 PARA LAS AREAS DE CULTIVO :

- A las áreas con un riesgo de erosión medio (7 - 17 T/ha.año) debe aplicárseles la siembra de cultivos en contorno, ejerciendo un control de malezas mecánico, a base de escarda, dejando los restos sobre la superficie del terreno. Manteniendo los cultivos tradicionales en la finca : granos básicos y yuca. Con lo cual se disminuirá la erosión potencial hasta 6 a 8 T/ha.año, como muestra la tabla de 4.2.6. Esto representa 25 % del área total de la finca.

- En aquellas áreas en que el riesgo de erosión es alto (18 - 38 t/ha.año) y muy alto (>39 t/ha.año) sería necesario la implementación de pastizales, los que disminuirían las pérdidas hasta 15.2 y 1.52 t/ha.año, en el primero y segundo año del establecimiento del pastizal, respectivamente. Esto es en el caso de que se decidiera por la producción ganadera en una parte de la finca. En caso contrario es posible disminuir la erosión sembrando el cultivo en contorno, con barreras vivas que corten la longitud de la pendiente y a mediano o largo plazo, disminuyan su gradiente. Estas barreras deben ser colocadas cada 30 metros, siguiendo el contorno. Para ello se emplearán especies herbáceas como zacate taiwan (Pennisetum purpureum), pifia (Ananas comosus), zábila (Aloe vera) y árboles como leucaena (Leucaena leucocephala).

Otra alternativa sería la implementación de sistemas agroforestales, los que tendrían que evaluarse, como práctica de control de erosión, pues no han sido estudiado como tal. Tomando en cuenta que serían fajas alternas de árboles y cultivo escardado, es posible considerar una reducción en las pérdidas de suelo del 80 %: 40% por sembrar en contorno y 40% por alternar árboles con cultivo en hilera). Estas áreas conforman el 45 % de la superficie.

- En las áreas donde no existe otra alternativa para disminuir la erosión y mejorar las características de los suelos, por la poca profundidad de suelo y la mayor pendiente; es necesaria la reforestación, la cual brindará productos adicionales a la finca (leña, postes, frutos, madera). Para lo cual se recomienda el uso de especies forestales adaptables a las condiciones de suelo y clima, que enriquezcan el suelo y sean de uso múltiple, como son : madero negro (Giricidia sepium), leucaena (Leucaena leucocephala), y también frutales como el tamarindo (Tamarindus indica).

- En cuanto a la protección por erosión eólica, sería necesario el reestablecimiento de la cortina rompevientos que atraviesa la finca de norte a sur, con un diseño adecuado. Y la implementación de otras cortinas rompevientos donde fuera necesario para lo cual se recomienda efectuar un estudio tendiente a determinar la gravedad de la erosión eólica en la finca y los lugares apropiados para la ubicación de las cortinas.

5.2. PARA LA PROTECCION DE CARCAVAS.

- En los márgenes del cauce C1 (el de mayores dimensiones), plantar una faja de árboles que permitan el crecimiento de un sotobosque, incluyendo gramíneas. Para lo cual se podrían utilizar las mismas especies recomendadas en la reforestación, sembrando 5 hileras de árboles a cada lado del cauce, a tres bolillos y una distancia de 2 metros entre árbol. Estas fajas evitarán la ampliación del cauce, y estabilizarán los márgenes de sus taludes.

- En los cauces C2 y C3 construir empalizadas de postes prendedizos como el jiñocuago (Bursera simarouba), el sereno y el espadillo (Yucca elephantipes), las que permitirán disminuir la velocidad de la corriente, propiciando la sedimentación y el relleno de los cauces.

5.3. PARA FUTURAS INVESTIGACIONES.

En cuanto a erosión actual :

- Sería necesario hacer mediciones de erosión laminar y en cárcavas por un tiempo más prolongado; podría ser toda la estación lluviosa y no sólo dos meses de ella.

- Montar las parcelas de medición (clavos y arandelas, u otro método) bajo las diferentes condiciones de suelo, cultivo y pendiente existentes en El Plantel, teniendo como base el Mapa de Erosión Potencial obtenido de este trabajo.

- Realizar observaciones en el campo después de la preparación del terreno y de la siembra, cuando el agente erosivo (lluvia) es activo y no se está modificando el estado del terreno.

En cuanto a erosión potencial:

- Sería conveniente obtener valores de C y P en las condiciones de Nicaragua, a través de parcelas experimentales de escurrimiento, en diferentes regiones del país.

- En relación al factor R, sería de mucha utilidad el obtener la relación existente entre valores pluviométricos y el índice de erosividad de la lluvia, por falta de valores de intensidad de lluvia en muchas zonas de Nicaragua.

En cuanto a integración del trabajo :

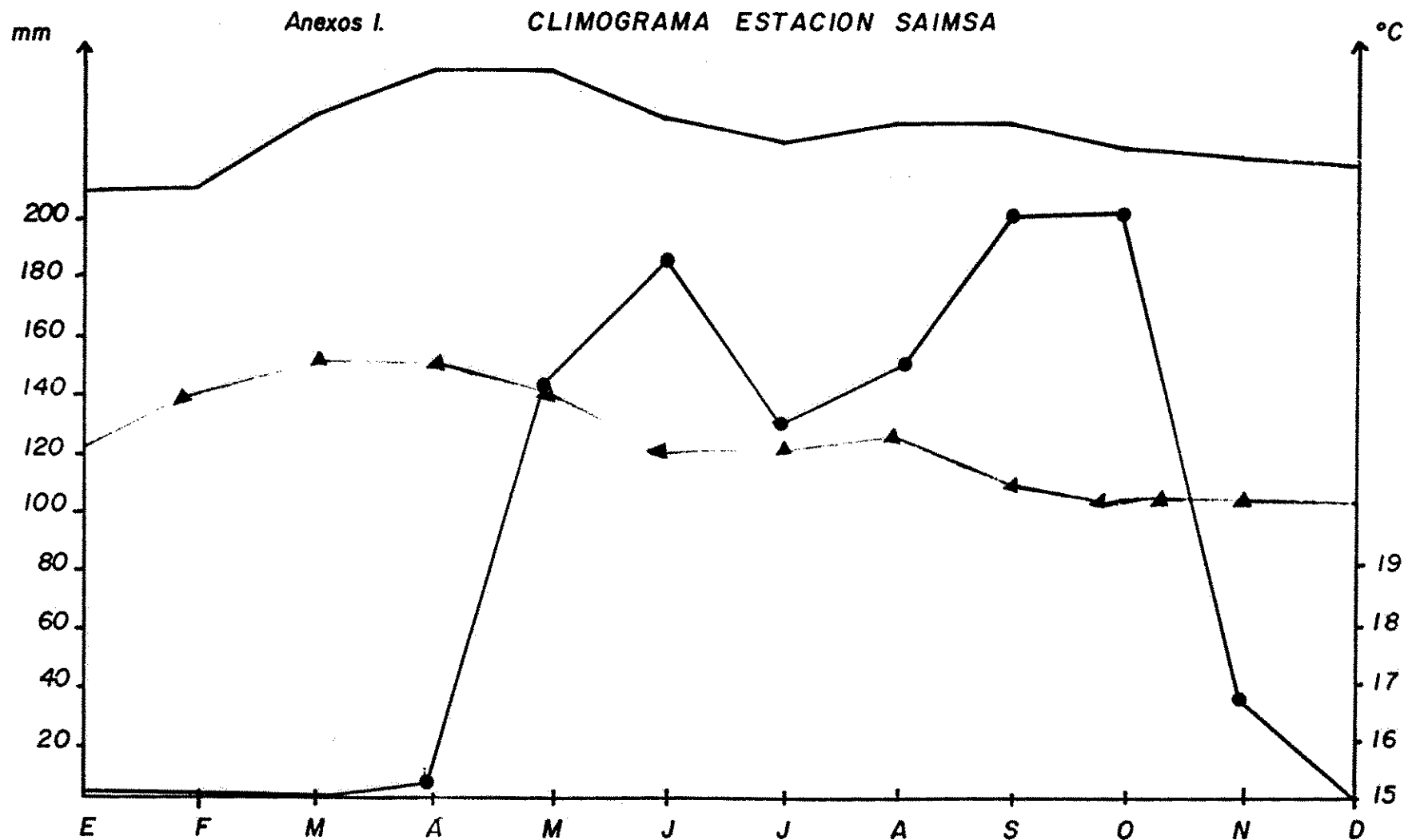
- Realizar investigaciones relativas al área de influencia de El Plantel, las fincas vecinas, que conformen parte de la misma área de drenaje (subcuenca).

- Efectuar ensayos controlados de sistemas agroforestales para determinar la eficiencia de éstos en el control de erosión y en la productividad de los suelos.

V Z BIBLIOGRAFIA

- 1) Bennema, J. y T. de Meester in Morgan, R.P.C. (ed.) 1981. Soil Conservation, problems and prospects, pages. 77 - 85. Wiley Interscience Publ. U.S.A.
- 2) Catastro e Inventario de Recursos Naturales de Nicaragua. (1971) Levantamiento de Suelos de la Región Pacífica de Nicaragua. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Volumen II.
- 3) Eppink, L.A.A. 1985. Capita sefficta over erosie, erosiebestryding en bodmbescherming. Deel III. Landbouwoeschool. Wageningen, Holland.
- 4) FAO (1977). Guideliness for Watershed Management. FAO, Rome, Italy.
- 5) FAO/UNEP/UNESCO. (1980). A provisional methodology for soil degradation assesement. FAO, Rome, Italy.
- 6) Hudson, N.W. y D.C. Jackson (1959). Results achieved in the measurement of erosion and run-off in Southern Rhodesia. Paper presented to the third Inter - African Soils Conference Dalaba, 1959.
- 7) Hudson, N. ,1982. Conservación del Suelo. Editorial Reverté, S.A. Barcelona, España.
- 8) Páez, M.N. Fernández, O. Rodríguez y J. Lizasso, 1984. Manual de Conservación de Suelos y Aguas. U.C.V. Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela.
- 9) Meyer, J. y R. Wanters., 1982. Levantamiento de Erosión Actual por medio de subparcelas de ensayo. (en holandés). Universidad de Agricultura , Wageningen, Holanda.
- 10) Morgan, R.P.C., 1979. Soil Erosion. Topics in applied geography. Longman, New York.
- 11) Roose, E.J. 1977. Aplicacion of the Universal Soil Loss Equation of Wischmeier and Smith in West Africa, in Greenland, D.J., Lal, R., (ed), Soil Conservation and Mngement in the Humid Tropics. Chichester, Wiley.
- 12) Semenova, N.N. 1959. A study of soil erosion by aerial photographs. Sov. Soil Science, 5, 582 - 590.
- 13) Wischmeier W.H., 1959. A rainfall erosion index for Universal Soil-Loss Equation. Soil Science. Soc. Am Proc. 23, 246 - 249.
- 14) Wischmeier, W.H., D. D. Smith, R.E. Uhland., 1971. Evaluation of factors in the Soil - Loss Equation, Agricultural Engineering, pages. 398, 458 - 462, 474. U.S.A.
- 15) Wischmeier, W.H. y D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. United States Departament of Agriculture. Agricultural Handbook. 537 pages. U.S.A.

A N E X O S



●—● = Precipitación promedio (mm)
 ▲—▲ = Evapotranspiración potencial promedio (mm)
 — = Temperatura promedio

Anexo 2. Tabla de datos promedios mensuales de precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial de la zona estudiada.

Mes	Precipitación (mm.)	Temperatura (°C)	Evapotranspiración Potencial (mm.)
Enero	2.40	25.50	120
Febrero	0.20	25.60	140
Marzo	1.10	26.80	150
Abril	6.70	27.60	150
Mayo	143.40	27.60	140
Junio	186.60	26.70	120
Julio	129.40	26.30	120
Agosto	150.70	26.60	125
Septiembre	201.80	26.60	110
Octubre	202.20	26.25	105
Noviembre	37.40	26.00	105
Diciembre	3.60	25.90	105
Total	1,065.60		1400
Media		26.00	124.17

Anexo 3

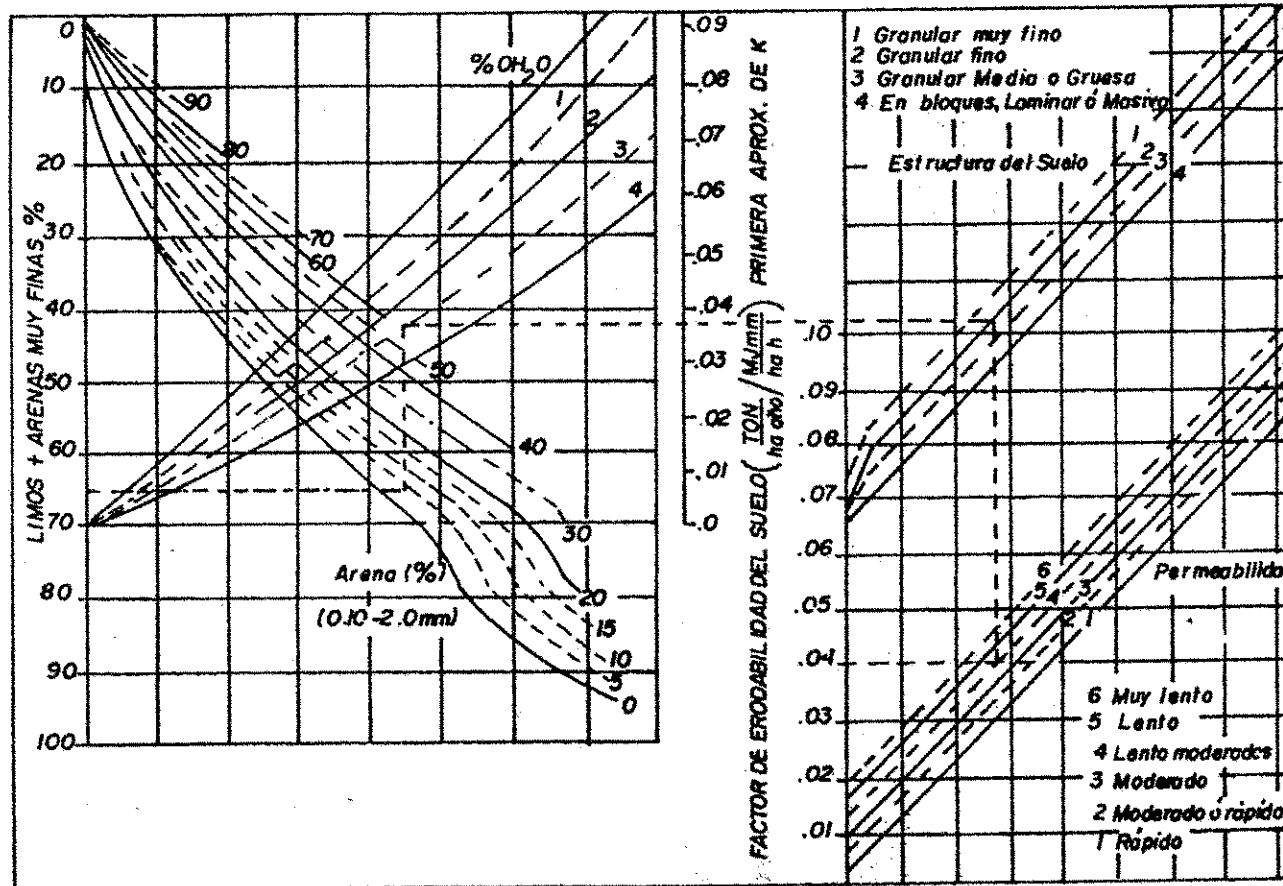


FIG.1 NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACION DEL VALOR DE K (WISCHMEIER et al 1971)
MODIFICADO POR FOSTER et al (1981)

Anexo 4 a. Valores de C para diferentes cultivos en Africa Occidental . (Roose, 1977).

VEGETACION	FACTOR C . VALOR PROMEDIO ANUAL.
Suelo desnudo	1.0
Bosque denso o cultivo con mulch espeso	0.001
Sabana o pastizal, sin pastoreo	0.01
Cultivos de cobertura, siembra tardia, desarrollo lento:	
1º año	0.3 - 0.8
2º año	0.1
Cultivo de cobertura, desarrollo rapido	0.1
Maiz, sorgo	0.3 - 0.9
Arroz (cultivo intensivo, segundo ciclo)	0.1 -0.2
Algodon, tabaco (segundo ciclo)	0.5
Mani, soya	0.4 - 0.8
Yuca (primer año)	0.2 - 0.8
Palmas, cafe, coco, con cultivos de cobertura.	0.1 - 0.3

Anexo 4b.

Escala de valores de K (Ton/ha.ha.h./Mj.mm.) para suelos Africanos por Goujun et al (1977).

$K \leq 0.007$	Suelos muy poco erosionables.
$0.007 < K \leq 0.013$	Suelos ligeramente erosionables.
$0.013 < K \leq 0.026$	Suelos medianamente erosionables.
$0.026 < K \leq 0.053$	Suelos fuertemente erosionables.
$0.053 < K \leq 0.079$	Suelos extremadamente erosionables.

Anexo .5 DATOS DE LEVANTAMIENTO DE CARCAVA C₁, DE EL PLANTEL

Medidas con el método de Fransectos de cárcavas en el período de 29/4/88 hasta 29/6/88

Secciones Nº	Area perdida o ganada(+) (m ²)	Promedios de áreas consecutivas (m ²)	Fransectos Long. entre secciones (m)	Volumen perdido por fransecto (m ³ /fransecto)
1	5. 9025			
2	0. 99	3. 446	40	137. 84
3	+ 0. 05	0. 470	40	18. 80
4	0. 4977	0. 2239	40	8. 956
5	0. 6598	0. 57875	40	23. 15
6	1. 01177	0. 8358	40	33. 432
7	0. 3708	0. 6913	40	27. 652
8	0. 058	0. 2144	15.12	3. 242
9	0. 62	0. 339	40	13. 56
10	1. 29	0. 955	40	38. 20
11	8. 69	4. 99	40	199. 60
12	2. 64	5. 665	40	226. 60
13	1. 68	2. 16	40	86. 40
14	1. 52	1. 6	40	64. 00
15	0. 93	1. 225	40	49. 00
16	0. 34	0. 635	40	25. 40
17	+ 0. 76	+ 0. 21	40	- 8. 40

18	1.42	0.33	40	13.20
19	2.08	1.75	40	70.00
20	0.31	1.195	40	47.80
21	1.22	0.765	40	30.60
22	0.26	0.74	40	29.60
23	0.56	0.41	40	16.40
24	0.79	0.675	40	27.00
25	1.475	1.1325	40	45.30
26	2.115	1.795	40	71.80
27	1.252	1.6835	40	67.34
28	0.9925	1.122	40	44.88
29	2.2	1.596	40	63.84
30	5.77	3.985	10	39.85
31	0.59	3.18	40	127.20
32	10.66	5.625	40	225.00
33	+ 4.2	3.23	40	129.2
34	7.5	1.65	40	66.0
35	12.1	9.8	40	392.0
36	1.1	6.6	40	264.00
37	2.1	2.15	40	86.00
Sumatorias			1,385.12	2,804.442
				$\bar{X} = 77.90 / \text{fransecto}$

Anexo 6 a.

Factor P : Practicas de Cultivos en Contorno.

Grado de pendiente (%)	Factor P	Maxima longitud de pendiente (m).
1 a 2	0.60	120
3 a 5	0.50	90
6 a 8	0.50	60
9 a 12	0.60	35
13 a 16	0.70	25
17 a 20	0.80	20
21 a 25	0.90	15

Anexo 6 b.

Factor P : Cultivo en Fajas.

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



SIMBOLOGIA		RIESGO DE
PERDIDAS DE SUELO (/ Hg. AÑO)		MUY BAJO
MENOR DE 1		BAJO
1 - 6		MEDIO
7 - 17		ALTO
18 - 38		MUY ALTO
MAYOR DE 39		

← A TIPITAPA C ARRETERA A MASAYA →

LEVANTAMIENTO:
MATILDE SOMARRIBA

DIBUJO: **ALVARO SABORIO**
REPRODUCCION:
ANTONIO AVILES

CONTENIDO:
MAPA DE EROSION POTENCIAL O RIESGO DE EROSION

AREA: **183 Hg = 260.5 Mz**
UBICACION:
Km. 42 CARRETERA TIPITAPA - MASAYA

ESCALA:
FECHA:



SIMBOLOGIA		EROSION A	
[Symbol]	CARRETERA	[Symbol]	NULO O MUY LEVE
[Symbol]	CAMINO	[Symbol]	LEVE
[Symbol]	CAJELLON DE TIERRA	[Symbol]	MODERADO
[Symbol]	CORT ROMPE VIENTO	[Symbol]	SEVERA
[Symbol]	TERRAZAS	[Symbol]	MUY SEVERA
C ₁	CAUSE ANCHO 13.00 PROF 2.00		
C ₂	CAU. ANCH. 15.00 PROF 2.00		
C ₃	CAU. ANCH. 12.00 PROF 2.00		
A	ARBOLEDA DE MANGO		
1	TALLERES		
2	CASA DE COCINA		
3	CASETA DE BOMBA		
4, 5	EDIFICIOS EN CONST.		
10	CASA DE HABITACION		
[Symbol]	AREA DE SEDIMENTACION		
[Symbol]	EROSION EN SURCOS		
[Symbol]	TALPETATE AFLOR		
[Symbol]	CAMINOS		

LEVANTAMIENTO
MATILDE SOMARRIBA

DIBUJO ALVARO SABORIO
REPRODUCCION ANTONIO AVILES

CONTENIDO
MAPA DE EROSION ACTUAL (EL PLANTEL)

AREA: 183 Ha = 260.5 Mz
UBICACION: Km 42 CARRETERA TIPI TAPA — MASAYA

ESCALA: 1
FECHA: 24