

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA DE SUELOS Y AGUA  
DEPARTAMENTO DE USO Y MANEJO DE SUELOS

**Trabajo de Diploma**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE BARRERAS VIVAS DE *Gliricidia sepium* Jaq.,  
SOBRE LA EROSION DE SUELOS Y LA PRODUCCION DE GRANOS BASICOS EN  
PARCELAS DE ESCURRIMIENTO**

**(Cuenca El Pital, Nicaragua 1997)**

**Autores:**

***Oswaldo Martín Pineda Rizo***

***Aaron Martín Aguilera Ruíz***

**Asesor: *Reynaldo Bismarck Mendoza C., Ing. Agr.***

**Managua, Nicaragua, Febrero 1999**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo para optar al Título de Ingeniero Agrónomo se lo dedico:

A Dios y a María Santísima por estar siempre a mi lado en todo el proceso de mi trabajo de tesis.

A mi padres Clemente Pineda Orozco y Yolanda Rizo Martínez, por su gran apoyo incondicional en la terminación de mi carrera y culminación de mi trabajo de tesis.

A mi esposa Adela Benita Morales Munguía por su gran apoyo y colaboración en todo el proceso de realización de mi trabajo de tesis.

A mi hija Francela Mercedes Pineda Morales, por ser motivo de superación.

A mis hermanos:     Karla Pineda Rizo.  
                              Clemente Pineda Rizo.  
                              Yolanda Pineda Rizo.  
                              Gustavo Saldaña.

***Oswaldo Martín Pineda Rizo***

## DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a:

Mi Madre:

Rosa Edelmira Ruíz López, que con su esfuerzo me brindó su apoyo para concluir mis estudios.

A mis Hermanos:

Indira Valladares Ruíz.

Arnulfo Aguilera Ruíz.

Abel Valladares Ruíz.

Oscar Aguilera Ruíz.

*Aaron Aguilera Ruíz.*

## AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a Dios y a María Santísima por permitirnos la culminación de nuestra tesis.

Agradecimiento especial al Ingeniero Bismarck Mendoza por su confianza y aporte valioso para la realización de este trabajo.

Agradecimiento al proyecto CARE – PITAL por haber permitido y brindado la oportunidad la ejecución de dicho trabajo.

Le agradecemos a la Escuela de Suelo y Agua.

Agradecimiento especial a Marisela Peralta Aguilera por su apoyo, paciencia y afecto.

Agradecimiento especial a mi esposa Adela Morales por su apoyo valioso y confianza en la culminación de este documento.

A todos aquellos amigos y compañeros principalmente los de clase, que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

*Oswaldo Pineda Rizo y Aaron Aguilera Ruíz.*

## INDICE GENERAL

	Paginas
Contenido	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Indice general	iv
Indice de tablas	v
Indice de figuras	vi
Resumen.	vii
Summary	vii
I. INTRODUCCION .....	1
1.1 Hipótesis .....	2
1.2 Objetivos generales .....	3
1.3 Objetivos específicos .....	3
II.REVISION DE LITERATURA .....	4
2.1 Erosión del suelo .....	4
2.2 Erosión hídrica .....	4
2.3 Factores que afectan la erosión del suelo .....	6
2.4 Tolerancia a la pérdida de suelo .....	7
2.5 Agroforestería .....	8
2.6 Barreras vivas.....	9
2.6.1Ventajas de las barreras vivas.....	9
2.6.2Desventajas de las barreras vivas.....	10
2.7 Cobertura vegetal y las pérdidas de suelos.....	10
2.8 Descomposición de la materia orgánica .....	10
2.9 Parcelas de escurrimiento .....	12
2.9.1 Ventajas y Desventajas de las parcelas de escurrimiento,,.....	12
2.10 Características del Maíz ( NB-6) y Frijol (Criollo).....	13
2.11 Características del Madero Negro.....	14

<b>III. MATERIALES Y METODOS</b> .....	16
3.1 Localización .....	16
3.2 Tenencia de la tierra .....	16
3.3 Geología .....	18
3.4 Suelos .....	18
3.4.1 Generalidades .....	18
3.4.2 Serie Niquinohomo (NI) .....	19
3.4.3 Serie Diriomo (DR) .....	19
3.5 Clima .....	20
3.6 Descripción del sistema de parcelas de erosión .....	22
3.7 Cálculo para determinar las pérdidas de suelos y aguas .....	26
3.8 Cálculo para determinar los rendimiento de Maíz y Frijol .....	27
3.9 Cálculo para determinar la producción de biomasa de Madero negro.....	27
3.10 Cálculo para determinar la tasa de descomposición de Madero negro .....	28
3.11 Análisis estadísticos .....	29
3.12 Descripción de los tratamientos .....	30
3.13 Manejo agronómico de los cultivos .....	33
3.14 Toma de datos de cosecha .....	33
3.15 Medición de la cobertura vegetal .....	34
3.16 Propiedades físicas y químicas del suelo .....	34
3.17 Cálculo de infiltración de agua en el suelo.....	35
3.18 Variables a medir de los tratamientos .....	35

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

4.1 Distribución de las precipitaciones en Niquinohomo-Masaya 1997.....	36
4.2 Perdidas de suelos y agua Niquinohomo-Masaya 1997.....	37
4.2.1 Pérdida de suelo y agua finca la Lucha 1997 .....	37
4.2.2 Pérdida de suelo y agua Finca San Marcos 1997.....	41
4.3 Cobertura vegetal de los cultivos Maíz y Frijol y las pérdidas de suelos 1997.....	45

4.4 Relación pérdida de suelo, cobertura vegetal y precipitación .....	47
4.5 Análisis físicos y químicos, finca la Lucha y San Marcos 1998.....	48
4.6 Prueba de infiltración de agua en el suelo.....	50
4.6.1 Comportamiento de la infiltración media en parcelas con diferentes tratamientos finca la Lucha 1997 .....	50
4.6.2 Comportamiento de la infiltración media en parcelas con diferentes tratamientos finca San Marcos 1997.....	51
4.7 Rendimiento de los cultivos 1997.....	52
4.8 Producción de biomasa de Madero Negro ( <i>Gliricidia sepium</i> ) .....	57
4.8.1 Descomposición de la biomasa de Madero Negro.....	59
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
5.1 Conclusiones.....	61
5.2 Recomendaciones.....	63
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>64</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>67</b>
7.1 Descripción de perfiles .....	67
7.2 Datos de precipitación anual Niquinohomo-Masaya 1997.....	70
7.3 Pérdidas de suelo y agua por mes por tratamientos y su réplicas en las dos fincas de estudio 1997.....	71
7.4 Producción de biomasa verde en las dos fincas experimentales finca la Lucha y San Marcos 1997.....	72
7.5 Gráficos de pruebas de infiltración en tratamientos con barrera viva y sin barrera viva (testigo) en las dos fincas experimentales 1997.....	73

## Indice de tablas

Tablas No	Página
1- Clasificación de la materia orgánica.....	11
2- Propiedades físicas y químicas de los suelos correspondiente a dos sitios experimentales Junio, 1994 (Proyecto CARE UNA).....	20
3- Ejemplo de cálculo de pérdidas de suelo.....	26
4- Ejemplo de cálculo de pérdidas de agua.....	27
5- Pérdidas promedios de suelo(t/ha/a) y agua(m <sup>3</sup> /ha/a) en la finca la Lucha 1997.....	37
6- Pérdidas promedios de suelo (t/ha/a) y agua(m <sup>3</sup> /ha/a) en la finca San Marcos 1997.....	41
7-Análisis físico químico .....	48
8-Analisis estadístico de los rendimientos promedios de Maíz(kg/ha) 1997.....	52
9-Analisis estadístico de los rendimientos promedios de Frijol(kg/ha) 1997.....	54
10- Aportes de biomasa anual de Madero Negro en las fincas la Lucha y San Marcos 1997 .....	57
11- Aportes de biomasa en hojas y ramas por tratamientos en la finca la Lucha 1997.....	58
12- Aportes de biomasa en hojas y ramas por tratamientos en la finca San Marcos 1997.....	59



## Indice de figuras

Figuras No.	Página
1- Mapa topográfico de la zona donde se localizan las fincas experimentales 1997.....	17
2- Diseño de las parcelas de escurrimiento o de erosión.....	25
3- Distribución de los tratamientos, finca la Lucha Niquinohomo 1997.....	31
4- Distribución de los tratamientos, finca San Marcos Diria 1997.....	31
5- Descripción gráfica de los tratamientos evaluados en el proyecto agroforestal CARE-UNA 1997.....	32
6- Distribución de las precipitaciones 1997.....	36
7- Pérdidas promedios de suelos t/ha/a, finca la Lucha 1997.....	38
8- Pérdidas promedios de agua m <sup>3</sup> /ha/a, finca la Lucha 1997.....	39
9- Pérdidas promedios de suelo t/ha/a, finca San Marcos 1997.....	42
10- Pérdidas promedios de agua m <sup>3</sup> /ha/a, finca San Marcos 1997.....	43
11- Relación pérdidas de suelo, cobertura vegetal, precipitación en las dos fincas experimentales 1997.....	47
12- Rendimiento promedio de Maíz(kg/ha) en las fincas la Lucha y San Marcos 1997.....	53
13- Rendimiento promedio de Frijol(kg/ha) en las fincas la Lucha y San Marcos 1997.....	55
14- Gráfico de descomposición de biomasa de Gliricidia sepium.....	59

## RESUMEN

En la cuenca el PITAL, Municipio de Niquinohomo-Masaya y Diriá Granada, Nicaragua, se estableció un ensayo con el objetivo de evaluar el efecto de tres manejo de barreras vivas de *Gliricidia sepium* sobre el escurrimiento superficial y los rendimientos de Maíz (*Zea maíz L.*) y Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Se seleccionaron dos fincas, La Lucha en Niquinohomo con pendiente de 40 %, suelos clasificado como Lithic Durustands, textura franco arenosa, y de infiltración estabilizada de 12 cm/h. y San Marcos presenta una pendiente del 16 % en el Municipio de Diriá con suelos clasificados como Alfic Haplustand, textura franco arcillosa y de infiltración estabilizada de 10cm/h. En cada finca se estableció un sistemas de 8 parcelas de escurrimiento, para una red total de 16 parcelas con una área individual por parcelas de 60 m<sup>2</sup>. Los tratamientos evaluados fueron barreras vivas con poda cada 4 meses y con un bordo de infiltración, barreras vivas para producir estacas más bordo de infiltración, barreras vivas con poda cada 4 meses sin bordo de infiltración, y un tratamiento testigo sin barreras vivas.

La precipitación se registró manualmente a través de un pluviógrafo mecánico y 8 horas después de ocurrido el evento lluvioso de cada barril captador de sedimentos, se realizaba una lectura total de agua más lodo o sedimentos, luego se drenaba el agua y de los sedimentos se extraía dos muestras en tarros de 1 litro, las que posteriormente se trasladaban al laboratorio para hacerle un análisis gravimétrico.

La cobertura vegetal fue determinada cada 15 días, realizando 10 observaciones por parcelas a través de un aparato de cobertura.

Los resultados evaluados para 1997 demostraron que las barreras vivas de *Gliricidia sepium* reducen las pérdidas de suelos en 9.4 t/ha/a (72%) y 9.6 t/ha/a (75%) para la Lucha y San Marcos, comparado con el tratamiento testigo (sin barreras vivas). Los periodos de mayor riesgo erosivos son aquellos cuando los cultivos presentan menor cobertura vegetal.

Los rendimientos promedios de Maíz para las dos fincas (La Lucha y San Marcos), fueron de 2136.40 kg/ha y 1424.20 kg/ha respectivamente, el cual para este año no se realizó ninguna aplicación de fertilizantes para evaluar el efecto que ha tenido la incorporación de la biomasa de Madero Negro al suelo como abono verde. Los rendimientos promedios de Frijol para 1997 para las dos fincas ( La Lucha y San Marcos), fueron de 715.44 kg/ha y 678.59 kg/ha respectivamente, también sin fertilización.

La producción promedia de biomasa de Madero Negro (*Gliricidia sepium.*) para 1997, para la finca la Lucha en dos podas fue de 14859.30 kg/ha, para la finca de San Marcos, para este mismo año, con una sola poda fue de 2273.3 kg/ha . El tratamiento con mayor aporte de biomasa en las dos fincas fue el tratamiento 2 (producción de estacones). En lo que respecta a la descomposición de la biomasa las hojas demuestran mas rapidez en su descomposición con un 82.9 % de material descompuesto, contrario a los tallos que presentan un 32 % de material descompuesto en un período de 70 días.

## SUMMARY

In the farms La Lucha localized in Niquinohomo, Department of Masaya, and San Marcos in Diriá, Department of Granada Watershed El Pital Nicaragua. Were set up one research, in order to evaluating the effect of three managements of living barriers' *Gliricidia sepium*, on superficial soil runoff over, and yield of corn (*Zea maíz L.*) and bean (*Phaseolus vulgaris L.*). La Lucha farm have 40% slope, soil Lithic durustands, texture sand loam, soil infiltration 12 cm/hr. The farm San Marcos have 16% slope, soil Alfic haplustand, texture clay loam, soil infiltration 10 cm/hr. In each farm were set up 8 runoff plot (total 16), which have 60 m<sup>2</sup> area every one. The treatments evaluated were: Living barriers in order to pruned, every 4 months, and spread on the soil plot. Living barriers in order to harvest slender wood poles, both treatment have a manual furrow above the barrier. Living barriers in order to pruned without manual furrow and one control treatment only with contour practice. The monitoring started 8 hours after the rain, stirring the sediment and took 2 samples of 1 liter, which were to send at laboratory, where were measured the volume of water and dry soil. The rainfall data were recorded through of a gauge by each farm. The vegetal cover was measured every 15 days, made 10 observation by plot through cover instrument. The results showed for 1997 that, the living barriers of *Gliricidia sepium* reduced the soil loss to 28% ( 9.4 t/ha/y) and 25% (9.6 t/ha/y ) compared with the treatment control (100%) in the both farm respectively for La Lucha and San Marcos. The most critical periods were, when the plants having less vegetal cover.

The average yield of corn in both farms La Lucha and San Marcos were: 2136.46 kg/ha and 1424.2 kg/ha respectively, don't using fertilizer. So the average yield of bean were 715.44 kg/ha and 678.59 kg/ha in the both farms.

The biomass yield of *Gliricidia sepium* in La Lucha were 14859.3 kg/ha for two prunes. In San Marcos 2273.3 kg/ha for only one prune. In the both farms the treatment 2 furnish better production of biomass. The decomposition leaf of biomass was more quickly than the decomposition stem into the period of 70 days (82.9% for leaves and 32% for stems).

## I. INTRODUCCIÓN

El área de ladera para Nicaragua corresponde a un 48.9 % del territorio nacional, del cual un 4.9 % se presentan en condiciones de montañas (Barreto, 1996).

La degradación ambiental y las pérdidas de suelos agrícolas son temas cada vez más importante a nivel global, muchos programas tienen como objetivo principal la conservación de suelo y agua (Rodrigues, 1994).

Todos los productores que siembran en laderas se caracterizan como marginales, los cuales utilizan prácticas inadecuadas como (tumba, rosa y quema.), sembrando a favor de la pendiente, todo esto conduce a una degradación de los suelos y por ende una agricultura deficiente, todo nos dice la importancia de la conservación de suelo (Pasolac, 1997).

El presente estudio se realizó en la Microcuenca Diriomo, perteneciente a la Cuenca el Pital, la que se localiza entre los Departamento de Masaya y Granada (Municipio de Niquinohomo, Diría y Diriomo) Nicaragua.

Esta Microcuenca Diriomo presenta 3000has (60 %) del área en condiciones de ladera, la cual 1200has (40%) es utilizada para la producción de granos básicos. (Mendoza, 1997).

El diagnóstico socio económico de la cuenca realizado en 1989 por MARENA a solicitud del proyecto Agroforestal Care Pital, reveló que la mayoría de los productores utilizan sistemas de prácticas inadecuadas como : La siembra a favor de la pendiente y quema de rastrojos. Estas prácticas aceleran los procesos de erosión, todo esto contribuye a la disminución de los rendimientos y un bajo nivel de vida en los sistemas de producción de pequeños y medianos productores en laderas.

Después de 10 años de promover prácticas de conservación de suelos y agua por parte del proyecto agroforestal el Pital se estima en su ultima evaluación que un 60 % de los productores iniciaron a introducir practica de conservación de suelos y agua en sus sistemas de producción.

Para esta investigación se implementaron cuatro tratamientos , tres con práctica de barreras vivas de Madero Negro (*Gliricidia sepium*) y siembra a curva a nivel, bordo de infiltración y generación de abonos verdes utilizando parcelas de escurrimiento y un ultimo tratamiento que corresponde al manejo tradicional (Testigo), esto se realizó en la finca La Lucha y San Marcos ubicadas en el Municipio de Niquinohomo (Masaya) y en el Municipio de Diría (Granada) respectivamente, utilizándose por finca un sistema de ocho parcelas de escurrimiento para una red total de 16 parcelas, con un área individual por parcela de 60 m<sup>2</sup>

La finca La Lucha pertenece a la serie de suelos de Niquinohomo, con una pendiente de 40%, suelos clasificados en el sitio como Lithic Durustands, de textura franco arenosa.

La finca San Marcos pertenece a la serie de suelos Diriomo, con una pendiente del 16% clasificado en el sitio como Alfic Haplustand, de textura franco arcillo limosa.

Es este estudio corresponde al cuarto y último del Proyecto Agroforestal Care Pital, que inicio en 1994 concluyendo en 1997.

### 1.1 Hipótesis :

Después de 3 años de implementar sistemas de barreras vivas de Madero negro, en fincas con producción de granos básicos de pequeños y medianos productores en la cuenca el Pital:

1. Estas barreras vivas reducen la tasa de erosión de suelos a un 50% y la pérdida de agua por escorrentía a menos de 50% comparándolos con sistemas sin prácticas de conservación de suelo y agua
2. El efecto residual de la biomasa del Madero Negro de los últimos 3 años: logra aumentar la producción de granos en los cultivos de Maíz y Frijol, mejorando las condiciones biofísica del suelo.

## 1.2 Objetivo general :

Evaluar el efecto de siembras en curva a nivel y las barreras vivas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) (Madero Negro), sobre la erosión del suelo, las propiedades físicas-químicas y la producción de granos básicos (*Zea mays* L. *Phaseolus vulgaris* L.) bajo las condiciones edafoclimáticas de las fincas en estudio en la cuenca "EL PITAL".

## 1.3 Objetivos específicos :

1. Cuantificar las pérdidas de suelo y agua, para cada sistema evaluado.
2. Determinar los principales factores físico que afectan la tasa de erosión y los periodos de mayor riesgos de pérdidas de suelos.
3. Evaluar los efectos de las barrera viva *Gliricidia sepium* sobre las propiedades física químicas del suelo y su relación con los rendimientos de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).
4. Determinar la producción de biomasa de las barreras viva madero negro *Gliricidia sepium* (Jacq)) y sus periodos de descomposición.
5. Evaluar los rendimientos agronómicos de los tres tratamiento de barreras vivas (poda con bordo, estacon con bordo y poda sin bordo).

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 1 Erosión del suelo

La palabra erosión se deriva del latín Erosivo, que significa roedura, derivado de Erodere que significa corroer. Es un proceso natural que consiste en la remoción y arrastre de las partículas que conforman el suelo y producida generalmente por la acción del agua y el viento.

En el fenómeno de la erosión intervienen un objeto pasivo que es el suelo, dos agentes activos que es el agua y el viento y un intermediario que es la vegetación la que regula sus relaciones.

La erosión de los suelos por acción del agua es más activa donde la disolución es menor. Donde la precipitación pluvial no se puede infiltrar en el suelo, sino que fluye en la superficie, el agua viaja a una velocidad relativamente alta y es capaz de arrancar materiales del suelo por medio de la fuerza hidráulica de su flujo. (Hudson, 1982 ).

### 2.2 Erosión hídrica

Es la acción del desprendimiento de las partículas de suelo y su transporte por el agua que se escurre sobre el terreno. Cuando no hay mas energía para el transporte ocurre la sedimentación de las partículas.

Cuando la erosión esta bajo vegetación natural es generalmente insignificante o tolerable, es decir no excede de la tasa de formación natural de los suelos que varia de 2 a 11 t/ha/a (Hudson,1986). En cambio bajo uso agrícola o ganadero ocurren en muchos caso una erosión acelerada causada principal mente por el mal manejo de las tierras y la presión de la población. Esta erosión excede la tasa de formación del suelo .

La erosión hídrica es un proceso natural, donde las etapas principales son (Kirkby y Morgan, 1984)

1. Desprendimiento: Es el impacto de las gotas de lluvia que causa la degradación de los agregados del suelo trayendo como consecuencia el desprendimiento de las partículas de este .
2. Transporte: Cantidad de lluvia que cae y sobre pasa la capacidad de infiltración del suelo, se produce un escurrimiento superficial que arrastra las partículas desprendidas por la acción de las gotas de lluvia.
3. Sedimentación: Generalmente este proceso se localiza en las partes planas del terreno, en ciertas partes del cauce de los ríos, en lugares en que el terreno presenta obstáculo, en represas y en el mar.

Durante muchos años, los especialistas en conservación de suelos han tratado de calcular las pérdidas de suelos a partir de campos o pendientes individuales. Los primeros cálculos eran sobre todo de naturaleza cualitativa e ilustraban que algunas prácticas de cultivos diferían en cuanto a su capacidad para controlar la erosión de los suelos.

Inicialmente se desarrollan ecuaciones para describir la pérdida de suelos mediante una variable dependiente única. Estas ecuaciones de factor único eran para situaciones locales donde otros factores contribuyentes eran casi constantes. Se formularon ecuaciones de factores múltiples a medida que habían más datos disponibles y los investigadores eran más capaces de describir los factores contribuyentes. Estos análisis culminaron en la ecuación de mayor uso en la actualidad sobre la predicción de pérdidas de suelos (Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos, EUPS). (Wischmeier, 1965)



## 2.3 Factores que afectan la erosión del suelo

Aparte de los factores socioeconómicos, hay otros factores muy importantes que influyen sobre la erosión (Hudson, 1983), como:

- **Clima:**

Uno de los aspectos más importantes es la precipitación o lluvia que presenta mucha energía, a mayor intensidad de la lluvia mayor es la energía que será transmitida en el terreno. La lluvia tiene entonces según sus características de intensidad y duración cierta capacidad erosiva.

- **Topografía:**

A medida que aumenta el grado de la pendiente, la velocidad y el volumen del agua de escorrentía aumenta y así su poder erosivo.

Conforme aumenta el largo de pendiente el volumen del agua en escorrentía crece y por lo tanto también su poder erosivo.

- **Suelo:**

Las condiciones físicas de los suelos determinan su susceptibilidad a la erosión. El hombre puede disminuir esta susceptibilidad a través de la implementación de prácticas adecuadas de manejo de suelo.

Desde el punto de vista de la textura los suelos con alto porcentaje de limo son muy susceptibles a la erosión, por motivo de la impermeabilización por el limo de los poros del suelo. De esta manera la capacidad de infiltración disminuye, lo cual puede generar mayor escorrentía superficial y causar daños erosivos.

Suelos con alto porcentaje de arcilla y por lo consiguiente baja capacidad de infiltración, son muy susceptibles a la erosión en casos de aguaceros intensos.

Suelos arenosos con una gran capacidad de infiltración, absorben la mayor parte del agua que reciben sin originar escorrentia superficial. Sin embargo el bajo poder de coherencia de los agregados del suelo favorecen el arrastre de estos en condiciones de lluvias intensas.

Desde el punto de vista de la estructura se considera que estructuras de tipo masivas o blocosas gruesas fuertes son las ofrecen mayor resistencia al impacto de las gotas de lluvia y al arrastre de partículas por escurrimiento superficial. En cambio estructuras sueltas (tipo granular ) presentan una alta susceptibilidad al proceso erosivo.

La materia orgánica juega un papel muy importante en la resistencia que pueda ofrecer el suelo a la erosión. La materia orgánica tiene gran capacidad de absorción y retención de agua y ayuda a la formación de agregados estables. Estos aumentan la permeabilidad y la porosidad del suelo mejorando su estructura .

- Cobertura vegetal:

Con la intersección de la lluvia y la reducción de la velocidad del agua de escorrentia la vegetación juega un papel primordial en la protección del suelo contra la erosión . Distintas coberturas vegetales proveen distintos grados de protección, de tal manera que el hombre puede controlar en gran parte la erosión, escogiendo adecuadamente el uso y manejo de la tierra .

## 2.4 Tolerancia a la pérdida de suelos

Es la resistencia del suelo a la degradación la cual está definida en gran parte por sus condiciones y características fisico-químicas que junto con otros factores externos van a determinar cuanta degradación se producirá bajo determinadas condiciones.

La tolerancia del suelo a la degradación está definida por la máxima tasa de degradación que permitirá al suelo un mantenimiento sostenido de su productividad.

La tolerancia a la pérdida de suelos, para un suelo específico, se utiliza como una guía para la planificación en la conservación de suelos. La EUPS se utiliza para estimar la pérdida de suelo real y para evaluar como los cambios en la práctica pueden aplicarse para reducir la pérdida de suelos por debajo del nivel de tolerancia (Kirkby y Morgan, 1984).

## 2.5 Agriforestería

sistemas de producción que combinan el cultivo de árboles y arbustos con los cultivos agrícolas y/o la ganadería.

La presencia de la vegetación forestal muchas veces en varios estratos tiene efectos muy benéficos al reducir el efecto de la erosión. Las hojas, flores y frutos de los árboles caen al suelo donde se descomponen formando una capa de hojarasca con todas las ventajas que conlleva. La mayoría de los sistemas Agroforestales solo requieran medidas de conservación de suelo muy sencillas en particular en la fase del establecimiento del sistema. las técnicas del manejo conservacionistas comúnmente utilizadas en los sistemas Agroforestales son: Siembra en contorno, cobertura muerta con residuo de poda, cultivo intercalado durante la fase inicial de la plantación, cultivo de cobertura o cubierta natural, barreras vivas y residuos o cordones, uso de abonos y estiércol a la siembra (transplante), uso racional de fertilizantes y enmiendas y conservación de la humedad del suelo. (Montagnini, 1992).

Para el uso de barreras vivas es muy recomendable los árboles leguminosos que pueden desarrollarse tanto en suelos fértiles, como en condiciones desfavorables, por lo tanto pueden ser usados en la rehabilitación de tierras degradadas donde otras especies no podrían crecer. Además de la fijación de nitrógeno y la extracción profunda de nutrientes y agua, los árboles leguminosa son de múltiples propósitos como: Alimentos obtenidos de hojas flores y frutos, forraje para ganado, leña y madera.

La limitación principal a la utilización de arboles leguminosos es su rápida tasa de crecimiento que hacen que puedan competir por luz, humedad y nutrientes con los cultivos intercalados. por esta razón se asociaron con cultivos que toleran sombra ligera o fuerte y de no ser el caso se sembraran a distancias mas grandes .

## **2.6 Barreras vivas**

Las barreras vivas son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso sembrada perpendicular a la pendiente (curva a nivel). Las plantas se siembran una cerca de la otra para formar una barrera continua. Ellas sirven para reducir la velocidad de escorrentía, y además actúan como filtros vivos, atrapando los sedimentos que llevan el agua que escurre sobre el suelo. Las barreras vivas impiden que el flujo del agua adquiera una velocidad erosiva, permiten al limo sedimentar, ala vez favorece la infiltración de agua en laderas. Hasta el 15 % de pendiente y para suelos profundos, las barreras vivas logran detener la degradación en niveles tolerables, siempre y cuando vayan acompañadas de buenas prácticas agronómicas (cultivo en contorno, cobertura viva o muerta.), después del 15 % de pendiente se usa las barreras vivas combinadas con obras físicas como acequias de laderas, terrazas, etc. (Cubero, 1994).

### **2.6.1 Ventajas de las barreras vivas.**

1. Reducen el escurrimiento de las aguas de lluvias y permiten conservar mayor humedad en el suelo.
2. Reducen considerablemente las pérdidas de suelos al mantener una cobertura constante.
3. Mejoran las condiciones físicas de los suelos por medio de su sistema radicular superficial.
4. Protegen al suelos de cambios bruscos de temperatura.
5. Las leguminosas fijan nitrógeno.

### **2.6.2 Desventajas de las barreras vivas.**

1. Compiten por humedad, luz y nutrientes y en algunos casos reducen los rendimientos del cultivo principal.
2. Pueden ser hospederas de plagas y enfermedades, algunas leguminosas pueden ser hospederas de nemátodos que afectan el cultivo principal.
3. En pendientes superiores del 15 % deben combinarse con otras practicas de conservación de suelos y agua.
4. Gastos adicionales a la economía de la finca.

### **2.7 La cobertura vegetal y las pérdidas de suelo**

Unos de los principales factores que contribuye a un proceso acelerado a la erosión es cuando no existe y protege al suelo cuando hay una alta cobertura.

Existen varios tipos de cobertura: (malezas, de cultivos y de bosques), la cobertura vegetal logra interceptar la energía cinética del agua de lluvia, reduciendo así el impacto de las gotas de lluvia al suelo, protegen al suelo con sus sistemas radiculares en área de agricultura con sistemas de laderas.

Lo que impide la erosión de los suelos en el estado natural es la cubierta vegetal, los cuales donde el hombre no cultiva suele estar protegido por una cubierta de arbusto y/o arboles, por una capa de hojas muertas o en descomposición y es donde la materia orgánica del suelo puede absorber y almacenar mucho más agua que las partes orgánicas, mejorando así la capacidad de retención, aumentando el contenido de nutrientes, mejorando la textura y hasta la profundidad de la capa superficial (arable) del suelo. (FAO, 1988).

### **2.8 Descomposición de la Materia Orgánica.**

En el suelo a demás de la partícula de origen mineral, como arena, limo y arcilla existen

otras partículas sólidas formada a partir de la materia orgánica. La materia orgánica está constituida por los compuestos de origen biológico que se presentan en el suelo. El edafón consiste en los organismos vivos del suelo o sea su Flora y Fauna .

En el horizonte A de los suelos cultivados el edafón constituye entre el 10 y 15 % de materia orgánica. El Humus está compuesto por restos postmortales vegetales y animales que se encuentran en el suelo y que están sometidos constantemente a procesos de descomposición y transformación y resíntesis. De esta manera los conceptos de Materia Orgánica y Humus se diferencian.

En todo caso las fuentes originarias de la materia orgánica son los restos de animales y especialmente vegetales que se depositan en el suelo. Estos residuos son objetos de su degradación o descomposición, hasta los componentes elementales de la proteína, de los carbohidratos, grasas y otros. Esto conlleva a la mineralización que es la formación de componentes minerales, que son compuestos que nutren a las plantas como N,P,K,S,Ca,Mg

El contenido porcentual de material orgánico en los primeros centímetros de suelo es alto y va decreciendo en profundidad, lo cual puede definirse como una disminución regular del contenido de carbono orgánico.

El contenido de materia Orgánica en el suelo, se ha utilizado para agrupar suelos y se han obtenido clasificaciones como la de Hady ( Fassbender y Bornemisza, 1987 ).

**Tabla 1. Clasificación de la materia orgánica**

INTERPRETACION	MATERIA ORGANICA %	C %
Bajo en materia orgánica	< 2.0	< 1.15
Medio en materia orgánica	2.1- 4.1	1.2 - 2.3
Alto en materia orgánica	4.1-10.0	2.4 - 5.8
Muy alto en materia orgánica	> 10.0	> 5.8

## **parcelas de escurrimientos:**

Las parcelas de escurrimientos es una área de tamaño variable ubicadas en laderas rodeadas por paredes metálicas o de cualquier otro material, las cuales se aíslan completamente y evitan que la lleguen la escorrentía de otros predios que se utilizan para cuantificar la erosión hídrica de una área determinada (Wischmeier, 1976).

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

- 1. Determinan el efecto que tienen los diferentes usos de la tierra en la producción de sedimentos y descarga de agua.
- 2. Estudiar la validez de fórmulas de cálculos de descarga mediante el cálculo de coeficiente de escorrentía.
  1. Valida fórmulas de predicción de producción de sedimentos.
  1. Mejora las técnicas de control de la erosión.
  5. Estudia los régimen de escorrentía en su fase inicial y la influencia que sobre ella producen las pendientes, la longitud y estado de la laderas, tipo de suelo y vegetación.

### **2.9.1 Ventajas y desventajas de las parcelas de escurrimiento:**

#### **Ventajas**

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

## Desventajas

- Sus resultados son locales.
- Para poder extrapolar los resultados obtenidos se requieren de períodos considerables de estudio.
- El personal de campo que realiza el monitoreo requiere ser capacitado.
- Se requiere la instalación de un pluviógrafo cerca de la parcela para poder tener información pluviométrica del área para poder relacionar la intensidad y cantidad de lluvia con las mediciones del escurrimiento y la erosión . Estos aparatos son costosos y difícil de manejar, es preciso entrenar a una persona que llevara el registro de los datos de lluvia .
- Es necesario que las muestras de escurrimiento y de sedimento sean homogéneas.
- Se necesita de personal de vigilancia para cuidar los instrumentos instalados en la parcela.
- No permite laborar con bueyes.
- Requiere un costo de establecimiento.

## 2.10 Características del Maíz (NB-6) y frijol (criollo).

### Maíz NB-6:

Es una variedad mejorada de maíz tolerante al achaparramiento (Lapeado), entre sus características morfológicas y agronómicas según (INTA,1995):

Familia:	Gramínea
Tipo de variedad:	Polinización libre
Días a flor:	56
Altura de la planta	235 cm
Color del grano:	Blanco
Cobertura de mazorca:	Buena
Rendimiento qq/mz:	60 a 70
Días de madurez fisiológica:	110



Madurez relativa: Intermedio  
Origen: Nicaragua.  
Se recomienda para siembra de riego, primera, postrera y postreron.

### Frijol Criollo:

El Frijol criollo se caracteriza (Tapia y Camacho, 1988) :

Familia: Leguminosa  
Días de Madurez fisiológica: 56 a 70  
Color del grano: Negro hasta rojo  
Forma del grano: Largas arrifonada, alargada ovoides y redonda  
Rendimiento promedio qq/mz: 7 a 12  
Fruto: Vaina  
Origen: México y la zona central de Sur América.  
Las variedades criollas están adaptadas a condiciones de infertilidad de suelos caracterizada por pH ácidos y carencia de fósforo asimilable.

### 2.11 Características del Madero Negro.

Pertenece a la familia Fabaceae, su nombre científico es *Gliricidia sepium (Jacq)* y los nombres comunes: Madrecacao, Madreado, Mataraton, Palo de hierro y Michiguiste. Su árbol es de tamaño pequeño, mediano o grande, alcanza alturas entre 6 y 20 m y diámetros de 25 a 60 cm. Tronco un poco torcido, ramas arqueadas, copa irregular. Su corteza externa de color gris blancuzco, a veces un poco amarillenta, presenta nudos, en su parte interna de color blancuzca ligeramente rayado. Posee hojas compuestas, alternas, imparipinnada, con 7 a 9 hojas de forma ovada o elíptica, Has de color verde oscuro y envés verde claro. Inflorescencia en racimos laterales, pequeñas amariposadas de color blanco rosado, con 5 pétalos desiguales y 9 estambres unidos y uno suelto.

Fruto es una vaina dehiscente, aplanada de 5 a 20 cm de largo, contiene de 3 a 10 semillas (Salas, 1993).

En lo que respecta a su ecología o distribución; en América se extiende desde México hasta Colombia, Guayanas Y las Antillas. En Nicaragua se encuentra en la región del pacífico y la región central, crece en sitios bajos con clima de secos a húmedos. Es un árbol que invade terrenos pobres y pedregosos.

Entre su uso su madera se emplea en construcción, ebanistería, durmientes de ferrocarril , leña, barreras vivas, postes para cercas, ornamentación y sombra de plantación de cacao y café. Es muy prendediso, ya que sus ramas gruesas cortadas en secciones son aproximadamente de 3 metros de largo ( Salas, 1993).

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

#### **3.1 Localización**

Este experimento se localiza en las fincas La Lucha y San Marcos , ubicadas en el área de influencia del proyecto CARE El Pital, durante los años 1996 y 1997.

**Finca "La Lucha" (F-LL):** se encuentra entre las coordenadas geográficas 11°53'55" Latitud Norte y 86°05'10" Longitud Oeste, Departamento de Masaya, Municipio de Niquinohomo, comarca Guapinol, a 44 km al Sur-Este de la ciudad de Managua. Posee una extensión de 4.9 ha, de las cuales 1.9 ha son áreas destinadas a cultivos agrícolas, y tienen altitud aproximada de 480 msnm (Ugarte, 1994).

**Finca "San Marcos" (F-SM):** se localiza entre las coordenadas geográficas 11°51'43" Latitud Norte y 86°04'43" Longitud Oeste, Departamento de Granada, Municipio de Diría, comarca los Jirones, a 49 km al Sur-Este de la ciudad de Managua, a unos 380 msnm aproximadamente. El área total de la finca son de 10 ha y dedican el 100% a la producción de granos básicos. (Ugarte. 1994).

#### **3.2 Tenencia de la Tierra :**

La familia de la finca La Lucha, compuesta por 12 miembros poseen título de propiedad adquirido a través de la Reforma Agraria, con la modalidad de colectivo familiar que fueron beneficiada con 6 mz de tierra. De manera similar, con respecto a la Finca San Marcos la familia posee escritura privada a nombre del señor Justo Denis Barrios, viven 11 personas y tienen un área de 10 mz.

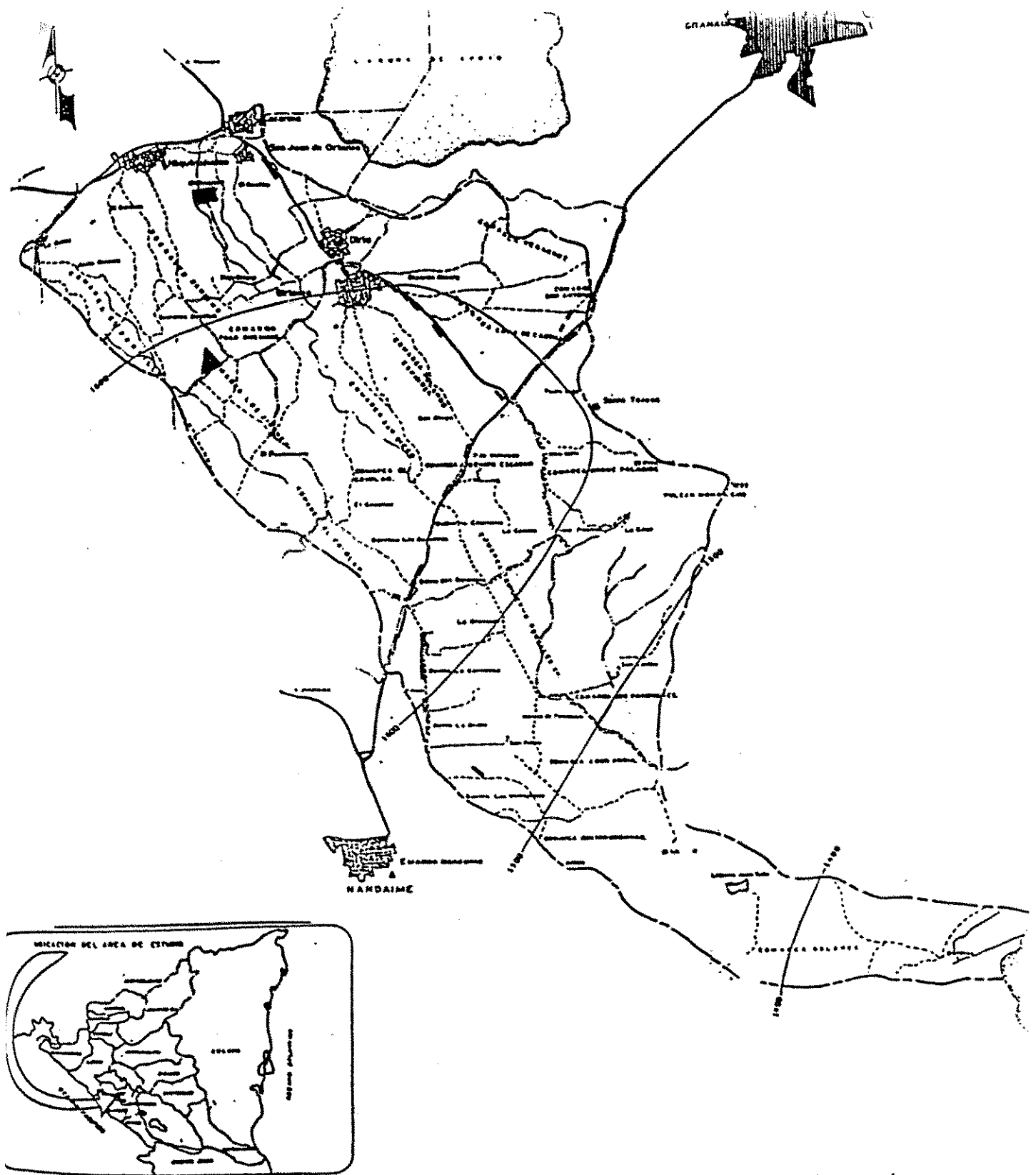


figura 1. Mapa topográfico de la zona donde se localizan las fincas experimentales

1997

17

### **3.3 Geología**

El área del proyecto forma parte del flanco Sur-Occidental de la depresión de Nicaragua, constituye un área de origen predominantemente volcánico en la cual las características geomorfológicas varían desde las planicies hasta la montañosa abrupta.

La mayoría de los afloramiento rocosos del área están constituidos por piroplastos relacionados a un vulcanismo bastante antiguo, que ha dado lugar a la formación de potentes depósitos.

El área de estudio está situada en las proximidades de algunas de las estructuras geológicas más sobresalientes de Nicaragua.

Sobresale fuera del área, en el borde Norte y Este la estructura levantada por la cordillera volcánica cuaternaria joven, formada por la Laguna de Apoyo y el Volcán Mombacho, perteneciente a la prolongación Sur de la Cordillera de los Maribios.

Esta línea de volcanes se formó durante el hundimiento de la depresión nicaragüense, a lo largo de la zona de falla occidental.

### **3.4 Suelos**

#### **3.4.1 Generalidades**

La serie Niquinohomo consiste de suelos profundo a moderadamente profundos, de color oscuro y bien drenados, no presenta piedras en la superficie, su relieve es

ligeramente plano a muy escarpado con pendientes de 2% - 50%; son suelos derivados de cenizas volcánicas finas y estos se encuentran en las tierras altas y onduladas, en la vecindad del pueblo de Niquinohomo.

Los suelos se encuentran sobre depósitos estratificados de cenizas volcánicas, que están a profundidades considerables. Los suelos de Niquinohomo tienen una permeabilidad moderada, capacidad de humedad disponible moderada y una zona radicular generalmente profunda, excepto en las pendientes escarpadas.

Estos suelos se encuentran en la zona de vida bosque tropical premontano húmedo y están usados con café, cultivos de subsistencia de maíz, frijol, arroz y pastos.

#### **3.4.2 Serie Niquinohomo (NI)**

Suelos muy profundos a poco profundos, bien drenados, erosión leve a moderado, no presentan piedras en la superficie, relieve ligeramente escarpado con pendiente del 2% - 50%, el material original es ceniza volcánica. Según la clasificación USDA, los perfiles de suelo, fueron clasificados como Lithic durustands in situ, para la finca La Lucha.

#### **3.4.3 Serie Diriomo (DR):**

Suelos profundos, bien drenados, levemente erosionados, relieve plano a muy ligeramente ondulado con pendiente de 0% - 8%, desarrollado a partir de cenizas volcánicas, sobre materiales pómez. Para la finca San Marcos de ésta serie de suelos, el perfil se clasificó como Alfic haplustands in situ.

Los suelos de la serie Diriomo, presentan mayor contenido de arcilla y limo con mayor susceptibilidad a la erosión hídrica, por el hecho de reducirse la infiltración de agua y tener partículas más liviana como limos.

**Tabla 2. Propiedades físicas y químicas de los suelos correspondientes a los dos sitios experimentales. Junio, 1994. (Proyecto CARE-UNA)**

Finca	prof. cm	pH	N	% MO	p pp m	meq/100gr s.			%		
						K	Ca	Mg	Arcill	Lim	Are
La Lucha	0-10	5.8	0.19	4.3	6.5	1.17	16.5	5	8.7	16.2	75
	10-20	5.85	0.15	3	4	0.98	27	5	12.05	15	72.5
San Marcos	0-10	5.8	0.21	4.2	4.5	1.58	15.75	6.5	21.2	37.5	60
	10-20	5.8	0.17	3.4	3	1.25	14	6.5	21.2	12.5	66.2

Fuente: Mendoza 1997.

Las pendientes donde se instalaron las parcelas corresponden a: 40% (F-LL); y 16% para la (F-SM) respectivamente.

Estos análisis fueron realizados con la metodología siguiente: Textura: Pipeta de Robinson

pH : Potenciómetros relación 1:2:5

MO y N : Walkey Black

PyK : Olsen modificado

Ca y Mg: Solución ext. cloruro de Potasio

(Laboratorio de Suelos y Agua - U. N. A.)

### 3.5 Clima

Según la clasificación de Koeppen, el clima pertenece al tropical sub húmedo bimodal (Aw2), viéndose influenciado por las corrientes ecuatoriales y tropicales que azotan la parte Sur-Oeste de nuestro país. La estación lluviosa se presenta en el período

comprendido entre los meses de mayo y octubre, representando el 90% de las precipitaciones anuales. Esta etapa es afectada por un período seco llamado canícula que se extiende desde el 15 de julio al 10 ó 15 de agosto, siendo utilizada por la recolección del grano de la siembra de primera.

Los meses de mayor precipitación son junio, septiembre y octubre. La precipitación media en la zona es de 1500 mm, según mapa de isoyetas del período comprendido entre 1970-1990. Estas también reflejan altas variaciones de un año a otro con fluctuaciones que van desde los 500 mm a los 1900 mm.

La temperatura promedio es de 25 °C, valor que disminuye hacia el Este, dada la elevación del Volcán Mombacho. Debido a que la cobertura de estaciones es muy deficiente, se utilizó el método de la aeronáutica civil, la cual tomó como parámetro que por cada 100 m de altura, la temperatura sufre una variación de 0.55 °C.

La evaporación promedio anual corresponde a 1931 mm, siendo los meses de mayor evaporación marzo y abril, y los de menor evaporación octubre y noviembre (MIDINRA, 1980).

Los vientos que predominan en la zona son los alisios, provenientes del noreste manteniéndose durante todo el año. Los valores medios mensuales en km/h, obtenidos de las estaciones próximas y utilizadas para los vuelos de fumigación fueron los siguientes:



Valores medios mensuales de la velocidad del viento en km/h, registrados para los 12 meses del año.

ERO.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
9.6	11.8	11.6	13.2	9.7	7.5	13.2	11.4	9.0	5.6	6.9	10.9

La humedad relativa promedio registrada entre 1964-1990 fue de 80%. Esta humedad relativa ha sufrido trastornos a consecuencia de las alternativas ecológicas ejercidas en la zona.

En el año 1964 la humedad relativa tenía un valor de 91.6%, para el año 1989 el valor medio fue de 72.8%, demostrándose con esto una alternativa de temperatura ocasionada por el cambio vegetativo en la zona.

### 3.6 Descripción del sistema de parcelas de erosión

El sitio experimental consiste en ocho parcelas de escurrimiento, el área de muestreo es de 60 m<sup>2</sup>. El sedimento y escurrimiento son canalizados a un sistema de almacenamiento donde se muestra su volumen y consistencia.

Los componentes del sistema son:

- - Bordes
- - Canal interceptor
- - Tubo conductor
- - Sistema de barriles de almacenamiento
- - Canal de desviación
- - Bordos de infiltración

### **Bordes:**

La parcelas de erosión tienen forma rectangular, con sus lados más largos paralelos a la pendiente, esta se aísla del resto del terreno mediante el uso de bordes. Sus dimensiones varían, pero en el caso de las fincas de estudio poseen 3 metros de ancho por 20 metros de largo, y el lado de la pendiente abajo queda libre de borde.

Su función es aislar la escorrentía de la parcelas de la zona circundante. El material con que está hecho los bordes son de laminas lisas de Plycem, el cual están enterradas a 30 cm de profundidad en el suelo a una altura de 20 cm.

### **Canal interceptor:**

También se llama colector, tiene la función de interceptar los sedimentos junto con la escorrentía que los transporta y canalizarlos a un tubo conductor. Este se coloca transversalmente en la parte baja del área de escorrentía o borde inferior de la parcelas. Para su construcción se recomienda utilizar materiales permanentes como ladrillos, hormigón y lamina de zinc liso, este último es el que se encuentran en los ensayos.

Por otro lado se deben de evitar las infiltraciones por debajo del colector, por eso es importante que el canal interceptor se acople a los bordes paralelos a la parcela y se coloque al ras de la superficie del suelo. Es indispensable que el canal tenga una pendiente interna mayor de 8 % en el sentido de los extremos hacia su parte media, facilitando el movimiento de los sedimentos y la escorrentía hacia el canal conductor y evitar sedimentación a lo interno. Este canal posee una altura de 20 cm en sus extremos, hacia el centro alcanzar más de 35 cm y tener una pendiente de 8 %.

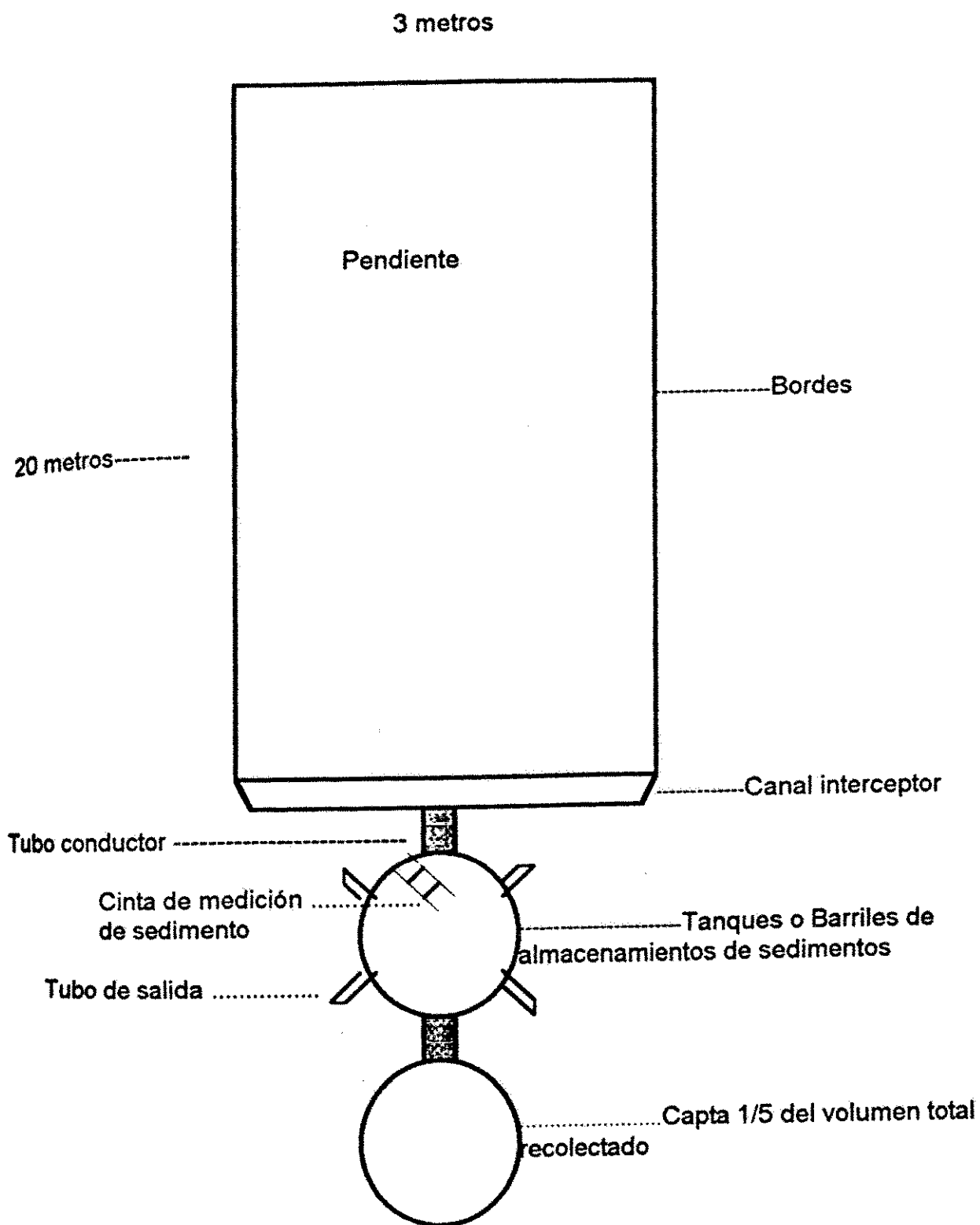
### **Canal conductor:**

También conocido como canal de conducción o tubo conductor. Tiene la función de transportar los sedimentos juntos con la escorrentía hacia una unidad de muestreo constituida por barriles de almacenamientos. Este canal o tubo conductor consiste de un tubo PVC de unas 10 pulgadas de diámetro el que debe tener un declive hacia el sistemas de barriles o tanque de almacenamientos.

### **Barriles o tanque de almacenamiento:**

Conocidos como tanque de sedimentos, tiene la función de guardar porciones de escorrentía y pérdidas de suelo, para su posterior análisis, el cual se colocan en la parte baja de la parcelas y deben estar bien tapado y graduados para poder cuantificar la altura de los sedimentos y escorrentía captados por ellos después de cada evento lluvioso, con una capacidad de almacenamiento de 192 litros.

Recomienda utilizar 2 tanques de almacenamiento, al primero de le debe colocar un divisor o un tubo que conduzca el excedente de escorrentía captado hacia el siguiente tanques ó barriles, el cual capta  $1/5$  del volumen total .



**Figura 2.** Diseño de las parcelas de escurrimiento ó parcela de erosión.

## 1.7 Cálculo de pérdidas de suelos y agua.

### Monitoreo del sistema

Consiste en recolectar las muestras ocho horas después de ocurrida la lluvia, en la cual se procede a tomar la lectura total, la lectura del lodo después de drenada el agua y posterior sacar la muestra homogénea en dos tarros de un litro, en dicho tarro se escribe la fecha de colecta, el número de tratamiento y nombre del productor que toma los datos.

### Análisis en el laboratorio

Una vez trasladados los recipientes de las parcelas, se les mide el volumen real de las muestras en un beaker y se depositan en un horno a 60 grados centígrados por 48 horas para determinar el peso del suelo seco por muestra. Donde posteriormente se obtiene su peso seco en gramos por un volumen de lodo, este resultado se multiplica por el volumen de lodo total que se obtuvo en el estanque recolector de la parcela que corresponde a 60 m<sup>2</sup>, posteriormente este dato se transfiere a t/ha para pérdida de suelo. En lo que corresponde a escurrimiento de agua se toma el volumen total ( agua + lodo ) de la lectura del estanque de la parcela que también corresponde a 60m<sup>2</sup> el cual este resultado se expresa en m<sup>3</sup>/ha.

Tabla 3. Ejemplo del cálculo de pérdida de suelo

Lectura total lodo + agua = 396 litros

Lectura de lodo = 72 litros

# parcela	Peso Suelo seco en gramos	Vol lodo ( lt ) laboratorio	Vol de lodo (lt ) parcela	Pérdida de suelo (gr) 60m <sup>2</sup>	Pérdida de suelo (t/ha)
1	1334	2	72	48024	8.004

Tabla 4. Ejemplo para pérdida de agua:

# parcela	Vol total cm	Vol (lt)	Vol (lt/ha)	Vol m3/ha
1	165	396	66000	66

### 3.8 Cálculos para determinar los rendimientos de Maíz y Frijol.

Después de cosechado el Maíz y Frijol por tratamiento con su réplicas, y una vez secado, se desgranó y se pesó por cada parcelas (tratamientos), obteniendo rendimientos con una área útil de 32 m<sup>2</sup> para parcela con barreras vivas y 40 m<sup>2</sup> para aquellas parcelas que no poseen barreras vivas , que posteriormente se transfirió a kg/ha, obteniendo un rendimiento promedio por tratamientos.

### 3.9 Cálculo de producción de biomasa de Madero Negro ( *glicicidia sepium* )

Para obtener datos de producción de biomasa de 1997 se procedió de la siguiente manera : Se realizaron podas en los meses de Septiembre y Diciembre en la finca la Lucha, y una poda en el mes de Septiembre para la finca de San Marcos.

Una vez colectadas las podas hechas en las fincas La Lucha y San Marcos se obtuvo su peso de material verde (hojas y ramas) en kg/m.l, posteriormente hicimos uso de un coeficiente de conversión de materia verde a material seco que es de 0.36 para hojas y 0.54 para ramas, realizado por el Ingeniero mendoza, donde se obtuvo un peso seco en kg/m lineal tanto de ramas como de hojas.

Para transformar estos datos a t/ha se utilizó el dato de pendiente para cada una de las fincas para obtener el distanciamiento de las barreras vivas por una ha ,tomando para este caso 100 metros lineales por 100 metros de ancho ( 10000 m<sup>2</sup> ), así por ejemplo si la pendiente es de 40 % el distanciamiento entre barreras será de 6 metros, por tanto en 100 metros caven 16.6 barreras vivas . Por otro lado si se obtuvo un peso seco de 5.07

kg/m lineales ( Por 3 metros lineales ),es decir en 100 metros lineales tendremos 169.09kg/100 m lineales, esto multiplicado por el total de barreras vivas que caven en una ha ( 16.6 ) nos resulta un dato en kg/ha igual a 2806.91kg/ha que convertido a toneladas resulta 2.81 t/ha/a.

### 3.10 Cálculos para determinar la tasa de descomposición de *Gliricidia sepium*

Se evaluó la tasa de descomposición de (Madero Negro) , utilizando canastas o bolsa de descomposición metálicas de 30cm x 30cm por 2.5cm de altura con orificio de 1mm en la parte inferior y 5mm en la parte superior, para que permita la acción de la macrofauna.

Ya una vez separada cada especie, en hoja y tallo es secado por 48 horas a 60 °c, se determino la perdida de peso seco en gramos por días, de tallo y hojas.

Para la descomposición se llenaron las canastas cada una con 30gr de hoja y tallo, eliminando cualquier material extraño.

En lo que refiere a la colección de muestra se hizo cada semana apartir del 20 , 27 del mes de junio y 4 de julio. Posteriormente cada 15 días , 18 de julio, 1,15 y 29 de agosto respectivamente, donde se llenaron 30 canastas por finca en este caso la finca La Lucha y San Marcos, donde se llenaron 15 canastas de hoja y 15 canastas de tallo por finca.

Ya una vez establecidas las canasta en cada finca se colecto por cada muestreo 6 canasta (3 de hojas y 3 de tallos). Donde las trasladábamos al laboratorio para secado por 48 horas a 60 grados centígrados, obteniendo un peso seco promedio por las tres muestra de cada hoja y tallo, y así determinar el comportamiento de descomposición gradual que va teniendo la biomasa de Madero Negro por días de descomposición.

### 3.11 Análisis estadístico.

Para analizar las pérdidas de suelo y agua, rendimientos totales y biomasa, se hizo uso del Diseño de Bloques Completo al Azar, compuesto de 4 Bloques (cada bloque un tratamiento) con dos repeticiones cada uno por finca. Para analizar de propiedades físicas-químicas, y rendimientos, se utilizaron regresiones lineales para las pruebas de infiltración, y la utilidad de métodos gráficos para comportamientos de cobertura, precipitaciones, rendimientos por bloque, períodos de descomposición de biomasa e infiltraciones de agua en el suelo.

Ya una vez obtenido los resultados procesados de pérdidas de suelo y agua expresado en t/ha/a y m<sup>3</sup>/ha/a respectivamente, los rendimientos de Maíz y Frijol expresado en kg/ha y la producción de biomasa de Madero Negro en kg/ha, todo esto expresado para cada tratamiento con su réplica se sometió a un análisis estadístico de Bloques completo al azar, con el objetivo de incrementar diferencia entre bloques estableciendo parcelas lo más homogéneas posibles.

Así mismo otro tipo de análisis que se sometieron estas variables incluyendo también las variables de descomposición de biomasa, precipitación y cobertura. Fue el análisis descriptivo a través del método gráficos (barras y líneas), que nos permite visualizar más claramente el rango de diferencia que existe entre los tratamientos.

Sin embargo solo los análisis descriptivo de pérdidas de suelo y agua, rendimiento y biomasa fueron basado a través de la media por tratamiento, Las otras variables (precipitación, cobertura y descomposición de biomasa) fueron basada por los datos de registro obtenido en el campo.



### 3.12 Descripción de los tratamientos

Los 4 tratamientos evaluados para el año de 1997, promocionado por el proyecto agroforestal CARE-PITAL, fueron sembrados con Maíz en época de primera y Frijol en época de postrera para el mismo año 1997, todos sembrados a curva a nivel con barreras vivas de *Glicicidia sepium*, en las fincas La Lucha y San Marcos pertenecientes a los Municipios de Niquinohomo y Dirla respectivamente, tres de los cuatros tratamientos poseen barreras vivas y uno ( $t_4$ ) es el tratamiento testigo.

Para aquellos tratamientos que se les realizo poda ( $t_1$  y  $t_3$ ) se registraron dos podas en la finca la Lucha en los meses de Septiembre y Diciembre, y una poda para la finca San Marcos en el mes de Septiembre, en este año no se realizó aplicaciones de fertilizantes.

Los tratamientos fueron:

#### TRATAMIENTO # 1

Cultivos de Maíz en primera y Frijol en postrera sembrados a curva a nivel con barreras vivas de *Glicicidia sepium*, distanciadas a 30 cm y plantadas sobre aguas arriba del bordo, con un manejo de poda cada 4 meses, realizando podas periódicas tres veces al año, durante los meses de Diciembre, Mayo y Agosto, incorporación de biomasa de Madero Negro, como abono verde, realizando la actividad 15 a 20 días antes de la siembra, bordo de infiltración mecánico con una altura de 40 cm y 100 cm de ancho en su base, revivido manualmente en la zona de capitación del agua (2 o 3 veces durante la época lluviosa).

#### TRATAMIENTO # 2

Cultivo de Maíz y Frijol en curvas a nivel, barreras vivas de *Glicicidia sepium*, sin podas, teniendo 2 y 3 ejes de los cuales se dejan crecer normalmente para la obtención de leña y estacones, bordo de infiltración mecánico no revivido manualmente cada año, sin incorporación de rastrojo.

**TRATAMIENTO # 3**

Este tratamiento es similar al tratamiento uno con la diferencia que presenta ausencia del borde de infiltración.

**TRATAMIENTO # 4**

Cultivo de Maíz y Frijol en curva a nivel sin barreras vivas de *Gliricidia sepium*, con quemas de rastrojos. Este tratamiento se utilizó como testigo para identificar el efecto de las modalidades anteriores donde se utilizó barreras vivas con diferentes manejos.

Descripción esquemática de los tratamientos evaluados

Figura 3. Distribución de los tratamientos finca La Lucha, Niquinohomo, 1997.

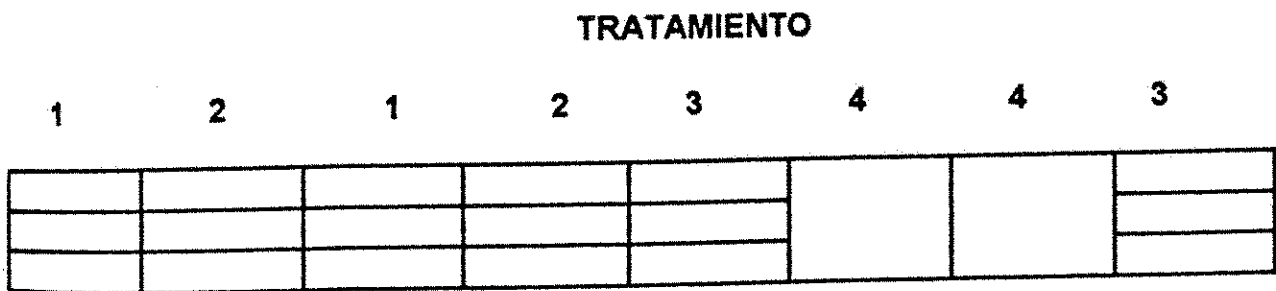
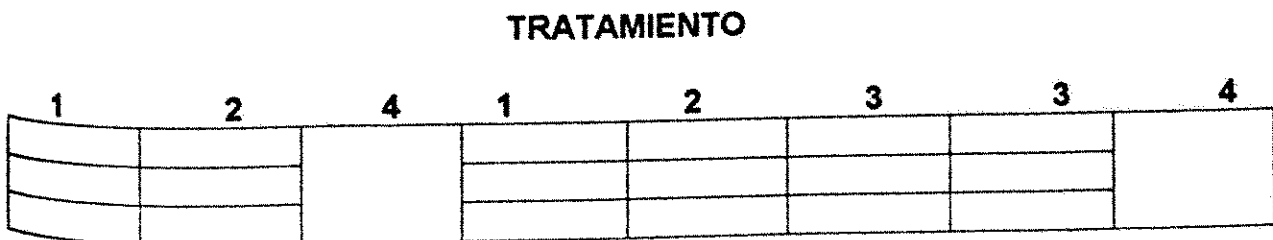


Figura 4. Distribución de los tratamientos, finca San Marcos. Diría, 1997.



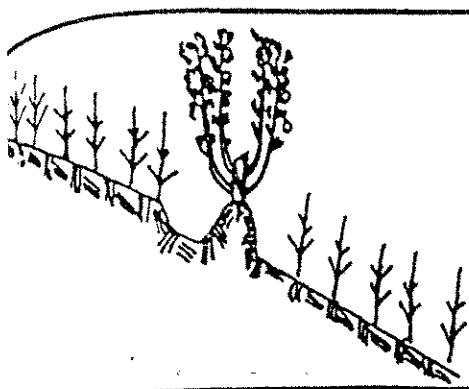


Figura 1. Tratamiento con Barrera viva de Madero Negro con manejo de poda y manejo de bordo.  
(Tec. Proyecto CARE-EL PITAL)

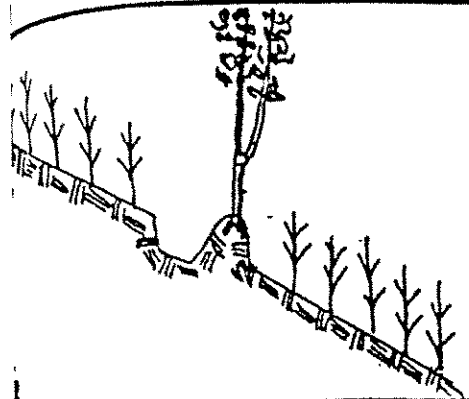


Figura 2. Tratamiento con Barrera viva de Madero Negro, con producción de estacas y manejo de bordo.  
(Téc. adaptada por los productores.)

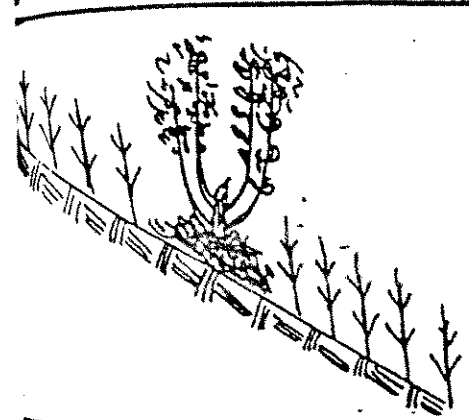


Figura 3. Tratamiento con Barrera viva de Madero Negro con manejo de poda sin bordo.

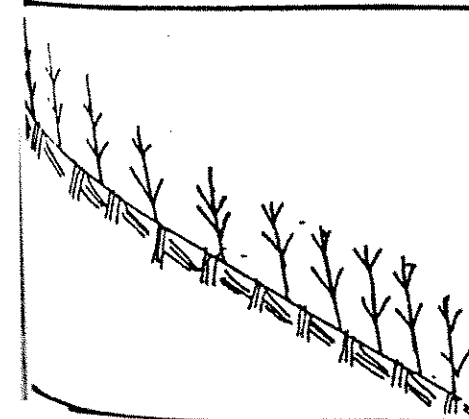


Figura 4. Tratamiento sin Barrera viva, cultivo en contorno.

figura 5. Descripción gráfica de los tratamientos evaluados en el proyecto CARE-UNA

### 3.13 Manejo agronómico de los cultivos

#### Cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en primera, en contorno.

El Maíz se sembró el 4 de Junio, la preparación del suelo fue manual, con azadón a los 15 días antes de la siembra y al momento de la siembra, la variedad de maíz a usar en la siembra es NB-6, con una distancia de siembra de 80 cm entre surcos y 30 cm entre plantas, con dos semillas por golpe, siendo la densidad poblacional de 83,333 plantas/ha para los tratamientos sin barrera vivas (t4) y 69,444 plantas/ha con barrera vivas (t1, t2, t3) para la finca la Lucha que pierden un 16% de su área total. y 76,391 plantas/ha, para la finca de San marcos, que pierde el 8% de su área total por barreras vivas. El control de la maleza se realizó con azadón a los 15 días y el aporque a los 30 días. Para control de gallina ciega (*Phytophaga sp.*) y de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* L.), se aplicó Lorsban granulado (Chlopyrifo), a razón de 18 kg/ha.

#### Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en postrera, en contorno.

El Frijol se sembró el 26 de Septiembre, la preparación del suelo se realizó manual con azadón a los 8 días antes de la siembra y al momento de la siembra. La variedad a utilizar es criolla, la distancia de siembra fue de 40 cm entre surco y 10 cm. entre plantas, con dos semillas por golpe, con una densidad poblacional de 500,000 plantas/ha, en tratamientos sin barreras vivas (t4) y 416,667 plantas/ha, con barreras vivas (t1, t2, t3) donde se pierde el 16% de su área total para la finca la Lucha y San Marcos 458,333 plantas/ha, se pierde un 8% del área por los tratamiento que poseen barrera viva. El control de malezas fue manual con azadón 21 dds.

### 3.14 Toma de datos de cosecha

Para la toma de datos de campo se cosechó un área útil de 40.2m<sup>2</sup> y luego se extrapola los rendimientos a una hectárea. En el Madero negro se determina el peso promedio del material foliar por corte y se trasladó a laboratorio para determinar su peso seco.

Los arboles en producción lineal fueron extrapolados a 1Ha, bajo el supuesto de presentar los una pendiente uniforme y por tanto el mismo distanciamiento entre barrera vivas para el cálculo de nitrógeno de la biomasa del Madero Negro asumimos el criterio del autor Nair, 1984," Que la biomasa del Madero Negro contiene un 3.7% Nitrógeno.

### **3.15 Medición de la cobertura vegetal**

En lo que refiere a las mediciones de la cobertura vegetal la realizamos cada 15 días en cada finca (La Lucha, y San Marcos ).

Se hicieron 10 muestras por parcela, 80 mediciones por finca, con un total 160 mediciones en las dos fincas de estudio. Todo esto con el fin de determinar el comportamiento de desarrollo en sus diferente etapa vegetativas y reproductivas de los cultivos (Maíz y Frijol) y establecer una relación o efecto que tiene en las pérdidas de suelo y escurrimiento de agua.

El instrumento que se utilizó es un caballete de madera y uno de espejo, que se ubican perpendicularmente al cultivo, el cual posee 10 orificio a cada 10 cm donde cada punto u orificio con que uno observa la cobertura corresponde un 10 % es decir la sumatoria de los puntos de observación nos expresa el porcentaje de cobertura vegetal.

### **3.16 Propiedades físicas y químicas de los suelos.**

Las propiedades físicas y químicas del suelo en el sitio experimental se obtuvieron mediante la metodología de muestreo de suelos (Díaz, 1978). Para el análisis químico del suelo se realizaron cinco muestras por parcela, con dos repeticiones por tratamiento, a profundidades de 0 a 20 cm, agrupando por tratamiento con barrera viva y sin barrera, con el fin de determinar el efecto del abono verde, durante los meses de mayo, agosto y diciembre.

### 3.17 Cálculo de infiltración de agua en el suelo:

La metodología que se utilizó fue la del infiltrometro, que consiste en dos cilindros concéntricos, uno con un diámetro de 0.5 m y otro de 0.4 m, el cual hay que enterrar en el suelo a una profundidad de 10 a 15 cm, con una altura entre 25 - 30 cm, pero del borde superior del cilindro hasta la superficie del suelo, llegando obtener el tiempo de infiltración y la velocidad de infiltración, aplicando para estos resultados una regresión lineal.

### 3.18 Variable a medir de los tratamientos

#### Erosión hídrica

A = Pérdida de suelos o Tasa de Erosión expresadas en toneladas por hectárea anual.

B = Pérdida de agua expresadas en metros cúbicos por hectárea anual.

#### Factores que afectan la erosión

El factor uso y manejo de la cobertura vegetal, porcentaje de cobertura vegetal. Valor del factor C.

Factor prácticas de conservación de suelos.

#### Agronómicos

- Cultivo de maíz y frijol
- Crecimiento y desarrollo
- Cosecha:
- Rendimiento de granos

**Suelos:** Contenido de materia orgánica y contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

pruebas de infiltración...

**Madero Negro** producción de biomasa por poda, desarrollo de rebrote y descomposición.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Distribución de las precipitaciones en Niquinohomo-Masaya 1997.

El registro de las precipitaciones en Niquinohomo para el año 1997 fueron obtenidos por un pluviografo mecánico de registro semanal, que se instalo a 13 metros de la parcela de escurrimiento y la información fue correlacionada con un pluviómetro ubicado en el centro experimental del café, jardín botánico en el Municipio de Masatepe.

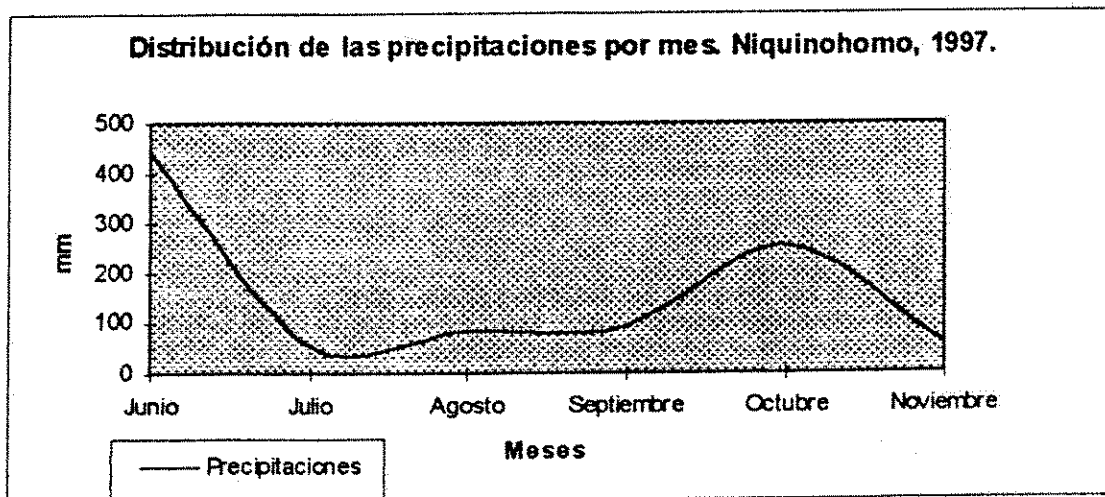


Figura 6. Distribución de la precipitación 1997.

De acuerdo a la figura las precipitaciones totales para el año 1997 fueron de 1102 mm registrado de Enero a Diciembre de ese mismo año ver (anexo). Según la misma figura en 1997 los meses de mayor precipitación fueron Junio, Octubre y Septiembre en orden decreciente y las mayores precipitaciones registrada corresponde al mes de Junio con 438.8mm cuando inicio el período de lluvioso.

Las menores precipitaciones dentro el ciclo del cultivo se presentaron en julio con 53.9 mm, aumentando considerablemente casi al final del período lluvioso, en el mes de octubre hasta 253.6 mm. Según registro pluviográficos la máxima intensidad de lluvia presentada en los meses de mayor registro pluvial fue de 10 mm/h.

## 4.2 PERDIDAS DE SUELO Y AGUA NIQUINOHOMO MASAYA 1997 .

### 4.2.1 Pérdidas de suelos y agua finca la Lucha 1997.

Durante el año 1997 con presencia de lluvias naturales de mayo a diciembre se registraron pérdidas de suelo mayores a la tolerancia propuesta que es de 4t/ha/a para las condiciones de la finca se obtuvo que el tratamiento numero 4, presentó los valores superiores de pérdidas de suelo y los tratamientos con barreras vivas ofrecen una protección mayor del 50% contra la erosión. Como se observa en la tabla 5.

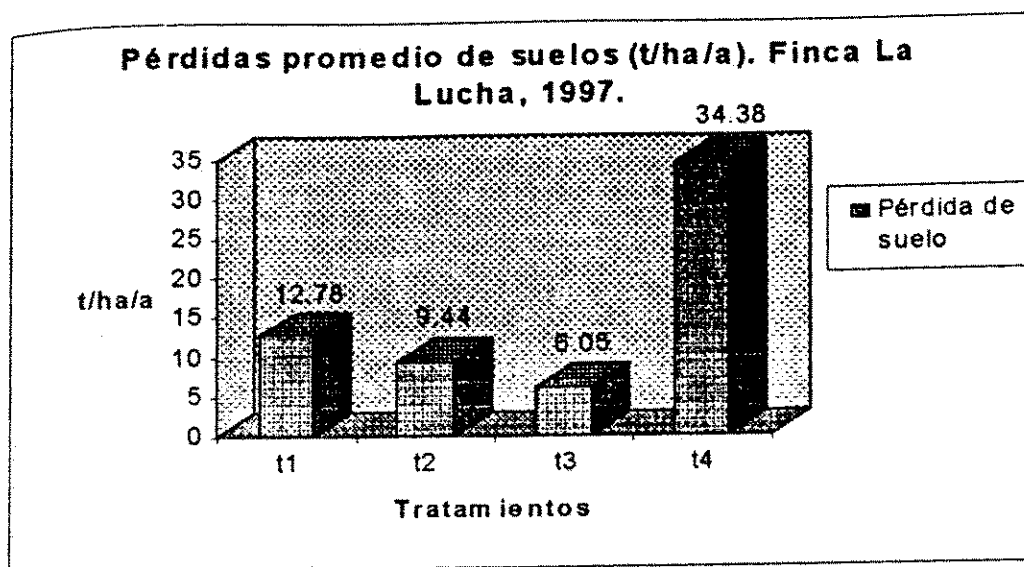
Los valores obtenidos por tratamiento se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Pérdidas promedio de suelo (t/ha/a) y agua (m<sup>3</sup>/ha/a) finca la Lucha 1997.

TRATAMIENTOS	PERDIDAS DE SUELO (t/ha/a)	PERDIDAS DE AGUA (m <sup>3</sup> /ha/a)
T-1	12.78	100.05
T-2	9.44	178.80
T-3	6.05	148.39
T-4	34.38	241.39
CV	13.15	26.42
ANDEVA	NS	NS

El análisis de la tabla 5, muestra, pérdidas de 12.78, 9.44, 6.05, y 34.38 t/ha/a para los tratamientos 1,2,3 y 4 respectivamente. Donde el tratamiento 4 es el que presenta la mayor cantidad de suelo perdido con un registro de 34.38 t/ha comparado con el tratamiento 3 que refleja la menor cantidad de suelo perdido con 6.05 t/ha/a, encontrándose dentro del rango de tolerancia de pérdida de suelo de Mannering (1981).





**Figura 7. Pérdidas promedio de suelo t/ha/a. La Lucha 1997**

Podemos decir que los tratamientos con barreras vivas de *Gliricidia sepium*, (t1, t2, t3) ofertan una protección promedio 9.42 t/ha/a que representa el (72 %), siendo el tratamiento 3 el que reporta la menor pérdida de suelo de 6.05 t/ha/a, con un 82 % de control comparando con el tratamiento testigo (sin barrera viva t<sub>4</sub>), con 34.38 t/ha/a, que representa el 100 % de erosión de suelo. Sin embargo la mayor pérdida de suelo después del t<sub>4</sub> corresponde al t1 (12.78 t/ha/a), seguido del t2 (9.44 t/ha/a), esto se justifica por la irregularidad de pendiente entre los tratamientos, encontrándose que el t1 posee una mayor pendiente de 50% comparada con el t3 que es de 38% de pendiente. Aspecto relacionado a una incorrecta selección de la ubicación de las replicas al momento de establecer el ensayo.

Este comportamiento se manifestó similar después del segundo año de investigación (1995-1996), realizado con el proyecto CARE-UNA, en el mismo sitio (finca la Lucha) con los mismo tratamiento de barrera viva, reportando un control del 50 % de erosión, comparándolo con testigo (t<sub>4</sub>), expresando pérdidas de suelo de 4.0, 3.3, 2.4 t/ha/a, para los tratamiento con barrera viva y 6.4 t/ha/a, en el testigo, siendo el t<sub>3</sub> el de menor pérdida con 2.4 t/ha/a (Mendoza, 1997).

Sin embargo en otro ensayo realizado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua con el mismo sistemas de parcelas de escurrimiento, con pendiente del 9 %, evaluándose sistemas de rotación de Maíz (NB-6) y Frijol (DO-364), con barrera viva de pasto gamba, comparándolo con el sistema de asocio de Maíz - Mucuna y barrera viva de pasto gamba, se determinó pérdidas de suelo a cero (100 % de control), en el sistemas de asocio de Maíz - Mucuna (Mendoza, 1994, y Matamoros, 1995).

Por otro lado En el segundo año de estudio de 1991 en la zona de Ticuantepe Managua. Se obtuvieron pérdidas de suelo, en el tratamiento 2 (piña plantada en surcos a nivel), de 2.4 t/ha de suelo. Mientras los valores correspondiente al tratamiento de suelo desnudo fueron de 157.3 t/ha y en Maíz sembrado a favor de la pendiente se registró datos de 78.9 t/ha (Rivas, 1993).

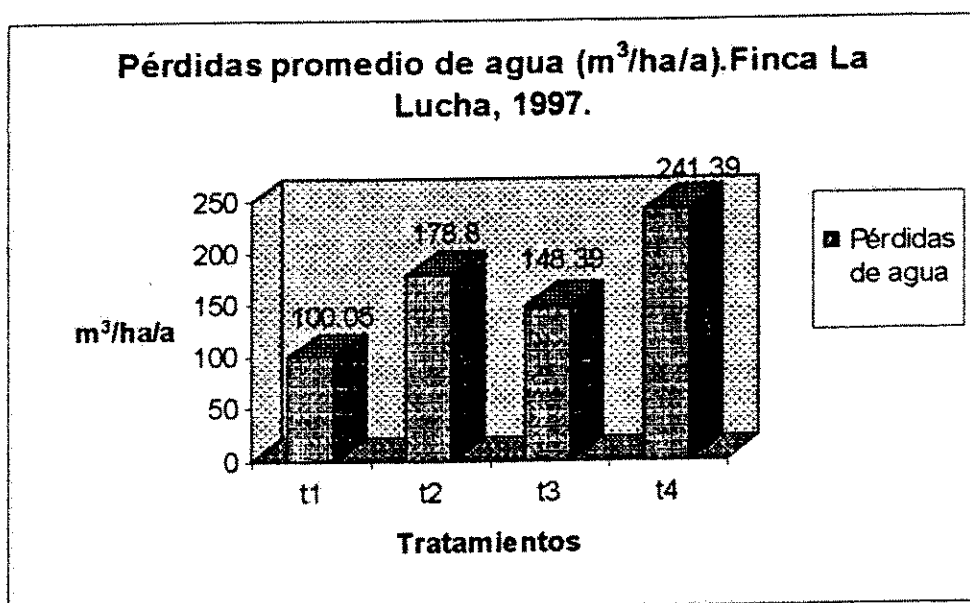


Figura 8. Pérdidas promedio de agua m<sup>3</sup>/ha/a La Lucha 1997.

El análisis de la figura 8, presenta pérdida de agua expresado en m<sup>3</sup>/ha/a, nos dice que las perdidas fueron de 100.05, 178.8, 148.39, y 241.39 m<sup>3</sup>/ha/a para los tratamientos 1,2,3 y 4 respectivamente. Donde el t4 (testigo) igual a las pérdida de

presentan el mayor volumen de agua perdida con 241.39 m<sup>3</sup>/ha/a que representa el 100% de escurrimiento comparado con los tratamientos 1 y 3 que reflejan las menores pérdidas de agua con un porcentaje de control de 59 % y 39 % respectivamente.

Estos mismos resultados se manifestaron en el año de (1995 - 1996), en esta misma finca (La Lucha- Niquinohomo Masaya), realizado por el proyecto CARE-UNA, utilizando los mismo sistemas evaluado, reportando resultado de 280, 284, 267 y 320 m<sup>3</sup>/ha/a, para los tratamiento 1, 2, 3 y 4 respectivamente, siendo los tratamiento 1 y 2 los de menos pérdidas y el tratamiento 4 con el de mayor volumen perdido (Mendoza, 1997).

Así mismo estudio realizado en el municipio de Ticuantepe departamento de Managua en 1993, evaluando tratamiento como: Piña plantada a surco a nivel, un tratamiento que corresponde a suelo desnudo y uno sembrado de Maíz a favor de la pendiente reportaron pérdidas de agua de 285.1, 2104.8 y 1071.9 m<sup>3</sup>/ha/a, respectivamente, siendo el tratamiento a suelo desnudo con el de mayor escurrimiento (Rivas, 1993) .

#### 4.2.2 Pérdida de suelo y agua Finca San Marcos 1997

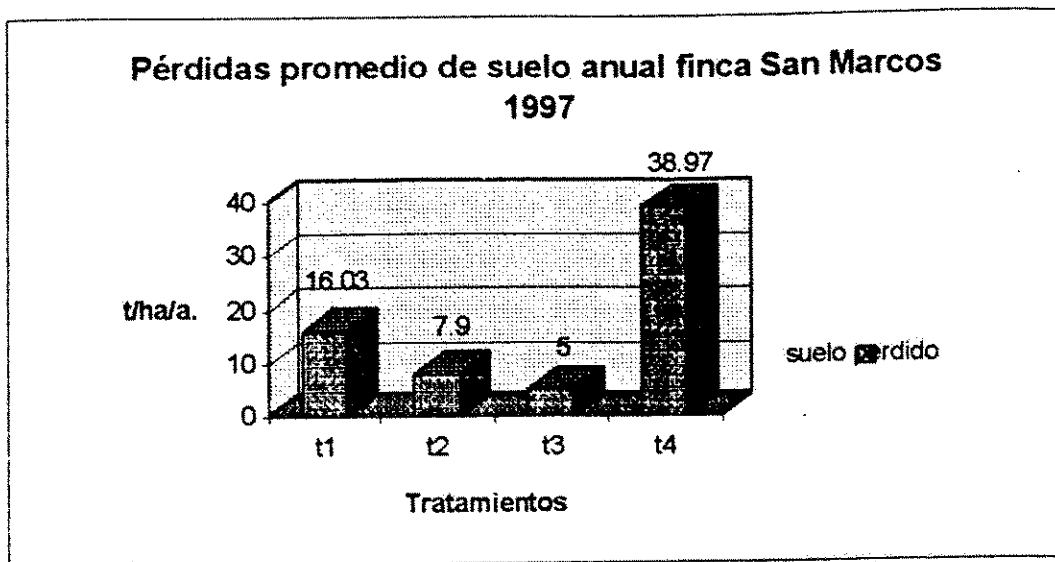
Durante el año 1997 con presencia de lluvias naturales de mayo a diciembre se registraron pérdidas de suelo mayores a la tolerancia propuesta por Mannering (1981), de 4 a 8 t/ha/a. para el caso de algunos tratamientos, presentando el tratamiento 4 (testigo), como el que posee los valores superiores de pérdida de suelo y agua, como se observa en la tabla 6.

Tabla 6. Pérdidas promedio de suelo (t/ha/a) y agua (m<sup>3</sup>/ha/a) finca San Marcos 1997.

TRATAMIENTOS	PERDIDAS DE SUELOS t/ha/a.	PERDIDAS DE AGUA m <sup>3</sup> /ha/a.
T-1	16.03	155.94
T-2	7.9	174.60
T-3	5.0	146.60
T-4	38.97	322.10
CV	51.03	72.38
ANDEVA	NS	NS

El análisis de la tabla 6, de pérdidas de suelo en la Finca San Marcos nos muestra pérdidas de 16.03, 7.9, 5.0 y 38.97 t/ha/a, para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente donde los tratamientos 2 y 3 reflejan los valores menores de escurrimiento de suelo de 7.9 y 5.0 t/ha/a, donde el tratamiento número 4 presenta la mayor cantidad de suelo erosionado con 38.97 t/ha/a, debido porque es el tratamiento que no posee practica de barrera vivas, tomándolo como testigo.

Los tratamientos 2 y 3 cuyos valores se encuentran entre el rango tolerable de pérdidas de suelos de acuerdo a la metodología propuesta por Mannering (1981), que es de 4 a 8 t/ha/a.



**Figura 9. Pérdidas de suelos finca San Marcos 1997**

El análisis de la figura 9, podemos decir que los tratamientos con barreras vivas (t1, t2, t3) ofertan una protección promedio contra la erosión de 9.6 t/ha/a que representa el (75 %), pues el tratamiento número 4 (testigo) nos expresa 100 % de suelo perdido con un 38.97 t/ha/a, comparándolo con el tratamiento 3 que refleja la menor cantidad de suelo perdido con 5.0 t/ha/a, que representa el 87 % de control. Observamos que la mayor pérdida de suelo después del t4 corresponde al t1 con (16.03 t/ha/a) y t2 con (7.9 t/ha/a), se justifica por la irregularidad de las pendiente entre los tratamiento, siendo t1 con 19% de pendiente y t3 con 14% de pendiente. Para estos casos se recomienda que ante de establecer un ensayo de este tipo se realice un previo levantamiento altimétrico detallado del área de estudio.

Por otro lado haciendo comparación con otros resultados realizados en la misma finca de estudio en el año de 1996, evaluando los mismo tratamiento de barrera viva y utilizando parcelas de escurrimiento se obtuvo pérdidas de suelo de 3.0 2.10 1.40 y 7.0 t/ha, para los 4 tratamientos respectivamente. Los tratamientos que poseen barreras vivas presentaron mayor protección y/o control de erosión, donde el tratamiento #3 expresa la menor pérdida de suelo, con respecto al tratamiento sin barreras vivas (t4) sembrado a favor de la pendiente (Mendoza, 1997).

Sin embargo en otro ensayo realizado en el municipio de Ticuantepe departamento de Managua utilizando parcelas de escurrimiento se obtuvo resultados de pérdidas de suelo con Maíz sembrado a favor de la pendiente, de 78.9 t/ha de pérdidas de suelo. Y en pendiente del 15 % se empleó cultivo en contorno de piña y redujo las pérdidas de suelo a 2.4 t/ha/a. (Rivas, 1993).

Estudios realizado en (Cristo Rey) se determinó pérdidas de suelo en pendiente de 9 % de 62.5 t/ha. y 53.8 t/ha. en Maíz y Frijol respectivamente y con pendiente de 4 % (Las Varas) obtuvo 6.43 t/ha para Maíz, cuando se cultiva la tierra a favor de la pendiente. (Pacheco, 1986).

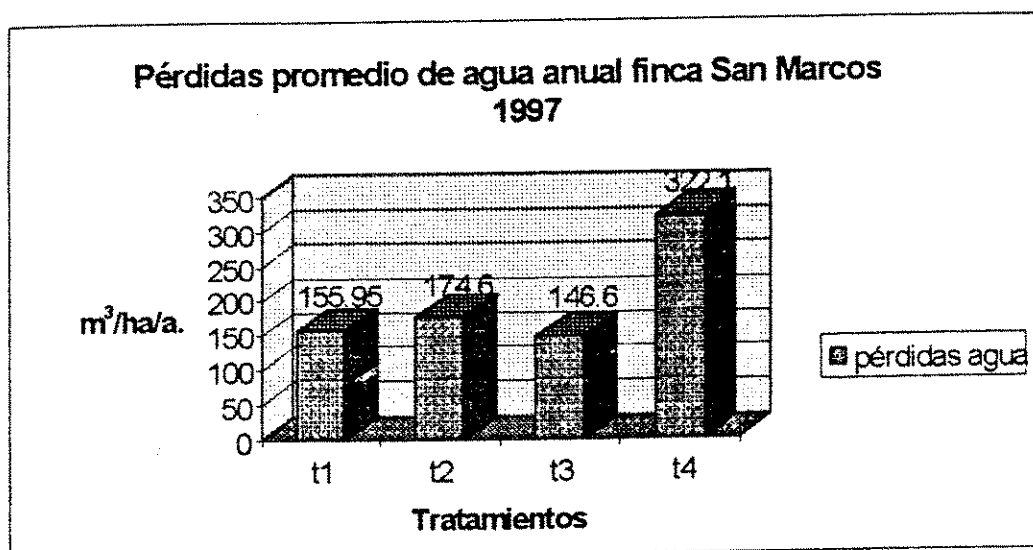


Figura 10. Pérdidas de agua finca San Marcos 1997.

El análisis de la figura 10, que presenta el gráfico de pérdidas de aguas expresado en  $m^3/ha/a$ . nos dice que las pérdidas promedio de agua para los tratamientos fueron de 155.95, 174.6, 146.6, y 322.1  $m^3/ha/a$ . Para los tratamientos 1,2,3 y 4

respectivamente. Donde el tratamiento 4 expresa el mayor volumen de agua pérdida con  $322.1 \text{ m}^3/\text{ha/a}$ , que representa el 100 % de escurrimiento comparándolos con los tratamientos que poseen barrera viva, donde los tratamientos (t1 y t3), reflejan las menores pérdidas de agua, presentando un porcentaje de control de 52 % y 54 % respectivamente.

En el año anterior 1996 se registraron pérdidas de agua realizados es estas misma finca San Marcos también realizado por el proyecto CARE - UNA, utilizando los mismos tratamiento evaluados actualmente, reportando volúmenes agua de 190, 181.8, 165.4 y  $395.2 \text{ m}^3/\text{ha/a}$  para los cuatros tratamientos respectivamente, donde tres de ellos poseen barreras vivas los cuales presentaron mayor protección contra las pérdidas de agua con respecto al tratamiento 4 (testigo) (Mendoza, 1996 ).

Otros estudios realizado en el municipio de Ticuantepe departamento de Managua se determinó, para el período lluvioso de 1991, en pendiente de 15 %, pérdidas de agua de  $1071.9 \text{ m}^3/\text{ha/a}$  para Maíz a favor de la pendiente y  $285.1 \text{ m}^3/\text{ha/a}$  para la plantación de piña sembrado en contorno. Durante los dos primeros meses de establecimiento el Maíz presentó el 70 % de las pérdidas del ciclo (manejado a favor de la pendiente) (Rivas, 1993).

#### 4.3 Cobertura vegetal del cultivo Maíz- Frijol y las pérdidas de suelo 1997.

La cobertura vegetal sirve como un amortiguador que intercepta las gotas producidas por las lluvias, al mismo tiempo mejora la estructura de los suelos por el efecto del amarre radicular, reduciendo de esta forma las velocidades de escurrimiento superficiales, desviando y debilitando el poder erosivo del agua.

En este estudio se evaluó el comportamiento de la cobertura vegetal para los cultivos de Maíz y Frijol en presencia de barreras vivas de Madero Negro ( *Gliricidia sepium.*), asociada con la pérdidas de suelos .

#### COMPORTAMIENTO DE COBERTURA VEGETAL DE LOS CULTIVOS MAÍZ- FRIJOL EN LA FINCA LA LUCHA 1997.

	MAÍZ									FRIJOL				
DD S	15	30	45	60	75	90	105	120	0	15	30	45	60	75
CC %	19	38	50	75	80	80	75	70	0	10	30	60	70	60

DDS = Días después de la siembra.

CC = Cobertura de cultivos en porcentaje.

Para el ciclo de primera el cultivo del Maíz, aporta su máxima cobertura ( 80 % ) entre los 70-80 días después de la siembra y se observa un descenso con la madurez fisiológica del cultivo. El frijol en postrera ofrece su mayor aporte de cobertura entre los 50-60 días después de la siembra.



**COMPORTAMIENTO DE COBERTURA VEGETAL DE LOS CULTIVOS MAÍZ -  
FRIJOL EN LA FINCA SAN MARCOS 1997.**

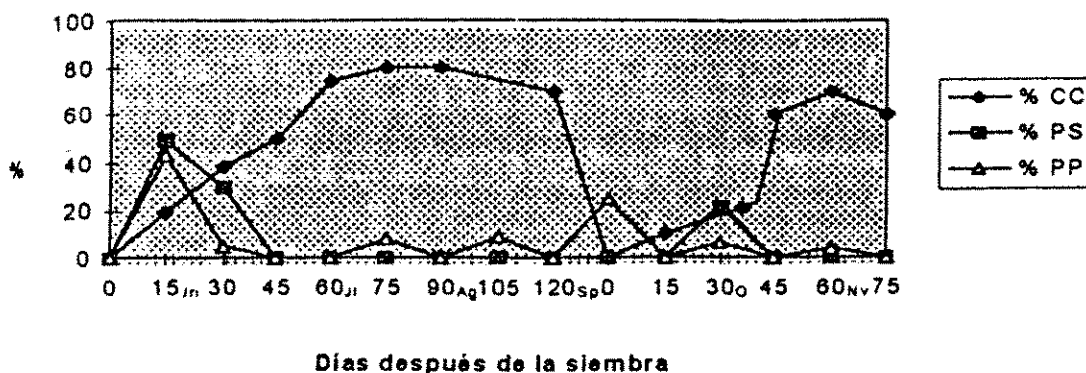
	MAÍZ								FRIJOL					
DD S	15	30	45	60	75	90	105	120	0	15	30	45	60	75
CC %	18	32	45	65	75	80	75	70	0	12	30	65	75	70

Para este caso el cultivo del Maíz establecido en ciclo de primera aporta el mayor porcentaje de desarrollo del cultivo ( 90 dds ) y disminuye con la madurez fisiológica que corresponde a los 120 días después de la siembra.

En le ciclo de postrera el frijol ofrece su mayor porcentaje de cobertura entre los 55-60 días después de la siembra, disminuyendo su cobertura a los 75 días de establecido por la madurez fisiológica del cultivo del frijol.

#### LA RELACION PERDIDA DE SUELO, COBERTURA VEGETAL Y PRECIPITACION.

Figura 11. Relación Pérdida de suelo, Cobertura Precipitación, Finca la Lucha 1997.



El gráfico muestra la relación de pérdida de suelo, cobertura vegetal y precipitación, basado en el ciclo de primera y postrera del año de 1997. Indica que las mayores pérdidas de suelo se presentó en los primeros días de los meses de (Junio y Julio) de establecido el cultivo en el ciclo de primera. presentándose un poco menos en los meses de (Octubre y Noviembre), en el ciclo de postrera. Como refleja el gráfico en la parte media de los dos ciclos, hay presencia de lluvia, pero no hay pérdida de suelo debido a la presencia de residuos de la cosecha anterior, ocurriendo erosión en los primeros 30 dds cuando la cobertura del Frijol va creciendo. Es decir, las pérdidas de suelo son bajas cuando hay alta cobertura vegetal en el suelo debido a que reduce la velocidad de los escurrimiento superficiales causado por las precipitaciones, reduciendo la erosión. Dado que los meses de Septiembre y Octubre son por lo general meses con altas precipitaciones en la zona, nosotros consideramos que el manejo de rotación maíz y frijol, no debería dar lugar a siembra o cobertura desnuda durante los periodos mencionado. Talvez un manejo con una variedad mas corta de maíz podría resolver dicho problema. Este comportamiento es similar para la finca San Marcos, representando solamente una gráfica de relación de pérdidas de suelo, cobertura y precipitación.

la cobertura vegetal otorga otros de los beneficios que le da al suelo como el establecimiento de la estructura degradada debido a exceso de labranza, mediante los sistemas radiculares de los cultivos y malezas y el aporte de biomasa.

#### 4.5 ANALISIS FISICO -QUIMICO , FINCA LA LUCHA Y SAN MARCOS FEBRERO 1998.

Tabla 7. Análisis físico y Químico

Finca	Bv/Sin Bv	Prof. Cm	H2o pH	MO %	N %	P ppm	K meq/100g.s	%			Textura
								Arc	Lim	Aren	
La Lucha	Bv	0-20	6.4	5.04	0.25	25.9	0.15	25	22.5	52.5	franc,arc, arenoso
	sin Bv	0-20	6.4	3.52	0.17	10.1	0.19	30	22.5	47.5	idem
San Marcos	Bv	0-20	6.6	4.82	0.24	3.0	0.10	42.5	27.5	30	Arcilloso
	sin Bv	0-20	6.5	4.39	0.21	3.5	0.21	37.5	25	37.5	Franc,arc illoso

Sin Bv: Sin barrera viva.  
Bv: Con barrera viva.

En la tabla 7, se puede observar el comportamiento de la materia orgánica que aumenta hasta en un 5.04 % con tratamiento con barreras vivas y disminuye hasta 3.52 % para tratamiento sin barreras vivas para el caso de la finca la Lucha, la finca San Marcos presenta un comportamiento similar. Es decir que hay un aumento del 58.9 % de MO y un 59.5 % de N en presencia de barreras vivas con planta de cinco años de establecidas para el caso de la Lucha. En el caso de San Marcos el aumento de MO y N es menor por tratarse de plantas con menos años de establecidas. En el caso del N, se presenta una tendencia a perderse en los tratamiento sin barreras vivas, no es así para los tratamientos con barreras vivas de *Gliricidia sepium*, el cual nodula con cepas de *Rhizobium* de crecimiento rápido por lo que se estiman tasa de fijación de N de aproximadamente 13 kg/N/ha/a (Montagnini, 1992). Este aporte producido por arbusto de *Gliricidia sepium* contra resta en gran medida las pérdidas de N en el suelo a causa del escurrimiento superficial.

Para el caso del Fósforo, presenta la tendencia de perderse en tratamiento sin barreras vivas, los cuales son más susceptibles al escurrimiento superficial y fácilmente pierden los elementos nutritivos. Para el caso del K, tienen la tendencia de disminuir en tratamiento con barreras vivas en la fincas la Lucha y San Marcos. (Fassbender, 1997), plantea que una posible explicación de

pérdidas de K, Ca, Mg es la acidificación progresiva de los suelos por el proceso de mineralización de los residuos vegetales, este proceso libera  $\text{NH}_4^+$  que es nitrificado, obteniendo así por último  $\text{NO}_3^-$ , ambos iones aparecen en la solución del suelo y participa en el proceso de intercambio. de ello resulta un aumento de H y AL cambiabile y de las interacciones entre todos los elemento resulta por último las pérdidas notables de K,Ca,Mg.

Al comparar los dos análisis de suelos de los años 1994 a 1998, podemos observar según la tabla 2, de materiales y métodos que hay un incremento de pH, materia orgánica , nitrógeno, fósforo, para el caso de la finca La Lucha. Podemos decir que esto se debe al efecto que tienen las barreras vivas, con 5 años de establecimiento, en la producción de biomasa que esta se incorpora al suelo mejorando así algunas propiedades físico - químicas elementales en la producción del cultivo.

Para el caso de la finca San Marcos con dos años de establecimiento de barreras vivas hay un ligero incremento de materia orgánica y de nitrógeno debido a que la explotación de biomasa ha sido menor por problemas de reproducción de rebrotes comparándola con la finca La Lucha.

Podemos decir que plantas establecidas con mas de 4 años de buen desarrollo de madero negro utilizadas como barreras vivas, hay una recuperación tanto física y química del suelo siendo el manejo de esta una alternativa viable en la disminución de costo en el uso de fertilizante.

## 4.6 Infiltración de agua en el suelo

### 4.6.1 Comportamiento de la infiltración media en parcelas con diferente tratamiento finca la Lucha 1997

#### Tratamiento con Barrera viva

- 2m (8cm/h)
- 50cm (15cm/h)

#### Barrera viva de *Gliricidia sepium*

- 2m (12cm/h)

#### Tratamiento sin Barrera viva

Parte alta

- 2m (4cm/h)

- 2m (10cm/h)

Parte baja

Según los resultados de prueba de infiltración obtenidos en diferentes puntos de los tratamientos, con barrera viva y sin barrera viva de *Gliricidia sepium*. Se observa que hay diferencias entre ellos mismos de acuerdo a la posición o distanciamiento de cada observación, tomando en cuenta como punto de referencia las barreras vivas.

Según las tabla de análisis fisico químico de la finca la Lucha , los tratamientos que poseen barreras tienen un mayor porcentaje de materia orgánica de 5.04%, que los tratamientos que no poseen barreras vivas con 3.52%. Esto confirma que donde hay mayor presencia de materia orgánica, hay mayor infiltración, debido a que la misma le proporciona al suelo una mejor estructura, porosidad y retención de agua. Podemos ver en el tratamiento con barrera que su infiltración es de 8 a 15 cm/h, calificándola como moderadamente rápida, (Cairo, 1995. ) y el tratamiento sin barrera su infiltración es 4 a 10 cm/h calificada como moderada (Cairo, 1995. ). Se justifica que el valor de 10cm/h para la parcela testigo (sin barrera viva), es dado por la sedimentación del mismo.

#### 4.6.2 Comportamiento de la infiltración media en parcelas con diferentes tratamientos finca San Marcos 1997

##### Tratamiento con Barrera viva

- 2m (10cm/h)
- 50cm (14cm/h)

##### Barrera viva de *Gliricidia sepium*

- 2m (12cm/h)

##### Tratamiento sin Barrera viva

Parte alta

- 2m (8cm/h)

- 2m (10cm/h)

Parte baja

Según los análisis físico químico de la finca San Marcos en los tratamientos que tienen barrera viva hay mayor porcentaje de materia orgánica de 4.82% comparandola con los tratamientos que no poseen barreras vivas (testigo) con 4.39%.

De acuerdo a los valores de infiltración básica, observamos que el tratamiento con barrera viva tiene mayor contenido de materia orgánica, por la incorporación de biomasa de madero negro (*Gliricidia sepium*), y por ende confirma que donde hay mayor porcentaje de materia orgánica su infiltración y retención de humedad es mayor. Según (Cairo, 1995.) califica las infiltraciones presentadas en las parcelas con barrera viva de 10 a 14 cm/h, como moderadamente rápida y para el tratamiento que no posee barrera viva (testigo) con valores de 8 a 10 cm/h como una infiltración moderada, Como se había explicado en la finca la Lucha que en la parte baja del testigo su infiltración es de 10cm/h debido a la depositación o arrastre de sedimento en la parte baja.

#### 4.7 Rendimiento de los cultivos 1997.

Los productores al aceptar una tecnología de conservación de suelo lo hacen con el objetivo de aumentar o mantener la fertilidad de sus suelos para aumentar los rendimientos de sus cultivos agrícolas en términos de volumen de calidad.

A continuación se presentan los resultados de los rendimientos de los cultivos de Maíz y Frijol para el año 1997, para la finca la Lucha y San Marcos.

Tabla 8. Análisis estadístico de los rendimientos promedio de Maíz en kg/ha 1997.

Fincas	Trat-1	Trat-2	Trat-3	Trat-4	DMS	CV
LA LUCHA	1666.56	3289.68	2269.84	1319.50	NS	36.41
SAN MARCOS	1280.62	1636.37	2111.56	668.25	NS	34.10

Los rendimientos del cultivo de Maíz para el año 1997, según tabla 8, refleja que la finca la lucha y san marcos presentaron rendimientos promedios de 2136.40 y 1424.20 kg/ha respectivamente. Ambas fincas no presentaron diferencia significativas entre sus tratamientos.

Los rendimientos promedio de Maíz para la finca La Lucha y San Marcos en este año de 1997, resultaron ser menores a los rendimientos promedios obtenidos en 1995 que fueron de 3411.15 kg/ha para la finca la Lucha y de 3843.75 kg/ha para la finca San Marcos. por otro lado los rendimientos promedios para 1996 en la finca la Lucha son menores con 1850 kg/ha en relación a los obtenidos en 1997

que corresponde a 2136.40 kg/ha. Para San Marcos en 1997 los rendimientos promedios de Maíz siguen siendo menores con 1424.20 kg/ha comparados con 1996 que resultaron ser de 2224.5 kg/ha.

Sin embargo el t4 (testigo con manejo tradicional), presenta una disminución gradual de los rendimientos en Maíz de 1995 a 1997 en las dos fincas destacándose así la Lucha con 4042.0 kg/ha, para 1996 y 1319.50 kg/ha para 1997; entonces se observa la necesidad de establecer prácticas de conservación de suelo y agua y a la vez se disminuye los costo de producción (aplicación de fertilizante).

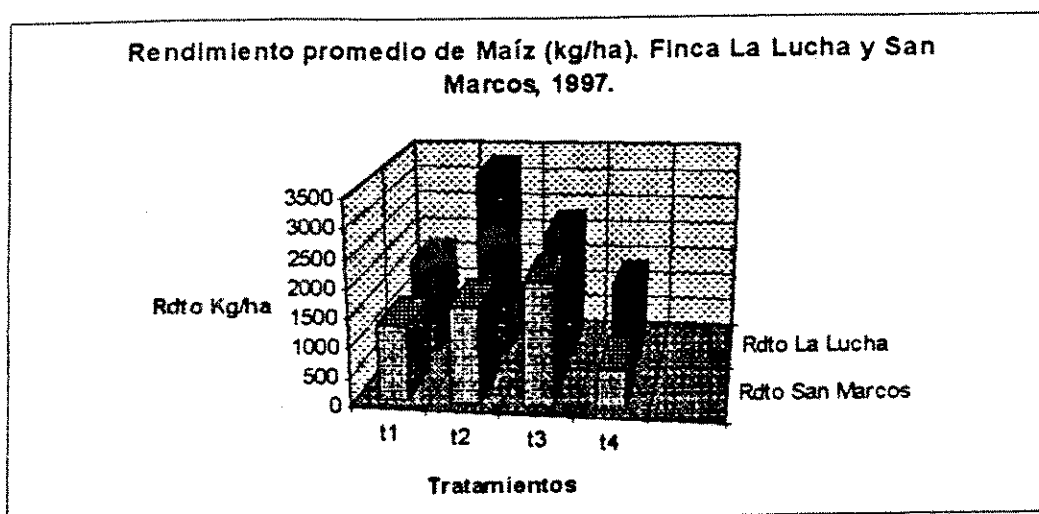


Figura 12. Rendimientos promedios de Maíz(kg/ha)Lucha y San Marcos 1997

El análisis de los rendimientos promedio de Maíz de 1997. Según la figura 12, refleja que la finca la Lucha y San Marcos presentan rendimientos promedio de 2136.40 y 1424.20 kg/ha respectivamente.

Sin embargo en la finca La Lucha los tratamiento 2 y 3 obtuvieron los rendimientos



superiores de 3289.68 y 2269.84 kg/ha que representan el 60% y 42% respectivamente, comparándolo con el tratamiento 4 (testigo) con un rendimiento de 1319.5 kg/ha .

Para la finca San Marcos al igual que la Lucha el tratamiento 2 y 3 presentaron los rendimientos mayores de 1636.37 y 2111.56 kg/ha que representa el 59% y el 60% respectivamente que al compararlo con el tratamiento 4 que registra el menor rendimiento con 668.25 kg/ha .

En San Marcos, la poca producción de Madero Negro, y los bajos rendimientos de Maíz, indican la necesidad de adicionar ciertas dosis de fertilizantes nitrogenados.

Estudios realizado en 1996 en la Lucha (Niquinohomo) en postrera con cuatro tratamientos, donde tres de ellos poseen barreras vivas de *Gliricidia sepium* establecidos en parcelas de escurrimientos con 40 % de pendiente, los rendimientos fueron de 1660, 1840, 1660 y 2300 kg./ha para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente. los rendimientos de barreras vivas se ven afectados por el efecto de humedad retenida en las obras de conservación durante la fase de madurez y cosecha, junto a la pérdida de área útil ocupada por las barreras vivas. En la finca San Marcos bajo las mismas condiciones de manejo y pendiente de 16 % se obtuvieron rendimientos de 1894, 2304, 2100 y 2600 para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente (Díaz, 1997).

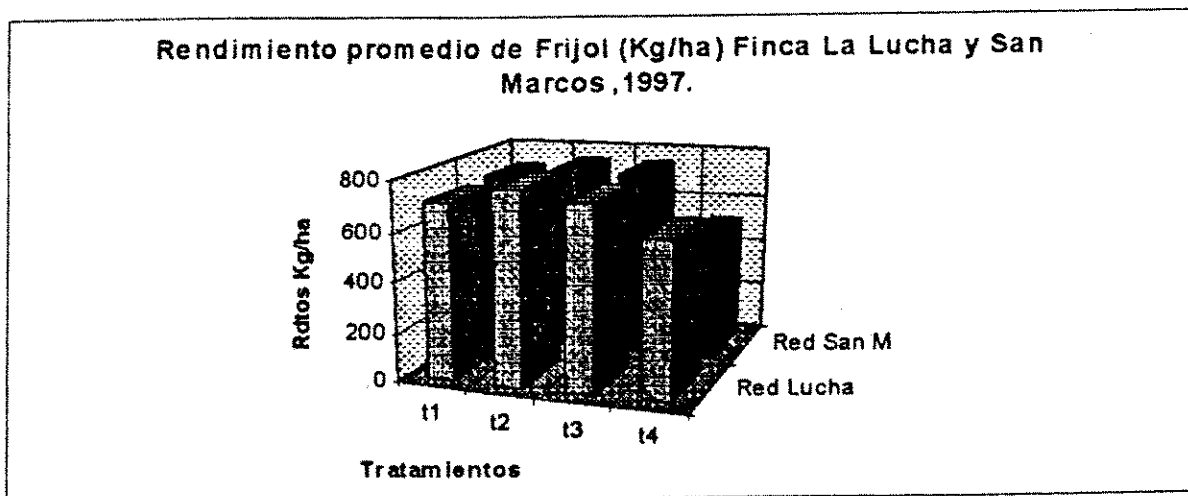
**tabla 9. Análisis estadísticos de los rendimientos promedios del Frijol en kg/ha 1997.**

Fincas	trat-1	Trat-2	Trat-3	Trat-4	DMS	CV %
LA LUCHA	710.0	781.25	745.62	624.87	NS	5.55
SAN MARCOS	710.94	746.87	745.31	511.25	NS	16.97

Los rendimientos promedios obtenidos en postrera para el cultivo del Frijol según la tabla 9, fueron de 715.44 kg/ha para la finca la Lucha y 678.59 kg/ha para la finca San Marcos. En los análisis estadísticos no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos.

Para 1997 los rendimientos promedios de frijol en las fincas la Lucha y San Marcos fueron mayores a los obtenidos en 1995 que son de 441 kg/ha, Para la Lucha y 566 kg/ha, para San Marcos. Para 1996 los rendimientos promedios de frijol en las dos fincas experimentales ya antes mencionadas resultaron ser 270 kg/ha para la Lucha y 355.5 kg/ha para San Marcos siendo relativamente menores a 1997.

Sin embargo el tratamiento testigo (t4) los rendimientos del frijol son similares en los últimos tres años 1995, 1996 y 1997 debido a su propia fijación de Nitrógeno que obtiene la planta.



**Figura 13. Rendimientos promedios Frijol(kg/ha)La Lucha y San Marcos 1997.**

El análisis de la figura 13, de los rendimientos promedios de frijol nos reflejan que la fincas la Lucha y San Marcos presentan rendimientos promedios de 715.44 y 678.59 kg/ha/a respectivamente.

Sin embargo la finca en La Lucha los tratamientos 2 y 3 registran los mayores rendimientos de 781.25 y 745.62 kg/ha que representan el 20% y el 16% respectivamente comparándolo con el t4 (testigo) que expresa el rendimiento menor de 624.87kg/ha/a .

Para la finca San Marcos los rendimientos fueron similares a la Lucha donde el t2 y t3 reflejan los mayores rendimientos de 746.94 y 745.31 kg/ha que representan el 32% y el 31% respectivamente donde t4 obtuvo el menor rendimiento con 511.46 kg/ha/a.

Para en 1996 se obtuvo datos de rendimiento de frijol en parcelas de escurrimiento (Niquinohomo-Diriá) En las fincas la Lucha-Niquinohomo con 40 % de pendiente y San Marcos-Diria con 16 % de pendiente. Ambas con cuatro tratamientos donde tres de ellos poseen barreras vivas de Madero Negro y los resultados fueron de 260, 280, 280 y 260 kg/ha, para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, respectivamente en la Lucha y 284, 303, 353 y 300, para tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente en la finca San Marcos (Díaz, 1997).

Los rendimientos promedios de la variedad Frijol criollo de 1.504 kg/ha, sembrados en las fincas la Lucha y San Marcos, con una densidad poblacional de 500,000 plantas/ha, supera experimentalmente los rendimientos efectivos en Nicaragua de 1 t/ha (Córdoba, 1994).

#### 4.8 Producción de biomasa de Madero Negro ( *Gliricidia sepium.* )

La producción de biomasa de madero negro para el año 1997 potencial por tratamiento corresponde a : Tratamiento #2 con 33500 kg/ha para la finca La Lucha. En la finca San Marco fue de 2900 kg/ha para el tratamiento #2. Como se observa en la tabla 10, de producción de biomasa de Madero Negro, las podas se iniciaron en el mes de septiembre y no en mayo como estaba estipulado, debido a problemas organizativos el ensayo dio inicio en el mes de junio, acumulándose ese rebrote para el mes de septiembre, viéndose afectado también por la apertura de clase a mediados del mes de mayo. En la finca San Marcos la producción de biomasa fue menor debido a la presencia de plantas muertas y/o problemas de rebrotes que representó el 70 %, realizando nuevos trasplante de plantúlas de Madero Negro, siendo nula la producción de biomasa para el mes de diciembre.

**Tabla 10. Aportes de biomasa anual de Madero Negro en las fincas Lucha y San Marcos 1997.**

TRATAMIENTOS	FINCA LA LUCHA Rdtos kg/ha, plantas de 5 años de establecidas		FINCA SAN MARCOS Rdtos kg/ha plantas de 2 años de establecidas	
	SEPT.	DIC.	SEPT.	DIC.
T-1	13989.28	11603.4	1220	0
T-2	21640.37	11852.4	2900	0
T-3	17022.56	13047.6	2700	0
TOTAL	52652.21	36503.4	6820	0
PROMEDIO	17550.7	12167.9	2273.3	0

NAIR (1984), la producción total de biomasa de plantas de 5 años de establecida en la Lucha para el año 1997 aportaría un promedio de 3298.7 kg/ha de Nitrógeno.

Para el caso de la finca de San Marcos se registra un aporte de Nitrógeno por parte de la biomasa de Madero Negro de 252.34 kg/ha/a; Siendo relativamente menores a los aportes de la finca La Lucha por registrarse únicamente una sola poda para plantas de 2 años de establecidas.

Sin embargo el aporte de biomasa en t/ha para la finca la Lucha por tratamientos con cinco años de establecimiento corresponde a: t1=12.88, t2=16.75, t3=15.04 t/ha. Para la finca San Marcos el aporte es de t1=0.61, t2=1.45, t3=1.35 t/ha, la producción de biomasa para la finca de San Marcos fue menor debido a los problemas de rebrotes que presento el desarrollo del mismo.

Estudios realizados en 1995 en la finca La Lucha obtuvieron una producción de biomasa potencial de 3.97 t/ha durante una poda, lo que incorporaría aproximadamente 147.03 kg de N/ha, si asumimos que el follaje contiene un 3.7 % de Nitrógeno (Nair 1984). (Mendoza y Rivas, 1995).

**Tabla 11. Aportes de biomasa en Hojas y Ramas por tratamientos en la finca La Lucha 1997.**

Biomasa en kg/ha	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
HOJAS	12540.0	20834.51	14940.0
RAMAS	13052.13	12658.26	15130.15
TOTAL	25592.74	33492.77	30070.15

En este año de 1997 la finca La Lucha según la tabla 11, se observa que el follaje de las plantas con cinco años de establecidas aporta un promedio de 29718.5 kg/ha/a, del total de la producción de biomasa. Para este caso el tratamiento numero 2 es el que aporta el mayor porcentaje, registrándose un 24% comparando con el tratamiento 1, y un 10 % con el tratamiento.

Tabla 12. Aportes de biomasa en Hojas y Ramas por tratamientos en la finca San Marcos 1997.

Biomasa en kg/ha	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
HOJAS	770	1770	1680
RAMAS	450	1130	1020
TOTAL	1220	2900	2700

Para la finca San Marcos en año de 1997 según datos presentados en la tabla 12, el follaje aporta un promedio de biomasa de 2940 kg/ha/a del total de biomasa producida; siendo el tratamiento numero 2, el que aporta mayor biomasa que representa el 58 % comparado con el tratamiento 1 y un 7 % con el tratamiento 3.

#### 4.8.1 Descomposición de biomasa de Madero Negro

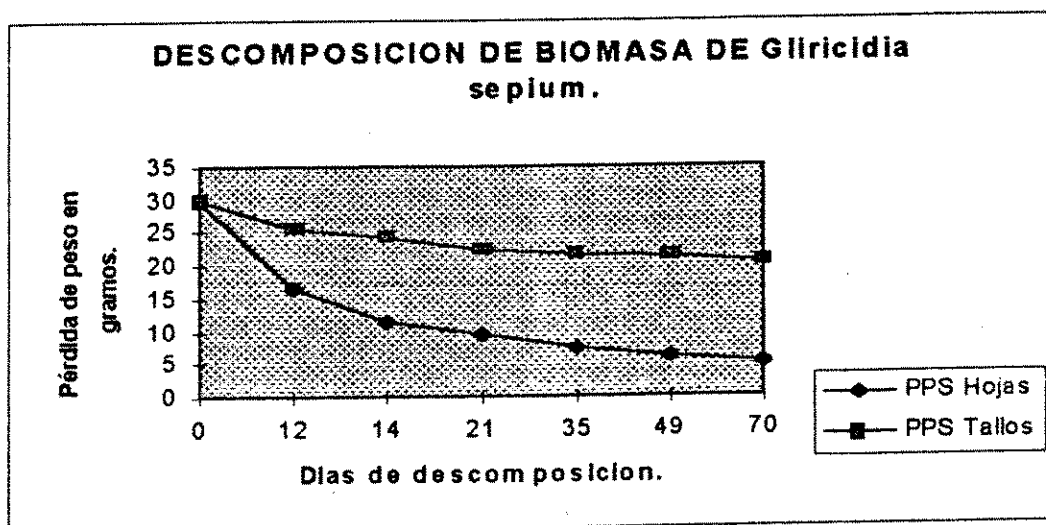


Figura 14. Gráfico de descomposición de biomasa de *Gliricidia sepium*

En el gráfico se muestra la velocidad de descomposición de biomasa de *Gliricidia sepium*; Puede observarse un peso inicial de 30 gr. para tallos y hojas, que al cabo de 70 días se reduce a 20.4 gr. y 5.13 gr. respectivamente.

La lenta descomposición de los tallos y poca pérdida de peso se justifica por un aumento en polisacáridos, hemicelulosa, contenido de lignina y proteínas, todo esto hace que la descomposición por factores internos y externos sea mas lenta.

Para el caso de las hojas se observa una rápida descomposición alrededor de un 82.9% de material descompuesto quedando un 17.1% de material no descompuesto. En lo que respecta a la descomposición de los tallos expresa que el 32% es material descompuesto y el 68% es material no descompuesto ambos en un periodo de 70 días.

En conclusión un 66 % de la descomposición se da a los primeros 15 días después de depositada la biomasa sobre el suelo en canastas en el ciclo de primera. Sin embargo los materiales más lignificado después de los 15 días únicamente un 10 % estaba descompuesto.

Aguilar y Stever, (1995), en un informe de su doctorado (no publicado) determinaron tasas de descomposición de biomasa de maleza, en el centro de investigación del café del pacífico (UNICAFE, MASATEPE-NICARAGUA). Cuyos resultados fueron; en los primeros 30 días hay una descomposición de un 55 a 65 %, lo que representa que más de la mitad de la materia orgánica se ha incorporado al suelo. En las canastas distribuidas en julio de 1994, para finales de Diciembre se observó una tasa de descomposición para las dicotiledoneas de 91 %y para la monocotiledoneas de 81 %, durante los cinco meses de exposición a la descomposición. También dijo que en época seca la biomasa se descompone muy lenta en comparación con la época lluviosa. En general las dicotiledoneas se descompusieron más rápido que las monocotiledoneas y entre ellas las hojas se descompusieron más rápido que los tallos.

## v Conclusiones y Recomendaciones.

### 5.1 Conclusiones:

- Las menores pérdidas de suelos registradas se dieron en el tratamiento # 3 con 6.05 y 5.0 t/ha/a, ofertando un 82 % y 87 % de protección contra la erosión, para la finca la Lucha y San Marcos, respectivamente.
- San Marcos las menores pérdidas de agua (m<sup>3</sup>/ha/a) se dan en los tratamientos # 1 y # 3, con 155.95 (52 %) y 146.6 (54 %) respectivamente, comparándoles con el tratamiento # 4 que representa el 100 % del volumen total.
- La Lucha las menores de pérdidas de agua (m<sup>3</sup>/ha/a) se registran en los tratamientos # 1 y # 3, con 100.05 (59%) y 148.39 (39 %) respectivamente sí se comparan en el tratamiento # 4 que representa el 100% del volumen total.
- Los principales factores que afecta la tasa de erosión anual corresponde a: cobertura vegetal, textura del suelo, precipitación y las prácticas inadecuadas (quema, siembra a favor de la pendiente), Y el mayor riesgo erosivo es cuando existe baja cobertura vegetal.
- Los tratamientos con barreras vivas de *Gliricidia sepium* han mejorados las propiedades de ( Materia orgánica, infiltración, retención de humedad y contenido de nutriente. etc).
- El tratamiento # 2 presento la mayor producción de biomasa de Madero Negro con 33492.77 kg./ha y 2900 k/ha para la fincas la Lucha y San Marcos, respectivamente.
- La finca San Marcos presenta valores menores de producción de biomasa de 2900 k/ha, por problemas de rebrotes con plantas de 2 años de establecidas.



- El tratamiento 2, obtuvo los mayores rendimientos de Maíz con 3289.68kg/ha/a para la finca la Lucha, y San Marcos fue el tratamiento 3, con 2111.56 kg/ha/a.
- En Frijol el tratamiento 3 presentó los mayores rendimientos con 781.25 y 746.87kg/ha/a para las fincas La Lucha y San Marcos respectivamente.
- En la finca la Lucha la presencia de barreras vivas de *Gliricidia sepium*, aumenta hasta un 5.04 % la materia orgánica, y disminuye en 3.52 % en los tratamientos que no poseen barreras vivas. En San Marcos aumenta hasta 4.82% el contenido de materia orgánica, en barrera viva y disminuye un 4.39 para el tratamiento que no posee barrera viva.
- La mayor tasa de descomposición de las hojas de madero negro, ocurrió en los primeros 15 días de estar expuesta a la degradación en el suelo.

## 5.2 Recomendaciones:

- Divulgar los resultados obtenidos a productores y a organismos que transfieran tecnología agroforestal en la cuenca el pital.
- Realizar un análisis socio económico a los tratamientos con mayor éxito (t2, t3), con la finalidad de validar y/o transferir en la cuenca esas de prácticas de conservación de suelos y agua.
- El establecimiento de ensayos de conservación de suelo y agua, necesita un levantamiento altimétrico detallado previo a la selección de los tratamiento.
- Determinar en próximas investigaciones las tasas de mineralización de la biomasa de Madero Negro, para conocer el aprovechamiento de Nitrógeno de los cultivos, disminuyendo los costos en la aplicación de fertilizantes nitrogenados.
- Para plantas de Madero Negro de 5 años de establecimientos utilizadas como barreras vivas es necesario, que la siembra de los cultivos se realice a 1 m de distanciamiento de ella misma por su efecto de sombra.
- Incorporar la biomasa de madero negro 20 días antes de la siembra de los cultivos por presentar el mayor porcentaje de descomposición (60 %).
- Utilizar una variedad de maíz más precoz que permita cosechar en Agosto y a su vez sembrar el frijol de postrera.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, V. y Stever, C. 1995. Reciclaje de nutrientes bajo tres sistemas de manejo de maleza en una plantación de cafeto. (no publicado). En Masatepe . Managua Nicaragua. Pp 7.
- Barreto, H. 1996. Atlas digital de Nicaragua, Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Proyecto Ladera, Tegucigalpa, Honduras pp. 22. P5.
- Cairo. P. 1995. La fertilidad física de suelo y la agricultura orgánica en el trópico. Central Detas Villas. Cuba. Pp. 68.
- CATIE. 1991. Madreado *Gliricidia sepium* (Jacquin) Arboles de uso múltiple en América Central, Turrialba, Costa Rica. (p.79).
- Córdoba, L. 1994. Conferencia de granos básicos, (no publicado), Facultad de Producción Vegetal, Universidad Nacional Agraria, Managua Nicaragua. P. 60.
- Cubero. F, D. 1994. Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Organización de Naciones Unidas. 2de. San José , Costa Rica. P78, pp278.
- Díaz, J. A. 1997. Evaluación socioeconómica de tres manejo de barreras vivas de *Gliricidia sepium*. J. En parcelas de escurrimiento. Cuenca el Pital- Masaya. Managua Nicaragua. pp 25-29.
- Díaz, R. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químicos de suelos y tejidos vegetales e investigación en invernaderos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (CATIE). Turrialba, Costa Rica. pp. 1-28.
- Fassbender. M. W. y Bornemisza. E. 1987. Química de suelos con énfasis en América Latina. San José. Costa Rica. IICA. 420 pp.
- Fassbender. M. W. 1992. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales, 2da edición. Turrialba, Costa Rica. pp 330 a 443.
- FAO. 1988. Sistemas de labranzas para la conservación del suelo y del agua, Boletín 54, Italia Roma. pp. 218.
- FAO. 1992. Manual de sistemas de labranzas para América Latina, Boletín 66, Italia. Roma. pp 97-103

- Hudson, N. 1982. Conservación del suelo. (cap.1,2,3, 4, 5, 6,9, 10,11). Reverte, S.A. Barcelona, España. pp.1-179.
- Hudson, N. 1983. Soil Conservation Strategies in the Third World. Jour, of Soil and ater Conservation. Vol. 38
- Hudson, N. 1986. Soil Conservation. London, England. Bt.Batsford Ld. 335p.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 1995. Guía Tecnológica. 1. Managua Nicaragua.
- Kirkby. M. J. y Morgan. R. P. 1984. Erosión de suelos, primera edición, editorial Limusa, México, D. F. pp 68 – 241.
- MAG (Ministerio de agricultura y Ganadería de Nicaragua). 1971.Levantamiento de suelos de la región del pacifico de Nicaragua. Vol.2. Managua Nicaragua. pp454.
- Mannering, J.V., 1981. The use of soil loss tolerances as astrategy for soil conservation. En Morgan Soil Conservation: problems and propects. Wiley. Chich, End pp, 337.
- Matamorro, R. 1995. Evaluación de prácticas agroculturales sobre la erosión y la producción de granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Managua Nicaragua pp.18.
- Mendoza, R. 1994. Evaluación de prácticas agroculturales sobre la erosión y la producción de granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Managua Nicaragua. pp 13-14.
- Mendoza, M. E. 1994. Evaluación de pérdidas de suelo en diferentes cultivos y pendientes. Marena. Managua Nicaragua. Pp 49-54.
- Mendoza, R. y Rivas, D. 1995. Evaluación del efecto de Barrera viva de *Glicicidia sepium* en parcela de escurrlmlento. Proyecto CARE-PITAL, Universidad Nacional Agraria (informe de avance 1994-1995) Managua Nicaragua, pp 45.
- Mendoza, R. 1997. Informe de Investigación en parcelas de escurrimiento proyecto CARE-UNA. Managua Nicaragua. pp. 1-37.
- MIDINRA (Ministerio de Desarrollo y Reforma Agraria). 1980. Informe Agropecuario de Producción. Managua, Nicaragua. pp. 21.
- Montagnini, F. 1992. Sistemas Agroforestales, principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para estudios Tropicales (OET). San José, Costa Rica. pp. 342

- Nair, P. K. R. 1984. Soil productivity aspects of agroforestry. *Sciencia and Practice of Agroforestry*. 1. Nairobi. Kenya, ICRAF. pp.85.
- O.T.S/CATIE, 1986. *Sistemas Agroforestales. Principios y Aplicaciones en los trópicos*. Organización para Estudios Tropicales (OTS). Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza (CATIE). San José, Costa Rica. pp.8-17.
- Pacheco, M.A., 1986. Pérdidas de suelo en cultivos agrícolas colocados en microparcels de erosión. Proyecto control de Erosión de Occidente. IRENA, región II. León, Nicaragua. (no publicado). pp.30.
- Pedroza, H. 1993. *Fundamentos de experimentación agrícola*. Editorial Arte. Managua-Nicaragua. pp. 264
- Pasolac, 1997. *Revista laderas centro americana*. Managua Nicaragua. pp. 54.
- Rivas, D. 1993. Factores causantes de erosión de suelos en los cultivos de Maíz (*Zea mays L.*) y Piña (*Ananas comosus*). En Tincuantepé-Masaya. Managua Nicaragua. Pp. 81-84.
- Rodríguez, M. H. 1994. *Sembradores de esperanza*. Editorial Guaymurás y comunica. Tegucigalpa, Honduras. pp. 13.
- Salas, E. J. 1993. *Arboles de Nicaragua*. Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente. IRENA. Managua, Nicaragua. P. 194.
- Tapia, B. H. y Camacho, A. H. 1988. *Manejo Integrado de la producción de Frijol basado en Labranza Cero*. Managua Nicaragua. P. 83.
- Ugarte, S. M. 1994. *Evaluación socioeconómica de la finca demostrativa la Lucha*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. pp. 70.
- Wischmeier, W. H.. 1965. *Predicting Rainfall erosion losse from cropland East of the Rocky Mountains, Agriculture*. United States Department of Agriculture, Washington, D.C. Handbook No. 282.
- Wischmeier, W. H. and D.D SMITH, 1978. *Predicting rainfull erosión losses a guide to conservation planning*. USA Dept. Agric. Handbook N° 537.
- Wischmeier, W. H., 1976. Use and misuse of the Universal soil equation. *J. Soil Water Cons.* 31: 5-9.

## VII ANEXOS

### 7.1 Descripción de perfiles.

#### Perfil #1.

##### I.-Información acerca del sitio de la muestra.

1. Número de perfil: 1
2. Nombre del suelo: Serie Niquinohomo (NQ)
3. Clasificación a nivel de generalización amplia: USDA; Lithic durustand.
4. Fecha de la observación: 25 de Enero de 1995.
5. Autor: Reynaldo Mendoza C.
6. Ubicación: 100 comarca El Guapinol más Niquinohomo, Finca La Lucha, al sur este de la ciudad de Niquinohomo, Municipio Masaya-Nicaragua, aproximadamente en las coordenadas 11\_53'55" latitud norte y 86-05'10" longitud oeste.
7. Altitud: 450 msnm.
8. Forma del terreno: a)- Posición fisiográfica; en pendiente convexas, cerca del pie la elevación, b)- forma del terreno circundante es fuertemente escarpado. c)- pendiente donde se sitúa el perfil es de (35%-41%).
9. Uso de la tierra: Al tiempo de la observación el terreno se encontraba cubierto de escasos rastrojos de cosecha y biomasa de barreras vivas de Madero Negro, el terreno se utiliza para sembrar Maíz, Frijol, Piña, Musaceas, Chayote, Cítricos y entre otros. Utilizan bueyes para la labranza de la tierra desde hace 10 años y se practica la rotación de cultivos.
10. Clima: Normalmente la estación lluviosa comienza en Mayo y termina entre Octubre y Noviembre para un 90 % de ocurrencia, con precipitación promedio anual de 1500 mm con un período seco pronunciado de 6 meses.

##### II.-Información general acerca del suelo:

1. Material de origen: Aparentemente derivado in-situ de tobas volcánicas en estado cementados, pero posiblemente influenciado por cenizas volcánicas.
2. Tipo de drenaje: Clase 4 (Bien drenado).
3. Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo por debajo de los 30 cm.
4. Profundidad de la capa friática: Desconocida pero casi seguramente mayor de 15 metros, sin influencia en el perfil.
5. Afloramiento rocoso: Ninguno.
6. Evidencia de erosión: Visible la erosión hídrica (laminar, en surcos y cárcavas en campos adyacentes).

### III- Breve descripción del perfil.

0-15 cm color en húmedo café oscuro, en seco café oscuro. Textura franco arenosa. Estructura blocosa. Consistencia en húmedo friable. Abundante poros pequeños y finos. Abundante raíces medias y finas, presencia de fragmentos de toba y no reacciona con HCL. Clasificación (A1p).

15-65 cm, color en húmedo café rojizo, en seco café pálido. Consistencia en seco fuertementé cementación con sílice y en húmedo extremadamente firme. Abundante poros finos. Pocas raíces medias y finas. Clasificación (AR). fracturado

65 cm a más toba con alto grado de cementación. Clasificación (R).

#### Clasificación: (tentativa)

- Orden: Andisol, Sub orden: , Gran grupo: Durustand.
- Sud-grupo: Lithic durustand, Familia: Palen Haplustand.
- Serie: Tentativa Niquinohomo.

#### 1 Descripción del perfil de suelo #2

##### 1- Información acerca del sitio de la muestra

1  Número del perfil: 2.

2  Nombre del suelo: Serie Diriomo (DR).

3  Clasificación a nivel de generalización amplia: USDA: Alfic haplustand.

4  Fecha de la observación: 25 Enero de 1995, Autor: Reynaldo Mendoza C.

5  Ubicación: Comarco Palo Quemado-Diria, al sur este de la ciudad de Niquinohomo, aproximadamente en la coordenada 11- 51 43" latitud norte y 86- 04 43" longitud oeste.

6  Forma del terreno: Posición fisiográfica: en pendiente convexa, cerca del pie de la elevación. -Forma del terreno circundante: fuertemente ondulado. -Pendiente donde el perfil esta situado: inclinado (12-18).

7  Uso de la tierra: En la observación el terreno se encontraba cubiertos de escasos rastros de cosecha y barreras vivas de Madero Negro. El terreno de utiliza para sembrar Maíz, Frijol, Mani, Piña, Musaceas, Granadillas, Pitahaya y Gandul, entre otros. El tipo de labranza que sé práctica es arado con bueyes, se fertiliza en pequeñas cantidades.

8  Clima: La estación lluviosa empieza en Mayo y termina en Octubre y Noviembre, para un 90 % de ocurrencia, con precipitación promedio anual de 1500 mm, con un periodo seco pronunciado de 6 meses.

## **II- Información general acerca del suelo.**

- 1  Material originario: Aparentemente derivado in-situ de cenizas volcánicas depositadas sobre pómez.
- 2  Drenaje: Clase 4 bien drenado.
- 3  Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo por debajo de los 30 cm.
- 4  Profundidad de la capa friática: Desconocida, pero seguramente mayor de 15 metros, sin influencia en el perfil.
- 5  Presencia de piedra en el perfil o afloramiento rocoso: Ninguno.
- 6  Evidencia de erosión: Visible la erosión hídrica expresada en laminar o en surcos y en cárcavas en campos adyacentes.
- 7  Presencia de sales o álcalis.

## **III Breve descripción del perfil**

0-13 cm Color en húmedo café grisáceo muy oscuro, en seco café oscuro. Textura franco arcillo arenosa y plástica. Estructura blocosa. Consistencia en húmedo de friable a moderada. Altamente adhesible. Abundantes poros pequeños y finos. Abundantes raíces medias y finas. presencia de pocos fragmentos de pómez y no reacciona al HCL. Clasificación (A1p).

13-23 cm Color en húmedo café amarillento, en seco café amarillento y blanco. Consistencia en seco dura, Textura arcillo arenosa, Estructura masiva, Presencia de arenas pómez, Abundante poros finos. Pocas raíces medias y finas. Material eluviado. Clasificación (Bt).

23-38 cm Color un húmedo pardo claro, en seco Pardo claro. Consistencia friable. Textura franco arenosa. Estructura masiva, Alta presencia de rocas y arenas pómez meteorizados. Abundantes poros grandes y medios. Pocas raíces medias y finas, Clasificación (C1). Toba con alto grado de cementación.

### **Clasificación : Tentativa**

- Orden: Andisol, Sub-Orden: Ustands, Gran grupo: Haplustands.
- Sub.Grupo: Alfic haplustands, Familia: Palen haplustand.



## 7.2 DATOS DE PRECIPITACION ANUAL NIQUINOHOMO-MASAYA 1997.

Dias	Meses de precipitaciones en (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	0	0	0.5	0	0	35	5.7	20.4	18.6	10.2	0	42.6
2	0	0	1.5	0	0	32.5	2	0	4.8	2	0	2
3	8.5	0	0.3	0	0	26.2	0	0	0	18.2	6	0
4	0	0	0.7	0	0	0	5.2	0	0	0	0	0
5	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0
6	0	0	0.6	0	0	148.4	0	0	0	0	0	0
7	1.6	0	0.5	0	0	42	3.2	0	0	21.4	0	0
8	0	0	0	0	0	42	5.4	3	0	22.5	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	1.2	0	0	35.5	0	0
11	0	0	0	0	0	0	5	6.8	0	0	10.5	0
12	0	0	0	0	0	0	0	9.8	0	0	2.4	0
13	0	0	0	0	0	5.2	3.8	3	0	2.5	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	4.2	0	4.2	15.6	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2.2	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	24.2	0	0	0	0	22.6	0
17	0	0	0	0	0	3.8	0	0	10.4	35	1.6	0
18	0	0	0	0	0	5.3	0	0	6.6	0	0	0
19	0	0	0	0	0	3.2	0	35.1	40	79	0	0
20	0	0	0	0	0	25.4	0	0.8	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	6.8	0	12	0	0.9	0	0	0	0
23	3.5	0	0	0.8	0	0	0	0	2.5	0	0	0
24	0.5	0	0	0	0	2.4	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
26	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
28	4.1	3	0	10.8	0	0	18.8	0	0	5.4	0	0
29	9	0.3	0	10.2	3.5	0	2.2	0	9.5	2.3	0	0
30	0	0.5	0	0	0	4.4	1.4	0	1.6	5.4	0	0
31	0	0	0	0	0	17.6	0	0	0	0	0	0
Total	31.4	3.8	4.5	28.6	3.5	438.8	53.9	86.2	94	253.6	59.1	44.6

**7.3 Pérdidas de suelo y agua por mes por tratamiento con su réplica (parcelas) en las dos fincas de estudio 1997**

**Finca la Lucha:**

		Junio		Octubre	
Tratamiento	Parcelas	suelo t/ha	agua m <sup>3</sup> /ha	Suelo t/ha	agua m <sup>3</sup> /ha
T1	P1	10.268	94.1	8.32	27.6
	P3	2.54	55.20	4.54	23.2
T2	P2	7.587	204.8	6.57	26.8
	P4	1.768	98.8	2.96	27.2
T3	P5	3.494	196.8	6.6	26
	P8	1.088	46.8	0.928	27.2
T4	P6	35.159	218	6.6	28
	P7	18.536	208	8.832	28.8

**Finca San Marcos:**

		Junio		Noviembre	
Tratamiento	Parcelas	suelo t/ha	agua m <sup>3</sup> /ha	Suelo t/ha	agua m <sup>3</sup> /ha
T1	P1	7.54	108.8	5.660	19.2
	P4	5.66	155.5	13.206	28.4
T2	P2	3.77	36	0.620	27.2
	P5	7.54	94	3.881	192
T3	P6	3.77	43	1.492	192
	P7	4.48	39	0.265	19.2
T4	P3	22.64	401.9	26.112	25.6
	P8	18.86	240.7	10.46	192

#### 7.4 Producción de biomasa verde en las dos fincas experimentales (Lucha y San Marcos) 1997

##### Finca la Lucha:

Sumatoria por tratamiento con su parcelas (replicas) de las dos podas realizada.

Tratamientos	Parcelas	Peso en libra	kg por 100m lineal	kg/ha
T1	P1	83.9	1271.33	21104.078
	P3	129.7	1965	32619
T2	P2	117.3	1777.33	29503.68
	P4	154	2333.33	38733.28
T3	P5	124	1885	31291.00
	P8	131	1985	32951.00

##### Finca San Marcos:

Sumatoria por tratamiento con su parcelas (replicas) de única poda realizada.

Tratamientos	Parcelas	Peso en libra	kg por 100m lineal	kg/ha
T1	P1	8	121.21	1006.04
	P4	9	136.36	1131.78
T2	P2	24	363.63	3018.13
	P5	23.5	356.21	2956.54
T3	P6	20	303	2514.9
	P7	23	348.48	2892.38

## 7.5 Gráficos de pruebas de infiltración en tratamiento con barrera viva y sin barrera (testigo) en las dos fincas experimentales. 1997

