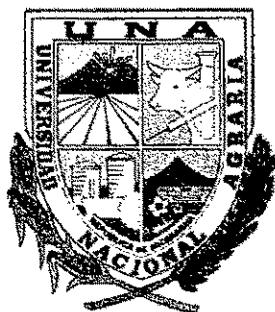


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
Departamento de Manejo de Cuencas y Gestión Ambiental



**Barreras vivas de *Gliricidia sepium* (J) y su efecto sobre sistemas rotativos
anuales de maíz (*Zea may. L*) y frijol (*Phaseolus vulgaris. L.*) en
Niquinohomo, Cuenca El Pital – Nicaragua.**

Autor (a) Br: Elia Jorleny Moreno Úbeda

Asesores: Reynaldo B. Mendoza.

Cesar Aguirre

Managua, Nicaragua 2001

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Índice de tablas	I
Índice de figuras	II
Índice de anexos	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	VI
Summary	VII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Hipótesis	2
II REVISIÓN DE LITERATURA	3
La degradación de los suelos y la erosión.....	3
2.2 Procesos de degradación de los suelos.....	3
2.3 Unidades de medidas	4
2.4 Tolerancia de pérdidas de suelo.....	5
2.5 Factores que intervienen en la erosión.....	6
y en la escorrentía	
2.6 Causas de la erosión	8
2.7 Las barreras vivas.....	9
2.8 Descripción del madero negro.....	11
2.9 Parcelas de escurrimiento.....	14
2.10 Características agronómicas de maíz.....	15
2.11 Características agronómicas del frijol.....	16
III MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Localización del área de estudio.....	17
3.2 Generalidades del suelo.....	17
3.3 Climatología de la zona de estudio.....	20
3.4 Descripción del sistema de parcela.....	20
de escurrimiento	
3.5 Descripción de los tratamientos.....	22
3.6 Establecimiento del experimento.....	24
3.7 Recolección de datos y análisis estadístico.....	25

3.8 Datos de las pérdidas de precipitación.....	25
3.9 Registro de datos de precipitación.....	
3.10 Análisis estadístico.....	
3.11 calculo de la producción de biomasa de madero negro.....	26
3.12 Cálculo de Nitrógeno aprovechable.....	26
3.13 Evaluación económica.....	26
	27
	27
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1 Pérdidas de suelo, finca La lucha 2000.....	30
4.1 Pérdidas de agua, Finca L a lucha 2000.....	32
4.2 Rendimiento de los cultivos de maíz y frijol.....	34
Finca La lucha, 2000	
4.2.1 Rendimiento del cultivo del maíz.....	35
4.3 Producción de biomasa de madero negro.....	40
4.4 Análisis económico parcial y análisis marginal.....	42
Finca La lucha	
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. RECOMENDACIONES.....	46
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS	47
VIII. ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro	Pág.
1. Pérdida de suelo expresados en t/ha/a/año	5
2. Distanciamiento de las barreras vivas en cultivos limpios	10
3. Pérdidas de suelo evaluados en la finca La Lucha	32
4. Análisis estadístico de los rendimientos promedio de maíz en Kg./ ha	37
5. Rendimiento del frijol en el año 2000 en la Finca La Lucha.	40
6. Producción de biomasa de madero negro	42
7. Producción de biomasa (hoja, rama, leña), Finca La Lucha, 2000	43
8. Nitrógeno aprovechable expresados en Kg./ ha, Finca La Lucha, 2000	44
9. Presupuesto parcial en sistemas de barreras vivas.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Pág.
1. Mapa de ubicación del sitio donde se estableció el ensayo	21
2. Distribución de los tratamientos , Finca La Lucha, 2000	25
3. Pérdidas de suelo para 1997, 1998, 2000, Finca La Lucha, 2000	33
4. Pérdida promedio de agua, Finca La Lucha, 2000	34
5. Pérdidas de agua para los años 1997, 1998, 1999, 2000, Finca La Lucha, 2000	35
6. Distribución de las precipitaciones (mm), Finca La Lucha, 2000	36
7. Rendimientos promedios de maíz, Finca La Lucha, 2000	38
8. Rendimiento del maíz, en la parte baja, media y alta de la parcela, Finca La Lucha, 2000	39
9. Rendimientos promedios de frijol, La Lucha, 2000	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos	Pág.
1. Rendimientos del maíz para los años 1997, 1998, 1999, 2000	50
2. Rendimientos del frijol para los años 1997, 1998, 1999, 2000, Finca La Lucha, 2000	50
3. Rendimientos del cultivo del maíz según sus elevaciones en el año 2000	50
4. Nitrógeno aprovechable expresados en kg/ha	51
5. Matriz para el cálculo de pérdida de suelo	51
6. Matriz para el cálculo de pérdida de agua	51

DEDICATORIA

A **Dios** por haberme guiado por el camino correcto, por siempre estar a mi lado y por las fuerzas que me dio en los momentos difíciles. Porque El es mi mejor amigo, Gracias mi Dios.

A mis padres **OSCAR MORENO RUIZ Y AURORA ÚBEDA RIVERA**, por el gran sacrificio que hicieron durante todos mis años de estudios, por su amor y empeño de haber completado mi carrera profesional.

A mis hermanos: **Cristel Isabel y Juan Alberto Moreno Úbeda**, por animarme a seguir superándome y ser los mejores hermanos del mundo.

A mi abuelita Elia Dionisia Rivera López.

A mis tías y primas por su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A Dios porque sin su ayuda habría sido imposible terminar satisfactoriamente mis estudios profesionales.

Al proyecto Soils Management Texas-UNA, por el financiamiento durante toda la realización de este trabajo.

A mis asesores Ing. Bismark Mendoza Corrales y MSc. César Aguirre Jiménez, por la disponibilidad de ayudarme en cualquier momento y por sus valiosos aportes así como también su incondicional apoyo.

A los Ing. Roger Rodríguez, Gerardo Murillo, y German Zamora por su ayuda incondicional.

A trabajadores (a) de las bibliotecas del CENIDA Y FARENA, por su amabilidad el haberme brindado toda la información necesaria para este trabajo de tesis.

A todas las personas que hicieron posible esta tesis.

A mis profesores por haber compartido sus conocimientos.

A mis amigos y compañeros de clases, por sus muestras de cariño y por todos los momentos agradables que pasamos juntos.

Espero que no vean en esta tesis el trabajo de un profesional, sino el esfuerzo de una estudiante que espera con la práctica completar sus conocimientos.

RESUMEN

En muchas áreas del mundo las tierras de laderas están siendo convertidas rápidamente de bosques al uso agrícola. Nicaragua no es la excepción, la mayor parte de los cultivos de granos básicos se realizan en tierras de laderas considerando la necesidad de las prácticas de conservación de suelo y agua, la Universidad Nacional Agraria, estableció un convenio a partir de 1998 con las universidades de Texas A & M y Carolina del Norte. El presente estudio forma parte de este convenio y es el tercer año de cinco que están planificados; con el cual se pretende lograr el siguiente objetivo: evaluar el efecto de las barreras vivas de *Gliricidia sepium* en parcelas de escurrimiento sobre el control de la erosión hídrica y sobre los rendimientos de los sistemas rotativos anuales de maíz y frijol.

El estudio se llevó a cabo en la finca " La Lucha", en la comarca el Guapinol, Municipio de Niquinohomo, departamento de Masaya. En este estudio se evaluaron 4 tratamientos, los cultivos evaluados fueron maíz y frijol en primera y postrera respectivamente. Se realizó una evaluación económica de las barreras mediante la metodología del **CIMMYT**. El sitio experimental consiste de 8 parcelas de escurrimiento o erosión con una área de 54 m² / parcela.

En el 2000 se presentaron las menores pérdidas de suelo con 1.54 t /ha / a en comparación con los tres años anteriores. Esto debido a que durante este periodo solo se dio un escurrimiento superficial.

El mayor rendimiento de maíz para el año 2000, lo presentó el tratamiento 2 con 2560 kg/ha, por la aplicación de fertilizantes inorgánicos (urea y completo). En el cultivo del frijol (postrera) el mayor rendimiento lo presentó el tratamiento 4 con 1158.13 Kg. /ha.

La producción promedio de biomasa del madero negro fue de 1601.23 kg /h.El tratamiento con mayor producción de biomasa tanto en las podas de mayo y agosto lo presentó el tratamiento 2 con 2040.83 Kg. /ha y 2566.66 kg/ha respectivamente por presentar mayor área de rebrote.

El análisis económico parcial demostró que el tratamiento 4 obtuvo el mayor beneficio neto con 1052.2, debido a que este año no se produjo estacones en este tratamiento, además que no se realizó ningún costo variable, por ser este el tratamiento testigo, asimismo por el alto rendimiento del frijol en el tratamiento 4 y a esto sumado el alto precio de campo (7C\$/Kg.) del mismo.

Los costos totales que varían fueron mayores en el tratamiento 2 por los gastos de fertilizantes (urea y completo); sin embargo obtuvo un beneficio neto de 9498.72 (C\$/ha), teniéndose como segunda opción económica para los agricultores después del tratamiento 4.

SUMMARY

In many areas of the World the lands of hillsides are being used rapidly from woodland to agricultural use. Nicaragua is not the exception, most part of the cultivation of basic grain is grown in hillside. Considered the need of the practices of conservation of soils and waters. The university national agrarian in 1998 signed an agreement with university of Texas A & M and the university North Caroline. This study is part of this agreement and it is the third of five that it is planned, with the propose of evaluate the effects of livings barriers of *Gliricidia Sepium*, about the erosion of soil whit system of crop in contourn of crop in primera and phaseolus vulgaris in postrera cycles valuation.

The study was carried out in the farm " La Lucha" located in Guapinol in the municipality on Niquinohomo, department of Masaya which has a territory of 4.9 ha, it has a elevation between 444 and 460 m ; the lands are used for agriculture Ugarte (1994). The experimental site consists of 8 plots of run-off or erosion with an area of 54 m², the living barriers were apart 6 m because of the hillside was 40%.

The highest yield of corn for the 2000 year was presented in the treatment 2 with 2.560/ha using inorganic manure (urea and compound). In the bean cultivation (post-harvest) the highest yield was presented in the treatment 4 with 1158.13 kg/ha.

The average production of the block madero was of 1601.23 kg/ha, treatment 2 with a high production of biomass was found in the pruning of May and August with 2040.83 kg/ha and 2566.66 kg/ha respectively for having a broader area of sprouts.

The partial economic analysis showed that treatment 4 obtained the highest net benefit of 10528.2 because this years stem cuttings were not produced in this treatment 4 and adding the high price of field of itself witch is C\$/ kg. The price of field is that value of one kg of product for farmers.

The total costs that varied were higher in treatment 2 because of the expenses of the fertilizers (urea and compound); however, a net benefit of 9498.728 (C\$/ha) was obtained, being the second economic choice for the farmers after treatment 4.

I. INTRODUCCIÓN

La erosión es la acción del desprendimiento y movimiento o arrastre de las partículas del suelo por el agua, el viento, los cambios de temperatura y la actividad biológica Tracy y Morgan (1987).

Según IRENA, (1994), la erosión se erige como la forma fundamental de degradación de los suelos. A nivel nacional aproximadamente 7.7 millones de hectáreas presentan grados variables de erosión, de los cuales según estudios realizados recientemente, de este total 4.1 millones (53%), presenta erosión leve a moderada, 2.5 millones (33%) erosión moderada fuerte y 1.1 millones (14%) erosión fuerte a severa. De las estimaciones mencionadas existen diversos resultados experimentales que confirman la magnitud que ha alcanzado la erosión a nivel nacional.

La erosión de los suelos representa una amenaza en todos los aspectos de la productividad de la tierra. Es por eso que la Universidad Nacional Agraria ha promovido tecnologías de conservación de suelos y agua. Dentro de estas tecnologías están las barreras vivas que no son mas que hileras de plantas perennes o semiperennes de crecimiento denso y resistente a las fuerza de escorrentía, dispuesta con determinado distanciamiento y si se siembra en curvas a nivel disminuyen la erosión en un 75% comparado con la labranza en sentido de la pendiente FAO, (1996)

Según estudios de adopción realizados por Ulloa, Mendoza y Jirón (1997), en Cinco Pinos y El Chaparral, las prácticas preferidas por los productores son las barreras vivas con un 27% de adopción debido a que éstas proporcionan alimento para el ganado, retienen la humedad en el suelo y aportan leña.

Considerando la importancia de las obras de conservación de suelos para los agricultores de Nicaragua, la Universidad Nacional Agraria a realizado convenios que permitan desarrollar investigaciones, dentro de las cuales se encuentran la evaluación del efecto de las barreras vivas en áreas de laderas. Ejemplo de lo antes expuesto fue el proyecto de investigación (1994 – 1997) que inicio la evaluación de las barreras vivas de madero negro, ejecutado en coordinación con CARE internacional en la cuenca El Pital.

A partir de 1998 la FARENA – UNA estableció un nuevo convenio con las universidades de Texas A & M y Carolina del Norte, bajo el cual se ha continuado la evaluación del comportamiento de los escurrimientos superficiales y el efecto de las barreras vivas sobre los rendimientos de los cultivos maíz y frijol. El presente estudio se realizó gracias a este convenio y constituye el tercer año de 5 que están planificados. Esta investigación se llevó a cabo en la finca La Lucha, ubicada en la comarca El Guapinol (Municipio de Niquinohomo – Masaya), con los siguientes objetivos.

1.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de las barreras vivas de *Gliricidia sepium* (J.) en parcelas de escurrimiento sobre el control de la erosión hídrica, los rendimientos del sistema rotativo anual de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Evaluar los efectos de barreras vivas de Madero Negro sobre las pérdidas de suelos y agua.
- ✓ Evaluar el efecto de las barreras vivas de Madero Negro sobre el rendimiento de los cultivos de maíz y frijol.
- ✓ Realizar un análisis económico de los sistemas de barreras vivas en parcelas de escurrimiento.

1.3 Hipótesis

- ✓ Las barreras vivas de *Gliricidia sepium* reducen en un 50% las pérdidas de suelos, en comparación con parcelas que no cuentan con dichas prácticas.
- ✓ Las barreras vivas contribuyen al aumento de los rendimientos de maíz y frijol, y por ende a los ingresos del productor.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La degradación de los suelos y la erosión

Según la FAO (1980) la degradación del suelo es un proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir (cuantitativa y/o cualitativa, bienes o servicio). La degradación del suelo no es necesariamente continua, sino que puede ocurrir en un periodo relativamente corto entre dos estados de equilibrio ecológico.

Los procesos de degradación son los fenómenos que causan una disminución en la calidad de los suelos, se trata de procesos dinámicos, por lo que responden a un cambio en la calidad y la productividad de los suelos. Existen dos clases de degradación (FAO, 1980):

- ❖ La velocidad actual de degradación del suelo, que es la velocidad de degradación del suelo por año.
- ❖ El riesgo de degradación del suelo, referido a la disminución de la productividad actual o potencial como consecuencia de uno o más procesos de degradación, que pueden ocurrir por causa de una mala explotación.

2.2. Procesos de degradación de los suelos

Aun cuando existen muchos procesos de degradación del suelo, frecuentemente interactuantes, éstos se pueden agrupar en seis categorías:

- *Erosión hídrica*: que es el proceso de dispersión, remoción y transporte de partículas del suelo por la acción del agua. Kirby y Morgan (1991) señalan que la erosión hídrica actúa de manera selectiva, arrastrando las partículas más finas y más reactivas del suelo (arcilla y materia orgánica) y deja las partículas más gruesas, pesadas y menos reactivas, lo que provoca una disminución de la concentración de nutriente.

En esta categoría se incluyen procesos como la erosión por salpicadura, la erosión laminar, la erosión en cárcavas y diversos tipos de movimientos de masas, por ejemplo corrimientos de tierras y corrimientos de fangos.

- *Erosión eólica*: abarca tanto la remoción y el depósito de partículas de suelo por la acción del viento, así como los efectos abrasivos de las partículas móviles cuando estas son transportadas.
- *Exceso de sales*: comprende la salinización y la sodiación.
- *Degradación química*: reservada para procesos tales como la lixiviación de bases y la formación de toxicidades diferentes debido al exceso de sal.
- *Degradación física*: se refiere a los cambios adversos en las propiedades físicas del suelo como son porosidad, permeabilidad, densidad aparente o de volumen y estabilidad estructural.
- *Degradación biológica*: se refiere a los procesos que aumentan la velocidad de mineralización del humus.

2.3. Unidades de medidas

De acuerdo a las definiciones presentadas en los acápites anteriores, todo proceso de degradación origina una pérdida de la productividad del suelo. Los modos en que tal cosa ocurre difieren grandemente de unos a otros procesos. Además las relaciones numéricas entre la velocidad de un determinado proceso de degradación de los suelos y la pérdida real de productividad resultante, no se conocen bien y suelen variar en cierta medida entre suelo y suelo. Es difícil por ello hacer comparaciones directas entre diferentes procesos de degradación de los suelos basados en la pérdida de productividad de los mismos.

En numerosas ocasiones se han efectuado análisis económicos de los daños ocasionados por la degradación de los suelos, pero estos análisis se basan en una serie de supuestos y de variables económicas que solamente pueden tener valor local. Según la FAO (1980) la degradación se expresa en unidades aproximadas; la erosión del suelo por el agua se puede expresar en toneladas por hectáreas por año (t/ha/a) o en milímetros por año (mm/año).

Cuadro 1. Pérdidas de suelo expresadas en toneladas por hectárea

Erosión hídrica	Pérdida de suelo	
	T /ha /a	Mm / año
Ninguna a ligera	<10	<0.6
Moderada	10-50	0.6-3.3
Alta	50-200	3.3-13.3
Muy alta	>200	>13.3

Fuente: FAO, 1980.

2.4 Tolerancia de pérdida de suelo

Según Hudson (1982) se considera como límite máximo de pérdida de suelo, aquel en el cual se mantiene un nivel alto de productividad por un largo tiempo, es decir, que no se manifiesta un deterioro progresivo de ésta y del espesor del suelo. Ello se consigue cuando la tasa de pérdida del suelo no es superior a la tasa de su formación.

La tolerancia sobre la pérdida de suelo depende del tipo de suelo, de su profundidad, y de sus características físicas. Los límites aceptables de pérdida de suelo rara vez exceden a 12.5 t/ha/a, frecuentemente es menor; la federación Centroafricana no acepta más de 10 t /ha/a para suelos arenosos y 12.5 t/ha/a para suelos arcillosos, dichas cifras se relacionan con las prácticas recomendadas por la EUPS (Hudson, 1987). Según Hudson (1982) el valor de 12.5 t/ha/a se toma porque la estimación más acertada de los edafólogos indica que bajo condiciones no alteradas, son necesarios unos 30 años para producir 25 mm de suelo; pero, si las alteraciones, la aeración y la lixiviación son muy rápidos por el efecto del arado, se necesita 300 años.

De acuerdo con Mannering (1981) el rango de tolerancia de pérdida de suelo depende de su profundidad. Para la finca La Lucha el rango de tolerancia de pérdida de suelo es de 4 t/ha/a, en vista que este suelo presenta un horizonte agrícola de 16 cm de profundidad.

2.5. Factores que intervienen en la erosión y en la escorrentía

Según Suárez (1982) el agua de lluvia ejerce su acción erosiva mediante el impacto de las gotas de lluvia, las cuales caen con velocidad y energía variables según su diámetro, y mediante la escorrentía o agua de escurrimiento.

El volumen y la velocidad de la escorrentía controlan la capacidad de arrastre y está relacionada con la intensidad, duración y frecuencia del aguacero que la origina; se llama aguacero a la lluvia que cae en forma continua en un determinado lapso de tiempo. Depende también de la pendiente y del área del terreno, al igual que de la capacidad del suelo de absorber y dejar pasar agua a través del perfil (Suárez, 1982).

2.5.1. Lluvia

Dependiendo de la cantidad, intensidad y distribución así es el volumen del flujo que se desliza sobre la capa del suelo, llevando en suspensión las substancias minerales, que se concentra en canales o arroyos que cortan el suelo.

El agua de escorrentía es la que arrastra a su paso partículas de suelo en cantidad variable, según sea su volumen y velocidad, por una parte, y las resistencias que se oponen a su acción por la otra.

La intensidad del aguacero es el factor pluviométrico mas importante que afecta la escorrentía y la erosión. La duración del aguacero es el complemento de la intensidad; la asociación de la intensidad y duración es lo que determina la precipitación total. Al caer una lluvia de intensidad uniforme sobre un suelo, el agua se infiltra durante un lapso mas o menos largo según sean las condiciones de humedad y la intensidad de la precipitación; después comienza la escorrentía, la cual va aumentando su volumen en proporciones cada vez mas pequeñas hasta alcanzar un volumen estable (Suárez, 1982).

De acuerdo con Suárez (1982) la frecuencia de las lluvias es crítica con respecto a las condiciones de los terrenos. Si los intervalos entre lluvias son cortos, es alto el contenido de humedad del suelo al comenzar aquellas y aumentan los riesgos de que se originen escorrentías, aun con lluvias de baja intensidad. Si por el contrario son largos los periodos entre lluvias, el suelo estará seco y no habrá escorrentía con aguaceros de baja intensidad.

2.5.2. Pendiente y área del terreno

La erosión por el agua no es un problema de zonas planas. Tan solo cuando la topografía de los terrenos se hace quebrada, las pérdidas de suelos comienzan a adquirir importancia. El tamaño y la cantidad de material que el agua puede arrastrar o llevar en suspensión depende de la velocidad con que esta fluye, la cual a su vez, es una resultante de la longitud y el grado de pendiente del terreno.

La longitud de la pendiente es importante especialmente en terrenos bajo cultivos. Al saturarse de humedad el suelo, el agua de escurrimiento se acumula a todo lo largo de la pendiente, aumentando su volumen y velocidad y con ellos sus daños (Suárez, 1982).

2.5.2 Suelos

Los factores examinados anteriormente como contribuyentes a la erosión, no producen los mismos efectos en todos los suelos. Las condiciones físicas y químicas de los terrenos, le imparten mayor o menor resistencia a la acción de las aguas.

Los suelos mas ventajosos son los de textura intermedia. En un suelo franco o franco arcilloso, las partículas son de diferentes tamaños y mezcladas en tales proporciones que minimizan los inconvenientes de los extremos (Suárez, 1982).

2.6. Causas de la erosión

Suárez (1982) afirma que la erosión resulta fundamentalmente de una inadecuada relación entre el suelo y el hombre.

2.6.1. Exceso de población

El primer factor que rompe ese equilibrio es el exceso de población. Cada porción de terreno tiene una capacidad de producción máxima estable; cuando un número excesivo de personas tiene que extraer su sustento de cada hectárea de terreno, se ejerce una gran presión de uso que da origen a prácticas y sistemas inconvenientes, se destruyen los bosques y se siembran cultivos limpios en las pendientes más críticas, dando origen a graves casos de erosión.

2.6.2. Tamaños de las fincas y distribución de la propiedad rural

Una finca demasiado pequeña ofrece escasas alternativas de usos. La combinación de agricultura y ganadería, en la cual se dedica anualmente una proporción considerable de los terrenos a la producción de forrajes que protegen el suelo, es generalmente poco remunerativa en ellas, los bosques tampoco caben dentro de sus posibilidades.

Los cultivos limpios, es decir las cosechas anuales que exigen escardas periódicas predominan por razón del mayor ingreso periódico que aseguran el menor capital que necesitan y la más rápida retribución al trabajo invertido. Para compensar el escaso ingreso total, el agricultor se ve obligado a explotar intensamente el suelo, sometiéndolo a los mayores excesos y exponiéndolos a los mayores riesgos.

2.6.3. Tradiciones y costumbres

Las tradiciones y costumbres son también en muchas circunstancias fuerzas poderosas que los impelen a destruir suelos agrícolas. En Nicaragua hay una larga tradición indígena conectada con el cultivo del maíz, la cual explica los más graves casos de erosión que puedan contemplarse. No hay forma de convencer a un mestizo que no siembre ese grano, aunque las pendientes de los terrenos utilizables sean las más abruptas.

2.7. Las barreras vivas

Las barreras vivas son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso dispuestas con determinado distanciamiento horizontal y sembradas a través de la pendiente, casi siempre en contorno o en curvas a nivel (Suárez, 1982).

Según Suárez (1982) el objeto principal de estas barreras es el reducir la velocidad del agua que corre sobre la superficie del terreno y retener el suelo. Para cumplir con esta finalidad deben utilizarse plantas perennes de crecimiento denso, sembradas en hileras continuas o casi continuas, que en el tiempo mas corto posible forman un obstáculo efectivo al paso del suelo. Las barreras vivas pueden emplearse tanto en cultivos limpios como en cultivos densos o de semi -bosques.

2.7.1. Distanciamiento de las barreras

Suárez (1982) afirma que cuando se usa en cultivos limpios (o sea los que protegen poco el suelo como el maíz, la yuca, la papa o patata, el algodón, entre otros), hay que establecerlas con una separación o intervalo menor que cuando se utilizan en cultivos densos o de semibosques, porque el agua de lluvia que el terreno no retiene corre muy rápidamente por la superficie del suelo desnudo; es necesario establecer obstáculos a distancias cortas. Lo mismo sucede con los terrenos con pendientes; a medida que éstos son mas empinados, es mayor el número de barreras que hay que establecer (Suárez, 1982).

Cuadro 2. Distanciamiento de barreras vivas en cultivos limpios

Pendiente del terreno por 100	Distancia horizontal (metros)
5	20.0
10	15.0
15	10.0
20	9.0
25	8.0
30	6.50
35	6.00
40	6.00

Fuente: Suárez, 1982.

2.7.2. Mantenimiento de las barreras vivas

Tan importante como sembrar una buena barrera, es conservarla adecuadamente. No debe permitirse que se extienda mucho hasta amenazar invadir el terreno. Deben recortarse periódicamente y evitar el excesivo macollamiento.

2.7.3. Ventajas y desventajas de las barreras vivas

Según el INTA (1997) las barreras vivas tienen las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas:

- ❖ Reducen el escurrimiento de las aguas de lluvia y conserva humedad en el suelo.
- ❖ Reducen considerablemente las pérdidas de suelo al mantener una cobertura constante
- ❖ Mejoran las condiciones físicas del suelo a través de su sistema radicular superficial.
- ❖ Protegen al suelo de cambios de temperaturas.
- ❖ Fijan nitrógeno.

Desventajas:

- ❖ Compiten por humedad, luz y nutrientes. En algunos casos reducen los rendimientos del cultivo principal.
- ❖ Puede ser hospederas de plagas y enfermedades.

- ❖ En pendientes superiores al 15 % deben combinarse con otras prácticas de conservación de suelos y agua .
- ❖ Gastos adicionales a la economía de la finca.

2.8. Descripción del madero negro

El madero negro es un árbol de tamaño pequeño a grande, con alturas entre 6 y 20 m y diámetro entre 25 y 60 cm, con capa abierta y follaje ralo e irregular, tronco un poco retorcido. Durante el verano (estación seca) el árbol pierde sus hojas y se comienza a cubrir de vistosos y numerosas flores de color blanco –rozado; la corteza es de color gris blancuzco a veces amarillento. Las hojas son compuestas alternas imparipinada, hojuelas compuestas en el raquis. Los frutos son vainas dehiscentes, aplanadas de color verde amarillento. Su clasificación taxonómica es la siguiente:

Nombre común: Madero Negro, Madreado, Madre cacao.

Nombre Científico: *Gliricidia Sepium* (Jacq.) Steud

Familia: Leguminoseae

Sub. Familia: faboidae o papilionoideae.

2.8.1. Distribución

Gliricidia sepium es una especie nativa de las zonas bajas de América, en México y América Central, con una estación seca bien definida. Introducida y muchas veces naturalizada en muchas regiones de Sudamérica, El Caribe, Hawai, en el Oeste de África, Asia, India, Sri Lanka, Tailandia, Filipinas e Indonesia. En Nicaragua se encuentra en la región del pacifico y central, formando rodales naturales.

2.8.2. Requerimientos ecológicos

El Madero Negro, se encuentra en un rango de temperatura entre 21 °C y 29 °C; mayormente crece en sitios menores de 600 msnm, con precipitaciones entre 800 a 2300 mm. con una estación seca definida. También se desarrolla en alturas mayores de 600 msnm y puede crecer en lugares con precipitaciones menores a 800 mm o hasta 3500 mm. pero su desarrollo no siempre es optimo

2.8.3. Crecimiento

Estudios realizados en diferentes sitios de América Central demuestran que el mayor crecimiento se presenta en las primeras etapas de desarrollo, aproximadamente durante los dos primeros años. En Nicaragua se reportan datos en crecimiento promedio de 4 m, a una edad 2.7 años para 7 sitios, con un rango que oscila entre 2.2 m y 7.5 m en las edades comprendidas de 2.4 y 2.9 años. Esta especie crece en suelos secos a húmedos, incluyendo suelos calcáreos, suelos volcánicos superficiales, arenosos, arcillosos, vertisoles negros profundos; es exigente en cuanto a fertilidad natural y requiere buen drenaje. Los mejores crecimientos se presentan en suelos bien drenados, franco arenoso o franco, en suelos pesados muy arcillosos (vertisoles).

En sitios óptimos en otros países tropicales, se ha observado un crecimiento muy rápido; por ejemplo, 3.4 m en 12 meses en Hawai y 6 m en menos de dos años en Nigeria. En términos de biomasa seca leñosa, se han reportado 12 m³/ha/año en Costa Rica y de 23 a 40 m³/ha/año en las Filipinas.

2.8.4. Usos

Gliricidia Sepium, es una de las especies no industriales mas importantes empleadas en usos múltiples tales como:

Leña: es apreciada como leña en la región centroamericana. La madera seca quema lentamente, libre de chispas y olores desagradables, produce poco humo y abundantes brasas; el poder calorífico es de 4900 kcal/kg, para madera seca al horno. La madera raja fácilmente, se puede quemar verde y almacenar al aire. Se emplea para la fabricación de carbón.

Madera de uso comercial: la madera es dura, pesada (0.75 g/cm³) y difícil de trabajar, pero de buen brillo, rodeada con líneas finas; utilizada para fabricar implementos agrícolas y mangos de herramientas, también como postes de cercas, columnas y vigas por su alta resistencia a las termitas y a la pudrición. Ha sido empleada para la fabricación de durmientes de ferrocarril.

Cercas vivas y cortinas rompevientos: se utiliza en áreas anteriormente dedicadas al cultivo de algodón.

Como fuente de forraje: el ganado puede ingerir el follaje tierno sin ninguna mezcla, (se secan las hojas y se mezclan con otros alimentos como gramíneas y melaza). Tiene un contenido de proteínas cruda de 13.3% para tallos tiernos y 30% para hojas frescas.

Propiedades medicinales y alimenticia: Las hojas son usadas como cataplasma para enfermedad de la piel (ulceraciones y alergias en general). Las flores son utilizadas como alimento humano en Guatemala, El salvador y Costa Rica.

Como fijadores de nitrógeno: el follaje se emplea como abono verde en asociaciones con cultivos agrícolas anuales; por ejemplo, cultivos en callejones.

Soportes vivos: en algunos cultivos como pimienta negra, granadilla, entre otros.

Sombra: en plantaciones como café, cacao y té.

2.8.4. Propagación de la especie:

a) Por Semillas:

Siembra en bolsas: se debe usar substrato fértil y arena en una proporción de 3:1, para el llenado de las bolsas y sembrar dos semillas directamente (o con un pre-tratamiento, previo con agua corriente a temperatura ambiente por 12 hrs. antes de sembrarlas) a una profundidad dos veces el tamaño de éstas. Luego se tiene que aplicar riego cuidadoso, principalmente en el período de germinación y disminuirlo dos semanas antes de llevar las plantas al sitio de plantación definitivo. El periodo de permanencia de las plantas en vivero es de tres o cuatro meses.

Siembra Directa: es un método económico para establecer una plantación de *Gliricidia sepium*, se debe realizar una buena preparación del terreno, ya sea arado

con bueyes o mecanizado. Se debe depositar dos o tres semillas por golpe y el terreno (suelo) tiene que estar húmedo para ayudar a la germinación de la semilla.

b). Vegetativa.

Por estacas: para el establecimiento de cercas vivas, la siembra por estacas debe realizarse a finales de la época seca, para obtener un mejor rendimiento de éstas. El tamaño de las estacas puede ser 2.2 m de largo y de 3 a 4 cm de diámetros, con cortes inclinados.

2.9. Parcelas de escurrimiento

Las parcelas de escurrimiento son un área de tamaño variable, ubicadas en laderas, limitadas por paredes metálicas o de cualquier material, las cuales se aíslan completamente y evitan que llegue la escorrentía de otros predios, para cuantificar la erosión hídrica (Wischmeier, 1976).

Según Wischmeier (1976) los usos que ofrecen las parcelas son:

- Determinar el efecto que tienen los diferentes usos de la tierra en la producción de sedimentos y descarga del agua.
- Estudiar la validez de formulas de cálculos de descarga mediante el cálculo de coeficiente de escorrentía.
- Validar formulas de predicción de producción de sedimentos.
- Mejorar las técnicas de control de la erosión.
- Estudiar los regímenes de escorrentía en su fase inicial y la influencia que sobre ella producen las pendientes, la longitud, estado de ladera, tipo de suelo y vegetación.

2.9.1. Ventajas y desventajas de las parcelas de escurrimiento

Según Wischmeier (1976) las parcelas de escurrimientos presenta las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas

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

Desventajas

- Los resultados son locales.
- Para poder extrapolar los resultados obtenidos se requiere de períodos considerables de estudio.
- El personal de campo que realiza el monitoreo debe estar capacitado.
- Es necesario que las muestras de escurrimiento y de sedimento sean homogéneas.
- No permite laborar con bueyes.
- Requiere de un costo de establecimiento.
- Los aparatos instalados (pluviógrafo) son costosos y difícil de manejar.

2.10. Características agronómicas de maíz

El maíz es el cultivo de subsistencia más importante para los pequeños productores de escasos recursos. Cerca del 60 - 70 % se siembra en monocultivo y el resto en asocio con otros cultivos como el frijol, sorgo, ajonjolí. La mayoría se siembra en mayo-junio (primera); se estima que más del 60% de maíz se siembra en suelos de laderas de baja fertilidad, con alto potencial de erosión y en sistemas agrícolas típicos de subsistencia, con bajos insumos. Los rendimientos de grano promedio de estos sistemas de subsistencia son inferiores a los 1.5 ton/ha de grano y de 3.0 a 4.0 ton /ha de rastrojo INTA,(1990).

III MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización del área de estudio

El área de estudio se localiza en el litoral sur del pacífico de Nicaragua, más específicamente en la finca "La Lucha" localizada en la comarca El Guapinol, Municipio de Niquinohomo - departamento de Masaya, en las coordenadas geográficas 11° 53' 55" latitud Norte y 86° 05' 10" longitud Oeste (figura. 1). La Lucha tiene una extensión de 4.9 ha (7 mz), de ellas 1.9 ha (2.8 mz), son destinadas a cultivos agrícolas, tiene una elevación aproximada entre los 444 y 460 msnm (Ugarte, 1994).

3.2. Generalidades del suelo

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

Estos suelos pertenecen a la serie Niquinohomo; ésta consiste de suelos profundos a moderadamente profundos, de color oscuro bien drenados, no presenta piedras en la superficie, su relieve es ligeramente plano a muy escarpado con pendientes de 2 a 50 %. Son suelos derivados de cenizas volcánicas finas y se encuentran en las tierras altas y onduladas de Niquinohomo. Según clasificación USDA estos suelos son un *Lithic durustands*.

De acuerdo con CARE/PITAL (1993) los suelos de La Lucha presentan las siguientes características:

La profundidad promedio del suelo en un 20 % del área total es de 25 cm y el 80 % restante con 12 cm; por tanto pueden considerarse como suelos superficiales.

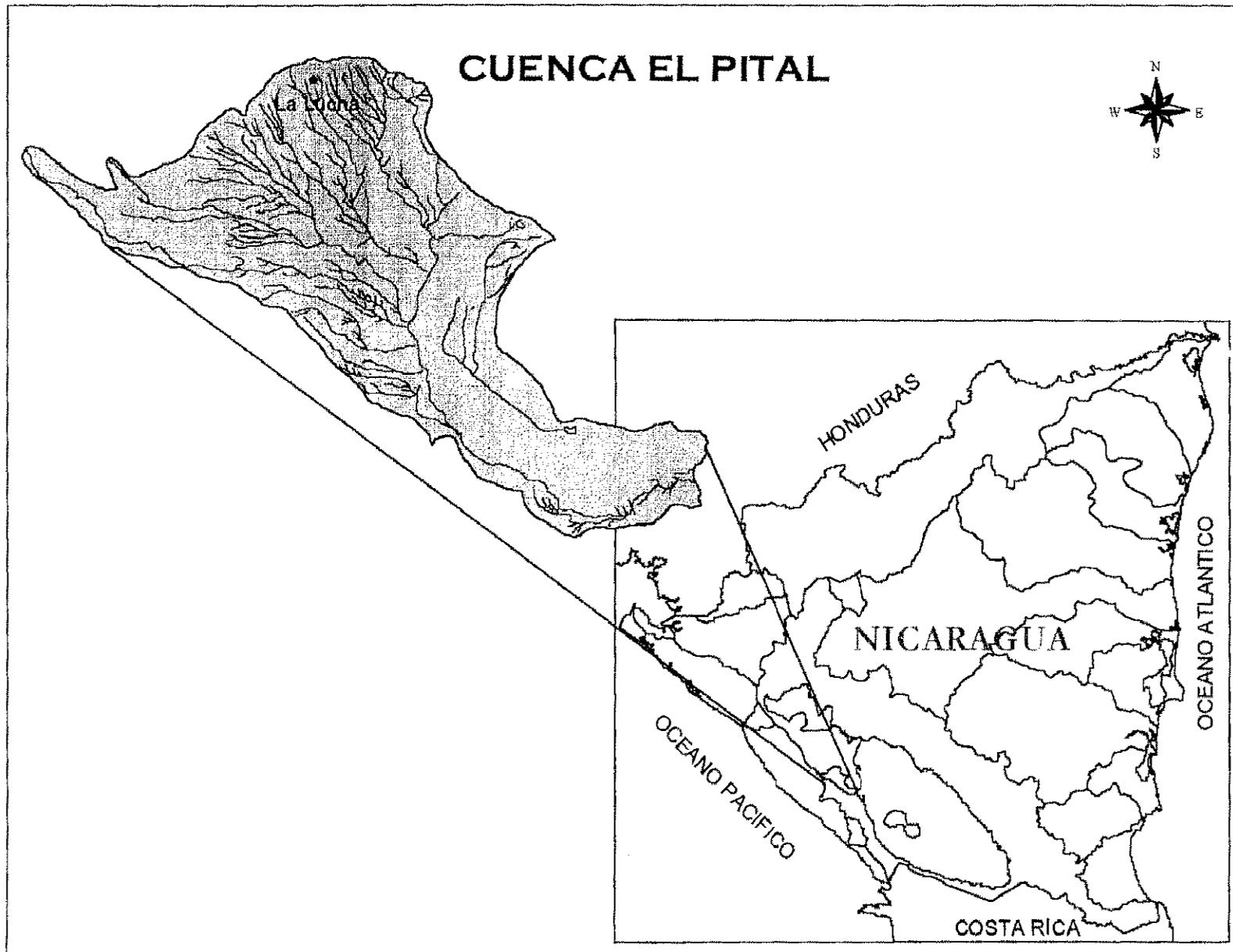


Figura 1: Mapa de Localización del área de estudio.

3.3. Climatología de la zona de estudio

El área de estudio se encuentra entre 400 y 450 msnm. Tiene una precipitación promedio anual de 1325 mm (CARE/PITAL ,1993).

Según MIDINRA (1980) en toda la zona del pacífico pueden apreciarse dos estaciones bien definidas; una lluviosa que comprende los meses de mayo a octubre y una seca que va desde noviembre hasta abril. Se ha registrado mayor precipitación en el mes de septiembre con 26 % por encima del promedio anual. Posee un clima húmedo clasificado como AW₂.

La evaporación promedio anual corresponde a 1981 mm, siendo los meses de mayor evaporación marzo y abril; y los de menor evaporación son octubre y noviembre. La temperatura promedio anual es de 23.5° C, en el transcurso del año; esta temperatura varía en un rango que va desde 22° C a 25° C, la temperatura máxima ocurre en abril y la mínima en diciembre.

La humedad relativa promedio anual es de 77 %; en los meses de marzo y abril la humedad es de, 66 % y 63 % respectivamente; a diferencia de los meses de agosto y septiembre que alcanza 83 % y 84 % respectivamente. La precipitación media de la zona es de 1,500 mm a 1,900 mm anual, siendo los meses de mayor precipitación junio, septiembre y octubre.

3.4. Descripción del sistema de parcelas de escurrimiento

El ensayo se estableció en la finca La Lucha (Niquinohomo), con una área total de 432 m²; el sistema consta de 8 parcelas, cada parcela tiene un área de 54 m² .Estas parcelas se establecieron en el año 1994 con el financiamiento del proyecto CARE/PITAL.

Cada parcela consiste en una pequeña superficie donde es posible manejar, captar y cuantificar los escurrimientos generados en ella, tanto de sólidos como de líquidos por medio de muestras, para evaluar el efecto de pérdidas de suelo y agua.

La parcela está en el sentido de la pendiente. La parte de lluvia que no infiltra, o sea la escorrentía, se escurre sobre la superficie de la parcela hasta llegar a la parte baja, donde se encuentra con un sistema de tubos conductores por donde fluye hasta finalizar en un recipiente captador.

El sistema de parcela consta de cuatro tratamientos. Los cultivos evaluados en todos los tratamientos fueron maíz (primera) y frijol (postrera), cultivados en curvas a nivel.

3.4.1. Componentes del sistema de parcelas de erosión.

El área experimental está conformada de 8 parcelas de escurrimiento con área de 54 m²/parcela, donde sus sedimentos y escurrimientos son canalizados a un sistema donde se almacena su volumen y consistencia. Está constituido por bordes, canal interceptor, tubo conductor, sistema de barriles de almacenamiento y canal de desviación.

Bordes: las parcelas de erosión tienen forma rectangular, con sus lados mas largos, paralelos a la pendiente; los bordes aíslan las parcelas del resto del terreno. Sus dimensiones varían por el grado de las fallas del terreno; poseen 3 m de ancho por 18 m de largo y el lado de la pendiente queda libre de borde. Su función es aislar la escorrentía de las parcelas de la zona circundante. El material que se utilizó fue plycem liso, enterrado a 30 cm de profundidad, con una altura de 20 cm sobre la superficie del suelo.

Canal interceptor: tiene la función de interceptar los sedimentos junto con las escorrentía que los transporta y los canaliza a un tubo conductor. Este se coloca transversalmente en la parte baja del área de escorrentía o borde inferior de las parcelas. Se utilizó lámina de zinc liso.

Es indispensable que el canal tenga una pendiente interna mayor del 8 %, en el sentido de los extremos hacia la parte media, facilitando el movimiento de las sedimentos y la escorrentía hacia el canal conductor y evitar la sedimentación a lo interno. El canal posee una altura de 20 cm en sus extremos y hacia el centro alcanza mas de 35 cm.

Tanques de sedimentos o de almacenamiento: tienen la función de guardar las porciones de escorrentía y pérdidas de suelo para su posterior análisis; éstos se colocan en la parte baja de la parcela bien tapados y graduados para poder cuantificar la altura de los sedimentos y escorrentías captadas por ellos después de cada evento lluvioso, tienen una capacidad de almacenamiento de 192 litros. Se utilizan 2 tanques de almacenamiento; uno de ellos tiene un divisor o un tubo que conduce el excedente de escorrentía captada del primer tanque, hacia el segundo tanque o barril el cual capta 1/5 del volumen total.

3.5. Descripción de los tratamientos

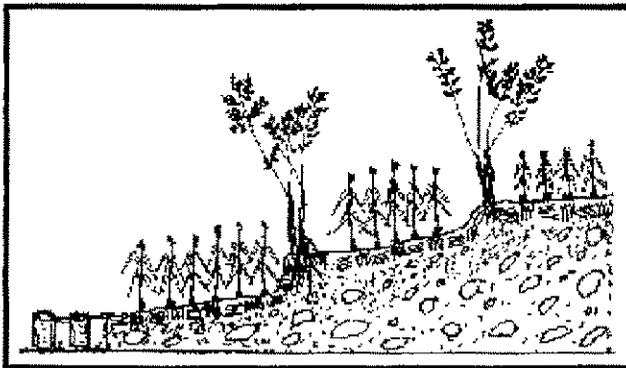
Tratamiento 1: el tratamiento 1 se le aplicó a las parcelas 1 y 3. Se sembró maíz (NB-6) en primera y frijol (criollo) en postrera en curvas a nivel. Cabe señalar que las barreras vivas ya estaban establecidas; puesto que este estudio es el seguimiento de otros trabajos de investigación cada parcela tenía 2 barreras vivas, una ubicada en la parte alta y la otra en la parte baja de la misma, con una distancia de 6 m entre barrera y barrera. Las plantas de madero negro están sembradas a una distancia de 20 cm y se realizaron dos podas, una en el mes de mayo y la otra en el mes de agosto. El material que se extrajo tenía como fin la producción de estacones, con poda 2 veces al año en mayo y agosto.

Tratamiento 2: el tratamiento 2 se aplicó a las parcelas 2 y 4 con las mismas especificaciones anteriores sólo que con la aplicación de fertilizantes. En primera se aplicó al maíz 128 kg/ha de completo (18-46-0) y 64.53 kg/ha de urea. En postrera al cultivo del frijol se le aplicó 64.53 kg/ha de completo (18-46-0).

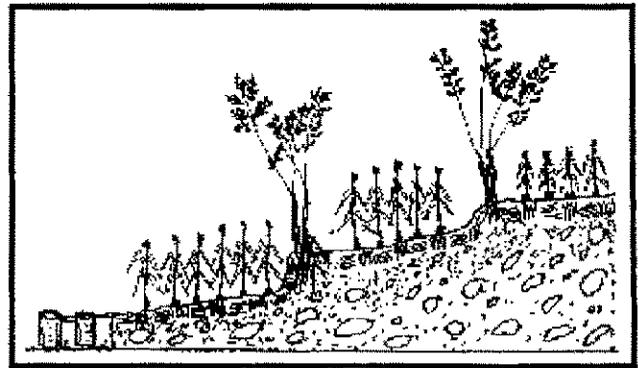
Tratamiento 3: el tratamiento 3 se aplicó a las parcelas 5 y 8, con podas de madero negro para biomasa; las podas se realizaron a 50 cm 2 veces al año, en mayo y agosto.

Tratamiento 4: es el tratamiento control o testigo y se aplicó a las parcelas 6 y 7; careció de barrera viva o siembra en contorno.

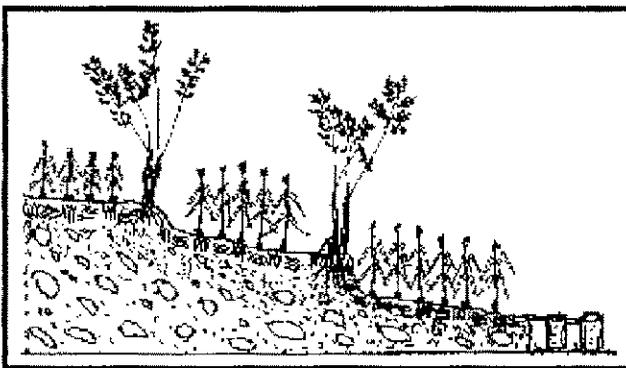
Distribución de los tratamientos Finca La Lucha, 2000



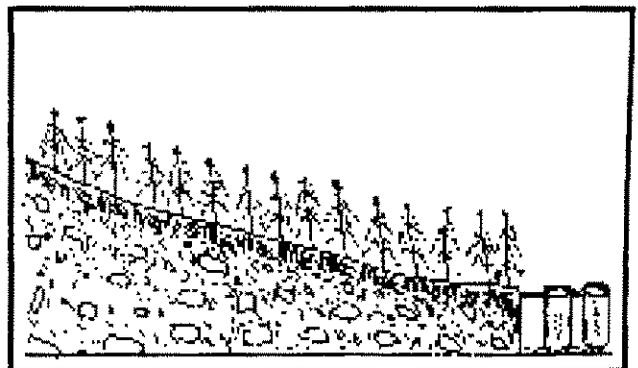
T1: producción de estacaones dos veces al año, en mayo y agosto.



T2: Con aplicación de fertilizantes de urea Y completo.



T3: Producción de biomasa de madero negro
Con podas a 50 cm.



T4: tratamiento control o testigo.

Fuente: proyecto Texas A & M

Figura 2. Distribución de los tratamientos, Finca La Lucha 2000

3.6. Establecimiento del experimento

3.6.1. Cultivo de maíz (*Zea may L.*) en contorno en primera

El maíz se sembró el 7 de Junio del año 2000. La preparación del suelo se realizó de manera manual con azadón, 15 días antes de la siembra y al momento de la siembra. La variedad de maíz utilizada fue NB-6, con una distancia de siembra de 80 cm entre surcos y 30 cm entre planta, con dos semillas por golpe; siendo la densidad poblacional de 43749 plantas/ha para los tratamientos con barrera viva (1, 2 y 3) y 46527 plantas/ha para el tratamiento sin barreras vivas (t4). El control de maleza se realizó con azadón a los 15 días de la siembra y el aporque 30 dds.

En los tratamientos con barreras vivas, se determinó el promedio del rendimiento por área cultivada entre terrazas. También fue medido por surco, para conocer el efecto de las elevaciones asociadas con la variación de la pendiente en ladera la cual fue dividida en tres partes: baja 20%, parte media 35% y parte alta 50% (Mendoza, 1998)

3.6.2. Siembra del Cultivo de frijol en contorno (*Phaseolus vulgaris L.*) en postrera

El frijol se sembró el 10 de Octubre del año 2000. La preparación de suelo se realizó, de manera manual con azadón, a los 8 días antes de la siembra y al momento de la siembra. La variedad que se utilizó para la siembra fue frijol criollo. La distancia de siembra fue de 40 cm entre surcos y 10 cm entre planta con dos semillas por golpe. El control de maleza se realizó de manera manual, con azadón a los 21 dds.

3.6.3. Barreras Vivas

Las barreras vivas de madero negro ya estaban establecidas; éstas fueron sembradas a una distancia de 6 m, una en la parte de arriba de la parcela y la otra en la parte baja de la misma. La distancia de siembra que se utilizó fue de 18 semillas por metro lineal.

determinar la pérdida de suelo. El escurrimiento de agua se calculó con el volumen total (agua + lodo), según la lectura del estanque de la parcela; este resultado se expresa en m³/ha o en mm.

3.9. Registro de datos de precipitación

Los registros de precipitación fueron obtenidos a través de un pluviómetro, el cual se encontraba ubicado a una distancia de 13 m de las parcelas de escurrimiento donde se llevo a cabo el ensayo. Los datos fueron recopilados por el productor, quien registraba el dato después de 8 horas de ocurrido el evento lluvioso.

3.10. Análisis estadístico

Para el análisis de los rendimientos totales del cultivo de maíz y frijol se aplicó un diseño de parcela divididas, tomando como factor **A** la pendiente y como factor **B** los tratamientos. Posteriormente, a los resultados de rendimientos obtenidos se aplicó una prueba de separación de medias de Tukey al 0.05 % y al 0.01%. También se utilizaron métodos gráficos para la precipitación y tablas para los rendimientos por parcela.

Una vez obtenidos los resultados de pérdidas de suelo y agua (expresados en ton/ha/año y mm/año respectivamente) y los rendimientos de maíz y frijol (expresados en kg/ha) por cada tratamiento con su replica, se utilizó la estadística descriptiva (barras y líneas) para el análisis de estos datos y obtener una mayor visualización de las diferencias entre tratamiento.

3.11. Cálculo de producción de biomasa de madero negro

Para obtener datos de producción de biomasa de madero negro para el año 2000 se procedió de la siguiente manera: se realizaron podas en los meses de mayo y agosto; una vez colectado el material se procedió a pesar (hojas y ramas) en kg./m en cada parcela donde se evaluaba como barrera viva al madero negro. Posteriormente se hizo uso de un coeficiente de conversión de materia verde a

material seco de 0.36 para hojas y 0.54 para ramas y así se obtuvo un peso seco en kg/m tanto de ramas como de hojas (Nair, 1984).

3.12. Cálculo de Nitrógeno aprovechable.

Se determinó en campo el peso promedio del material foliar producido por tratamiento en el año; la producción lineal fue extrapolada a 1 ha, bajo el supuesto de presentar una pendiente uniforme y por lo tanto el mismo distanciamiento entre barreras. Para el cálculo de nitrógeno obtenido de la biomasa de madero negro se consideró el criterio de Nair (1984), el cual indica que el madero negro contiene un 3.7 % de nitrógeno.

Dada que en el área de estudio no se registran balances de fertilidad de suelos, consideramos asumir un 50 % de nitrógeno asimilable del total aportado por la biomasa del madero negro, tomando la recomendación de Weber (1996) que indica que entre un 75% y 50% de nitrógeno liberado por algunas leguminosas se pierde por lixiviación, competencia, extracción y volatilización; por tal razón es mejor pensar en un 50 % de nitrógeno disponible o aprovechable por los cultivos.

3.13. Evaluación económica

La evaluación económica se realizó a través de la metodología del CIMMYT 1998. Esta presenta una serie de procedimientos para realizar el análisis económico de los resultados obtenidos en los ensayos en fincas, que los científicos agrícolas podrán utilizar al formular recomendaciones para los agricultores a partir de datos agronómicos. La utilización del presupuesto parcial y análisis marginal implica conocer:

Presupuesto parcial: es un método que se utiliza para organizar datos experimentales con el fin de obtener los costos y los beneficios de los tratamientos alternativos.

Rendimientos medios por tratamientos (kg/ha): es la cantidad de producto obtenido por tratamiento.

Rendimiento ajustado (kg/ha): es el rendimiento medio reducido en un cierto porcentaje con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento.

Beneficio bruto de campo: este valor es el rendimiento ajustado para cada tratamiento. Para calcular el beneficio bruto de campo es necesario conocer el precio de campo del producto. El precio de campo es el valor de un kg del producto para el agricultor. $BBC = \text{Precio de campo} * \text{Rendimiento ajustado}$.

Costos que varían (C\$ /ha): Son los costos por hectárea relacionados con los insumos comprados, la mano de obra, maquinaria que varía de un tratamiento a otro. Es el valor que se sacrifica para usar una unidad adicional del insumo en la parcela. El precio de campo se expresa en términos de unidades físicas de venta, (Por ejemplo C\$/kg. de semilla por litro de herbicida , por día de trabajo u hora de trabajo con tractor.)

Costos de campo de insumo (C\$/ha): es el precio de campo multiplicado por la cantidad de unidades físicas de un insumo que se necesita en un área determinada.

Total de costos que varía (C\$ /ha) : es la suma de todos los costos que varían para un determinado tratamiento.

Beneficios Netos (C\$ /ha): se obtienen restando el total de costos que varían de los beneficios brutos de campo de cada tratamiento.

Análisis de dominancia: se efectúa ordenando los tratamientos de menores a mayores totales de costos que varían. Un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos.

Curva de beneficios netos: cada tratamiento, se identifica con un punto según sus beneficios netos y el total de costos que varían. Las alternativas que no son dominadas se unen con una línea.

Tasa de retorno marginal: es el beneficio neto marginal (el aumento en beneficios netos) dividido por el costo marginal (aumento en costos que varían), expresada en %.

Análisis marginal: es el procedimiento por el cual se calculan las tasas de retorno marginales entre los tratamientos no dominados (comenzando con el tratamiento de menor costo y procediendo paso a paso a los que le siguen en escala ascendente) y se comparan esas tasas de retornos con la tasa de retorno mínima aceptable para el agricultor

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Pérdidas de suelo, Finca La Lucha 2000

Las pérdidas de suelo promedio para el año 2000 fueron de 1.54 t/ha/a, estando bajo el rango de tolerancia (4 t/ha/a) propuesta por Mannering (1981). Las pérdidas de suelo (cuadro 3) fueron de 1.77 t/ha, 1.44 t/ha, 0.92 t/ha, 1.87 t/ha para los tratamientos 1, 2, 3, 4 respectivamente.

El tratamiento 4 representó el 100% de erosión con 1.87 t/ha/a, debido a que este no tenía barreras vivas, y por lo tanto el suelo estaba desprotegido y el agua corrió con mayor velocidad, arrastrando una mayor cantidad de suelo. El tratamiento 1 representó el 94 % de suelo perdido con 1.44 t/ha/a, reduciéndose en un 6 % la pérdida de suelo con respecto al tratamiento 4 por efecto de las barreras vivas. El tratamiento 2 representó el 77 % de erosión reduciéndose la erosión en un 23 %, y el tratamiento 3 presentó un 49 % de erosión, reduciéndose en un 51 % la erosión con respecto al tratamiento 4; este resultado se vio influenciado por la curvatura de la pendiente que presenta este tratamiento, ya que contribuyó junto con las barreras vivas a que existiera una mayor retención de suelo.

Cuadro 3. Pérdidas de suelo evaluados en la Finca La Lucha 2000

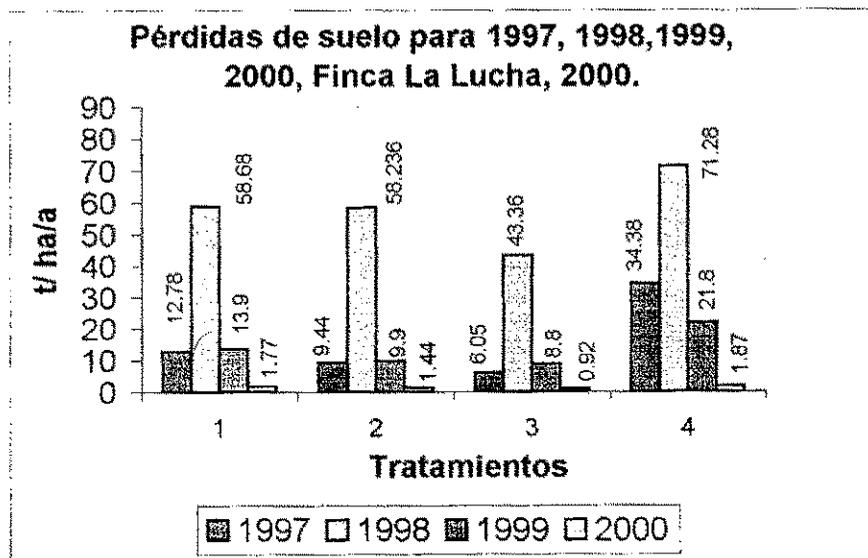
Tratamientos	Pérdida de suelo (t/ha/a)
1	1.77
2	1.44
3	0.92
4	1.87

Fuente: Moreno Elia

Las pérdidas de suelo para el año 2000 fueron menores que las de los años 1997, 1998 y 1999 (figura3). En 1997 el tratamiento 1 superó al tratamiento 1 del año 2000 en un 86 %, y en un 84 %, 85 %, y 95 % mayor con respecto a tratamientos 2, 3 y 4; esto se debió a que las precipitaciones del año 1997 fueron mayores en un 15 % en comparación al año 2000.

Mendoza y Robleto (1998) reportaron que los tratamientos 1, 2 y 3 con barreras vivas de madero negro, ofrecen una protección promedio de 14.15 ton/ha/año, lo cual representa un 24 % de reducción en pérdida de suelo. En el año 1998, los tratamientos 1, 2 y 4 superaron a los tratamientos 1, 2, y 4 del año 2000 en un 97 % y el tratamiento 3 en un 98 %. El comportamiento superior de pérdidas de suelo presentado en 1998, se debió al efecto provocado por las intensas lluvias del huracán Mitch (finales del mes de octubre), donde la intensidad de lluvia provocó una fuerte erosión hídrica que arrastró grandes cantidades de sedimento.

Las pérdidas de suelo en el año 1999 también superaron al año 2000 (figura 3). El tratamiento 1 fue mayor en un 87 % y los tratamientos 2, 3 y 4 fueron mayor en un 85 %, 89 % y 91% respectivamente. Según entrevista con Mendoza Corrales, en 1999 se presentaron mayores pérdidas de suelo debido a que en este año las precipitaciones fueron mas frecuentes y con mayor intensidad que en el año 2000.



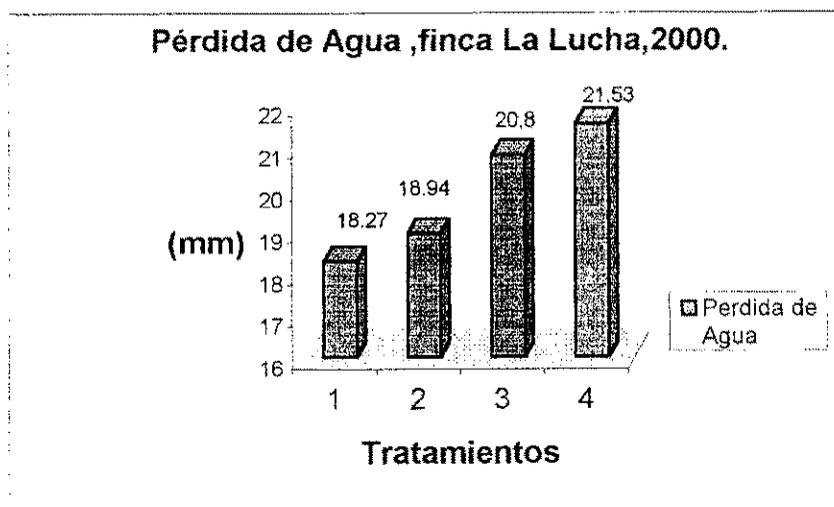
Fuente: elaboración propia

Figura 3. Pérdidas de suelo para 1997, 1998, 1999, 2000, Finca La Lucha, 2000.

4.1 Pérdidas de agua, Finca La Lucha 2000

En la figura 4 se presenta las pérdidas de agua (expresadas en mm), ésta indica que las pérdidas fueron de 18.27, 18.94, 20.8 y 21.53 mm para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

El tratamiento 4 presentó el mayor volumen de agua perdida, debido a que es el tratamiento testigo sin barrera viva. Cubero (1994) afirma que las barreras vivas sirven para reducir la velocidad de escorrentía, además actúan como filtros vivos, atrapando los sedimentos que lleva el agua que escurre sobre el suelo; las barreras vivas impiden que el flujo de agua adquiera una velocidad erosiva, permiten al limo sedimentar y a la vez favorecen la infiltración de agua en laderas.

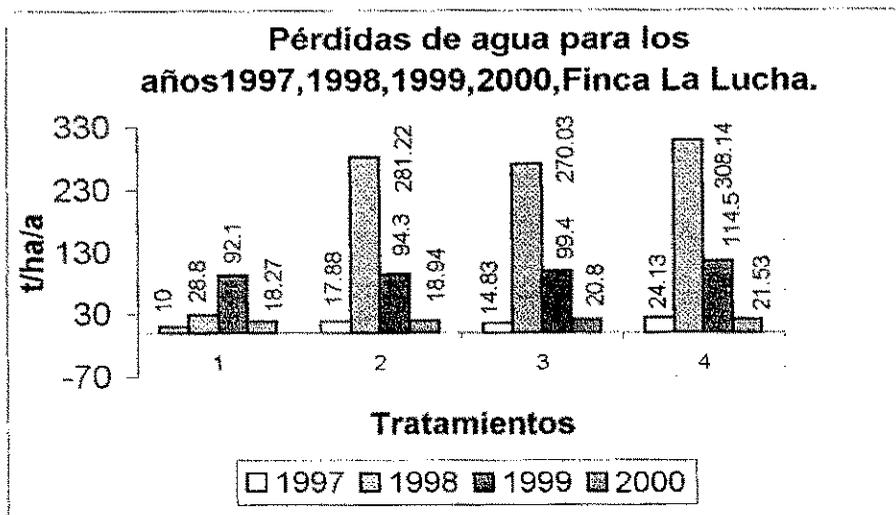


Fuente: elaboración propia

Figura 4. Pérdida promedio de agua, Finca la Lucha, 2000

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos por Pineda y Aguilera (1997); las pérdidas de agua para el año 1997 en el tratamiento 1 fue de 10 mm y para los tratamientos 2, 3 y 4 fueron de 17.88, 14.83, 24.13 respectivamente, teniendo una pérdida promedio de 27.39 mm, superando las pérdidas del año 2000 en un 27%. De igual manera el año 1998 superó al año 2000 en un 93 %, estas pérdidas fueron de 288.19, 281.22, 270.03 y 308.14 mm para los tratamientos 1, 2, 3 y 4

respectivamente; estas grandes pérdidas de agua se debieron al paso del huracán Mitch.



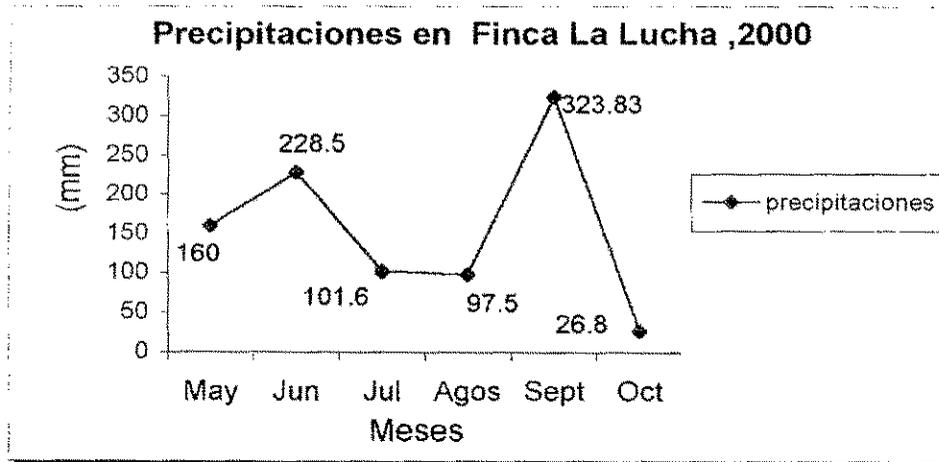
Fuente: elaboración propia

Figura 5. Pérdidas de agua para los años 1997, 1998, 1999, 2000, Finca La Lucha, 2000.

Las pérdidas de suelo están influenciadas por muchos factores, uno de estos factores es la lluvia, la que generan grandes pérdidas de suelo sobre todo en áreas sin protección.

En Nicaragua se da mucho la irregularidad de las precipitaciones de un año a otro, existe también una irregularidad de las particiones de las lluvias dentro de un mismo año, a lo largo de un período de siembra. Esta irregularidad muchos años es la responsable de las pérdida de cultivos por sequía.

De acuerdo con la figura 6 las precipitaciones totales de mayo a octubre fueron de 938.43 mm; según el mismo grafico, en el año 2000 los meses de mayor precipitaciones fueron junio y septiembre en orden ascendente con 228.5 mm y 323.83 mm, y la menor precipitación fue para el mes de octubre con 26.8 mm.



Fuente: elaboración propia

Figura 6. Distribuciones de las precipitaciones (mm), Finca La Lucha 2000.

Según la Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia (1975) la frecuencia de las lluvias es crítica con respecto a las condiciones de los terrenos; si los intervalos entre las lluvias son cortos, es alto el contenido de humedad del suelo al comenzar aquellas, y aumentan los riesgos de escorrentías aun con las lluvias de baja intensidad; si por el contrario, son largos los períodos entre lluvia el suelo estará seco y no habrá escorrentía con aguaceros de baja intensidad.

4.2. Rendimientos de los cultivos de maíz y frijol Finca La Lucha, 2000

El rendimiento de un cultivo es la repuesta de un conjunto de factores que en su mayoría pueden modificarse en forma artificial, dos de estos son el nivel nutricional del suelo y la competencia que se genera entre las plantas individuales una vez emergidas.

La productividad del cultivo del maíz en laderas es baja, con aproximadamente 13.9 qq/mz. Entre los factores de orden agronómico que causan esta situación, sin tratar de ordenarlo por su importancia relativa, podemos mencionar los siguientes: baja productividad de los suelos, limitada utilización de fertilizantes químicos, limitado empleo de variedades de alto rendimiento, deficiente control de maleza, insectos,

enfermedades y en general la adopción limitada de prácticas modernas de cultivo (Tapia 1974).

A continuación se presentan los resultados de los rendimientos de los cultivos de maíz y frijol para el año 2000 en la Finca La Lucha.

4.2.1 Rendimiento del cultivo del Maíz

El rendimiento promedio del cultivo del maíz para el año 2000 (Cuadro 4) fue de 1849.5 kg/ha/a de grano por hectárea. Los rendimientos para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 fueron de 1195, 2560.11, 1846.83 y 1796 kg./ha respectivamente, mostrando diferencias significativas con un nivel de confianza del 95 % y altamente significativas con un 99 % de confianza entre sus tratamientos.

Cuadro 4. Análisis estadístico de los rendimientos promedio de maíz en kg/ha, 2000.

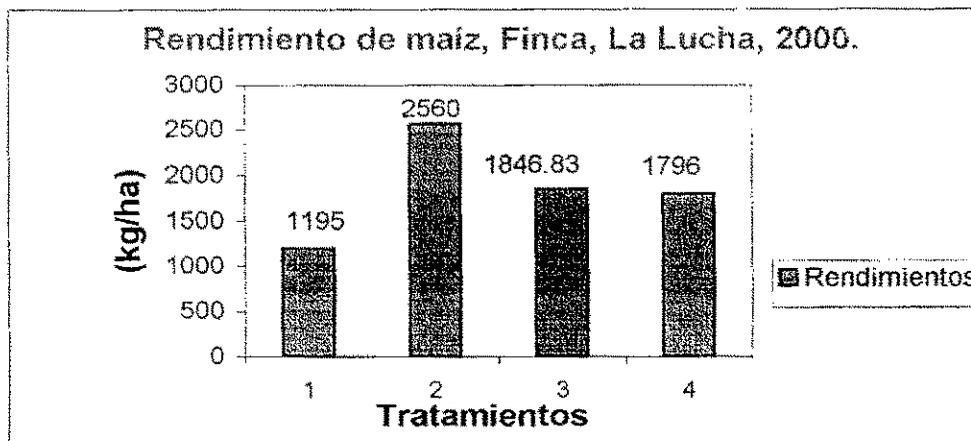
Finca La Lucha	Trat-1	Trat-2	Trat-3	Trat-4	CV (%)	Tukey (0.05)	Tukey (0.01)
Rendimientos(kg/ha)	1195	2560.1	1846.8	1796.0	23.11	*	**

Fuente: Moreno Elia

Según la figura 7 el tratamiento 2 (con aplicación de fertilizante inorgánico) obtuvo un rendimiento promedio mayor que los demás tratamientos, superando en un 53% al tratamiento 1, en un 30% al tratamiento 4 y en un 28% al tratamiento 3. Estos resultados indican que el maíz responde positivamente a la aplicación de fertilizantes inorgánicos.

Al tratamiento 2 se le incorporó biomasa (abono verde), como también abono inorgánico (2 qq completo y 1 qq de urea / manzana), estos fertilizantes contienen el nitrógeno necesario para alcanzar un alto rendimiento. Según Parson (1921) el maíz necesita una buena cantidad de nitrógeno para alcanzar su máximo rendimiento; por su parte, Tapia (1974) afirma que el maíz responde positivamente a la aplicación de nitrógeno en la gran mayoría de los casos (60-80%).

En el pacifico de Nicaragua se fertiliza con fertilizantes con formulas completas sin potasio, debido a que los suelos son ricos en ese nutriente, pero si se debe proporcionar el nitrógeno necesario para la planta y para el llenado del grano.



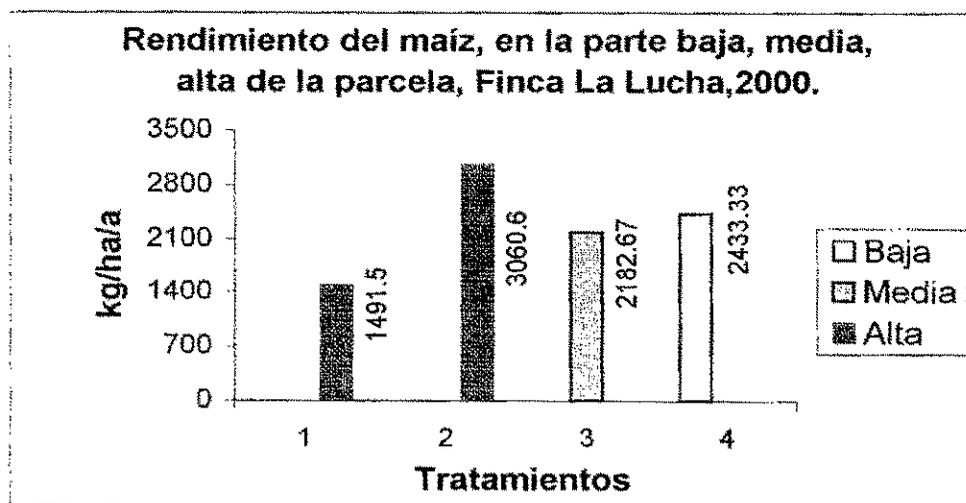
Fuente: elaboración propia

Figura 7. Rendimientos Promedios de maíz, Finca La Lucha, 2000

Por otro lado, los rendimientos obtenidos no presentaron una tendencia homogénea en cuanto a la posición se refiere (alta, media y baja de la parcela). Para los tratamientos 1 y 2 los rendimientos mayores se obtuvieron en la parte alta con 1491.5 kg/ha y 3060.6 kg/ha, siendo mayor el tratamiento 2 en un 51% el comparado con el tratamiento 1 (figura 8). El rendimiento mayor para el tratamiento 3 fue en la parte media con 2182.67 kg/ha; esto pudo deberse a la pendiente cóncava que precisamente se encuentra en la parte media de la parcela. Para el tratamiento 4 el mayor rendimiento se presentó en la parte baja con 2433.33 kg./ha/a, superando al tratamiento 3 en un 10%.

Como podemos observar no existe una tendencia homogénea, lo cual puede estar relacionado a diferencias en la densidad poblacional, en algunas partes la densidad de plantas fue baja debido a la poca germinación de la semilla. Según Bodke , et al (1967), la densidad y distribución óptima de plantas es quizás uno de los mas importantes factores para lograr rendimientos máximos de maíz.

La eficiente utilización y aprovechamiento de varios factores ambientales de desarrollo y crecimiento de la planta, por ejemplo: luz solar, aire, así como humedad y fertilidad del suelo, también depende de la óptima densidad y distribución de las plantas en el campo; otros factores como la incidencia de maleza, enfermedades, plagas y demás son influenciadas considerablemente por esta densidad y distribución óptima.



Fuente: Moreno Úbeda Elia Jorleny

Figura 8. Rendimiento del maíz, en la parte baja, media y alta de la parcela, Finca La Lucha, 2000.

Al comparar los rendimientos de los años 1997, 1998 y 1999 nos damos cuenta que el año 1998 obtuvo un rendimiento de 1849.09 kg/ha con una reducción del 0.02 % en relación al año 2000. Según Mendoza y Robleto el efecto de reducción en los rendimientos se debió a cambios climáticos de sequía presentados por el fenómeno de El Niño en el mes de junio de ese año.

El menor rendimiento para estos años lo presentó el año 1999 con 1527.7 kg/ha/a, con una reducción del 17 % en relación al año 2000. El rendimiento mayor lo obtuvo el año 1997 con 2136.4 kg/ha/a superando al rendimiento del año 2000 en un 13 %. La causa de bajos rendimientos para el año 1997 y 1999 fue la densidad poblacional por problemas de germinación de las semillas y mala calidad de la semilla certificada.

4.2.2. Rendimientos promedios de frijol, Finca La Lucha 2000

Los rendimientos de frijol para el ciclo de postrema del año 2000 (cuadro 5) fueron de 426.28, 654.96, 563 y 1158.13 kg/ha para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente. El rendimiento promedio para este año fue de 700.74 kg/ha.

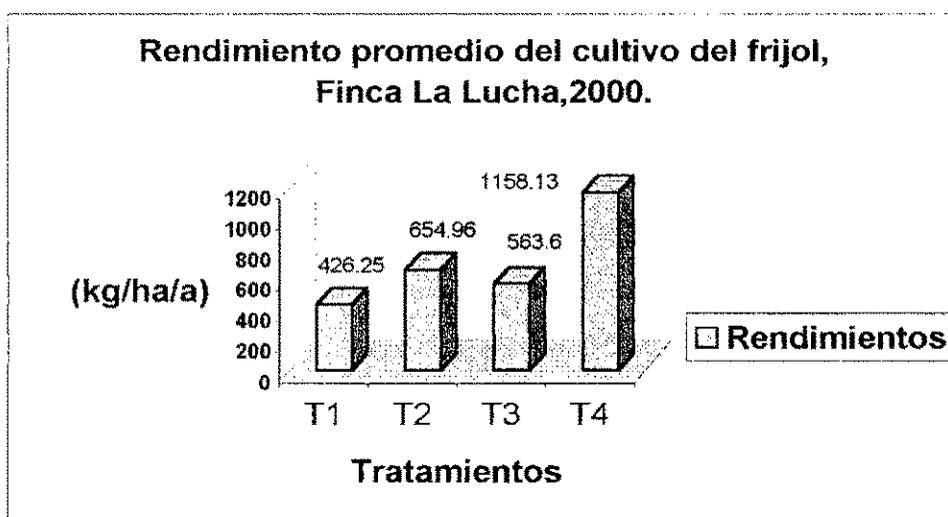
Cuadro 5. Rendimiento del frijol, Finca Lucha 2000

Finca La Lucha	Trat 1	Trat 2	Trat 3	Trat 4	CV	Andeva
Rdto. (kg/ha)	426.28	654.96	563.6	1158.13	58.66	NS

Fuente: Moreno Elia

La figura 9 muestra que el tratamiento testigo obtuvo el mayor rendimiento de frijol, superando al tratamiento 1 en un 63 % y a los tratamientos 2 y 3 en un 43 % y 51 % respectivamente. El rendimiento del tratamiento 4 pudo estar influenciado por factores ambientales, que se correlacionaron entre si para luego expresarse en la producción por hectárea. Uno de estos factores pudo ser la cantidad de nitrógeno disponible para el cultivo; posiblemente el nitrógeno aportado por el frijol es suficiente para el incremento del rendimiento.

Otro factor que posiblemente ayudó al incremento del rendimiento fue la humedad; al no tener barreras vivas, la humedad que se mantuvo en el suelo probablemente fue la mas adecuada para el cultivo. Es preciso señalar que este tratamiento tiene mayor área útil y por lo tanto mayor número de plantas en producción, favoreciendo una mayor densidad poblacional y por consiguiente un mayor rendimiento; según Rivas (1988) el incremento del rendimiento de grano es causado por el aumento de la población y mayor peso de la semilla, siendo estas las posibles causas de la mayor producción en el tratamiento testigo.



Fuente: Moreno Úbeda Elia Jorleny

Figura 9. Rendimientos promedios de frijol, Finca La Lucha, 2000

A pesar que los tratamientos 1, 2 y 3 tenían barreras vivas, los rendimientos no fueron tan altos como en el tratamiento sin barrera viva; quizás esto puede estar relacionado con el exceso de nitrógeno producido por el frijol y la barrera viva de madero negro, lo que posiblemente provocó que se retardara la floración y por ende se redujera la producción. También otro factor que pudo afectar el rendimiento fue la humedad que conservan las barreras vivas, puesto que el frijol es un cultivo susceptible a la humedad.

El tratamiento 2 es mayor en un 35 % y 14 % para los tratamientos 1 y 3 respectivamente. Al parecer el uso del fertilizante influyó en el rendimiento del frijol.

Según datos obtenidos por Pineda y Aguilera (1997) Mendoza y Robleto (1998) y para el año (1999), el mayor rendimiento lo presentó el año 1997 con 715.43 kg/ha/a siendo la diferencia con el rendimiento del año 2000 de 2.05 %. Pero al comparar el año 1998 y 2000, este último superó al año 98 con 81 %; esta gran diferencia de rendimientos se debe a que en el año 1998 el cultivo fue afectado por el paso del huracán Mitch, ya que arrasó con la mayoría de las plantas de frijol

4.3. Producción de biomasa de madero negro

La especie de madero negro ofrece muchos beneficios tales como protección al suelo, mejora el drenaje por sus raíces y hojarasca, disminuye la erosión y conserva la humedad en climas secos, reduce las altas temperaturas que destruyen la materia orgánica, protege contra el viento, aporta abono verde proveniente de la hojarasca y del desrame, lo que aumenta el humus, la aireación del subsuelo, incrementa el contenido de nitrógeno y controla las malas hierbas con la sombra (Lyyanage, 1987; Hollad, 1931).

4.3.1 Producción de biomasa

Según el cuadro 6 la producción promedio de biomasa para el año 2000 fue de 1601.31 kg/ha/a. Asimismo podemos observar que en el mes de agosto se obtuvo la mayor producción con 1790 kg/ha/a, comparada con la poda de mayo (1411.92 kg/ha) por presentar mayor área de rebrote. De igual forma observamos que el tratamiento que presentó mayores rendimientos fue el tratamiento 2, tanto en las podaduras de mayo como en las de agosto con 2040.83 kg/ha y 2566.66 kg/ha respectivamente, lo cual refleja un 20 % mayor en el rendimiento del mes de agosto en comparación con el mes de mayo.

Cuadro 6. Producción de Biomasa de madero negro, Finca La Lucha, 2000

Tratamientos	Poda de Mayo	Poda de Agosto	Total
1	1059.96	1553.83	1306.89
2	2040.83	2566.66	2303.74
3	1134.99	1251.66	1193.32
Promedio	1411.92	1790.71	1601.31

Fuente: Moreno Elia

Hay que señalar que la frecuencia de poda depende del tipo de producto que se desea obtener; mas frecuentes para forraje y menos frecuentes para leña. También la producción de biomasa esta determinada por el aumento del área de rebrote.

La mayor producción de biomasa se presentó en el follaje del madero negro (cuadro 7); del 100 % de biomasa, el 59 % correspondió a hojas y el 27 y 14 % a rama y madera respectivamente. Podemos ver que el tratamiento 2 obtuvo el mayor rendimiento de hoja, rama y madera con 2376.21, 966.78 y 649.16 kg/ha/a respectivamente. El promedio de la producción de la biomasa fue mayor en el tratamiento 2 con 1330.71 kg/ha, superando al tratamiento 1 en un 37 % y al tratamiento 3 en un 20 %.

Cuadro 7. Producción de biomasa (hoja, rama, leña) Finca La Lucha, 2000

Biomasa (kg. /ha)	T1	T2	T3	Promedio
Hoja	1739.99	2376.21	1212.73	1776.31
Rama	551.10	966.78	935.27	817.71
Leña	209.99	649.16	-----	429.57
Promedio	833.69	1330.71	1074.0	-----

Fuente: Moreno Elia

La producción promedio de biomasa para el tratamiento 1 fue de 55.48 kg/ha (cuadro 8) y para los tratamientos 2 y 3 fue de 112.63 y 48.44 kg/ha, superando al tratamiento 1 y 3 en un 50 y 57 % respectivamente. El nitrógeno aprovechable fue mayor en el tratamiento 2 con 56.31 kg/ha; en los tratamientos 1 y 3 fue de 27.7 y 24.22 kg/ha respectivamente. Es preciso señalar que por problemas de lixiviación se dispuso considerar el 50% de nitrógeno disponible para todos los tratamientos.

Cuadro 8. Nitrógeno aprovechable expresados en Kg. /ha Finca La Lucha, 2000.

(Kg. N/ha)	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Sumatoria
Biomasa Total (kg/ha)	55.48	112.63	48.44	216.55
Nitrógeno Aprovechable (kg/ha)	27.7	56.31	24.22	108.23
QQ de Urea	1.32	2.69	1.15	5.16
Kg/ Urea /ha	59.99	122.26	52.26	234.51
Beneficio Neto (C\$ /ha)	184.76	376.55	160.95	722.26

Fuente: Moreno Elia

4.4. Análisis económico parcial y análisis marginal , Finca La Lucha

En el análisis económico parcial del año 2000 para la Finca La Lucha (cuadro 9) se parte que el mayor rendimiento de maíz fue obtenido en el tratamiento 2 con 2560 kg/ha/a, superando a los tratamientos 1, 3 y 4 en un 53 %, 29 % y 27 % respectivamente. El grano de maíz adquirió un precio de campo 2.00 C\$/kg, el cual se considera bajo y por tanto no contribuyó al aumento del beneficio bruto de maíz.

El rendimiento más alto en el cultivo del frijol lo presentó el tratamiento 4, con 1158 kg/ha/a superando a los tratamientos 1, 3 y 2 en un 63, 51 y 43 % respectivamente. El alto rendimiento del frijol y su alto precio de campo (7.0 C\$/kg) contribuyeron a que este tratamiento adquiriera el más alto beneficio neto.

El aporte de biomasa generado por el tratamiento 2 fue superior a los tratamientos 1 y 3 en un 45 % y 51 % respectivamente. El precio de campo del nitrógeno fue de 3.08 C\$, el cual no contribuyó al incremento del beneficio bruto de la producción de biomasa.

La producción de estacones y leña fue mínima, con 166 y 583 unid/ha para los tratamientos 1 y 2 respectivamente; mientras que la producción de leña fue de 4.13 m³ para el tratamiento 1 y de 10.18 y 6.13 m³ para los tratamientos 2 y 3 respectivamente. Esta baja producción se debió a que la extracción de estacones se

hace cada dos años; para este periodo se obtuvo una mínima producción en vista que no coincidió con el año de extracción de estacones. Sin embargo, esta escasa producción ayudó a aumentar los beneficios brutos de estacones en 166 y 583 córdobas para los tratamientos 1 y 2; también se aumentó el beneficio bruto de leña en los tratamientos 1, 2 y 3 obteniéndose 413, 1028 y 613 córdobas respectivamente.

Los costos totales que varían (cuadro 9) fueron mayores en el tratamiento 2 con 1406.57 C\$/ha, superando a los tratamientos 3 y 1 en un 36 % y 52 % respectivamente; esto debido a la utilización de fertilizantes urea y completo en primera y postrera.

El mayor beneficio neto lo presentó el tratamiento 4 con 10528.20 córdobas; este resultado se vio influenciado por la poca producción de estacones y leña, así como por el aumento sustancial en el rendimiento del frijol; cabe señalar que en este tratamiento no se incurrió en costos variables, lo que influyó en el aumento del beneficio neto. El tratamiento 2 obtuvo un beneficio neto de 9498.72 córdobas, siendo menor en un 10 % con respecto al tratamiento 4; a pesar que éste presentó el más alto costo variable de los tratamientos evaluados, se considera como la segunda opción económica para el productor.

Al realizar el análisis de dominancia se determinó que el tratamiento testigo dominó a los tratamientos 1, 2 y 3. Según el CIMMYT (1998) no tiene sentido hablar de la tasa de retorno marginal cuando todos los tratamientos son dominados por un tratamiento en particular, en este caso por el tratamiento testigo, puesto que ésta no es mas que un método para comparar los tratamientos evaluados. En este caso el tratamiento testigo es el que más convendría al productor en términos económicos.

Cuadro 9. Presupuesto parcial en sistemas de barreras vivas de madero negro, Finca La Lucha, 2000

Criterios	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4
Rdto. Prom. maíz (kg/ha)	1195	2560	1847	1796
Rdto. Ajustado 10% (kg/ha)	1075.5	2304	1662.3	1616.4
Precio campo maíz (C\$ /kg.)	2	2	2	2
Beneficio del maíz (C\$/ha)	2151	4608	3324.6	3232.8
Rdto. Prom. de frijol(kg/ha)	426	655	564	1158
Rdto. Ajustado 10% (kg/ha)	383.4	589.5	507.6	1042.2
Precio campo frijol (C\$/kg.)	7	7	7	7
Beneficio del frijol (C\$/ha)	2683.8	4126.5	3553.2	7295.4
Biomasa Total madero negro (kg/ha)	92.49	167.21	80.75	0
Nitrógeno aprovechable (kg. /ha)	46.245	83.605	40.375	0
Biomasa /UREA (kg/ha)	100.53	181.75	87.77	0.00
Precio campo Nitrogeno(C\$/kg.)	3.08	3.08	3.08	3.08
Estacones de M.N (unid/ha)	166	583	0	0
Beneficio estacones (C\$/ha)	166	583	0	0
Leña de madero negro (m ³ /ha)	4.13	10.18	6.13	0
Beneficio leña (C\$/ha)	413	1028	613	0
Beneficio de Biomasa (C\$/ha)	309.64	559.79	270.34	0.0
Beneficio Bruto (C\$/ha)	5723.44	10905.29	7761.14	10528.20
Costo control de sombra (C\$/ha)	666.64	666.64		
Costo podas de biomasa (C\$/ha)			888.85	
Costo aplicación fertilizante (C\$/ha)		599.94		
Costo aplicación Urea (C\$/ha)		139.99		
Costos totales que varían (C\$/ha)	666.64	1406.57	888.85	
Beneficio Neto (C\$ /ha)	5056.80	9498.72	6872.29	10528.20

Fuente: elaboración propia

V. CONCLUSIONES

- ❖ En el año 2000 se registraron las menores pérdidas de suelo para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 con 1.77, 1.44, 0.92, y 1.87 respectivamente, con un promedio de 1.54 t/ha/a. Las barreras vivas de madero negro redujeron la erosión hídrica en un 26 %.
- ❖ El rendimiento promedio de maíz fue de 1849.5 kg/ha, considerado bajo en comparación con los rendimientos locales; ésto se relaciona con la reducción del espacio cultivable por las barreras vivas. El tratamiento 2 presentó el mayor rendimiento de maíz con 2560 kg/ha.
- ❖ El cultivo del frijol presentó un rendimiento promedio de 700.74 kg/ha. Al parecer, el exceso de nitrógeno aportado por la biomasa de madero negro y el nitrógeno aportado por cultivo del frijol, así como la reducción del espacio cultivable y el exceso de humedad por la barreras vivas, provocó una reducción del rendimiento de frijol.
- ❖ El mayor volumen de agua perdida lo presentó el tratamiento 4 con 21.53 mm por no tener barreras vivas. Esto confirma que las barreras vivas reducen el flujo de agua y evita que éste adquiera una velocidad erosiva.
- ❖ La producción de biomasa fue mayor en el mes de agosto con 1790.55 kg/ha, puesto que para este periodo el área foliar y los rebrotes crecieron más rápidos y en mayor cantidad.
- ❖ Económicamente la práctica de barreras vivas no es rentable para el productor en este período, en vista que en este ciclo no se obtuvo producción de leña y estacones.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Divulgar los resultados obtenidos a productores y a organismos que transfieren prácticas de conservación de suelos y agua.
- ❖ En el cultivo del maíz se recomienda la aplicación de fertilizantes inorgánicos (urea y completo) asociados con el sistema de barreras vivas de madero negro.
- ❖ Realizar estudios para determinar que elementos químicos se pierden en el proceso erosivo, así como también estudios de fertilización de los sistemas rotativos anuales de maíz y frijol asociados con las barreras vivas.
- ❖ Hacer estudios del efecto de la densidad poblacional del cultivo del frijol, para determinar su efecto en la disminución del rendimiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CARE/PITAL. 1993. Datos generales de la cooperativa General Sandino. Masaya, Nicaragua. 13 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de mejoramiento de Maíz y Trigo Tropical, ME).1998. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un Manual metodológico de evaluación económica .Edición completamente revisada-México .DF. 79p.
- Cubero, FD. 1994. Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. Ministerio de Agricultura y ganadería. FAO (Organización de Naciones Unidas para la agricultura y la ganadería). 2. ed. San José , Costa, Rica. 278p.
- FAO 1980. (Organización de Naciones Unidas para la agricultura y la ganadería).1980. Metodología Provisional para la evaluación de la degradación de los suelos Roma, Italia. 85p..
- Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia. 1975. Manual de conservación de suelos de ladera: Centro Nacional de investigaciones de café, Chinchina, Colombia. 267p.
- Finck, A. 1985. Fertilizantes y fertilización: Fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Editorial. Reverte. Barcelona España. 439p.
- Hudson, N. 1982. Conservación del suelo. Editorial Reverte, Barcelona España.335p.
- Hudson, N. 1987. Soil conservation Strategies in the tired World Jour of Soil and Water Conservation . v.38, 270p.
- INTA (Instituto Nicaragüense de tecnología Agropecuaria).1995. Guía tecnológica 1. Managua, Nicaragua.22p.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria).1995. Cultivo de Maíz ., Managua, Nicaragua. 11p.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria).1997. Guía Tecnológica Barreras vivas. Managua, Nicaragua. 15p.
- IRENA (Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales).1994. Ordenamiento, Manejo y conservación de cuencas hidrográficas. Managua, Nicaragua. 199p
- Kirby, M.J.; Morgan, RP. 1984 .Erosión de suelos. Editorial Limusa. México, D.F. 350p.

- Lezama, J.C. 1996. Efecto de cobertura muerta y fertilización sobre el comportamiento de la Cenosis el crecimiento y rendimiento del cultivo del frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L). Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua.38p
- Mannering, J. 1981. The use of soil loss tolerances as a strategy for soil conservation: soil conservation problems and prospects Morgan Wiley, Chich. p.337-349.
- Mendoza, R.B. 1997. Evaluación de barreras vivas de *Gliricidia Sepium* (Jacq) sobre pérdidas de suelo, agua y rendimientos de maíz y frijol en tres sitios de la cuenca el Pital. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 71p.
- Mendoza, F; Robleto, JF. Evaluación de barreras vivas de *Gliricidia Sepium* (Jacq) en parcelas de escurrimiento y su valoración económica con sistemas rotativos anuales de maíz (*Zea may.* L) Y frijol (*Phaseolus Vulgaris* L). Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua.49p
- MIDINRA (Ministerio de Desarrollo y Reforma Agraria). 1980. Informe Agropecuario de producción. Managua, Nicaragua. 21p.
- Nair, P.K. 1984. Soil productivity aspects of agro forestry. Editorial ICRAF. 130p.
- Parson, M. D. B, 1991. Maíz. Editorial trillas. México, DF.56p.
- Pineda, O.M. ; Aguilera, AM. 1997. Evaluación del efecto de barreras vivas de *Gliricidia Sepium* sobre la erosión de suelos y la producción de Granos básicos en parcelas de escurrimientos. Proyecto CARE - Pital. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua, 80p.
- Porta, J. et al. 1990. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Editorial Mundi – Prensa. Barcelona España. 849p.
- Posner. et al .1954.;citado proyecto CAM 90/002-PNUD / OPS. 1990. P. 100-105.
- Rapidel, B.; Rodríguez, J. 1990. Zonificación agrometereológica de las lluvias en Nicaragua. Proyecto regional de agrometereología. CATIE – CIRAD – ORSTON. Managua, Nicaragua. 24p.
- Rivas, T.1988. Caracterización agronomica en la producción de frijol común (*phaseolus vulgaris* L.) de postrera en Rivas Tola. Managua, Nicaragua.84p
- Sánchez, HR.1973. Comportamiento de leguminosas en el establecimiento del cultivo del Cultivo del plátano.65p.
- Suárez, C. F. 1982. Conservación de suelos. Editorial .San José, Costa, Rica. 315p.

- Sheng, T, C.1990. Conservación de suelos para los pequeños agricultores en las zonas Tropicales húmedas. FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). Roma, Italia. Boletín 60 .122p.
- Ulloa, F.S., Mendoza, R. B.; Jirón, 1997. Adopción de tecnologías de conservación de Suelos y agua en cinco pinos y el chaparral Chinandega. Sociedad Garmendia y PASOLAC. Managua- Nicaragua. 38p.
- Tapia, B.H.1973. El cultivo del frijol de Nicaragua. (Comisión Nacional permanente para Coordinación de la asistencia agropecuaria. Managua, Nicaragua. 18p.
- Tapia, B.H. 1974. El cultivo del maíz en Nicaragua . Editorial CEIEA – MAG. 2.ed. Managua, Nicaragua. 61p.
- Tapia, B.H.; Camacho, AH.1988. Manejo Integrado de la producción de frijol basado en labranza Cero. Managua. Nicaragua. 83p.
- Tracy, F.C.; Pérez, JR. 1987. Manual practico de conservación de suelos. Proyecto Manejo de Recursos Naturales. Tegucigalpa, Honduras. P.1-3.
- Ugarte, S. 1994. Evaluación Socioeconómica de la Finca demostrativa La Lucha. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 70p.
- Vega, M.A. 2000. Evaluación participativa de la adopción de técnicas de agricultura Sostenible en laderas (ASEL) en cuatro comunidades de los municipios de San Lucas, Madriz y Mozonte, Nueva Segovia . Managua, Nicaragua. 75p
- Wischmeir, W.H. 1976. Use and misuse of the universal soil equation. J. Soil Water. v.31,p.5-9.
- Wischmeir, W.H. and Smith, 1978. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. us dept. agric. Handbook 537p.

VIII. ANEXOS

Cuadro 1. Rendimientos del maíz para los años 1997, 1999 ,2000 Finca La Lucha

Rendimientos	1997	1999	1998	2000
T1	1666.6	999.08	1,501.59	1195.01
T2	3289.68	1951.63	2,661.0	2560
T3	2269.84	1453.33	1,666.26	1846.83
T4	1319.5	1706.78	1,567.5	1796.0
Rendimiento Promedio	2136.4	1527.7	1,849.09	1849.5

Fuente: elaboración propia

Cuadro 2. Rendimientos del frijol para los años 1997, 1998, 1999, 2000, Finca La Lucha

Rendimientos (kg/h /a)	1997	1999	1998	2000
Tratamiento 1	710.0	352.51	139.4	700.74
Tratamiento 2	781.25	813.22	160.44	426.28
Tratamiento 3	745.62	432.81	146.09	654.96
Tratamiento 4	624.87	433.96	82.38	563.60
Rendimiento promedio	715.43	508.12	132.07	700.74

Fuente: elaboración propia

Cuadro 3. Rendimientos del cultivo del maíz según sus elevaciones en el año 2000.

Elevaciones	T1	T2	T3	T4	Elevación(%)
Alta	1524	3060.6	1599.26	1154.89	50
Media	1294	2054.95	2182.67	1800.05	35
Baja	1196	2564.8	1758.56	2433.33	20

Fuente: elaboración propia

Cuadro 4. Nitrógeno aprovechable expresados en (kg/ha)

Criterios	P1	P2	P3	P4	P5	P8
Hoja (kg/ha)	75.13	139.46	109.86	194.96	55.8	105.7
Nitrógeno Aprovechable (kg/ha)	37.56	69.73	54.93	97.48	27.9	52.85
QQ de Urea	1.79	3.33	2.62	4.66	1.33	2.52
kg de Urea /ha	81.35	151.34	119.07	211.79	60.45	114.34

Fuente: elaboración propia

Cuadro 5. Matriz para el cálculo de pérdida de suelo

Nº de parcela	Peso seco (g)	Vol. Lodo lt. Laboratorio	Volumen. Lodo lt parcela	Pérdida de Suelo g. 54 m²	Pérdida Suelo ton /ha⁻¹

Cuadro 6. Matriz para el cálculo de pérdida de agua

Nº de parcela	Volumen. Total cm	Volumen (l t)	Volumen (l/t)	Volumen. M³/ha⁻¹

Fuente: elaboración propia