

CENTRO AGRONOMICO DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
SUBDIRECCION GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE POSGRADO

SISTEMA AGROFORESTAL CON ERYTHRINA FUSCA Lour. EN TIERRAS DE LADERA: EFECTOS EN LA PERDIDA DE SUELO, ESCORRENTIA SUPERFICIAL Y PRODUCCION DE CULTIVOS ANUALES. PROPUESTA PARA DISTANCIAMIENTO DE CULTIVOS EN CALLEJONES UTILIZANDO MODELOS DE PREDICCION.

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado  
de

MAGISTER SCIENTIAE

Por

THERESE ISABELLE LEBEUF LEGER

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Turrialba, Costa Rica

1993

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de :

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:

---

Jorge Faustino, M. Sc.  
Especialista en Conservación de  
Suelos y Aguas, CATIE  
Profesor Consejero

---

*Donald L. Kass*  
Donald Kass, Ph. D.  
Coordinador del Area Agroforestal,  
CATIE-DANIDA  
Miembro del Comité

---

*Jean Collinet*  
Jean Collinet, Ph. D.  
Edafólogo, ORSTOM  
Miembro del Comité

---

*Assefaw Tewolde*  
Assefaw Tewolde, Ph. D.  
Jefe, Area de Posgrado

---

*Ramón Lastra*  
Ramón Lastra, Ph. D.  
Director, Programa de Enseñanza

---

*Isabelle Thérèse Lebeuf Léger*  
Isabelle Thérèse Lebeuf Léger, Ing. f.  
Candidata

PARTE I

SISTEMAS AGROFORESTALES CON *ERYTHRINA FUSCA* Lour. Y SUS  
EFECTOS SOBRE LA PERDIDA DE SUELO, LA ESCORRENTIA  
SUPERFICIAL Y LA PRODUCCION DE LOS CULTIVOS ANUALES EN  
TIERRAS DE LADERA, SAN JUAN SUR, TURRIALBA, COSTA RICA.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Turrialba, Costa Rica  
1993

## PRIERE DE LA FORET

Homme!

- Je suis la chaleur de ton foyer par les froides nuits d'hiver
- L'ombrage ami lorsque brûle le soleil d'été
- Je suis la charpente de ta maison  
La planche de ta table
- Je suis le lit dans lequel tu dors  
et le bois dont tu fais tes navires
- Je suis le manche de ta houe  
et la porte de ton enclos
- Je suis le bois de ton berceau  
et de ton cercueil

## ECOUTE MA PRIERE

- Laisse moi vivre pour temporiser les climats et favoriser l'éclosion des fleurs.
- Laisse moi vivre pour arrêter les typhons et empêcher les vents de sable.
- Laisse moi vivre pour calmer les vents et apporter la pluie au monde.
- Laisse moi vivre pour empêcher les inondations.
  
- Je suis la mère de tous les fleuves  
car mes enfants sont les ruisseaux
- Je suis la richesse de l'état car je contribue à la prospérité des villages
- J'embellis ton pays par la verdure de mon manteau

Homme!

- Je suis l'âme de ta Patrie
- Ecoute ma prière
- Ne me détruis pas.

Poème Vietnamien-

## DEDICATORIA

A mi tía materna, Marielle Léger, por acompañarme durante mi estadía en Costa Rica y por alentarme siempre en los altibajos de la producción de la tesis y de la vida.

A la familia Cristina y Víctor Garita Vargas, Edwin y Sandra, Yadira, Walter y Shorel, Eduardo, Cesar y Luz Marina, Laura por hacerme sentir como en mi propia casa y compartir el amor familiar.

A la familia Celina y José Campos Fonseca, Susan y Bárbara por compartir y alegrar la vida del Arte Nacional y Internacional.

A Mara Benez, amiga hermana por siempre.

A Lisseth Brenes Binns, por compartir los estudios musicales, la amistad y su apoyo valioso a la biblioteca ORTON.

A Pablo y Mariale Ayón Montealegre y su hija María-Leczinzka, por su amistad y comprensión que existe desde hace nueve años y seguirá aún interoceánica.

A Nalini Fafard, por su amistad y apoyo gigantesco moral y espiritual en mi estadía en Costa Rica y por tener siempre la palabra exacta para ayudar a uno en el momento más necesitado. Por haberme encontrado con un grupo que busca el camino de la luz.

A Flor Rodríguez Ballestero, por sus manos terapéuticas, su ayuda física, moral y espiritual, por su amistad. También a todos del Centro Bienestar por acogerme con mi computadora al final de mi tesis.

A mis compañeras y compañeros de la promoción 90-92 por alegrar mi estadía en el CATIE.

## AGRADECIMIENTOS

En primer instancia, a mi profesor consejero, Sr Jorge Faustino, por su apoyo y orientación para la realización de esta tesis, por sus recomendaciones técnicas, por su interés ilimitado hasta hoy día en la revisión de este trabajo y su disposición siempre en ayudar, junto con su presencia humana y espiritual.

A mi profesor miembro del comité, Sr Donald Kass, por permitirme participar en su proyecto AFN-CIID para lograr los objetivos de la tesis, por su confianza en dejarme coleccionar datos y manejar las parcelas de escurrimiento que me dio una experiencia sin precedentes en el área de la investigación, por facilitarme una oficina, por sus acertadas sugerencias al trabajo, por el apoyo técnico y económico brindado por el mismo proyecto.

A mi profesor miembro del comité, Sr Jean Collinet, por sus recomendaciones y sugerencias acertadas que aportó aspectos interesantes al trabajo, por dedicar parte de su tiempo en facilitarme la información necesaria y compartir sus conocimientos amplios, por su colaboración en el presente trabajo.

Al asistente de Bioestadística, Sr Johnny Pérez, por su valiosa ayuda en el análisis y la revisión del texto estadísticos.

A los trabajadores del experimento de San Juan Sur, Adolfo Solano Camacho, José Camacho Camacho y Rodrigo Navarro Núñez por su persistencia y su precisión en la toma de datos diarios, por su confianza y amistad para siempre.

Al personal del Laboratorio de Suelos por analizar las múltiples muestras y entregar los resultados a tiempo.

Al personal técnico y administrativo de los proyectos AFN-CIID y RENARM-Cuencas por su gran colaboración. Especialmente a Yael's Camacho por su disposición y sus sugerencias.

Al personal de la Biblioteca ORTON, siempre dispuestos a apoyar la investigación que se desarrolla.

Al personal del proyecto Agrosilvopastoril de l'ACDI por permitirme usar el sistema McIntosh y dar apoyo técnico.

A la Comunidad del CATIE por su acogida durante mis estudios que me llenó de muchas satisfacciones y alegrías.

Al Bureau Canadien des Etudes Internationales (BCEI), el cual maneja las becas ofrecidas por la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI) por la confianza en mí, para mi superación profesional, por el apoyo económico durante mis estudios dentro del cual se distingue esta tesis.

## BIOGRAFIA

La autora nació el 9 de julio de 1958 en St-Timothée, Provincia de Québec, Canadá.

Hizo sus estudios de escuela primaria en St-Timothée. Siguió la escuela secundaria en Valleyfield. También completó los estudios preuniversitarios en el CEGEP de Valleyfield. Finalmente, se graduó de Ingeniera Forestal en la Universidad Laval en Québec en el año 1982.

En 1983, trabajó en Ilesha, Nigeria, Africa Oeste en educación para Crossroads International, Toronto.

De 1984 a 1985 se desempeñó como jefa de proyecto de Manejo de Micro-Cuencas para CARE-Honduras en colaboración con el Instituto Nacional SANAA.

En 1986, ocupa el puesto de consejera técnica para el proyecto de Conservación de Suelos y Aguas con CARE-Comores en las islas Comoras, Océano Indico en colaboración con los institutos nacionales CADER de Ouani y Boungoueni.

De 1987 a 1989, se desempeña como consejera técnica principal del proyecto "Protection du Couvert Végétal au Passoré", Provincia de Yako, Burkina Faso, Africa Oeste en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente. Está contratada por l'ACDI (Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional).

En 1990 ingresó al Programa de Posgrado del CATIE, donde obtuvo el grado de Magister Scientiae, con especialidad en Agroforestería, por lo cual recibió distinción honorífica.

## CONTENIDO

DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
BIOGRAFIA .....	vii
CONTENIDO .....	viii
RESUMEN .....	xi
SUMMARY .....	xiii
LISTA DE CUADROS .....	xv
LISTA DE FIGURAS .....	xviii
1.0 INTRODUCCION .....	1
2.0 OBJETIVOS E HIPOTESIS .....	3
2.1 Objetivos .....	3
2.2 Hipótesis .....	4
3.0 REVISION DE LITERATURA .....	5
3.1 Rol de la agroforestería en la conservación de suelos .....	5
3.2 Potencial de los SAF en controlar las tres (3) variables: erosión, escorrentía y fertilidad .....	6
3.3 Erosión de suelo en relación a los tratamientos .....	8
3.4 Escorrentía superficial en relación a los tratamientos .....	13
3.5 Producción de cultivos agrícolas bajo sistemas agroforestales en situación de ladera .....	17



4.0	MATERIALES Y METODOS .....	19
4.1	Historia geológica de la región del sitio experimental, San Juan Sur .....	19
4.1.1	Propiedades físicas y químicas del suelo de la región de San Juan Sur .....	21
4.2	Datos generales sobre el sitio experimental .....	23
4.3	Conocimiento de la especie <i>Erythrina fusca</i> Lour. ....	25
4.4	Descripción de las parcelas experimentales .....	28
4.5	Bloques y tratamientos .....	30
4.6	Diseños experimentales .....	33
4.7	Modificación a las parcelas de escurrimiento .....	35
4.8	Aplicación de herbicidas .....	36
4.9	Reemplazo de los árboles muertos en los cultivos en callejones .....	36
4.10	Aplicación de mulch .....	37
4.11	Poda de los árboles en los cultivos en callejones .....	39
4.12	Siembra de los granos básicos .....	40
4.12.1	Siembra del frijol .....	40
4.12.2	Siembra del maíz .....	42
4.13	Manejo del cultivo después de la siembra .....	45
4.13.1	Para el frijol .....	45
4.13.2	Para el maíz .....	46
4.14	Madurez fisiológica .....	47
4.14.1	Del frijol .....	47
4.14.2	Del maíz .....	48
4.15	Rendimiento de los granos básicos .....	49
4.15.1	Rendimiento del frijol .....	49
4.15.2	Rendimiento del maíz .....	50
4.16	Inoculación de las raíces de los árboles .....	52
4.17	Lectura del pluviómetro .....	52
4.18	Lectura del pluviógrafo .....	53
4.19	Mediciones de la escorrentía .....	53
4.20	Mediciones del suelo erosionado .....	54
5.0	RESULTADOS Y DISCUSION .....	56
5.1	Precipitación .....	56
5.2	Rendimiento de los granos básicos .....	56
5.2.1	Rendimiento del frijol en el período 91-92 .....	58
5.2.1.1	Rendimiento del frijol del año 92 con el cultivo en callejón 12m2h. ....	65
5.2.2	Rendimiento del maíz en el período 91-92 .....	67
5.2.2.1	Rendimiento del maíz del año 92 en el cultivo en callejón 12m2h. ....	71
5.3	Escorrentía superficial anual 1992 .....	73
5.3.1	Escorrentía superficial anual 1992 con el cultivo en callejón 12m2h. ....	76

5.3.2	Escorrentía en el ciclo del frijol.....	77
5.3.2.1	Escorrentía en el ciclo del frijol en el cultivo en callejón 12m2h.....	78
5.3.3	Escorrentía en el ciclo del maíz.....	80
5.3.3.1	Escorrentía superficial durante el ciclo del maíz con el cultivo en callejón 12m2h.....	81
5.4	Erosión anual de suelo 1992.....	82
5.4.1	Erosión anual de suelo con el cultivo en callejón - 12m2h.....	87
5.4.2	Erosión de suelo durante el ciclo del frijol.....	88
5.4.2.1	Erosión de suelo durante el ciclo del frijol en el cultivo en callejón - 12m2h.....	89
5.4.3	Erosión de suelo durante el ciclo del maíz.....	91
5.4.3.1	Erosión de suelo en el ciclo del maíz con el cultivo en callejón-12m2h.....	94
5.5	Correlación entre las 3 variables: escorrentía, erosión y rendimiento 1992.....	95
5.5.1	Correlación entre la escorrentía y la erosión.....	95
5.5.2	Correlación entre la escorrentía, la erosión y el rendimiento de frijol.....	96
5.5.3	Correlación entre la escorrentía, la erosión y el rendimiento de maíz.....	96
6.0	CONCLUSIONES.....	97
7.0	RECOMENDACIONES.....	101
8.0	BIBLIOGRAFIA.....	105

II PARTE

MODELACION DE LA CONSERVACION DE SUELOS EN CULTIVOS  
EN CALLEJONES Y NORMAS DE DISTANCIAMIENTO  
PARA SUELOS VOLCANICOS

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Turrialba, Costa Rica  
1993

## CONTENIDO

RESUMEN .....	v
SUMMARY .....	vii
LISTA DE CUADROS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABLAS .....	x
LISTA DE ANEXOS .....	x
1.0 INTRODUCCION .....	1
2.0 ENUNCIACION DE LA PROBLEMATICA .....	4
3.0 OBJETIVOS .....	5
3.1 Objetivo general .....	5
3.2 Objetivos específicos .....	5
4.0 HIPOTESIS DEL TRABAJO .....	6
5.0 REVISION DE LITERATURA .....	7
5.1 Generalidades .....	7
5.2 Niveles de tolerancia a la pérdida de suelo .....	10
5.3 Distanciamiento entre hileras de árboles .....	15
6.0 METODOLOGIA .....	20
6.1 Primera metodología: prueba estadística .....	20
6.1.1 Definición de los tratamientos .....	20
6.1.2 Elección de las variables independientes en el modelo de regresión múltiple .....	21
6.1.3 Propósitos del análisis de regresión .....	22
6.1.4 Coeficiente de correlación múltiple y contribución de las variables independientes .....	24
6.1.4.3 Coeficiente de variación .....	24

6.2	Segunda metodología: modelo predictivo "MESA" ....	25
6.2.1	Entrada de datos generales (Data file operation).....	26
6.2.2	Entrada de datos ambientales (Input environmental).....	27
6.2.2.1	Entrada del factor R.....	27
6.2.2.1.1	Factor R: Caso de Costa Rica.....	27
6.2.2.2	Entrada del factor K.....	28
6.2.2.2.1	Valor del factor K: Caso de Costa Rica....	28
6.2.2.3	Entrada del factor LS.....	29
6.2.2.3.1	Valor del factor LS: Caso de Costa Rica....	29
6.2.2.4	Análisis y propuesta para el factor T.....	30
6.2.2.4.1	Valor del factor T: Caso de Costa Rica....	32
6.2.3	Entrada de datos de los sistemas de cultivos.....	32
6.2.3.1	Cálculo del factor C.....	33
6.2.3.1.1	Valor del factor C: Caso de Costa Rica....	34
6.2.3.2	Sistema de cultivos en general... ..	34
6.2.3.3	Sistema de cultivos en detalles.. ..	34
6.2.3.3.1	Valor de C en su peor y su mejor productividad.....	35
6.2.3.3.2	Período de crecimiento de los componentes.....	36
6.2.3.3.3	Proporción de terreno ocupado por cada componente.....	37
6.2.3.3.4	Cálculo de cada proporción del sistema agroforestal: Caso de Costa Rica.....	37
6.2.3.3.5	Cálculo para el cultivo en Callejón - 4m.....	37
6.2.3.3.6	Cálculo para el cultivo en Callejón - 6m.....	39
6.2.3.3.7	Cálculo para el cultivo en Callejón - 12m2h.....	41
6.2.4	Cálculo de la pérdida de suelo.....	42

7.0	RESULTADOS Y DISCUSION .....	44
7.1	Análisis de la regresión múltiple .....	44
7.1.1	Ecuación lineal de la regresión .....	44
7.1.2	Coefficiente de determinación ( $R^2$ ) .....	45
7.1.3	Coefficiente de variación (CV) .....	46
7.1.4	Resumen de la prueba con la regresión .....	46
7.2	Modelo de predicción MESA aplicado a los datos de Costa Rica .....	47
7.2.1	Valor del factor R: Caso de Costa Rica ....	47
7.2.2	Valor del factor K: Caso de Costa Rica ....	48
7.2.3	Valor del factor LS: Caso de Costa Rica ....	49
7.2.4	Valor del factor T: Caso de Costa Rica ....	49
7.2.5	Valor del factor C: Caso de Costa Rica ....	51
7.2.6	Pérdida de suelo: Caso de Costa Rica .....	51
7.2.6.1	Pérdida de suelo medida en San Juan Sur, Turrialba, C.R., 1992 .....	51
7.2.6.2	Pérdida de suelo predicha por el modelo MESA para el sitio de San Juan Sur, Turrialba, C.R. ....	52
7.2.7	Análisis de regresión para el caso de Costa Rica .....	53
7.2.8	Cálculo de la pérdida de suelo: Caso de Colombia .....	56
7.2.9	Construcción de la tabla de distanciamiento .....	58
7.2.10	Tablas de distanciamiento comparativas ....	63
8.0	CONCLUSIONES .....	66
9.0	RECOMENDACIONES .....	68
10.0	BIBLIOGRAFIA .....	71
	ANEXOS .....	76

LEBEUF L., T.I. 1993. Sistemas agroforestales con *Erythrina fusca* y su efecto sobre la pérdida de suelo, la escorrentía superficial y la producción de los cultivos anuales en tierras de ladera, San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica.

Palabras claves: Escorrentía superficial, erosión hídrica, rendimiento, cobertura vegetal (mulch), cultivo en callejones, maíz y frijol.

## RESUMEN

Esta investigación contempló la pérdida de suelo, la escorrentía superficial y la producción de granos básicos bajo cinco sistemas agroforestales en situación de ladera en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica. Este experimento se llevó a cabo por cuatro razones: primero, la necesidad de mejorar los sistemas de producción tradicionales, incorporando tecnología apropiada acertada, para hacerlos más productivos. Segundo, encontrar cuáles de los sistemas agroforestales (SAF) llegan a controlar los problemas de degradación y de baja productividad en los trópicos. Tercero, dar un aporte al conocimiento de los procesos de erosión y escorrentía bajo SAF y fortalecer las recomendaciones de los pocos estudios realizados en las tierras altas de la Cordillera Centroamericana. Cuarto, *Erythrina fusca* ha sido de las especies de este género menos estudiada en la región y se conoce poco de su comportamiento en un SAF.

El método experimental usado para cuantificar las pérdidas de suelos es la parcela de escurrimiento (FAO, 1978). Para el desarrollo del experimento, se estableció los tratamientos propuestos en parcelas de 3\*22m para el cultivo tradicional, cultivo + mulch, suelo desnudo y en parcelas de 7\*22m para los tratamientos de cultivos en callejones. Luego sobre estas mismas parcelas se definió una parcela útil de 2\*22m que constituyó la "Parcela de Escorrentía".

La población del frijol fue de 200 000 plantas/ha en los monocultivos, 160 000 plantas/ha en los Callejón-6m y 140 000 plantas/ha en los Callejón-4m. El análisis de varianza en parcelas divididas para la variable rendimiento del frijol no mostró significancia al 5% entre las cosechas de los años 91 y 92. Pero sí hubo diferencia significativa entre bloques y entre tratamientos. La prueba de Duncan reveló que los mejores rendimientos corresponden a los tratamientos del cultivo asociado con aplicación de mulch de *I. edulis* (2160 kg/ha) y mulch de *E. fusca* (2000 kg/ha). Los rendimientos superiores pueden explicarse por los efectos beneficiosos de la materia orgánica y su aporte de nutrimentos.

El resultado menos favorable se presentó con los cultivos en callejones, la distancia de 4m presenta en los 2 años el

rendimiento de frijol más bajo (1085 kg/ha). Este resultado se puede explicar por el espacio que ocupa la hilera de árboles en vez del cultivo frijol. También durante los dos años estos árboles casi no produjeron biomasa, solamente entre 3 y 4 t/ha. Hay una aparente competencia por los nutrimentos entre árboles y cultivos que explica la producción baja del frijol.

La población del maíz fue de 50 000 plantas/ha en monocultivo y 40 000 plantas/ha en los cultivos en callejones. El rendimiento del maíz produjo, al igual que el frijol, diferencia significativa para los tratamientos con mulch de *I. edulis* (3075 kg/ha) y mulch de *E. fusca* (2450 kg/ha). En grado menor se ubicaron los cultivos en callejones por las mismas razones dadas anteriormente con el frijol. Vale mencionar que en el segundo año la aplicación de mulch se redujo a la mitad (8t/ha); aún con esta disminución el maíz sigue aumentando su rendimiento.

#### Escorrentía superficial anual

El análisis de varianza no mostró significancia al 5% entre bloques pero hubo diferencia significativa entre tratamientos. El mulch de *E. fusca* (0,29%) y el de *I. edulis* (0,36%) permiten menos escorrentía por impedir el efecto del impacto de la gota en el suelo y su salpique. El mulch de *E. fusca* protege mejor durante la época más seca por la forma de la hoja que ocupa menos superficie y deja infiltrar el agua, mientras la *I. edulis* cubre demasiado y hace efecto de una lámina.

#### Erosión anual

Durante el año 92, hubo diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre bloques o sea el bloque B (25%) produjo mayor erosión. La parcela desnuda la cual produjo más erosión difiere de los demás tratamientos; aunque la cantidad total de suelo perdido no alcanzó a 1 t/ha/año. La presencia de material alófono forma complejos muy estables; los enlaces físicos forman agregados estables y entonces el suelo es muy poco erosivo. Las parcelas de mulch, más que todo la de *I. edulis*, permitieron la mínima pérdida de suelo, la cobertura vegetal ofrece una buena protección contra el arrastre de partículas de suelo. Los cultivos en callejones no ofrecieron mayor protección en comparación al cultivo tradicional debido a la poda de los árboles de *E. fusca* que produjeron solo 4 t/ha en el primer año y 3.4 t/ha en el segundo año.

Se nota tendencia a que el rendimiento de granos básicos fue mejor en las parcelas con aplicación de mulch, esta protege mejor el terreno contra la erosión y la escorrentía. Los cultivos en callejones no presentan mayor resultados principalmente por no producir una cantidad de biomasa comparable a la que se aplicó en las parcelas de mulch.



LEBEUF LEGER, T. I. 1993. Agroforestry systems with *Erythrina fusca* Lour. and his effects on runoff, soil erosion and annual crops production on steep lands, San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica.

Key words: Runoff, soil erosion, yields, mulch, hedgerow intercropping, maize and beans.

### SUMMARY

Soil erosion, runoff and annual crop production under five agroforestry systems were determined on a Typic Fulvudand on 15-50% slope in San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica. There were four objectives: 1) to improve traditional productive systems incorporating appropriate technology; 2) to find which system can control degradation problems and low productivity in the tropics 3) increase our understanding of processes of soil erosion and runoff under agroforestry systems and elaborate recommendations for sloping lands of Central América; and 4) to evaluate the potential of *Erythrina fusca* in agroforestry system.

Standard USDA-SCS "Runoff plots" were established. Treatments are established in plots of 3\*22m for traditional crops, crops+mulch and bare plot and 7\*22m for hedgerow intercropping. Within those plots a sample of 2\*22m was delimited with metal strips and collection devices to form the runoff plot.

Bean population was 200 000 plants/ha in crops without trees, 160 000 plants/ha with hedgerows spaced at 6m and 140 000 plants/ha in hedgerows spaced at 4m. Yields of annual crop of beans did not increase significantly between 1991 and 1992. There was a significant difference among treatments and higher yields were obtained with a mulch of *Inga edulis* (2 160 kg/ha) and *Erythrina fusca* (2 000 kg/ha). This positive response is explained by the mulching effect and the nutrient content of the materials applied (16 t/ha fresh weight).

Hedgerow intercropping was less effective especially at the 4m spacing because of the lower bean population, the low production of tree biomass (less than 4 t/ha), and the competition for nutrients between trees and crops.

The maize population was 50 000 plants/ha in treatments without trees and 40 000 plants/ha in hedgerow intercropping. The maize yields followed the same patterns as those of the beans: there was a significant difference among treatments and mulch of *I. edulis* (3 075 kg/ha) and mulch of *E. fusca* (2 450kg/ha) show the best yields. The hedgerow intercropping systems produce the lowest yields for the same reason given for beans. During the second year, the application of mulch was reduced to half (8 t/ha) because of

its slow decomposition; even with this reduction, maize yields increased.

#### Annual runoff

Starting in the second year, both mulches of *E. fusca* (0,29%) and *I. edulis* (0,36%) decreased the annual runoff significantly because of slowing drop impact and reduced splash erosion. Mulch of *E. fusca* offered better protection during the drier season (bean cycle) because its leaves produced a more shallow cover and allowed the rain to infiltrate into the soil.

#### Annual soil erosion

During the year 1992, the block-B (25% of slope) produced major erosion. The treatment with the bare plot produced significantly more erosion even if the total loss soil was not more than 1 t/ha/year. The high content of amorphous material explained the very low soil erodibility. The most recent land use was pasture which resulted in greater organic matter buildup and the cropping systems utilized produced considerable residues.

In conclusion, annual crops yielded more in the mulch systems which also give greater protection from runoff and erosion. The hedgerow cropping systems did not give better results compared to traditional systems because of their very low biomass production (<4 t/ha) which was much lower than that applied in the mulch plots (16 t/ha).

## LISTA DE CUADROS

1. Cultivos en callejones con *Gliricidia sepium* y su efecto sobre la pérdida de suelo. Urabá, Colombia, 1986. .... 8
2. Pérdida de suelo bajo sistemas agroforestales en Trivandrum, India, 1989. .... 9
3. Pérdida de suelo en los sistemas agroforestales con cultivo de maíz. Nigeria, Africa Oeste, 1989. .... 10
4. Pérdida de suelo en los sistemas agroforestales con cultivo de cowpea. Nigeria, Africa Oeste, 1989. .... 10
5. Pérdida de suelo en los sistemas agroforestales. Patanchenu, India, 1991. .... 11
6. Cultivos en callejones de *Gliricidia sepium* y su efecto sobre la escorrentía superficial. Urabá, Colombia, 1986. .... 13
7. Escorrentía superficial bajo sistemas agroforestales en Trivandrum, India, 1989. .... 14
8. Escorrentía superficial en los sistemas agroforestales con el cultivo de maíz. Nigeria, Africa Oeste, 1989. .... 14
9. Escorrentía superficial en los sistemas agroforestales con el cultivo de cowpea. Nigeria, Africa Oeste, 1989. .... 15
10. Escorrentía superficial en los sistemas agroforestales. Pantachenu, India, 1991. .... 16
11. Rendimientos promedios de tres años de yuca bajo diferentes sistemas agroforestales. Trivandrum, India, 1989. .... 17
12. Lista de los tratamientos y sus abreviaturas. .... 30

13. Medidas para la aplicación de herbicidas .....	36
14. Medidas para la aplicación de insecticidas.....	45
15. Medidas para la aplicación de fungicidas.....	46
16. Análisis de varianza en parcelas divididas para rendimiento de frijol, cosechas 1991-1992.....	59
17. Prueba Duncan de los bloques para el rendimiento de frijol, 1991-1992.....	59
18. Prueba Duncan de los tratamientos para el rendimiento de frijol, 1991-1992.....	61
19. Prueba de medias ajustadas por tratamientos para el rendimiento de frijol, 1992.....	66
20. Análisis de varianza en parcelas divididas para el rendimiento de maíz, cosechas 1991-1992.....	68
21. Prueba Duncan de los bloques para el rendimiento de maíz, 1991-1992.....	68
22. Prueba Duncan de los tratamientos para el rendimiento de maíz, 1991-1992.....	70
23. Prueba de medias ajustadas por tratamientos para el rendimiento de maíz, 1992.....	72
24. Prueba Duncan de los bloques para la escorrentía superficial anual, 1992.....	73
25. Prueba Duncan de los tratamientos para la escorrentía superficial anual, 1992.....	74
26. Prueba de medias ajustadas por tratamientos para la escorrentía superficial anual, 1992.....	77

27. Prueba Duncan de los tratamientos para la escorrentía en el ciclo del maíz, 1992.....	80
28. Prueba de medias ajustadas por tratamientos para la escorrentía en el ciclo del maíz, 1992.....	82
29. Prueba Duncan de los bloques para la erosión anual, 1992.....	83
30. Prueba Duncan de los tratamientos para la erosión anual, 1992.....	85
31. Prueba de medias ajustadas por bloques para la erosión, 1992.....	87
32. Prueba de medias ajustadas por tratamientos para la erosión, 1992.....	88
33. Prueba Duncan de los bloques para la erosión en el ciclo del maíz, 1992.....	91
34. Prueba Duncan de los tratamientos para la erosión en el ciclo del maíz, 1992.....	92
35. Prueba de medias ajustadas por bloques para la erosión en el ciclo del maíz, 1992.....	94
36. Prueba de medias ajustadas por tratamientos para la erosión en el ciclo del maíz, 1992.....	95

## LISTA DE FIGURAS

1. Localización de la zona del estudio, San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica. .... 20
2. Sistema colector compuesto por la canoa (sedimentos), una caja, un estañón pequeño y un estañón grande (agua escurrida). .... 29
3. Esquema de la ubicación de los bloques y de los tratamientos, San Juan Sur, Turrialba, C. R., 1993. .... 31
4. Vista del bloque C-15% con los seis tratamientos, instalados en setiembre 1990. .... 32
5. Tratamiento del cultivo en callejón 12m2h, instalado en enero 1992. .... 32
6. Posición sugerida de los surcos (cm) de frijol para el cultivo en callejón-4m. .... 40
7. Posición sugerida de los surcos (cm) de frijol para el cultivo en callejón-6m. .... 41
8. Posición sugerida de los surcos (cm) de frijol para el cultivo en callejón-12m2h. .... 42
9. Posición sugerida de los surcos (cm) de maíz para el cultivo en callejón-4m. .... 43
10. Posición sugerida de los surcos (cm) de maíz para el cultivo en callejón-6m. .... 44
11. Posición sugerida de los surcos (cm) de maíz para el cultivo en callejón-12m2h. .... 44
12. Precipitación mensual del 01/10/91 al 30/09/92, San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica. .... 57
13. Rendimiento promedio de frijol (kg/ha) por tratamiento, 1991 -1992. .... 60

14. Rendimiento de frijol (kg/ha) por bloque y por tratamiento, 1991 - 1992.....	60
15. Raíz del árbol de poró que alcanza la raíz de una planta de frijol en el primer surco .....	63
16. Nódulos esféricos y agrupados encontrados en la intersección de la raíz gruesa con la más delgada en la <i>E. fusca</i> .....	63
17. Rendimiento promedio de maíz (kg/ha) por tratamiento, 1991 - 1992.....	69
18. Rendimiento de maíz por bloque y por tratamiento, 1991 - 1992.....	69
19. Escorrentía superficial por bloque y por tratamiento, 1992.....	75
20. Escorrentía superficial promedio por tratamiento, 1992.....	75
21. Escorrentía superficial promedio por tratamiento durante los ciclos del cultivo frijol y maíz, 1992....	79
22. Erosión de suelo anual por bloque y por tratamiento, 1992.....	86
23. Erosión de suelo promedio por tratamiento, 1992.....	86
24. Erosión de suelo promedio por tratamiento durante los ciclos del cultivo frijol y maíz, 1992. ....	90
25. Erosión de suelo por tratamiento en el bloque C-15% durante el ciclo del maíz, 1991 - 1992.....	93
26. Erosión de suelo por tratamiento en el bloque A-35% durante el ciclo del maíz, 1991 - 1992.....	93
27. Erosión de suelo por tratamiento en el bloque B-25% durante el ciclo del maíz, 1991 - 1992.....	93