

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
(CATIE)

INFORME FINAL

PROYECTO ARBOLES FIJADORES DE NITROGENO
(3P-89-0113) CATIE-CIID

CON FINANCIAMIENTO DEL CENTRO INTERNACIONAL DE
INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO CIID/CANADA

Turrialba, Costa Rica

INDICE GENERAL

INTRODUCCION Y RESUMEN EJECUTIVO	1
A. <u>Erythrina</u> spp. Evaluación y propagación de clones	6
A.1 Huerto Latinoamericano de Arboles Fijadores de Nitrógeno	6
A.2 Propagación <i>in vitro</i> de dos especies de <u>Erythrina</u> spp por microestacas, a nivel de laboratorio	9
A.3 Análisis de crecimiento de hojas en tres especies de <u>Erythrina</u> spp en Costa Rica	10
A.4 Determinación de agentes anticualitativos (alcaloides) en algunos clones del género <u>Erythrina</u> spp	11
A.5 Otras actividades con <u>Erythrina</u> spp	13
B. <u>Gliricidia</u> - Evaluación y propagación de clones.	14
B.1 Comportamiento de procedencias y familias de <u>Gliricidia sepium</u> a los 12 meses de edad en condiciones del trópico húmedo de Costa Rica.	14
B.2 Aceptabilidad por ovinos de la biomasa comestible de procedencias, familias e individuos de <u>Gliricidia sepium</u> Guápiles, Costa Rica.	16
C. <u>Inga</u> spp	18
C.1 Recopilación de antecedentes bibliográficos del género <u>Inga</u> spp.	18
C.2 Encuesta sobre la distribución y usos del género <u>Inga</u>	18
C.3 Clave de identificación taxonómica del género <u>Inga</u> spp en Costa Rica	19
C.4 Guía de campo para la Identificación de especies del género <u>Inga</u> en Costa Rica.	21
C.5 Observaciones sobre la respuesta al uso de acodos en <u>Inga edulis</u> Mart como método de reproducción vegetativa	21

C.6	Metodología para la conservación de semillas de las especies <u>Inga densiflora</u> , <u>Inga spectabilis</u> e <u>Inga edulis</u> .	29
C.7	Evaluación de la producción de biomasa y capacidad de rebrote en <u>Inga densiflora</u> e <u>Inga mortoniana</u>	31
C.8	Propagación vegetativa de <u>Inga densiflora</u>	32
C.9	Efecto de la biomasa de dos especies del género <u>Inga</u> en el desarrollo inicial de plántulas de cafeto (<u>Coffea arábica</u>) y maíz (<u>Zea mays</u> L.)	33
C.10	Estudio del efecto del mulch de <u>Inga densiflora</u> en el control de malezas y conservación de humedad del suelo	35
C.11	Herbario de especies del género <u>Inga</u> de Costa Rica	36
C.12	Arboretum <u>Inga</u> ssp Finca Una y Puente Cajón	36
C.13	Producción de biomasa de <u>Inga mortoniana</u> , <u>Inga densiflora</u> e <u>Inga spectabilis</u> .	37
C.14	Crecimiento inicial de guaba salada (<u>Inga densiflora</u>), guaba chilillo (<u>Inga edulis</u>) y guaba machete (<u>Inga spectabilis</u>) en dos sitios de Costa Rica.	38
C.15	Dinámica de crecimiento de guaba salada (<u>Inga densiflora</u>), guaba chilillo (<u>Inga edulis</u>) y guaba machete (<u>Inga spectabilis</u>) en dos sitios de Costa Rica. Un año de mediciones.	40
D.	Utilización de componente arbóreo en Sistemas Agrosilvopastoriles.	42
D.1	Investigación de cultivos en callejones en La Montaña	42
D.2	El efecto de cultivo en callejones sobre propiedades del suelo.	43
D.3	Fraccionamiento secuencial de fósforo en el suelo, método propuesto por Hedley et al y modificado para las condiciones del laboratorio de suelos del CATIE	45

D.4 Efecto de <u>Erythrina poeppigiana</u> plantado en hileras, sobre la producción de maíz, como cultivo asociado	46
D.5 Modelaje de los patrones de sombra de árboles manejados con podas periódicas en sistemas agroforestales	50
D.6 Desarrollo de los patrones de sombra de <u>Erythrina poeppigiana</u> durante un ciclo de poda	51
D.7 Evaluación de genotipos de maíz y frijol en un cultivo en callejones con <u>E. poeppigiana</u> , <u>Calliandra calothyrsus</u> y <u>Gliricidia sepium</u>	52
D.8 Efecto de la fertilización en la producción de café bajo sombra de <u>E. poeppigiana</u>	54
D.9 Evaluación de soportes vivos de <u>Erythrina berteriana</u> y <u>Gliricidia sepium</u> en un cultivo de <u>Dioscorea alata</u>	57
D.10 Evaluación de la erosión hídrica y la escorrentía superficial, bajo sistemas agroforestales de ladera	60
E. Socieconomía	61
E.1 Caracterización de áreas	62
E.1.1 Pacuarito	62
E.1.2 Pejibaye	64
E.1.3 Otras localidades	66
E.2 Evaluación de alternativas agroforestales en fincas	67
E.3 Otros ensayos agroforestales en fincas de agricultores	72
E.3.1 Análisis económico de alternativas de sistemas agroforestales	72
Anexo 1 Bibliografía del género <u>Inga</u> spp	76
Anexo 2 Bibliografía citada	93
Anexo 3 Publicaciones del Proyecto CIID	95

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Promedios por árbol de biomasa comestible, biomasa total, proteína cruda y digestibilidad <i>in vitro</i> de la mejores clones de <u>Erythrina</u> spp.	7
Cuadro 2. Relación Biomasa Comestible/Biomasa Total de tres especies de <u>Erythrina</u> spp sometidas a podas cada seis meses	8
Cuadro 3. Contenido de nitrógeno y de alcaloides de algunos clones de <u>Erythrina</u> .	12
Cuadro 4. Especies de guaba (<u>Inga</u> spp) conocidas en Costa Rica.	20
Cuadro 5. Reproducción vegetativa de <u>Inga edulis</u>	28
Cuadro 6. Tasas de germinación <u>Inga</u> spp	30
Cuadro 7. Tasas de germinación (%) <u>Inga</u> spp.	30
Cuadro 8. Producción promedio de biomasa por especie. <u>Inga densiflora</u> Benth e <u>Inga mortoniana</u> J. León.	31
Cuadro 9. Estacas de <u>Inga densiflora</u> enraizadas usando AIB y ANA.	33
Cuadro 10. Biomasa de malezas (peso seco) al final del experimento bajo mulch de <u>Inga densiflora</u> Benth y control	36
Cuadro 11. Capacidad de rebrote y producción de biomasa al año de podado de <u>Inga densiflora</u> , <u>Inga spectabilis</u> e <u>Inga mortoniana</u>	38
Cuadro 12. Valor promedio por especie, sitio y época de medición para cada variable evaluada. <u>Inga</u> spp.	40
Cuadro 13. Rendimientos promedio de maíz (kg/ha/ciclo) con 15% de humedad, a través de nueve ciclos consecutivos de cultivo.	48
Cuadro 14. Promedios de producción de maíz (kg/ha) de los diferentes genotipos utilizados para las tres repeticiones.	54
Cuadro 15. Rendimiento de café (grano oro qq/ha/año)	55

Cuadro 16. Promedios del número y peso de tubérculos exportables, semilla y desecho y rendimiento total de tubérculos de ñame.	58
Cuadro 17. Agricultores visitados en la fase de selección.	62
Cuadro 18. Valor presente neto (VAN) y relación beneficio/costo (B/C) por tratamiento.	74

LISTA DE FIGURAS

Figura A. Partes de una hoja compuesta. <u>Inga</u> spp.	22
Figura B. Tipos de ápice foliolar. <u>Inga</u> spp.	23
Figura C. Tipos de base foliolar. <u>Inga</u> spp.	24
Figura D. Tipos de raquis. <u>Inga</u> spp.	25
Figura E. Tipos de glándulas interfoliolares. <u>Inga</u> spp.	26
Figura F. Tipos de inflorescencias comunes.	27
Figura 1. Producción de biomasa seca comestible y leñosa. Doce procedencias de <u>Gliricidia sepium</u> de un año de edad.	15
Figura 2. Incremento general en crecimiento. <u>Inga</u> spp. Finca UNA	41
Figura 3. Promedios por tratamientos de las fracciones de fósforo	47
Figura 4. Promedios orgánicos por tratamientos en el tiempo	49
Figura 5. Rendimientos promedios por tratamientos y genotipo de maíz	53
Figura 6. Rendimiento de producción de café a la sombra y al sol	56
Figura 7. Peso de ñames (ton/ha) exportables	59

INTRODUCCIÓN Y RESUMEN EJECUTIVO

La tercera fase de los proyectos Arboles Fijadores de Nitrógeno (AFN) tenía como objetivo lo siguiente:

1. Extender la evaluación de clones seleccionados de Erythrina a otras zonas ecológicas y distribuir material superior a instituciones nacionales de la región.
2. Evaluar la colección de Gliricidia sepium, propagar clones seleccionados e iniciar la distribución de material
3. Establecer una colección de especies de Inga, evaluarlas considerando su tolerancia a suelos ácidos y desarrollar técnicas de propagación de material superior.
4. Investigar la dinámica y los aspectos socioeconómicos de sistemas agroforestales con los tres géneros anteriores y probar la viabilidad de estos sistemas en fincas de agricultores.

Los principales logros del proyecto bajo cada uno de estos objetivos fueron los siguientes:

A. Evaluación y Distribución de Material de Erythrina:

Con el género Erythrina, después de terminar cuatro evaluaciones en un suelo volcánico, Acrudoxic Melanudand, en los terrenos de CATIE en Turrialba, se inició la evaluación de los mismos clones en un suelo ácido, Typic Paleudult, en Pérez Zeledón, Costa Rica, en colaboración con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), quien desarrolló investigación en pastos en ese mismo sitio. Las condiciones de este sitio son más del trópico húmedo-seco que los de Turrialba. Así, la aptitud del material para áreas de América Latina con limitaciones de clima y suelos está siendo evaluado. Los clones seleccionados de Erythrina fueron distribuidos al Ministerio de Agricultura y Ganadería de Nicaragua y al Instituto Costarricense de Café. En colaboración con la Dra. Lori Payne, actualmente con Merck Farmacéuticos en los E.U.A. Se continuó la evaluación de factores anticualitativos en este género, cuyos resultados fueron publicados en la tesis de Ph.D. de la Dra. Payne realizada en Louisiana State University en 1991.

Como resumen de nueve años de investigación con Erythrina se realizó en CATIE, con colaboración de la Sociedad de Arboles Fijadores de Nitrógeno (NFTA), el Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF), el Forestry Support Program del USDA y el Australian

International Development Assistance Bureau, una reunión internacional, Erythrina in the New and Old Worlds, del 19 al 23 de octubre de 1993. A esta reunión asistieron más de cuarenta científicos de 16 países donde Erythrina está siendo utilizada en sistemas agroforestales, se presentaron trabajos sobre genética, ecología y uso del género. En reconocimiento de su gran esfuerzo para el género, que había resultado en el proyecto original de CIID dado a CATIE en 1982, se dedicó la reunión al Dr. Gerardo Budowski. Las actas de esta reunión y una guía silvicultural para Erythrina están siendo redactadas por el NFTA y deben publicarse en el transcurso de 1994. Se espera que estas publicaciones, además del material distribuido a agricultores, sean los resultados más duraderos de esta donación de CIID a CATIE.

B. Evaluación y Distribución de Gliricidia

Se realizó una evaluación de procedencias y familia de Gliricidia sepium de diversos sitios de América Central y México en un suelo aluvial en Guápiles, Costa Rica, durante los tres años del Proyecto. En el último año, se llevaron las mejores procedencias a Pérez Zeledón, Costa Rica, al mismo sitio donde están siendo evaluados los clones de Erythrina. Al mismo tiempo, el proyecto de Arboles Fijadores de Nitrógeno (SAREC), empezó la evaluación de este material en zonas del trópico húmedo-seco de Costa Rica y Nicaragua. Al término de este Proyecto, la aptitud de este material para diversas zonas ecológicas de América Central, con diversas limitaciones de clima y suelos, está siendo evaluada con la colaboración de SAREC, CIAT y CATIE.

C. Colección, evaluación y propagación de Inga

Como esta actividad del Proyecto sólo se inició con la tercer fase, los logros talvez no fueron tan impactantes como en el caso de los otros objetivos. Sin embargo, el estudiante Ing. Ovidio Novoa, que recibió apoyo para su curso de maestría por parte del Proyecto, con la ayuda del coordinador de la Red Latinoamericana de Proyectos Agroforestales de CIID, Dr. Lawrence Szott, que había realizado estudios con este género, también con apoyo de CIID en Yurimaguas, Perú, consiguió avances considerables en todos los aspectos de este objetivo. Se realizó una encuesta sobre la distribución y usos del género Inga en Costa Rica. Se hizo una clave para la identificación de las 32 especies que se encuentran en Costa Rica. Se realizaron estudios sobre la propagación vegetativa y la conservación de semillas. En dos sitios de Costa Rica, con características diferentes de suelo y clima, se creó un arboretum con 18 especies y un ensayo de evaluación de crecimiento inicial

de quince familias de tres especies. En uno de los sitios, los niveles de acidez y aluminio intercambiable en el suelo eran considerables.

También con Inga, se realizó una evaluación de niveles de coberturas con dos especies sobre el crecimiento inicial de café y maíz, como parte de la tesis de maestría de otro estudiante apoyado por el Proyecto.

D. Dinámica y aspectos socioeconómicos de sistemas agroforestales de las tres especies.

Se continuaron la evaluación de Gliricidia y Erythrina en sistemas de cultivo de callejones y sombra para café. Se continuó observando buen comportamiento del frijol en sistemas de cultivo de callejones. Se publicó un trabajo basado en seis y diez años de evaluación de estos sistemas en experimentos en CATIE (Kass et al., 1989; Kass et al., 1992) y una evaluación general del comportamiento de Erythrina en sistemas de cultivo de callejones (Kass et al., 1993). Al mismo tiempo, en este experimento, se empezaron evaluaciones de cambios en características orgánicas e inorgánicas del suelo, como resultado del asocio de cultivos con estos géneros arbóreos (Haggar, 1990; Haggar et al., 1991; Paniagua, 1992; Mazzarino et al., 1993). En una evaluación de seis años de la asociación de Erythrina con café, realizado junto con el Proyecto SAREC, se observó mayor respuesta a la fertilización en café no sombreado pero mayor producción a niveles bajos de fertilización en café sombreado (Figura 6). También en el transcurso de seis años, se observó mayores niveles de todas las bases en el suelo en el café sombreado, indicando la aptitud del sistema de café sombreado para el agricultor de recursos limitados.

Además de la continuación de experimentos iniciados en fases anteriores, se iniciaron actividades experimentales en dos aspectos importantes de sistemas agroforestales. En las dos actividades, se colaboró con el Proyecto SAREC y el Proyecto de Manejo de Cuencas de CATIE. A pesar de la separación física y fiscal del Proyecto CIID del Proyecto SAREC realizado en 1991, se logró continuar la colaboración técnica entre los dos Proyectos que permitió la continuación de las actividades de investigación por el Proyecto SAREC, después del término de esta fase del proyecto CIID en 1992. Por primera vez en América Central, se logró establecer parcelas de escorrentía para medir el efecto de sistemas agroforestales sobre la pérdida de suelo (Garzón, 1991; Lebeuf, 1992). Esta actividad sirvió de investigación de tesis de dos estudiantes del programa de maestría de CATIE, inclusive una de nacionalidad canadiense que realizó sus estudios con una beca de ACDI (CIDA).

Otra actividad de investigación nueva fue la evaluación de diferentes cultivares de maíz y frijol en el sistema de cultivo en callejones. Nuevamente se demostró la superioridad del frijol para este sistema, pero se logró identificar cultivares de maíz para los cuales la competencia con los árboles es menos significativa. Esta investigación también sirvió de tesis para un estudiante de maestría.

A pesar de los logros en la investigación de la dinámica de sistemas agroforestales, fue en el campo de socioeconomía que se realizaron los mayores logros de esta fase del Proyecto. Se debe este éxito principalmente a los esfuerzos de la economista del proyecto, Ing. M.Sc. Irma Hernández, que junto con la silvicultora Ing. M.Sc. Yael's Camacho, lograron instalar considerable cantidad de actividad en fincas en muy corto tiempo. En esta actividad, también se contó con el apoyo completo de la oficina del Ministerio de Agricultura de Pérez Zeledón y el asistente contratado por el proyecto, Bernal Solís. En las fincas demostrativas se logró instalar actividades de banco de proteína y árboles en de contorno utilizando las especies Erythrina berteroana, Erythrina fusca y Erythrina poeppigiana. Además, se instalaron experimentos en diversas fincas para determinar la densidad óptima de arboles de E. poeppigiana para asociar con café y naranja. Esta actividad fue bien recibida por los agricultores que están buscando alternativas más rentables de asociar con el café, después de la reducción de precios que ha sufrido este último. Esta actividad está siendo continuada por el Ministerio de Agricultura después de la terminación del Proyecto. También hubo buena recepción por parte de los agricultores de plantar árboles de Erythrina en surcos de contorno. Muchos agricultores continuaron aumentando las áreas sembradas con árboles, reproduciendo vegetativamente el material suplido por el Proyecto. Gran parte del éxito de esta práctica se debe a las actividades de concientización sobre la necesidad de conservación de suelos hechos en la zona por el personal del Ministerio de Agricultura. Otras actividades en el campo de socioeconomía incluyeron el análisis económico de los experimentos realizados en CATIE (Hernández et al., 1992) y la caracterización de las fincas en el área de Pérez Zeledón.

Otras actividades:

Fondos del proyecto fueron utilizados con la finalidad de que técnicos de CATIE pudieran presentar resultados del Proyecto en tres reuniones internacionales:

- 1.) Third International Windbreaks and Agroforestry Symposium; Ridgetown, Ontario, Junio de 1991.
- 2.) Reunión de la Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales. Bogotá, Colombia. Noviembre de 1991
- 3.) International Alley Farming Conference. IITA. Ibadan, Nigeria. Septiembre de 1992.

A pesar del inesperada reducción en el apoyo recibido del CIID después de Noviembre de 1992, la tercera fase logró unos resultados duraderos debido a su énfasis en publicaciones y colaboración con entidades nacionales, internacionales y otros proyectos dentro de CATIE. El apoyo de CIID a la conferencia internacional sobre Erythrina también sirvió para hacer más permanente las actividades de los nueve años de apoyo a CATIE en este campo. Se esperaba tener las actas y la guía silvicultural publicadas antes del término del Proyecto pero según el NFTA se encuentra todavía en la imprenta. Se anexa una lista de treinta y cinco publicaciones producidas por técnicos del proyecto durante los tres años de la tercera fase, incluyendo seis tesis de maestría del programa de CATIE y dos tesis de doctorado de Universidades de los E.U.A. e Inglaterra realizadas en colaboración con actividades del Proyecto. Se agradece mucho al CIID y especialmente al director regional Derek Webb, su asistente Cecilia Ramos-Mane y el oficial financiero Alejandro Rebolledo por su apoyo flexible a los cambios que ocurrieron con la separación de los Proyecto CIID y SAREC en Junio de 1991. Se ruega a CIID tomar en consideración esta dificultad y los problemas ocasionados en pagos a personal por la falta de un puente a la otra fase del proyecto para solventar el pago del sobregiro de los fondos que estos cambios ocasionaron.

INFORME DE ACTIVIDADES PROYECTO ARBOLES FIJADORES DE
NITROGENO (3P-89-0113) CATIE-CIID

A. Erythrina spp.-Evaluación y propagación de clones

A.1. Huerto Latinoamericano de Arboles Fijadores de Nitrógeno

A.1.1. Objetivos

- 1- Conservación y evaluación de especies del género Erythrina.

A.1.2. Metodología

Existen dos Huertos Latinoamericanos de Arboles Fijadores de Nitrógeno destinados a las especies del género Erythrina, localizados en San Juan Sur (Turrialba) y en San Isidro del General (Pérez Zeledón).

Existe un ensayo de 38 clones de las especies de E. fusca, E. poeppigiana y E. berteroana con un diseño de bloques completamente al azar, donde la unidad experimental es de 6 ramets por clon plantados con un distanciamiento de 3 m entre árboles y 3 m entre líneas.

A.1.3. Resultados de trabajos realizados en huertos.

Se encontraron diferencias significativas para las variables de morfología de hojas, estas diferencias indican una gran variación clonal y la posibilidad de usar éstos y otros parámetros morfológicos en la identificación de clones dentro de una misma especie. Igualmente, se encontraron diferencias altamente significativas para las variables de crecimiento y producción de biomasa en las cuatro primeras mediciones.

Los clones 2674, 2667 y 2670 de E. berteroana mostraron superioridad en la mayoría de las variables de crecimiento y producción de biomasa, superando a la media general de biomasa total en 109.7% en el primer año y en 116.4% el segundo año. El clon 2674 presentó una producción de biomasa total superior aún que los mejores clones de E. poeppigiana y E. fusca (Cuadro 1).

En el Cuadro 2 se aprecia la relación biomasa comestible/biomasa total de E. berteroana en las cuatro cosechas, siendo mayor la segunda y la cuarta cosecha, las

cuales corresponden al período seco. Estos valores son similares a los obtenidos anteriormente por el Proyecto en el estudio de tres cercas vivas de esta especie para una frecuencia de poda cada seis meses donde la relación varió entre 0.42 y 0.52.

En E. fusca los clones 2701 y 2706 fueron los que tuvieron una mayor producción de biomasa total y mostraron superioridad en crecimiento; sin embargo, la producción fue muy inferior a las otras especies (Cuadro 1).

Cuadro 1. Promedios por árbol de biomasa comestible, biomasa total, proteína cruda y digestibilidad in vitro de los mejores clones de Erythrina spp.

ESPECIE	CLON	BC (Kg)	BT (kg)	PC (%)	DIVMS (%)
<u>berteroana</u>					
	2674	2.68	6.24	24.93	46.17
	2667	1.42	4.85	24.87	45.67
	2670	1.73	4.33	22.40	40.55
	2446	1.54	3.87	23.20	40.05
	2652	1.58	2.72	22.65	57.80
	2653	1.62	3.10	26.75	46.25
	2668	1.47	2.58	24.43	44.60
PROMEDIO		1.16	2.41	23.34	42.52
<u>fusca</u>					
	2701	1.29	1.76	22.70	41.60
	2706	1.10	1.62	21.90	38.63
	2678	1.06	1.45	22.25	32.35
	2675	0.82	1.26	21.53	40.23
	2440	0.86	1.19	21.40	41.57
PROMEDIO		0.81	1.12	21.15	40.00
<u>poeppigiana</u>					
	2660	4.45	7.51	19.40	54.05
	2687	2.13	4.83	25.97	46.50
	2708	2.51	3.94	28.75	42.90
PROMEDIO		2.21	3.50	25.48	45.39

nota:

BC = biomasa comestible

BT = biomasa total

PC = proteína cruda

DIVMS = digestibilidad in vitro de la materia seca.

Estos dos clones en el primer año superaron la media general de biomasa total en un 52.2% y en el segundo año la diferencia con la media fue de 45.8%; se considera que en la tercera cosecha los clones 2701 y 2706 no fueron los mejores

en ese período por lo que redujo la producción de biomasa total.

En el Cuadro 2 se presentan las relaciones existentes entre biomasa comestible/biomasa total en cada época de cosecha; cabe mencionar que esta especie presenta los valores más elevados de dicha relación con un 0.729 promedio. Sin embargo, fue la de menor crecimiento y producción en comparación con las otras dos especies.

Los clones 2660, 2700, 2687, 2708 y 2661 de *E. poeppigiana* mostraron los valores más altos en la mayoría de las variables. El clon 2660 supera a la media general para el primer año en un 89.2% de biomasa total; este clon también obtuvo los valores más altos en cuanto a biomasa comestible.

El grupo de clones de la especie *E. poeppigiana* que superaron a la media general fueron 2660, 2687 y 2661, con un porcentaje de 52.7% superior que la media general de biomasa total para el primer año y de un 68.1% para el segundo año de evaluación (Cuadro 1).

La relación existente entre biomasa comestible y biomasa total de *E. poeppigiana* fue superior a la presentada por *E. berteriana*, ya que los valores oscilan entre 0.626 y 0.691; lo que es de esperar por tener una mayor producción de biomasa comestible (Cuadro 2).

Cuadro 2. Relación biomasa comestible/biomasa total de tres especies de *Erythrina* spp. sometidas a podas cada seis meses

ESPECIE	PODA1	PODA2	PODA3	PODA4
<i>E. berteriana</i>	0.498	0.532	0.477	0.608
<i>E. fusca</i>	0.724	0.728	0.694	0.772
<i>E. poeppigiana</i>	0.674	0.626	0.627	0.691

nota:

Poda 1 = diciembre de 1990 (época seca)

Poda 2 = julio de 1991 (época lluviosa)

Poda 3 = diciembre de 1991 (época seca)

Poda 4 = julio de 1992 (época lluviosa)

A.2. Propagación in vitro de dos especies de Erythrina spp por microestacas, a nivel de laboratorio

A.2.1. Objetivos

- 1- Obtención de meristemas no contaminados para micropropagación.

A.2.2. Metodología

Se recolectaron nudos poco lignificados de clones existentes en el vivero del Proyecto (clones 2660 y 2662 de E. poeppigiana, y el clon 2442 de E. fusca), de aproximadamente un año de edad, se trataron con los diferentes medios de desinfección superficial. Una vez elegido el mejor tratamiento de desinfección se realizaron pruebas de pH en el medio de cultivo así como pruebas de concentración de azúcar para obtener un mínimo de infecciones por bacterias y/u hongos. Superada esta etapa, se realizan los tratamientos con reguladores de crecimiento para estimar la formación y multiplicación de brotes (rediferenciación celular).

Los tratamientos de desinfección fueron:

1. Crecimiento de estacas en cámaras de crecimiento con 18 horas de luz, 95% de humedad y 27/22°C como régimen de temperatura.
2. El tratamiento anterior más Benlate cada 48 horas.
3. El tratamiento anterior más Agrimicín en días alternos.
4. Testigo.

A.2.3. Resultados

Los mejores resultados se obtuvieron a un pH de 4.6; una desinfección superficial con 2g/l de hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) al 10%, durante 30 y 20 min., más 20 minutos en hipoclorito de calcio al 8% y un concentración de 10 g/l de azúcar en el medio. Con estos tratamientos se ha logrado el establecimiento aséptico de 36% con E. poeppigiana y 45% para E. fusca.

El mejor tratamiento para la estimulación de crecimiento radicular y formación de brotes fue de 8 mg/l de BA + 0.5 mg/l de AIB para E. fusca y 4 mg/l de BA + 0.5 mg/l de AIB para E. poeppigiana. El porcentaje de formación de brotes fue de 20% para ambas especies. Los resultados indican que no es necesario obtener valores de un 100% de éxito, ya que con un 30% a 60% es posible establecer un

banco de germoplasma que satisfaga las necesidades futuras de multiplicación y conservación de clones.

A.3. Análisis de crecimiento de hojas en tres especies de Erythrina spp en Costa Rica

A.3.1. Objetivos

- 1- Obtener un modelo de crecimiento en el mediano plazo.
- 2- Conocer la tasa de crecimiento de las hojas.
- 3- Determinar las variaciones en el peso de materia seca y en el área foliar a través del tiempo.
- 4- Analizar integralmente el crecimiento y desarrollo de la planta.

A.3.2. Metodología

Se utilizaron tres especies de Erythrina (fusca, berteroana y poepigiana), contrastantes en cuanto a producción de biomasa, tamaño, número de rebrotes y diámetro de copa; de acuerdo a la evaluación semestral del ensayo clonal de Erythrina spp .

Se tomaron tres árboles de cada una de las nueve parcelas en las tres repeticiones del Ensayo Clonal de Erythrina spp. De cada árbol se registraron semanal y quincenalmente, los valores generales del crecimiento de las hojas en dos de las primeras ramas hasta completar el ciclo de vida de las hojas.

Los datos de peso seco y área foliar se obtuvieron indirectamente, con base en promedios de 243 hojas de los 81 árboles seleccionados, tomando hojas de diferentes estados fisiológicos; de la parte basal, intermedia y apical de la rama más alta, antes de ser podados para la evaluación del germoplasma en el Ensayo Clonal.

Se emplearon medidas de relación entre variables (regresión y correlación) y medidas de comparación de promedios (ANDEVA), para determinar diferencias en las tasas de crecimiento entre y dentro de clones.

A.3.3. Resultados

Al establecer las variaciones en el peso seco total y en el área foliar a través del tiempo (curvas de crecimiento) se pudo determinar la marcha del crecimiento foliar mediante índices de crecimiento y la medición del tamaño, forma y número de hojas a lo largo de la rama; relacionándolas con las condiciones climatológicas se

construyen curvas, mediante ajustes de regresión múltiple, para la obtención de modelos de crecimiento de las hojas.

Al contabilizar las variaciones en el peso seco total y en el área foliar a través del tiempo (curvas de crecimiento) se pudo determinar la marcha del crecimiento foliar mediante índices, como el crecimiento relativo en tamaño, forma y número de hojas a lo largo de la rama, interrelacionando el fenómeno con las condiciones climatológicas se construyeron curvas mediante ajustes de regresión, para la obtención de modelos de crecimiento de las hojas de Erythrina spp.

Los coeficientes del área foliar son muy similares en las tres especies; sin embargo, el coeficiente de peso foliar es mayor en E. fusca y menor en E. poeppigiana. En ninguna de las especies hubo diferencia dentro de clones. El mayor peso foliar correspondió al clon 2700 de E. poeppigiana. El porcentaje de biomasa comestible fue mayor en el clon 2693 de E. poeppigiana y en el clon 2432 de E. fusca. En general, E. poeppigiana tiene mejores porcentajes de biomasa comestible, mientras, que berteroana posee los más bajos. El mejor modelo para la determinación del área foliar fue utilizando funciones lineales de regresión, cuyos coeficientes para folíolos centrales son: E. poeppigiana = 0.586; E. berteroana = 0.632 y E. fusca = 0.691, con un R² de 0.995; 0.994 y 0.973, respectivamente.

El período de crecimiento en el cual las hojas alcanzaron su tamaño máximo fue de cuatro semanas.

Los clones de E. poeppigiana alcanzaron mayor producción de biomasa foliar y comestible (1.04 a 3.09 kg/árbol), más área y peso foliar. Los de E. berteroana la mayor biomasa leñosa producida (0.42 a 4.08 kg/árbol).

El conocimiento obtenido del crecimiento de follaje en las tres especies de Erythrina, se incorporará como una subrutina en el modelo de simulación del crecimiento del árbol de Erythrina.

A.4. Determinación de agentes anticualitativos (alcaloides) en algunos clones del género Erythrina

A.4.1. Objetivos

- 1- Determinar la presencia, cantidad y tipo de alcaloides en la leche de cabras alimentadas con Erythrina.

A.4.2. Metodología

Para llevar a cabo este estudio se le envió muestra follaje de Erythrina seca y leche de cabra con el objetivo de poder determinar la presencia de alcaloides e identificar cuales tiene y en que proporción a Lori Payne estudiante de doctorado de la Universidad de Louisiana.

Los clones analizados son: ocho de E. berteroana, cuatro de E. poepigiana y uno de E. costarricensis.

A.4.3. Resultados

En el Cuadro 3 se puede apreciar los resultados obtenidos en esta investigación.

El clon 2652 (berteroana) y 2750 (costarricensis) pueden ser usados como patrones ya que presentan los valores más altos y bajos de todos los clones.

Cuadro 3. Contenido de nitrógeno y de alcaloides de algunos clones de Erythrina.

# clon	especie	B-Erythroidine mg/100 g peso fresco	nitrógeno total (%) de peso seco
2652	<u>berteroana</u>	114.4	4.28
2667	<u>berteroana</u>	65.2	4.92
2670	<u>berteroana</u>	52.7	5.05
2708	<u>poepigiana</u>	46.0	4.68
2703	<u>berteroana</u>	23.2	4.50
2661	<u>poepigiana</u>	20.5	5.43
2689	<u>berteroana</u>	20.0	4.44
2674	<u>berteroana</u>	11.2	4.81
2687	<u>poepigiana</u>	10.0	5.86
2668	<u>berteroana</u>	9.2	4.39
2691	<u>berteroana</u>	7.1	4.39
2700	<u>poepigiana</u>	2.2	5.08
2750	<u>costarricensis</u>	0.5	4.48

Los clones 2674 (berteroana), 2668 (berteroana), 2687 (poepigiana), 2691 (berteroana), 2700 (poepigiana) y 2750 (costarricensis) son los que obtuvieron contenidos bastante bajos de alcaloides, esto contribuye a aumentar la base de datos sobre los clones y definir mejor la superioridad de los mismos.

A.5. Otras actividades con Erythrina spp.

Se colaboró con el Proyecto AFN-SAREC en la entrega de material clonal y el establecimiento en la Estación Experimental de los Diamantes de dos ensayos en cultivo en callejones uno con cuatro especies arbóreas donde se incluyeron los clones de E. fusca y E. berteroana en un sistema Maíz-maíz y en el segundo solamente con dos especies arbóreas C. calothyrsus y E. fusca en un sistema maíz-ñampí.

Una de las actividades que se inició durante este período fue la distribución de material clonal en las fincas demostrativas, que el proyecto AFN-CIID seleccionó en la zona de Pérez Zeledón. La selección de los clones se hizo tomando en cuenta la cantidad disponible de ramets en el vivero de Cabiria y según la solicitud de material que se había hecho de acuerdo a los sistemas que se planeaban implementar en las fincas.

A mediados de 1992, se inició la distribución de plántulas de naranja y de estacas de poró para el establecimiento de parcelas experimentales con diferentes densidades de poró. Se escogieron cuatro de las fincas demostrativas: dos en Pacuarito y dos en Pejivalle. Se entregaron 720 árboles de cítricos y de 1080 estacas de material genérico con 2 metros de longitud para utilizar como sombra en las parcelas que llevan poró y cítricos. Los tratamientos consisten en una parcela de naranja sin sombra; una parcela con naranja más una hilera de poró; una parcela con naranja y dos hileras de poró y una parcela con naranja y tres hileras de poró.

Se colaboró también con el Proyecto PRODAF (Producción y desarrollo agroforestal) en Puriscal al suministrarle material clonal de E. berteroana para el establecimiento de un banco de proteína. La cantidad entregada fue de 250 estacas de 4 pulgadas de diámetro y de 1.5 metros de longitud.

Se utilizó la especie de E. poeppigiana con material clonal para el establecimiento de un sistema de cultivo en callejones, la cantidad utilizada fue de 380 ramets en total de cinco clones con una resiembra de 77 ramets en total. En otra finca se estableció un sistema de cultivo en callejones con E. fusca donde se requirió de 700 ramets de seis clones. La resiembra se hizo después de la época seca y se resembraron 297 ramets de varios clones. Se utilizaron 500 postes de un material genérico de E. poeppigiana para establecer otro cultivo en callejones el cual se tuvo que plantar nuevamente por problemas de prendimiento; en este

caso, se utilizó material clonal de la especie *E. fusca* con un total de 400 ramets de cinco clones.

B. Gliricidia -Evaluación y propagación de clones.

B.1. Comportamiento de procedencias y familias de Gliricidia sepium a los 12 meses de edad en condiciones del trópico húmedo de Costa Rica

B.1.1. Objetivos

- 1- Conocer la variabilidad de la especie, a lo largo de su ámbito de distribución natural para parámetros de crecimiento y producción de biomasa, con fines de selección y mejoramiento genético.

B.1.2. Metodología

Durante el período comprendido entre junio de 1989 hasta febrero del 1991, se llevó a cabo la evaluación del crecimiento y producción de biomasa así como el análisis de los datos recopilados en dicho trabajo.

Las variables analizadas fueron: altura total, número de rebrotes, longitud y diámetro del brote más largo y peso de la biomasa comestible (hoja y tallo tierno) y biomasa leñosa. Esta evaluación se hizo a los doce meses de sembrados en el campo.

B.1.3. Resultados

Dentro de los resultados más sobresalientes se puede mencionar que la mayor variación detectada fue a nivel de individuos dentro de familias lo cual permitió identificar aquellos individuos más sobresalientes dentro de las familias.

Las procedencias que presentaron los valores más altos para las variables de crecimiento, son: La Garita (00-A4), Cañas (00-A2), Vado Hondo (16-84), Masaguara (25-84) y Rivas (14-86). En la Figura 1 se muestran que estas procedencias obtuvieron los valores más altos en producción de biomasa comestible, leñosa y total; siendo las procedencias de La Garita (00-A4) y Cañas (00-A2) las de mayor producción, superando a la media general en más de un 40%. Y las de menor crecimiento fueron Los Santos (13-86), Chiapas (37-85), Monterrico (17-84), Palma Sola (34-85) y Playa Grande (00-A1) (Figura 1).

Sobresale la procedencia de La Garita en producción de biomasa total y por componentes, lo que indica su potencial

BIOMASA SECA (kg/árbol)

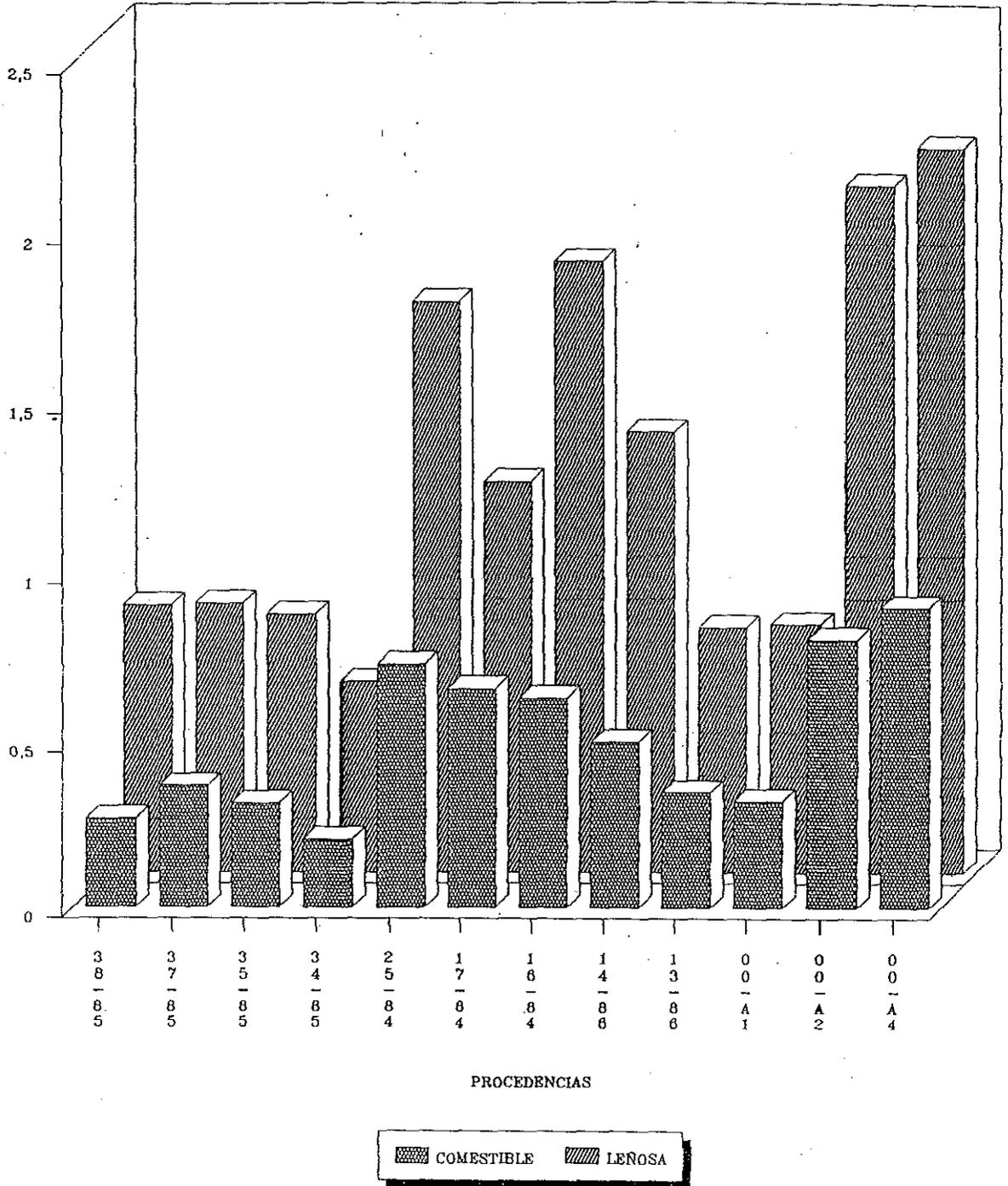


Figura 1. Producción de biomasa seca comestible y leñosa. Doce procedencias de *Gliricidia sepium*. Un año de edad.

en SAF. Las procedencias de Cañas, Masaguara, Vado Hondo, Monterrico y Rivas superaron el valor medio en más de un 8% en producción de biomasa seca comestible, leñosa y total.

Las procedencias que presentaron una alta variabilidad entre familias para la producción de biomasa de componentes y total fueron Vado Hondo y Masaguara con valores superiores en más de 42%.

A pesar de que la variación entre familias fue menor que entre procedencias, las diferencias son altamente significativas. Si se aumenta la intensidad de selección, se puede incrementar sustancialmente la producción con el uso de material de familias superiores. Se encontró que hay familias que superan la media general en más de un 59% en crecimiento y producción; algunas de estas familias pertenecen a las procedencias con mejor desarrollo.

Las de menor crecimiento y producción de biomasa, fueron las procedencias de Los Santos, Playa Azul, Playa Grande y Palma Sola; sin embargo, las procedencias de Los Santos y Monterrico presentaron el mayor número de brotes por árbol.

B.2. Aceptabilidad por ovinos de la biomasa comestible de procedencias, familias e individuos de Gliricidia sepium (jack.) Walp, Guápiles, Costa Rica.

B.2.1. Objetivos

- 1- Determinar la variación en palatabilidad, composición química, digestibilidad in vitro y taninos en estas familias y entre individuos dentro de familias de G. sepium.

B.2.2. Metodología

Se evaluó la aceptabilidad de la biomasa comestible en 16 familias de 4 procedencias seleccionadas por el Proyecto AFN. Dicha determinación se realizó con 16 ovinos de la raza Tabasco de la Estación Experimental del MAG en Guápiles, Costa Rica.

El trabajo consistió en dos partes:

1. Los ensayos de aceptabilidad en la Estación del MAG.
2. La determinación de la calidad nutritiva del material ofrecido, realizado en el Laboratorio de Nutrición Animal del CATIE.

Los animales se dividieron en cuatro grupos según peso, edad y sexo. Al iniciar el experimento, éstos tuvieron un período de adaptación de 15 días. Los mismos eran pesados cada 21 días y se desparasitaban una vez al mes.

La aceptabilidad se evaluó mediante la toma de datos del material ofrecido y rechazado por un período de 5 días, tiempo que se determinó para cada réplica.

Los análisis de calidad nutritiva incluyeron las siguientes variables: Porcentaje de materia seca (%MS), porcentaje de proteína cruda (%PC), digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), porcentaje de fibra detergente neutro (%FDN), porcentaje de fibra detergente ácido (%FDA), porcentaje de fibra ligada a FDA, porcentaje de lignina (%LIG), porcentaje de celulosa (%CEL) y taninos.

Para la evaluación del forraje de procedencias y familias se empleó un diseño de bloques incompletos con 4 repeticiones, 4 grupos (animales), 4 procedencias y 16 familias. Para la evaluación del forraje de los individuos dentro de familias se empleó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones, 4 familias y 4 individuos de cada familia.

B.2.3. Resultados

Los análisis estadísticos realizados indican que existe diferencia significativa ($p < 0.05$), en la aceptabilidad del forraje de procedencias, familias e individuos de G. sepium, siendo la procedencia de Honduras la que tuvo los valores promedios más altos (25.27 g/kg pv) y Alajuela los más bajos (22.87 g/kg pv), la procedencia de Guatemala se mantuvo en rangos intermedios. Las bajas aceptabilidades en las procedencias de Alajuela y San Isidro pueden deberse a características morfoanatómicas del follaje, los contenidos de FDN, FDA y taninos solubles.

La aceptabilidad, composición química, DIVMS y taninos del forraje de G. sepium evaluado presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$). Sin embargo, se observó mayor variación entre individuos, que en procedencias y familias, por lo que la selección de forrajes con G. sepium debe realizarse a este nivel.

Las correlaciones efectuadas indican que la FDN, FDA y sobre todo los taninos solubles inciden de forma negativa y significativa sobre la aceptabilidad del material de G. sepium evaluado, pero estos no se reflejan como los factores principales en los bajos consumos. Para el caso de los

componentes de la pared estos se comportan similar que en forrajes tradicionales, pero con valores más bajos.

C. Inga spp

C.1. Recopilación de antecedentes bibliográficos del género Inga spp

El objetivo fue crear una base bibliográfica constituida de un listado de bibliografía y un conjunto de las fotocopias correspondientes.

Existe un total de 166 citas bibliográficas ordenadas alfabéticamente (Anexo 1).

C.2. Encuesta sobre la distribución y usos del género Inga.

C.2.1. Objetivos.

- 1- Identificar los usos, manejo y prácticas culturales más frecuentes dados por el campesino al género Inga en Costa Rica.
- 2- Determinar las ventajas y desventajas en el uso del género en el país.
- 3- Identificar las asociaciones más comunes de Ingas en sistemas agroforestales.
- 4- Recolectar material de herbario para la identificación y distribución de las especies del género en el territorio nacional.

C.2.2. Metodología

Se realizó una prueba del formulario en campo para las modificaciones necesarias. Luego se hizo un recorrido por todo el territorio costarricense para la aplicación de la encuesta; la ruta se orientó con la información de los técnicos de las agencias de extensión del MAG.

C.2.3. Resultados

Existe un archivo en SAS donde se encuentran codificadas las 100 de las 130 encuestas realizadas, las cuales constituyen el total programado. Se dispone de otro archivo con las opiniones y observaciones de los finqueros. Todas las muestras de herbario recolectadas se encuentran identificadas y montadas en un herbario. También se confeccionó un archivo fuente para el itinerario de las rutas de recolección de semillas.

C.3. Clave de identificación taxonómica del género Inga spp en Costa Rica

C.3.1. Objetivos.

- 1- Diferenciar anatómicamente las especies de Inga más utilizadas en sistemas de producción en Costa Rica.
- 2- Distribuir dichas especies en un esquema técnico dicotómico taxobotánico.
- 3- Identificar en campo, mediante la clave, las distintas especies de Inga identificadas en Costa Rica.

C.3.2. Metodología

Se utilizaron muestras de ramas con hojas, flores y hasta frutos de las distintas especies de Inga. Las mismas fueron colectadas por todo el país e identificadas con sus homólogos respectivos en el Herbario Nacional del Museo de Historia Natural de Costa Rica. Se midió cada una de las estructuras de las muestras tipo (folíolos, glándulas, flores, frutos, entre otros) para la elaboración de una base de datos, la cual sirvió para la elaboración de la clave dicotómica.

Los principales datos recolectados en el campo y entre las muestras tipo del Herbario Nacional para el posterior análisis y elaboración de la base de datos fueron: árbol (tamaño del mismo); hojas (tamaño, cantidad, forma, pubescencia, glabrescencia, base, ápice); glándulas interfoliolares (forma, tamaño, presencia o ausencia, entre otros); flores (tipo, tamaño, cantidad por inflorescencia, entre otros); frutos (forma, tamaño, entre otros); observaciones adicionales.

Una vez identificado cada espécimen, se procedió a la elaboración de la base de datos del género que reúne la información de características estructurales y fenológicas (cantidad, tipo y tamaño de hojuelas; dimensiones, tipo y forma de glándulas; glabrescencia o pubescencia; tipo de raquis; forma de base y ápice; estructura de ramas; tipo, tamaño y ubicación de inflorescencias; tipo y dimensiones del fruto, etc), las cuales ayudan a diferenciar las especies analizadas entre ellas.

Con este esquema diferencial de características se procedió a la elaboración de la clave de identificación dicotómica, la cual utiliza características diferenciales visibles durante todo el año, siendo éstas: tipo de glándulas, pubescencia, glabrescencia, tipo de base y ápice

foliolar, forma de ramas, tipo de raquis foliar, cantidad de hojuelas, etc.

C.3.3. Resultados

Se colectaron 1765 muestras vegetales de 27 especies conocidas, así como 150 muestras del grupo aún no específico (desconocidas). Las especies conocidas e identificadas aquí se encuentran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Especies de guaba (Inga spp) conocidas en Costa Rica.

Inga callicarpa Zamora.
Inga portobellensis Beurl.
Inga coruscans Willd.
Inga densiflora Benth.
Inga edulis Mart.
Inga fagifolia (L) Willd.
Inga filiformis Zamora.
Inga golfodulcensis Zamora.
Inga herrerae Zamora.
Inga heterophylla Willd.
Inga jimenezii Zamora.
Inga leonis Zamora.
Inga longispica Willd.
Inga mortoniana J. León.
Inga oerstediana Benth.
Inga coprocarpa Zamora y Poveda.
Inga spectabilis (Vahl) Willd.
Inga umbellifera (Vahl) Standl.
Inga vera subespecie spuria J. León.
Inga paterno Harms.
Inga thibaudiana DC.
Inga punctata Willd.
Inga quartenata Poeppig.
Inga ruiziana G. Don.
Inga sapindoides Willd.
Inga squamigera J. León.
Inga stenophylla Standl.
Inga tonduzii J.D. Smith.
Inga urceolata Zamora.
Inga venusta Standl.
Inga litoralis Zamora.
Inga marginata Willd.
Inga multijuga Benth.

C.4. Guía de campo para la Identificación de especies del género Inga en Costa Rica

C.4.1. Objetivos

- 1- Identificar en forma rápida las especies utilizadas del género Inga en sistemas de producción.
- 2- Accesar al sistema de identificación a cualquier persona relacionada al sistema productivo que involucre este género vegetal.

C.4.2. Metodología

Se tomó como base las especies más utilizadas por los productores en sistemas agroforestales costarricenses. La base de datos para la elaboración de la clave taxonómica del género Inga spp para Costa Rica brindó la información necesaria. Se elaboró un esquema lineal de las especies en estudio donde la cantidad promedio de folíolos, tipo de ápice foliolar, base foliolar, pubescencia o glabrescencia, tipo de glándula interfoliolar, tipo de raquis, tipo de inflorescencia. Las especies tomadas en cuenta para la elaboración de la guía fueron: edulis, marginata, spectabilis, paterno, mortoniana, vera/spuria, ruiziana, oerstediana y densiflora.

C.4.3. Resultados

La guía consta de una parte visual-descriptiva de estructuras vegetales donde se puede apreciar las diferentes formas y estructuras tridimensionales que observa el género Inga spp. con su respectiva denominación. Aquí se refiere al tipo de glándulas interfoliolares, base y ápice foliolar, pubescencia o glabrescencia, tipo de inflorescencia, cantidad de folíolos, entre otros (Figuras A; B; C; D; E y F; Anexos 3a; 3b; 3c y 3d).

C.5. Observaciones sobre la respuesta al uso de acodos en Inga edulis Mart como método de reproducción vegetativa

C.5.1. Objetivos

- 1- Reproducir vegetativamente acodos del género Inga spp.
- 2- Cortar y plantar en un medio con sustrato para lograr un desarrollo normal antes de llevarlo al sitio definitivo de siembra.

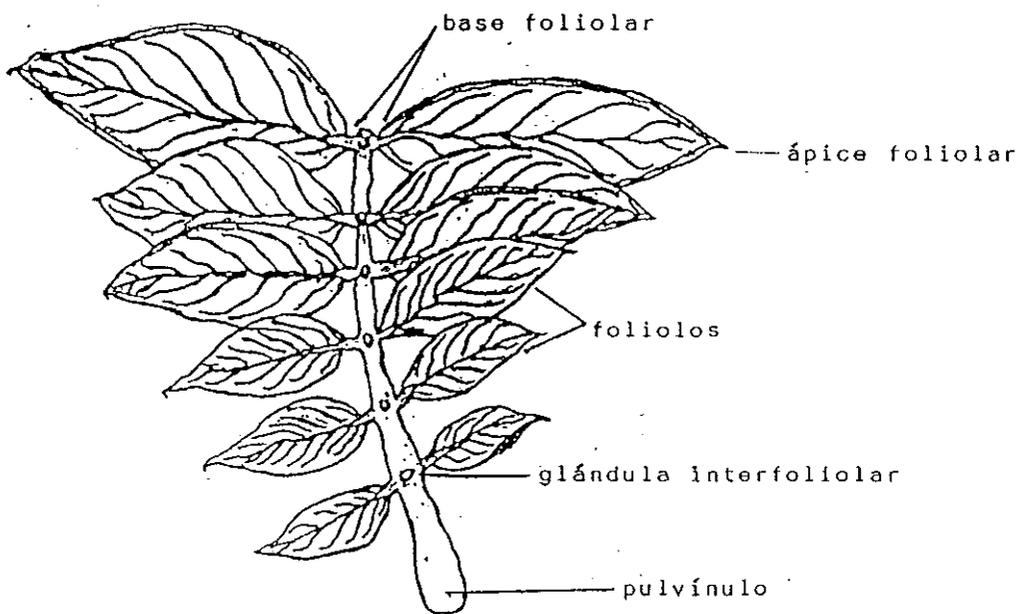
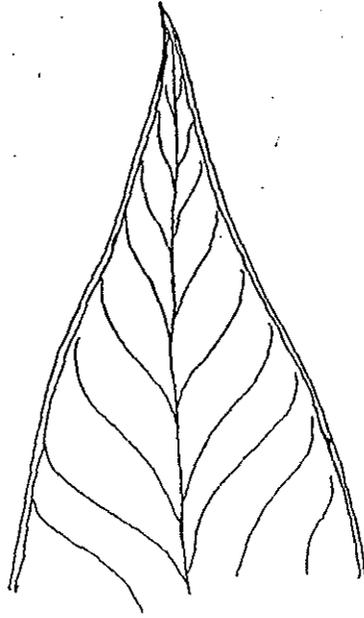


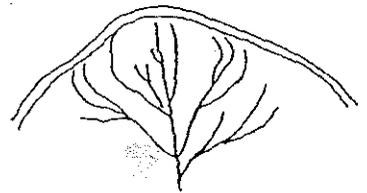
Figura A. Partes de una hoja compuesta. Inga spp.



acuminado

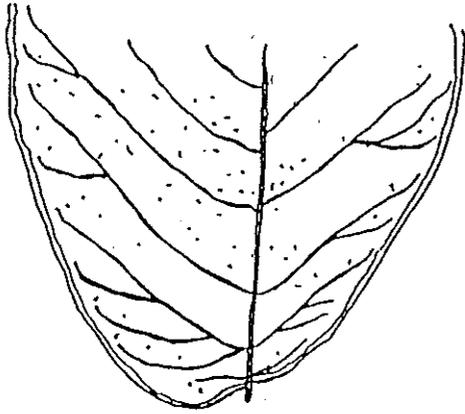


agudo

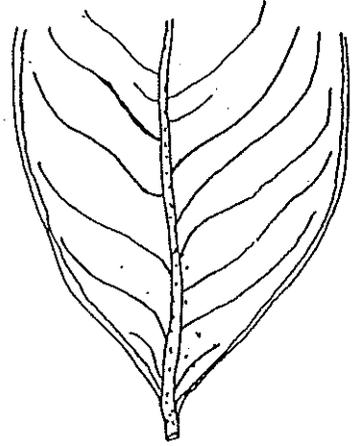


redondeado

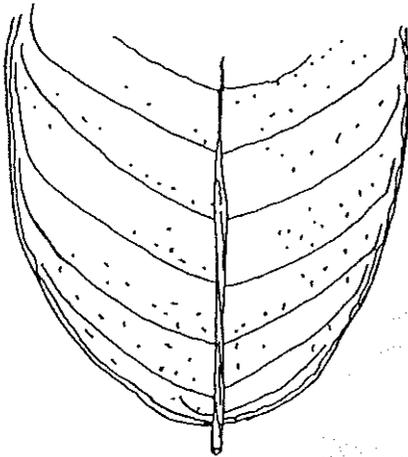
Figura B. Tipos de ápice foliolar. Inga spp.



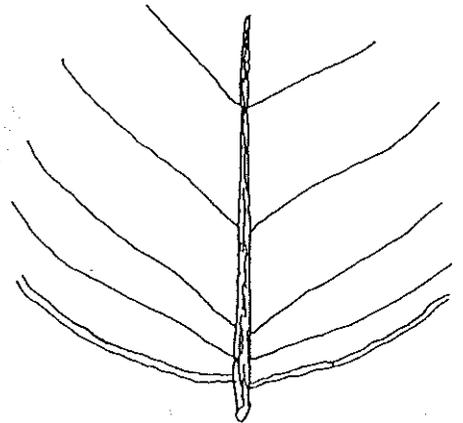
desigual



aguda

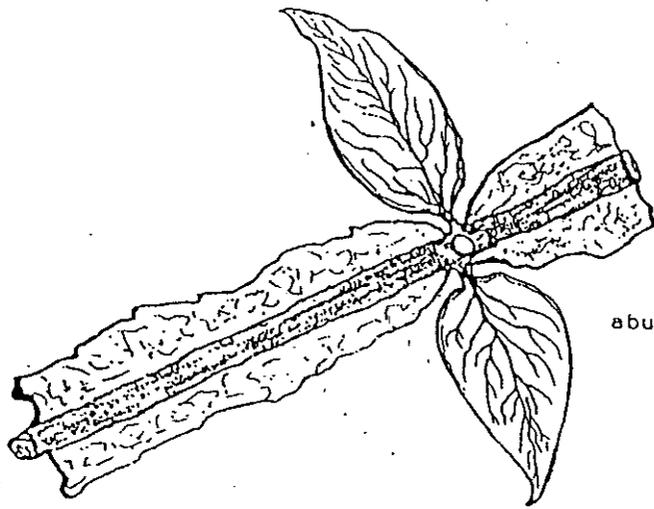


redondeada

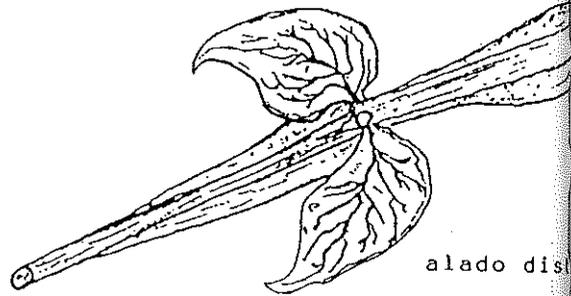


obtusa

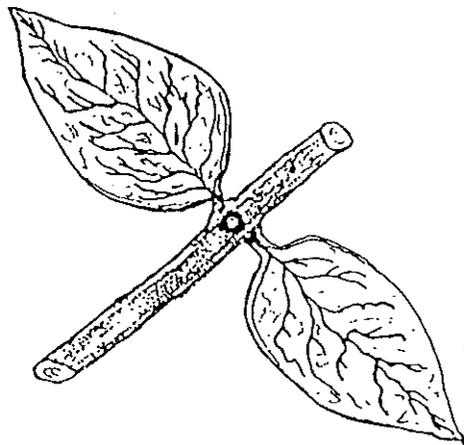
Figura C. Tipos de base foliolar. Inga spp.



abundantemente alado

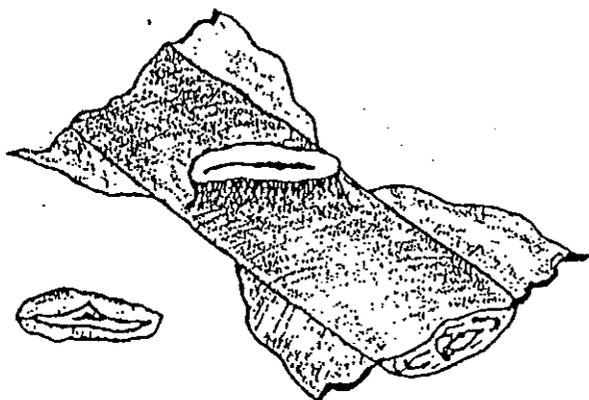


alado dis



cilíndrico

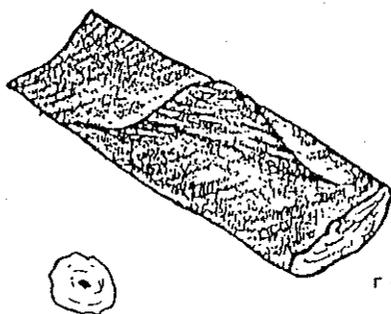
Figura D. Tipos de raquis. Inga spp.



alargada pedicelada

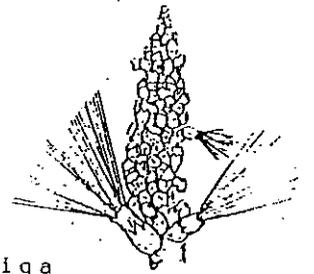


redonda pedicelada

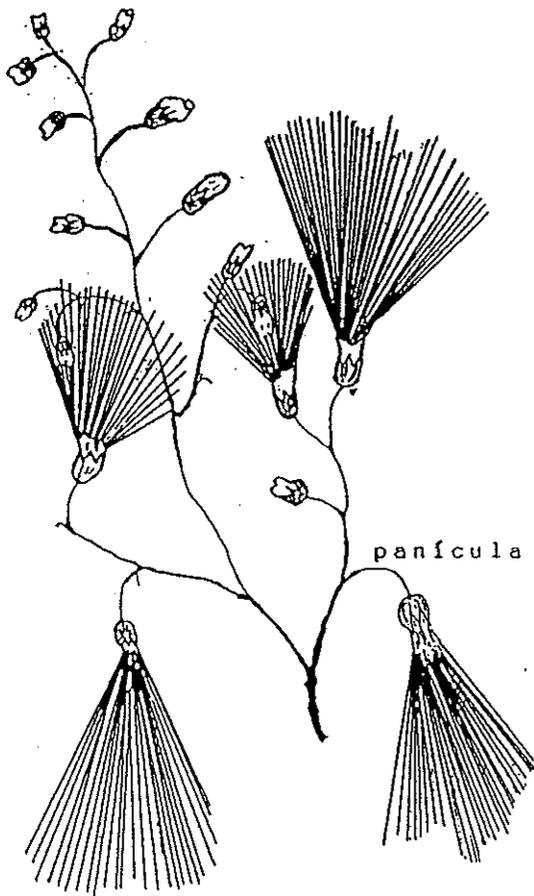


redonda sésil

Figura E. Tipos de glándulas interfoliolares. Inga spp.



espiga



panícula

Figura F. Tipos de inflorescencias comunes. Inga spp.

C.5.2. Metodología

La ubicación del experimento fue una plantación de cacao (Theobroma cacao) con sombra de "guaba chilillo" (I. edulis Mart.) en Llano de San Lucas, CATIE. Dentro de una población de seiscientos árboles de I. edulis Mart, se escogieron tres individuos fenotípicamente superiores al azar. Se localizaron en éstos, diez ramas de tres a cinco centímetros de diámetro, las cuales fueron anilladas, colocándose al anillo musgo húmedo, el cual fue fijado con plástico transparente en el sitio anillado. Esto último con el propósito de crear un acodo como se logra con otras especies leguminosas.

C.5.3. Resultados

Tres meses después de establecidos, se cortó un acodo y se observó que existía crecimiento lenticelar abundante, lo cual fue indicativo de rediferenciación celular en la estructura de la reiteración (rama). Un mes después de ésta intervención, otro acodo mostró crecimiento de callosidades, las cuales son base de una estructuración radical. Se observó en este momento una disminución del crecimiento y desarrollo de reiteraciones. Después del 120 días se observó crecimiento de nuevos primordios foliares inmediatamente arriba y abajo de la escisión. Se asume que al haber rediferenciación celular a este nivel también pudo haberlo en el tejido calloso de los anillos.

Aproximadamente a los 150 días se observó la evidencia física de crecimiento radicular a nivel de los anillos callosos. En el Cuadro 5 se muestra el avance del desarrollo radicular con respecto al tiempo.

Cuadro 5. Reproducción vegetativa de Inga edulis Mart. Plantación de cacao.

Tiempo transcurrido	Signos visibles
Tres meses	Crecimiento lenticelar abundante
Cuatro meses	Presencia de callosidades en escisión Crecimiento de primordios foliares alrededor del corte
Cinco meses	Evidencia radicular

C.6. Metodología para la conservación de semillas de las especies *I. densiflora* Benth, *I. spectabilis* (Vahl) Willd e *Inga edulis* Mart.

C.6.1. Objetivos

- 1- Mantener el potencial germinativo en semillas de las especies de *Inga* en estudio.
- 2- Generar información sobre el mejor método y el tiempo máximo para la conservación de semilla de guaba.

C.6.2. Metodología

Las semillas de las especies de *Inga* fueron almacenadas en envases propios para este efecto de la siguiente manera:

- 1-con aserrín tratado (estéril a 100°C)
- 2-en bolsas de aluminio al vacío
- 3-testigo

Los envases fueron guardados en cámaras con temperaturas controladas de 5°C.

Se llevaron a cabo dos experimentos factoriales con observaciones repetidas con las especies *I. densiflora* Benth, *I. spectabilis* Vahl e *I. edulis* Mart, un régimen de temperatura 5°C, tres métodos de almacenamiento y 200 semillas por tratamiento.

Las variables medidas fueron: viabilidad del embrión, capacidad de crecimiento apical y radical del mismo.

A los 15 días se hizo una prueba de germinación con la semilla de uno de los recipientes/método de conservación. Esto mismo se realizó a los treinta y sesenta días, respectivamente.

C.6.3. Resultados

Como lo muestra el cuadro anterior, el testigo mostró los mayores valores porcentuales de germinación. Dentro de éste, las especies *spectabilis* y *edulis* mostraron los mejores promedios.

Cuadro 6. Tasas de germinación Inga spp.

	aserrín	aluminio	testigo
<u>Inga edulis</u>			
I prueba	73	65	76
II prueba	62	40	84
promedio	77	52	80
c.v.	22	26	18
<u>Inga densiflora</u>			
I prueba	47	41	78
II prueba	41	41	66
III prueba	12	0	28
promedio	33	27	57
c.v.	21	25	24
<u>Inga spectabilis</u>			
I prueba	85	57	96
II prueba	94	36	100
promedio	90	46	98
c.v.	23	27	22

Los resultados del segundo ensayo se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Tasas de germinación (%) Inga spp.

especie	prueba	% germinación
<u>Inga edulis</u>		
	I prueba	96
	II prueba	90
	III prueba	82
	IV prueba	64
	promedio	83
	c.v.	21
<u>Inga densiflora</u>		
	I prueba	92
	II prueba	85
	III prueba	74
	IV prueba	65
	promedio	79
	c.v.	29
<u>Inga spectabilis</u>		
	I prueba	83
	II prueba	75
	III prueba	66
	IV prueba	60
	promedio	71
	c.v.	32

C.7. Evaluación de la producción de biomasa y capacidad de rebrote en I. densiflora Benth e I. mortoniana J. León

C.7.1. Objetivos

- 1- Evaluar la producción de biomasa y capacidad de rebrote de I. densiflora Benth e I. mortoniana J. León.

C.7.2. Metodología

Se realizó poda total a 1.0 m de altura en 16 árboles de I. densiflora Benth y siete de I. mortoniana J. León. Las variables evaluadas fueron: altura del árbol; diámetro basal; ramificación a 0.5 m de la superficie del suelo; producción de biomasa (hojas y tallo) y capacidad de rebrote de los tocones

A todos los árboles se les midió el diámetro basal (a 10 cm del suelo), número de ramas (hasta 5 m de altura) y altura total. Luego se podó y pesó la biomasa de 7 árboles de I. mortoniana y 16 de I. densiflora. A los tocones, mensualmente, se le contaron el número de rebrotes y se midió la longitud a los 3 más largos.

C.7.3. Resultados

En el Cuadro 8 se puede observar que ambas especies alcanzaron producciones de biomasa similares, a la edad de 1 año con 4 meses.

En relación a la producción de brotes, se observó que sin excepción todos los árboles podados totalmente, tuvieron la capacidad de rebrotar.

Cuadro 8. Producción promedio de biomasa por especie Inga densiflora Benth e Inga mortoniana J. León.

Especie	Hojas (kg)	Tallos (kg)	Total (kg)	Biomasa* ton/ha/15meses
I. <u>densiflora</u>	2.02	1.16	3.17	7.93
I. <u>mortoniana</u>	1.96	1.21	3.18	7.95

nota:

* = Peso seco

C.8. Propagación vegetativa de Inga densiflora Benth

C.8.1. Objetivos

- 1- Evaluar la capacidad de enraizamiento por estacas y acodos de I. densiflora.
- 2- Determinar el prendimiento de injertos en Inga densiflora.

C.8.2. Metodología

Se aplicaron 4 concentraciones de Acido Naftalenoacético (ANA) (0; 40; 80 mg/l) y de Acido Indolbutírico (AIB) (0; 60; 120 mg/l). Además, se aplicaron 4 concentraciones mezcladas de ambas hormonas.

Se trabajó con tres tipos de estacas: apical, media y basal y dos tipos de injertos: el de cuña y el de yema lateral.

Las variables evaluadas fueron: enraizamiento de estacas y acodos; rebrote de los injertos y diámetro de las ramas acodadas e injertadas.

A cinco árboles de I. densiflora se les practicó 2 tipos de injertos; a los otros 5 se les hicieron acodos. Estacas (10 a 15 cm de longitud y 2 yemas) de la parte basal, media y apical de las ramas de 16 arboles de I. densiflora, se sometieron a los diferentes tratamientos de concentraciones de hormonas por 18 horas. Las estacas se sembraron en cajas con un sustrato de arena esterilizada al vapor y cubiertas con plástico para aumentar la temperatura y humedad. El riego se hizo por medio de nebulizadores que se activarán por 10 segundos, cada 4 minutos.

C.8.3. Resultados

En lo referente a propagación por estacas no se encontró diferencia significativa, en relación al efecto del AIB y del ANA en el enraizamiento de estacas. Respecto a la posición de las estacas en las ramas de los árboles (apical, media y basal) se observó una mayor sobrevivencia en las estacas de la sección basal, seguida de la sección media y con una sobrevivencia muy baja cuando provenían de la parte apical de la rama. Cabe señalar que para sobrevivencia se incluyó las evaluaciones a los 30, 45 y 60 días después de sembrado el material. Se consideró el que las estacas estuvieran vivas y con brotes, sin embargo, no todo el material con brotes produjo raíces.

descomposición de la biomasa utilizada en forma de mulch.

- 3- Constatar si existe efecto alelopático del mulch proveniente de dos especies de Inga spp, en relación a los cultivos de café y maíz.

C.9.2. Metodología

El experimento constó de dos pruebas; una de fertilidad/mulch y otra de alelopatía/mulch en el Invernadero

Para el experimento 1 se formaron 16 tratamientos correspondientes a las combinaciones de dos especies de Inga, cuatro niveles de mulch (0; 8; 16 y 24 toneladas de materia fresca) y dos de niveles de fertilizante en arreglo factorial, empleando un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones.

El ensayo 2 para la prueba de alelopatía se planteó con un diseño completamente al azar con 6 repeticiones para cada cultivo.

Los tratamientos consistieron en la aplicaciones de mulch de dos especies de Inga spp en los cuatro niveles usados para el experimento colocados en superficie o mezclados en profundidad aplicados a macetas que contenían nueve semillas de café y maíz, respectivamente. Se aplicó el mismo nivel de fertilizante del experimento a todas las macetas. Se evaluaron la germinación y el peso seco de tallo y raíz separadamente.

Se evaluaron las siguientes variables: biomasa aérea y radicular de las plántulas de café y maíz; análisis de contenido de nutrimentos; determinación de pH y contenido de nutrimentos para cada tratamiento; análisis de la sobrevivencia y la longitud de la radícula y el coleoptilo para cada cultivo y determinación del efecto de la concentración y el tipo de mulch de cada especie de Inga spp en el desarrollo de cada cultivo.

C.9.3. Resultados

No hubo diferencias entre las dos especies de Inga spp en la producción de biomasa de los cultivos. Sin embargo, con altos niveles de mulch de I. edulis hubo mayor acidificación del suelo y menor absorción de nutrimentos por los cultivos que con mulch de I. densiflora. En general, la biomasa de los cultivos se incrementó con el aporte de mulch. Los niveles de K en el suelo y los de N, P y Ca en el tejido de los cultivos aumentaron. Los niveles de

En relación al comportamiento de los 13 árboles en la producción de raíces, siete fueron los que lograron enraizar (54 %), y el que lo hizo con mayor proporción fue el identificado con el número 30, indicando que puede existir variabilidad genética, en lo concerniente a la capacidad de enraizamiento en *I. densiflora*. Por otro lado, las mayores concentraciones de ANA y AIB fueron las que produjeron mejores resultados promedios, en cuanto a número y longitud de raíces se refiere (Cuadro 9).

Cuadro 9. Estacas de *Inga densiflora* Benth enraizadas usando AIB y ANA.

Arbol #	Secc.	AIB (mg/l)	ANA (mg/l)	raíces	Long raíz larga (cm)
11	basal	0	0	3	4.0
13	apical	120	40	2	2.0
20	basa	160	80	1	2.2
20	media	0	80	4	5.5
20	media	120	80	2	1.2
24	media	60	40	2	3.1
27	basal	120	0	4	1.3
27	media	60	40	2	1.2
30	basal	0	80	5	8.5
30	basal	0	40	1	7.1
30	basa	160	40	3	3.5
30	media	120	80	4	4.2
30	media	60	40	1	1.2
30	media	0	0	1	0.6
30	media	0	40	1	0.6
30	media	120	40	3	0.0
30	apical	120	80	6	12.2
30	apical	160	40	3	12.0
30	apical	120	80	5	8.0
33	basal	120	40	5	5.3
33	basal	0	80	1	3.5

C.9. Efecto de la biomasa de dos especies del género *Inga* (Leguminosae) en el desarrollo inicial de plántulas de cafeto (*Coffea arábica*) y maíz (*Zea mays* L.)

C.9.1. Objetivos

- 1- Conocer el nivel de los nutrimentos aportados por el mulch en el crecimiento inicial de plántulas de café y maíz.
- 2- Evaluar los niveles de nutrimentos y el cambio de fertilidad ocurrido en el suelo provenientes de

cobertura más adecuados fueron: el equivalente a 24 ton/ha para café y el equivalente a 16 ton/ha para maíz. En el ensayo de alelopatía el mulch mezclado con el suelo dio los mejores resultados en relación a la germinación de la semilla y a la biomasa radicular.

C.10. Estudio del efecto del mulch de Inga densiflora en el control de malezas y conservación de humedad del suelo.

C.10.1. Objetivos

- 1- Evaluar el efecto del mulch de I. densiflora en el control de malezas y humedad del suelo en un experimento con microparcelas.

C.10.2. Metodología

Se instalaron 6 marcos de 1.5 m x 1.5 m; 3 controles sin mulch y 3 con 1.8 kg de mulch de I. densiflora (equivalente aproximado en hojas al residuo de una poda en el campo). Durante tres meses a partir de la fecha de instalación (época seca) se dejó crecer la vegetación natural. Al cabo de este tiempo se realizó un muestreo consistente en la ubicación en forma aleatoria de 4 marcos de 0.40 m x 0.40 m dentro de cada uno de los marcos grandes y se realizó un conteo e identificación de las malezas presentes y una estimación visual de cobertura total. Luego se procedió a cortar completamente las malezas y se separaron en tres categorías: gramíneas, hoja ancha y ciperáceas, se secaron en horno y se determinó peso seco. Se realizaron mediciones de humedad de suelo a una profundidad de 10 cm cada 15 días. Se extrajeron, con barreno, 3 muestras por marco, a las que se le determinó humedad por gravimetría.

C.10.3. Resultados

Los resultados indicaron una reducción de malezas bajo mulch del 54%, siendo el efecto marcado en gramíneas (67% menos) y menor en malezas de hoja ancha (19%) (Cuadro 10). No hubo cambios en las ciperáceas pero su presencia fue poco significativa respecto a los otros dos grandes grupos.

Se determinaron indicadores de presencia que incluyen número total de malezas, frecuencia, densidad y dominancia de todas las especies de malezas presentes. Si bien la época seca fue especialmente lluviosa, en el período más seco se determinó un mayor porcentaje de humedad (hasta 10% más) bajo mulch respecto al control.

Cuadro 10. Biomasa de malezas (peso seco) al final del experimento bajo mulch de I. densiflora Benth y control.

	control		mulch	
	g.m ²	%	g.m ²	%
gramíneas	848.2	57.6	278.3	35.1
hoja ancha	597.1	40.6	485.1	61.2
ciperáceas	26.5	1.8	29.3	3.6
total	1471.8	100.0	792.7	100.0

C.11. Herbario de especies del género Inga de Costa Rica.

C.11.1. Objetivos

- 1- Crear un herbario que contenga las especies de el género Inga que se encuentren presentes en el territorio costarricense.

C.11.2. Metodología

Se colectó material vegetal en todo el territorio nacional en los sitios en que se realizó la encuesta y también en algunos otros sectores donde se tuvo conocimiento de que podrían encontrarse especies distintas. El material fue identificado con la colaboración de los técnicos del Herbario Nacional de Costa Rica.

C.11.3. Resultados

Se confeccionó un herbario con 33 especies, las cuales se encuentran montadas con su correspondiente identificación en cartulinas plastificadas.

C.12. Arboretum Inga spp. Finca UNA (San Isidro del General) y Puente Cajón.

C.12.1. Objetivos

- 1- Conocer el desarrollo de las especies en crecimiento libre.

C.12.2. Metodología

Se establecieron, tanto en San Isidro del General como en la Finca Experimental del CATIE, un arboreto que reúne a dieciocho especies colectadas en campo para tener un diverso lote del género Inga spp que pueda brindar información del

crecimiento, fenología, adaptabilidad a suelos ácidos y básicos (anexo 5).

C.12.3. Resultados

En la actualidad, se encuentran plantados ambos arboretum y se realizó un sondeo para constatar sobrevivencia, replantando donde se vio la necesidad.

C.13. Producción de biomasa de Inga mertoniana G. Don, I. densiflora Benth e Inga spectabilis (Vahl) Willd.

C.13.1. Objetivos

- 1- Evaluar el potencial de producción de biomasa (tallo tierno, tallo leñoso y hojas) de las especies densiflora, mertoniana y spectabilis en la Estación Experimental del CATIE.

C.13.2. Metodología

En un ensayo de especies dentro de la finca experimental de CATIE, donde se establecieron las especies densiflora Benth, spectabilis (Vahl) Willd y mertoniana G. Don, se analizó la producción de biomasa y la capacidad de rebrote. Se contó con procedencias de I. densiflora, material genérico de I. mertoniana y de I. spectabilis. De este análisis se extrajo información de producción de biomasa (hojas y tallo tierno) y tallo leñoso (material leñoso).

Las procedencias del material son: Palmares, Grecia, Sabanilla y Naranjo para densiflora; Naranjo para material genérico de mertoniana y Alajuela para material genérico de spectabilis.

C.13.3. Resultados

En el Cuadro 11 se muestra la capacidad de rebrote y producción de biomasa por árbol obtenidos en dicho ensayo, para los componentes de material edible y leñoso. La especie densiflora procedente de Sabanilla, produjo la mayor cantidad de biomasa comestible, mientras que la de Palmares fue la de menor producción. Esta última produjo la mayor cantidad de material no edible, (leñoso) en contraste a mertoniana que obtuvo lo menores valores en producción de biomasa total. Esto es indicativo (caso de densiflora) de que la producción de biomasa dentro de una misma especie muestra diferencias, lo que permite vislumbrar una alternativa de uso para aquellas que presenten una mayor producción para un objetivo en particular.

Cuadro 11. Capacidad de rebrote y producción de biomasa de Inga densiflora, Inga spectabilis e Inga mertoniana al año de podadas

Proced.	altura	N° ramas	N° rebrot	longitud ramas	biomasa	tallo total leñoso	
Palm. (d)	2.486	11	3	2.20	1.71	2.17	3.88
Palm. (d)	2.592	12	1	2.15	2.44	2.89	5.33
Nara. (m)	1.575	17	1	1.66	1.68	1.56	3.24
Grec. (d)	2.692	12	2	2.22	2.06	2.78	4.84
Alaj. (s)	2.252	6	1	1.95	2.45	1.83	4.28
Saba. (d)	2.275	11	1	1.90	3.09	1.86	4.95
Palm. (d)	2.407	7	2	2.24	1.37	1.86	3.23
Nara. (d)	2.450	10	2	1.97	2.11	2.40	4.51

nota:

Palm. = Palmares

d = densiflora

Nara. = Naranjo

m = mertoniana

Grec. = Grecia

s = spectabilis

Alaj. = Alajuela

Saba. = Sabanilla

C.14. Crecimiento inicial de guaba salada (Inga densiflora Benth), guaba chilillo (Inga edulis Mart) y guaba machete (Inga spectabilis (Vahl) Willd) en dos sitios de Costa Rica.

C.14.1. Objetivos

- 1- Dar a conocer los resultados de un estudio que midió las diferencias en crecimiento libre inicial de las especies guaba salada o guaba caite (I. densiflora), guaba chilillo o mecate (I. edulis) y guaba machete o guaba de costa (I. spectabilis) a los tres y seis meses de edad de plantada en dos sitios de Costa Rica: Finca UNA (San Isidro del General, cantón de Pérez Zeledón) y Puente Cajón, Finca Experimental del CATIE (Turrialba).
- 2- Evaluar la variabilidad en el crecimiento inicial de las especies I. densiflora, I. edulis e I. spectabilis en dos sitios de Costa Rica.
- 3- Medir el crecimiento libre de cinco familias de cada una de las tres especies de Inga spp. incluidas en el trabajo.
- 4- Comparar el nivel diferencial de crecimiento libre dentro de las especies estudiadas.
- 5- Comparar tasas de crecimiento de la especie como respuesta a suelos ácidos.

C.14.2. Metodología

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones por sitio, tres especies, cinco familias por especie y sitio y parcelas lineales de seis árboles, de los cuales, cuatro árboles representan la parcela útil. El área total para el ensayo en cada sitio es de 17280 m².

Durante los primeros tres y seis meses fueron analizadas las variables de crecimiento número de ejes (ejes), diámetro basal (db), altura total (ht) y diámetro de copa (dc).

El número de ejes o ramas en crecimiento activo a partir del eje principal o aquel que presenta dominancia apical, se contó por árbol. El diámetro basal fue medido a 10 cm de altura desde el suelo.

C.14.3. Resultados

Durante los seis meses de análisis, tanto en el ensayo de Finca UNA como en el ensayo de Puente Cajón, las familias mostraron diferencias estadísticas significativas en cuanto a las variables: número de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa, tanto a nivel de sitio y bloque como de especie y familias.

Las familias establecidas en el ensayo de Finca UNA mostraron, tanto a los tres meses como a los seis meses, un desarrollo superior al observado en el ensayo de Puente Cajón. Esto se relaciona al hecho de la presencia en el sitio de materia orgánica nutricional en las capas superficiales del suelo en el ensayo de Finca UNA, así como un nivel mayor hídrico producto del régimen de precipitación de la zona con respecto al ensayo en Puente Cajón. En el Cuadro 12 se muestran los resultados del ensayo.

Cuadro 12. Valor promedio por especie, sitio y época de medición para cada variable evaluada. Inga spp.

sitio	edad (meses)	especie	Número de ejes	Diámetro basal (cm)	Altura total (cm)	Diámetro de copa (cm)
FUNA	3	<u>densiflora</u>	0.71	0.53	27.14	11.59
FUNA	6	<u>densiflora</u>	0.90	2.79	32.07	14.17
FUNA	3	<u>edulis</u>	2.13	0.65	35.73	16.60
FUNA	6	<u>edulis</u>	1.78	0.94	50.08	21.80
FUNA	3	<u>spectabilis</u>	1.27	0.53	21.85	10.95
FUNA	6	<u>spectabilis</u>	0.88	0.76	24.26	14.69
PCAJON	3	<u>densiflora</u>	0.34	0.41	20.19	12.18
PCAJON	6	<u>densiflora</u>	1.27	0.65	31.74	21.65
PCAJON	3	<u>edulis</u>	0.54	0.48	23.98	17.46
PCAJON	6	<u>edulis</u>	1.78	0.83	39.56	38.25
PCAJON	3	<u>spectabilis</u>	0.40	0.44	17.23	13.17
PCAJON	6	<u>spectabilis</u>	1.27	0.64	21.91	21.09

nota:

FUNA = Finca UNA

PCAJON = Puente Cajón

Al establecerse una relación diámetro de copa/altura total, las familias en Puente Cajón muestran una proporción mayor de crecimiento con respecto a Finca UNA; de 33 % para densiflora, de 45 % para edulis y de 36 % para spectabilis.

La especie I. edulis mostró los crecimientos e incrementos mayores en lo que respecta a presencia de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa en ambos períodos de medición, dentro del grupo en estudio para ambos sitios. I. densiflora se ubica en la posición intermedia e I. spectabilis ocupa el tercer lugar.

C.15. Dinámica de crecimiento de guaba salada (Inga densiflora), guaba chilillo (Inga edulis) y guaba machete (Inga spectabilis) en dos sitios de Costa Rica.

C.15.1. Objetivos

- 1- Identificar a un plazo de un año las diferencias en crecimiento en número de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa de las especies densiflora, edulis y spectabilis en dos sitios en Costa Rica.

unid. o cm.

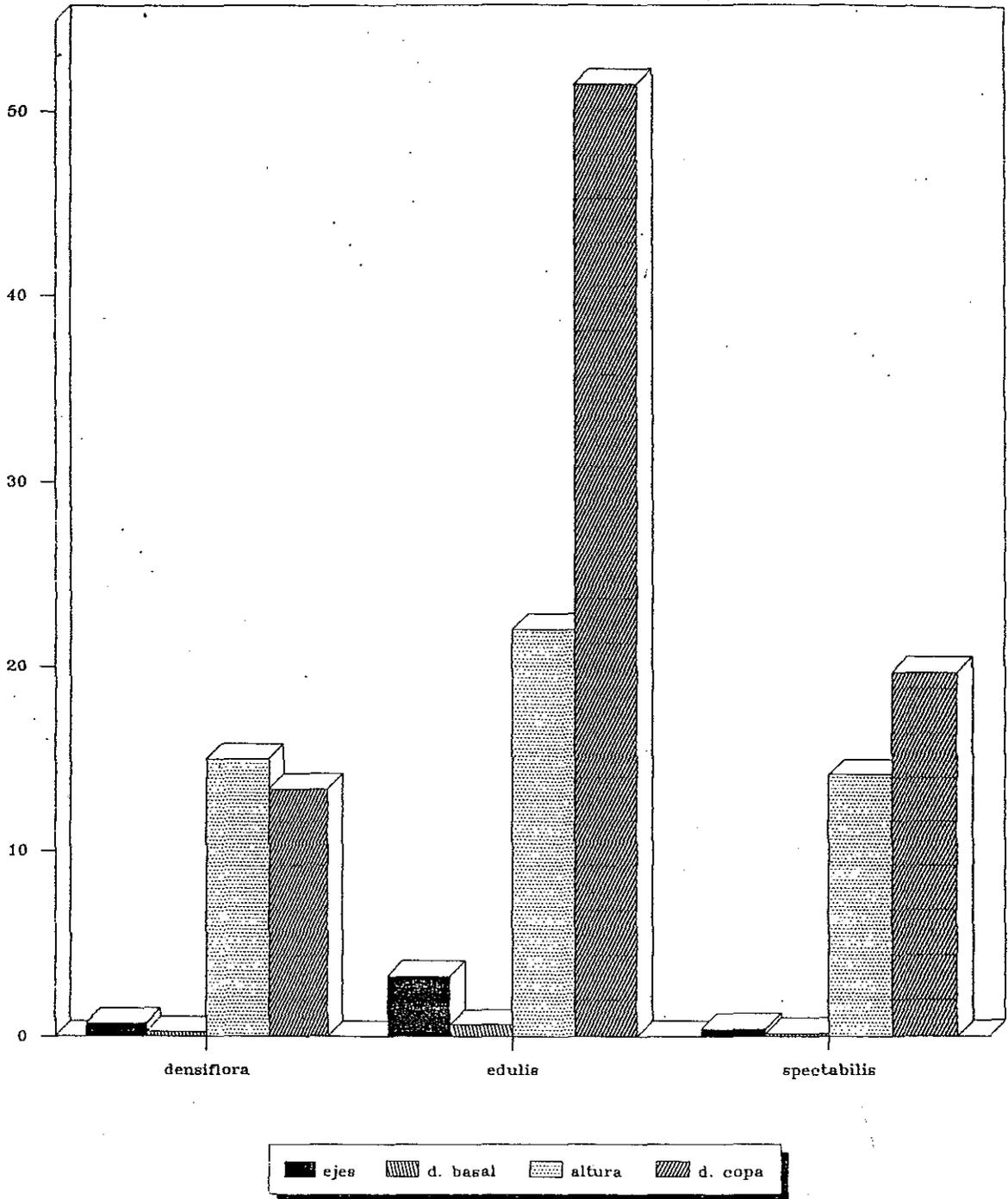


Figura 2. Incremento general en crecimiento. *Inga* spp. Finca UNA.

C.15.2. Metodología

Se le dio continuidad al trabajo de investigación de NOVOA, (1992). Se contó con la base de datos a seis meses generados en éste.

C.15.3. Resultados

Se mantuvieron las diferencias en crecimiento y desarrollo que ya existían a los seis meses entre sitios, especies y entre familias (especie). La especie Inga edulis mantuvo su posición sobresaliente en lo que respecta al n° de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa por sobre densiflora y spectabilis. Esta especie muestra una evidente diferencia significativa por sobre las otras en ambos sitios. Al analizar el incremento medio en un año entre las especies en Finca UNA se logró observar que edulis posee el mayor incremento entre las especies en análisis. La figura 2 muestra el crecimiento de cada variable/especie en este sitio.

Los incrementos para las especies en estudio en Puente Cajón observaron un desarrollo superior para la especie edulis, a la cual le siguió con excepción para número de ejes y diámetro de copa, la especie spectabilis.

D. Utilización del componente arbóreo en Sistemas Agroforestales y Agrosilvopastoriles.

D.1. Producción de cultivo y árbol

D.1.1. Objetivos

- 1- Evaluar la sostenibilidad de la producción de biomasa de los árboles y cultivos asociados.

D.1.2. Metodología

En este trabajo se incluyen los siguientes tratamiento: callejones de G. sepium y E. poeppigiana; mulch de estas especies sin árboles; mulch de Gmelina arborea sin árboles; estiércol y controles sin enmiendas orgánicas.

Los cultivos anuales utilizados son rotaciones de maíz y frijol en la época húmeda y seca, respectivamente.

Todos los tratamientos recibieron una fertilización de P y de K y a su vez son subdivididos en parcelas con y sin fertilización nitrogenada. Además se incluyeron 2 parcelas una con mulch de E. poeppigiana y otra con estiércol sin ninguna fertilización en las parcelas.

D.1.3. Resultados

Dentro de los resultados más concluyentes se tiene que los árboles de Gliricidia y Erythrina podados dos veces al año, siguen produciendo una cantidad constante de biomasa.

Los rendimientos de maíz son mejores en el control fertilizado que en los callejones, ocurriendo lo contrario con el cultivo de frijol.

Los mejores rendimientos se obtienen con aplicaciones de mulch sin árboles, lo que parece indicar que siempre el árbol ejerce competencia.

La fertilización nitrogenada aumenta la competencia de Gliricidia con el cultivo, mientras que en el caso de Erythrina disminuye la producción del árbol y aumenta la del cultivo. Probablemente Erythrina es más dependiente de la fijación simbiótica, mientras que Gliricidia puede usar fácilmente una fuente no simbiótica de N. Los callejones sólo producen aumento de C orgánico y K en el suelo respecto a los controles.

En el caso del P los balances son casi nulos y se nota una seria inmovilización de P en los tocones de los árboles, sobre todo en los de Erythrina.

En las parcelas sin ningún tipo de fertilización con mulch de Erythrina o estiércol se obtuvieron rendimientos similares a los controles fertilizados tanto de maíz como de frijol, pero dado el diseño experimental se complica hacer una comparación estadística rigurosa.

D.2. El efecto de cultivo en callejones sobre propiedades del suelo.

D.2.1. Objetivos

- 1- Estudiar la influencia de los cultivos en callejones con E. poeppigiana y G. sepium sobre el potencial máximo de mineralización de nitrógeno y el comportamiento de otras variables del suelo (pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico).
- 2- Analizar las respuestas de P. vulgaris y evaluar el nitrógeno disponible y su relación con el rendimiento del cultivo.

D.2.2. Metodología

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas (con y sin nitrógeno) con tres repeticiones. El efecto de los tratamientos sobre la humedad del suelo y la mineralización de nitrógeno por incubación anaeróbica se analizó usando el modelo de parcelas subdivididas en el tiempo.

Los tratamientos definidos fueron:

- 1- Control
- 2- Mulch de poró (20,000 kg/ha)
- 3- Estiércol de vaca (20,000 kg/ha)
- 4- Mulch de Gmelina (20,000 kg/ha)
- 5- Mulch de Gliricidia (20,000 kg/ha)
- 6- Callejones de poró (6x3 m)
- 7- Callejones de Gliricidia (6x0.5m)

D.2.3. Resultados

Los resultados indican que en el tratamiento con mulch de poró se obtuvo el mayor rendimiento del frijol (1573.9 kg ha-1) a pesar de que en los cultivos en callejones se obtuvo la mayor biomasa. La fertilización con nitrógeno afectó aparentemente de manera negativa la fijación de N₂, ya que la concentración de ureídos fue menor en la floración y al inicio del llenado de las vainas, ésta posiblemente causó la disminución significativa del rendimiento. El recuento de Rhizobium hecho a la floración fue mayor por un factor alrededor de 100 en los tratamientos con mulch de poró y cultivo de callejones con poró y madero negro lo cual sugiere un efecto de las leguminosas arbóreas sobre la población nativa cuyas consecuencias agronómicas y ecológicas han de evaluarse en trabajos futuros.

La adición de enmiendas orgánicas aumentó el índice de mineralización de N en el suelo, a su vez éste fue mayor durante el ciclo vegetativo del cultivo y menor en el ciclo reproductivo, especialmente entre la floración y el inicio del llenado de las vainas en donde el índice bajó en promedio de 56,1 a 29,2 $\mu\text{g.ml}^{-1}$ de amonio. En el período vegetativo del frijol el índice de mineralización estuvo gobernado por la humedad del suelo, pero la caída de éste índice entre la floración y el inicio del llenado de vainas posiblemente fue por una mayor absorción de N por el cultivo. La baja correlación entre el N_{min} y el rendimiento ($R^2 = 0,07$) pudo deberse a que la fijación de nitrógeno enmascaró la relación, tal como lo confirmó el alto contenido de ureídos en las plantas; la cual pudo a su vez

ser coadyuvada por la contribución del mulch al N disponible del suelo.

Se encontró que el principal factor limitante del rendimiento del frijol fue posiblemente el nitrógeno y en forma preliminar se determinó un nivel crítico de requerimiento interno de 4,8% N. Aparentemente la fijación de N₂ en el frijol está desempeñando un papel importante en el rendimiento de éste y es de esperarse que también esté afectada por el N disponible a lo largo del desarrollo del cultivo. En un futuro debería estudiarse este aspecto así como la contribución de la fijación de N de los árboles al sistema.

D.3. Fraccionamiento secuencial de fósforo en el suelo (método propuesto por Hedley et al y modificado para las condiciones del laboratorio de suelos del CATIE)

D.3.1. Objetivos

- 1- Identificar la dinámica de los procesos a corto plazo causantes de la distribución de las formas de P en el suelo.
- 2- Posibilidad de separar fracciones de P que tuviesen relación con la toma de este nutrimento por las plantas

D.3.2. Metodología

Se trabajó con extractantes de menor a mayor agresividad para fraccionar el fósforo del suelo según la metodología de Hedley et al, que incluye secuencialmente: resina, carbonato de sodio, hidróxido de sodio, hidróxido de sodio en ultrasonido, ácido clorhídrico y una digestión final con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno.

Para la biomasa microbiana se utilizó el método del cloroformo, haciendo la extracción directamente para evitar la fijación del fósforo, por lo que solamente se fumigó por tres horas.

Se midieron las fracciones de fósforo en el cultivo en callejones en La Montaña en tres fechas.: 5 días antes de la poda, 30, y 90 días después de la poda.

Los tratamientos considerados fueron: monocultivo, callejones de Erythrina y Gliricidia, y mulch de Erythrina sin árboles. Todos estos tratamientos recibieron una fertilización de P y K (88 kg de P₂O₅/ha/año, y 130 kg de K₂O/ha/año), además se incluyó un tratamiento con mulch de Erythrina sin árboles y sin fertilización.

D.3.3. Resultados

Las fracciones más lábiles del fósforo (resina, carbonato) son más bajas en el tratamiento sin adición de fertilizante inorgánico. Aparentemente, los residuos orgánicos en este caso están alimentando una fracción de disponibilidad intermedia (Nai) (Figura 3).

No se observaron diferencias en las fracciones más lábiles entre control y adiciones orgánicas en los tratamientos fertilizados con fósforo.

Los resultados en el tiempo indican una disminución de las fracciones más lábiles e intermedias a los 30 días cuando es mayor el crecimiento vegetativo del cultivo y una recuperación al final del ciclo del mismo (Figura 4).

D.4. Efecto de Erythrina poeppigiana plantada en hileras sobre la producción de maíz como cultivo asociado.

D.4.1. Objetivos

- 1- Evaluar el comportamiento de la asociación de E. poeppigiana con cultivos anuales.
- 2- Evaluar el aporte de material orgánico de la biomasa de E. poeppigiana al maíz.
- 3- Comparar la producción de maíz con y sin árboles, para separar el efecto del árbol sobre el sistema.

D.4.2. Metodología

El poró (E. poeppigiana) se plantó en fajas, con una separación de seis metros entre hileras y cuatro diferentes distanciamientos dentro de las mismas. Los tratamientos de espaciamiento fueron: 6x1; 6x2; 6x3 y 6x4 mts. Además se incluyeron parcelas sin árboles como testigos con fertilización (50 kg/ha/siembra de un fertilizante 10-30-10). Todas las parcelas llevan una fertilización básica de Superfosfato Triple (50 kg/ha/siembra). El diseño utilizado fue el de bloques completos al azar.

Luego de una siembra inicial de sorgo para extraer fertilización residual del suelo, se empezaron a sembrar ciclos semestrales de maíz. Al momento de la cosecha del maíz, se determinó el rendimiento de grano y planta así como la biomasa de poró. Posteriormente, se distribuyó la biomasa del árbol sobre las parcelas experimentales y se sembró otro nuevo ciclo de maíz. Muestras de tejido y de suelo se llevan al laboratorio para los análisis necesarios. En el período que comprende este informe se cosecharon los ciclos de maíz octavo y noveno.

mgPo Kg⁻¹ suelo

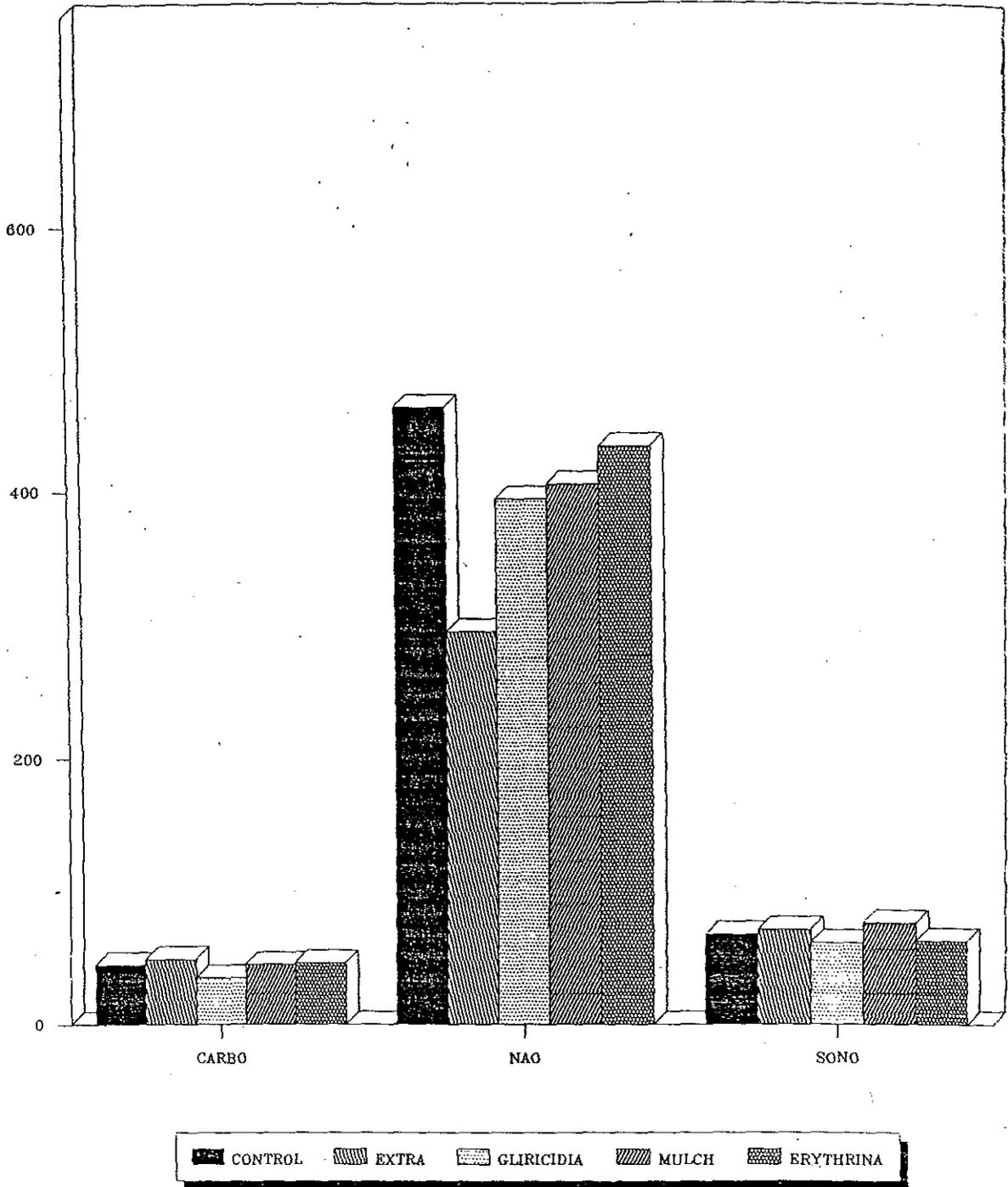


Figura 3. Promedios por tratamiento de las fracciones de fósforo.

D.4.3. Resultados

El rendimiento de maíz para los ciclos octavo y noveno (período que comprende este informe) se presentan en el Cuadro 13, donde además se incluyen los ciclos anteriores. En el octavo ciclo se detectaron diferencias ($P < 0.1$), donde el rendimiento del testigo y el tratamiento 6x1 fue menor. En el noveno ciclo también se encontraron diferencias entre tratamientos ($P < 0.01$). Los mejores rendimientos fueron para los arreglos 6x2 y 6x4. Nuevamente, el testigo y el tratamiento 6x1, tuvieron los rendimientos menores. Las siembras en mayo (cosechas en octubre) tiene mejores rendimientos que las siembras en noviembre (cosechas en abril), esto se debe probablemente a la menor precipitación durante diciembre - marzo y a la menor producción de biomasa que aportan los árboles durante el ciclo húmedo

Cuadro 13. Rendimientos promedio de maíz (kg/ha/ciclo) con 15% de humedad, a través de nueve ciclos consecutivos de cultivo.

ciclo/año	6x1	6x2	6x3	6x4	testigo
1 (04/86)	1890	1803	3004	3150	3763
2 (10/86)	2297	2420	3083	3036	3688
3 (04/87)	1826	1417	1347	1978	2460
4 (10/87)	3684	3278	3154	3508	3968
5 (04/88)	1070	886	782	962	1320
6 (10/88)	2520	2763	2571	2526	2429
7 (04/89)	1480	1652	1680	1542	1336
8 (10/89)	3062	3510	3686	3604	3063
9 (04/90)	1650	2227	1861	2021	1082

Los rendimientos promedios de maíz obtenidos en el experimento sobrepasan los promedios centroamericanos y por ello el sistema es ampliamente justificable, con la ventaja adicional de ser una tecnología de bajos insumos. Es posible obtener rendimientos estables de maíz de 2-3 toneladas/ha en la época húmeda y de 1-2 toneladas/ha en la época seca, eliminando fertilización nitrogenada y potásica. Queda saber que pasa si no se usa fertilización fosforada.

mg Pi Kg⁻¹ suelo

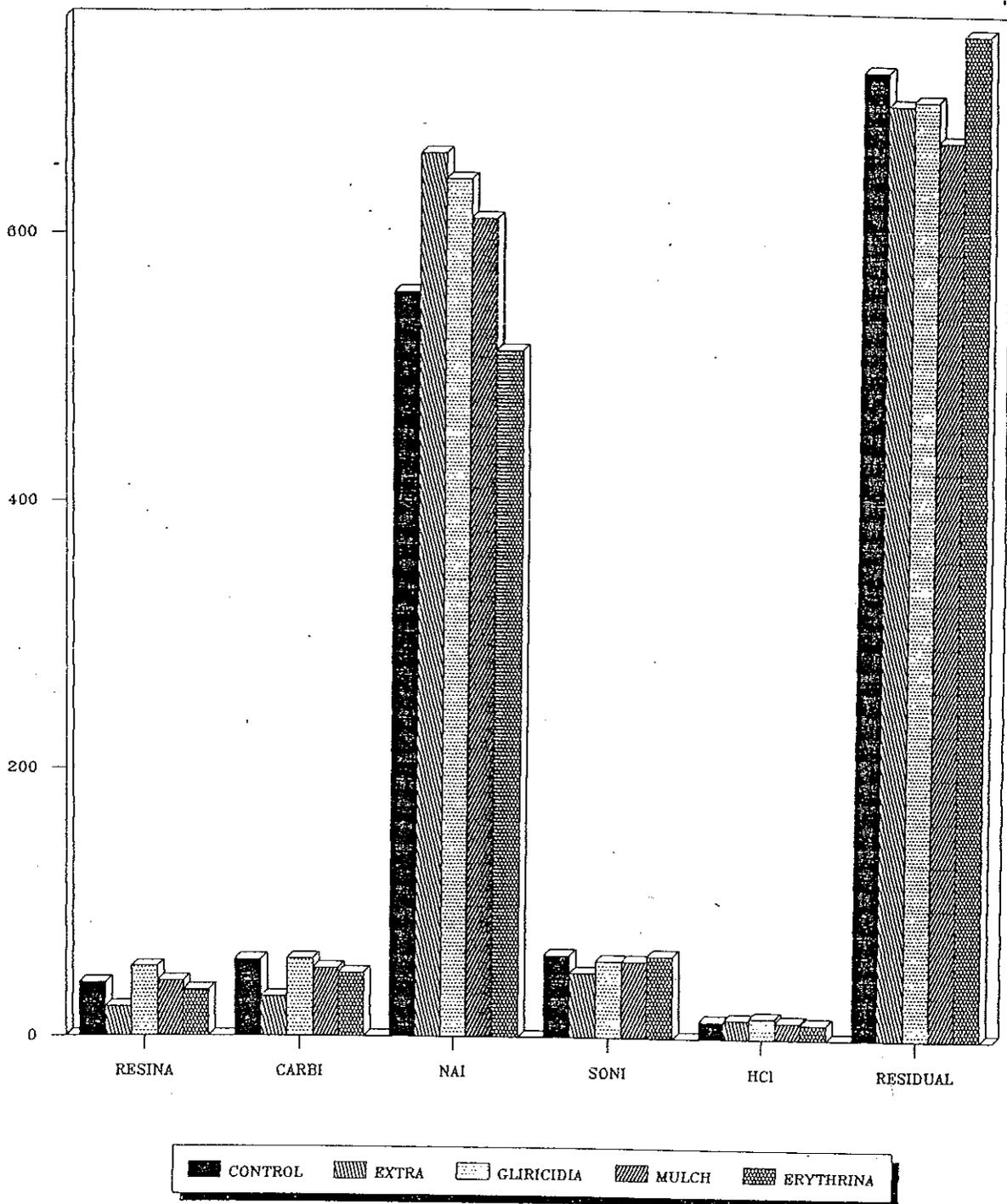


Figura 4. Promedios orgánicos por tratamiento en el tiempo.

D.5. Modelaje de patrones de sombra de árboles manejados con podas periódicas en sistemas agroforestales

D.5.1. Objetivos

- 1- Conocer los patrones de sombra del componente arbóreo para desarrollar el sistema de cultivo en callejones
- 2- Desarrollar un método simple para estimar la radiación incidente sobre el componente cultivo para evitar mediciones directas caras y laboriosas.

D.5.2. Metodología

Consiste en tratamientos con las líneas ubicadas en 3 distintas direcciones respecto al sol (N-S; E-O; NO-SE) con un clon único de *E. poeppigiana* (2660) a 6 X 4 m y rotaciones de maíz y frijol. La mitad de las parcelas está sometida a labranza y la otra mitad no. En los dos experimentos mencionados anteriormente no se hace labranza.

Se modeló la transmisión de la PPFD en la copa del *E. poeppigiana* usando la ley de Beer (Thornley 1976):

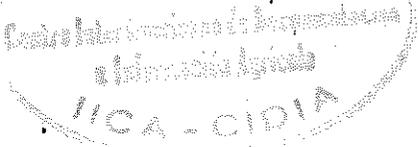
$$PPFD_i = PPFD_0 * \exp(-k * s)$$

donde: $PPFD_0$ es la PPFd incidente sobre los árboles, es la profundidad de la copa; $PPFD_i$ es la PPFd incidente sobre el cultivo y k es parámetro. El valor de k se determinó con regresión no lineal. Los componentes astronómicos y atmosféricos del modelo, posición del sol y transmisión de la radiación en la atmósfera, se modelaron con ecuaciones que se encuentran en la literatura (Dufray, 1975; Gates, 1980; Ross, ; 1981). Para la geometría de los árboles se usó ecuaciones de Quesada et al (1987) en forma modificada. El programa de simulación se escribió con el lenguaje de programación FORTRAN en la computadora central del CATIE. El modelo se evaluó comparando los valores simulados de la PPFd con las mediciones sobre el cultivo.

D.5.3. Resultados

Los estudios realizados hasta ahora indican que a ese distanciamiento de árboles (6x4 metros) no hay problemas de competencia por luz. Hasta el momento no se han detectado diferencias entre labranza y no labranza.

En el análisis de los datos de campo se encontró variación cíclica en el valor del parámetro k . Esto se debe a los cambios de la densidad foliar de la copa y cambios en



las características ópticas de las hojas, durante el crecimiento de los árboles. Durante un ciclo de podas de 24 semanas la PPFD a la profundidad de un metro en la copa tenía el valor máximo de 23,4% de la PPFD sobre la copa, encontrada a las 17 semanas después de la poda, cuando los árboles tenían una caída marcada de las hojas, y el mínimo de 9,5% al inicio del rebrote después de la poda.

D.6. Desarrollo de los patrones de sombra de Erythrina poeppigiana durante un ciclo de poda

D.6.1. Objetivos

Basado en el estudio anterior, se generó esta investigación con los siguientes objetivos:

- 1- Estudiar el desarrollo de las dimensiones de la copa y su trasmittancia para la radiación solar, medida en forma de densidad de flujo de fotones (PDF), en tres clones de E. poeppigiana (Walpers) O.F.Cook (2660, 2662 y 2687), durante un ciclo de poda de seis meses

D.6.2. Metodología

Basado en las mediciones de la trasmittancia de la copa se simuló el efecto del tamaño y forma de la copa sobre la sombra que causa la especie en cultivo en callejones. Se describió la atenuación de la PDF como una función exponencial negativa del largo de la trayectoria recorrida por el flujo directo, aplicando una modificación de la ley de Beer.

D.6.3. Resultados

La densidad del área foliar (área foliar/volumen de copa) promedio, registró una disminución a través del ciclo, siendo esa tendencia independiente del tamaño del árbol. La trasmittancia de la copa presentó un patrón cíclico. Es baja al inicio, luego aumenta presentando un valor máximo en la semana 17 a partir de la poda, para los tres clones, coincidiendo con una marcada caída de las hojas y baja nuevamente al final del ciclo cuando comienza un fuerte rebrote. A la profundidad de un metro dentro de la copa la PFD varió entre 9,5 - 23.4% de la PFD no sombreada en el clon 2660 y 4,2 - 10.8% en los clones 2662 y 2687.

La forma de la copa resultó ser mas importante que las diferencias de trasmittancia entre los clones. Una copa estrecha produce una mayor superficie de sombra de baja intensidad.

D.7. Evaluación de genotipos de maíz y frijol en un cultivo en callejones con E. poeppigiana, C. calothyrsus y G. sepium.

D.7.1. Objetivos

- 1- Evaluar la producción de maíz y frijol bajo el arreglo de cultivos en callejones con tres especies arbóreas.

D.7.2. Metodología

Se evaluaron variedades de frijol adaptadas a bajos insumos, la semilla fue proporcionada por el CIAT y los diferentes genotipos de maíz fueron provistos por CYMMIT, se utilizó un diseño de cuadrado latino para la distribución de genotipos.

Los árboles fueron plantados en enero de 1991 definiéndose así los tratamientos como las especies de E. poeppigiana (clon 2708) usando 6X2 m de distanciamiento, C. calothyrsus (material del vivero forestal del CATIE) distanciada a 6 X 1, G. sepium (Material de cerca viva en Guápiles) distanciada a 6X1 y un tratamiento de monocultivo distribuidos en tres repeticiones en el área.

Los genotipos de frijol son: DOR 385; DOR 390; DOR 364; DOR 482 y los genotipos de maíz son: Sintético 2, Diamantes, Sintético 1. La distribución de estos materiales se hizo en las cuatro subparcelas por tratamiento, con el diseño cuadrado latino. Las fechas de siembra de los cultivos corresponden a mayo para el maíz y el mes de diciembre para el frijol. Para el maíz se implementó un arreglo especial de 0.8 X 0.5 m entre hileras y plantas, respectivamente. El arreglo espacial del frijol fue de 0.4 X 0.25 m entre hileras y plantas. El surco más cercano a los árboles estuvo a 40 cm, con un total de 14 surcos de frijol entre callejones.

D.7.3. Resultados

En la figura 5 se presentan los rendimientos promedio por tratamiento y por genotipo de maíz del primer ciclo de cultivo. Los resultados indican que existe diferencias entre genotipos muy evidentes y que los valores más altos de producción fueron obtenidos por los genotipos Sintético 2 y tuxpeño, aún cuando las especies arbóreas se establecieron recientemente, se considera que todavía no se observan diferencias entre los tratamientos ya que las producciones de los genotipos son similares a la de los controles.

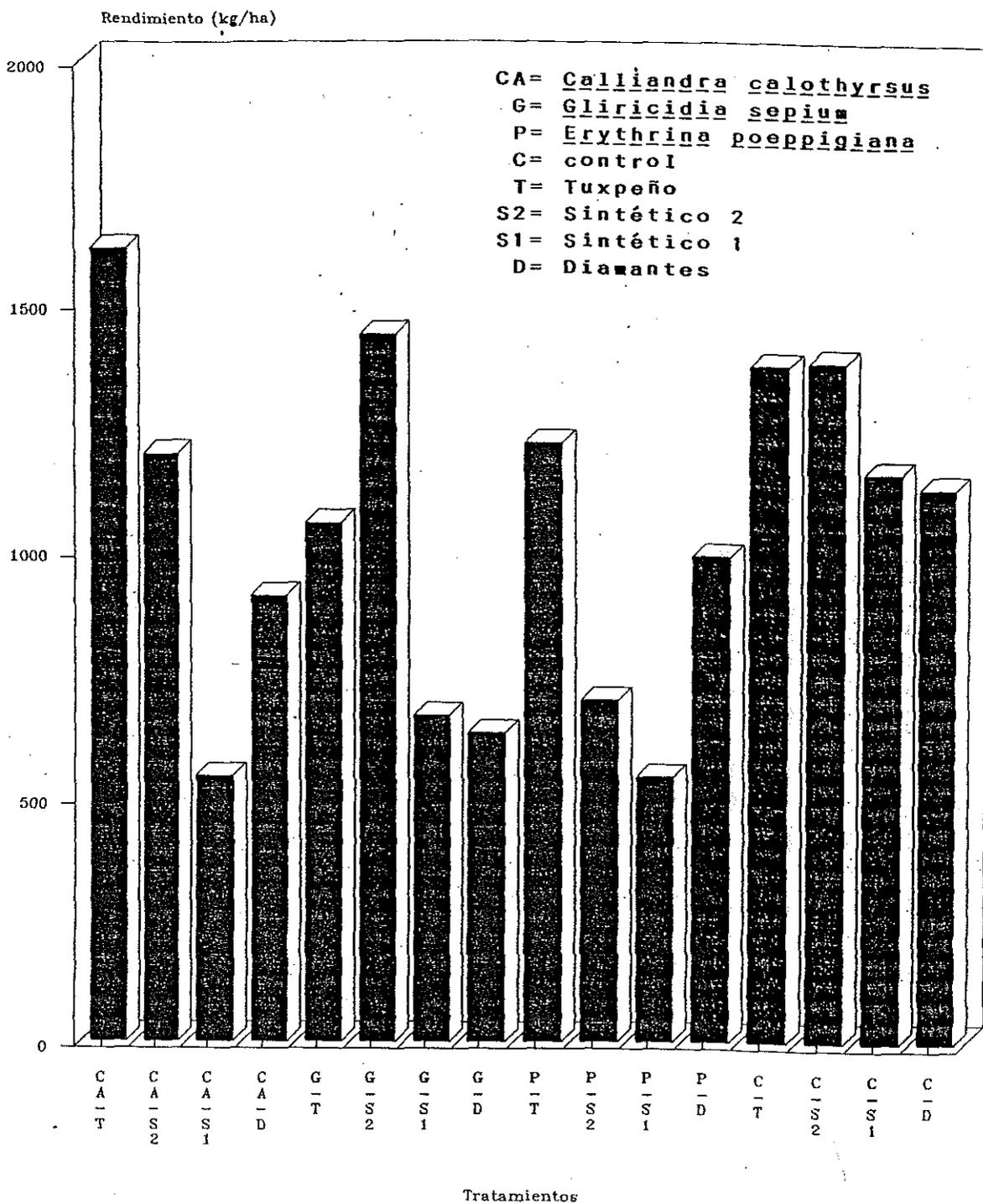


Figura 5. Rendimiento promedio por tratamiento y genotipo de maíz.

En el Cuadro 14 se puede apreciar que la producción es un poco baja debido a la productividad menor en la tercera repetición, lo que influye que el promedio sea menor.

Cuadro 14. Promedios de producción de maíz (kg/ha) de los diferentes genotipos utilizados para las tres repeticiones.

Tratamiento	Genotipo	Bloques		
		I	II	III
C. cal.	Tuxpeño	2731.8	1512.5	591.3
C. cal.	Sintetico2	1774.0	1356.0	456.6
C. cal.	Diamantes	1708.0	728.9	286.5
C. cal.	Sintetico1	585.4	728.5	319.9
G. sep.	Sintetico2	1992.7	1082.5	1234.6
G. sep.	Sintetico1	869.5	427.4	705.2
G. sep.	Tuxpeño	1640.5	421.1	1104.0
G. sep.	Diamantes	562.1	336.9	998.3
poepig	Sintetico1	671.8	87.2	869.1
poepig	Diamantes	2223.8	165.9	574.9
poepig	Sintetico2	595.3	230.7	1270.4
poepig	Tuxpeño	2091.0	572.3	988.4
Control	Diamantes	1494.3	1408.3	485.7
Control	Tuxpeño	1646.6	1609.0	868.4
Control	Sintetico1	1116.8	1574.9	784.4
Control	Sintetico2	1696.5	1811.3	637.2

nota:

C. cal. = Calliandra calothyrsus

poepig = Erythrina poeppigiana

D.8. Efecto de la fertilización en la producción de café bajo sombra de Erythrina poeppigiana

D.8.1. Objetivos

- 1- Conocer el rendimiento de café bajo dos sistemas de manejo (con sombra y a plena luz solar) y con varios niveles de fertilización.

D.8.3. Metodología

Utilizando una fórmula completa de fertilizante 18-5-15 con Mg=6 y Bo=2 se establecieron tratamientos con dosis de 0; 330; 660; 990 y 1320 kg/ha y un tratamiento con 750 kg/ha de N en forma de NH_4NO_3 . El diseño empleado es bloques al azar en parcelas divididas con cinco repeticiones.

D.8.4. Resultados

En el Cuadro 15 se presentan los rendimientos de café oro en quintales/ha/año, para cada una de las cosechas.

Un análisis de varianza mostró que había una interacción significativa entre las dosis de fertilizantes y las condiciones de sombreo; es decir, que la respuesta a la fertilización es diferente bajo sombra de Erythrina con relación a la obtenida a plena exposición de luz.

En general, se observa que la fertilización es más efectiva bajo condiciones de sombra de Erythrina que bajo condiciones de plena exposición. Para alcanzar el mismo rendimiento de café que se obtiene con sombra y sin fertilización, se necesita aplicar aproximadamente 1040 kg/ha/año de fertilizante en las parcelas a plena exposición (Figura 6).

Desde luego, hay presente un factor varietal en el café, que lo hace responder de ese modo al sombrero. Por otro lado, el aporte de nutrimentos de la biomasa del árbol debe contribuir a ello, a pesar de que estos no se distribuyen homogéneamente dentro del cafetal. En total, el componente arbóreo está aportando 34.03 Ton/ha/año de materia seca, repartida así: 51.97% en hojas, 22.65% en tallos tiernos y 25.38% en tallos leñosos.

Cuadro 15. Rendimiento de Café (Grano Oro qq/ha/año)

Trat ¹	Año								
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	
0	a	74.23	58.20	81.55	41.77	53.62	48.98	54.08	63.08
	b	68.02	17.17	39.86	20.45	37.11	36.24	31.18	36.58
330	a	85.21	70.23	95.75	44.80	45.89	52.43	53.86	51.48
	b	99.61	28.46	72.16	29.38	48.81	58.96	57.29	57.08
660	a	98.55	80.65	109.25	48.54	52.84	60.09	60.77	65.23
	b	102.64	35.59	83.13	34.61	48.12	62.07	67.89	69.87
990	a	100.40	94.11	103.86	45.84	48.09	62.95	53.58	65.88
	b	110.64	33.96	96.12	45.63	50.44	64.78	70.61	71.52
1320	a	107.44	80.00	104.73	50.42	51.43	61.85	64.29	66.96
	b	125.87	44.12	101.63	36.66	55.59	75.49	75.89	72.24
750 ²	a	98.86	76.90	89.94	57.93	53.67	60.22	58.38	71.65
	b	123.76	31.38	87.93	51.56	51.40	73.58	76.57	61.71

nota:

a = sombra

b = sol

1 = kg/ha/año de 18-5-15-6-2 (N-P-K-Mg-Bo)

2 = kg/ha/año de NH₄NO₃

Café Oro (qq/ha)

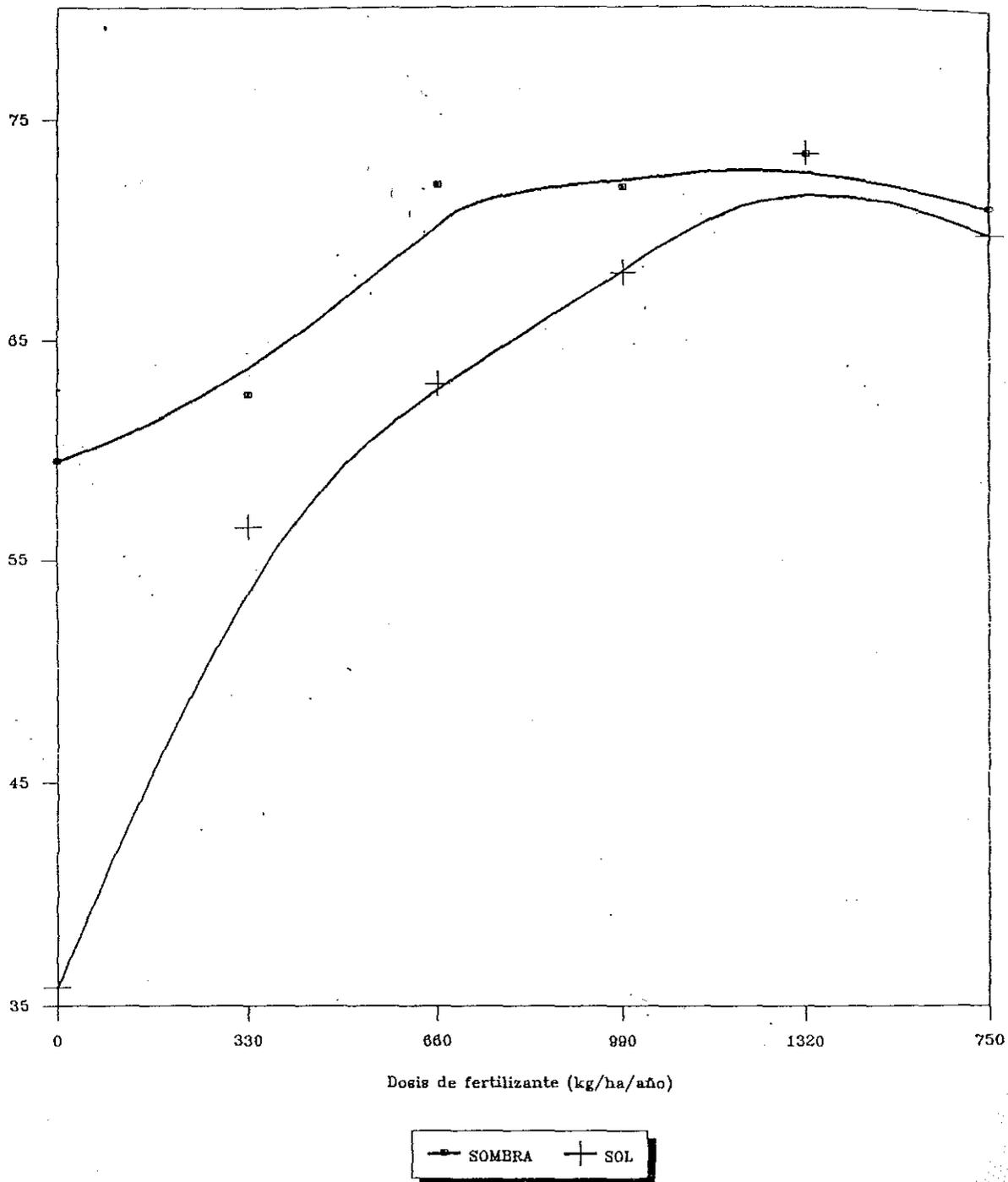


Figura 6. Rendimiento de producción de café a la sombra y al sol.

D.9. Evaluación de soportes vivos de Erythrina berteroana, Gliricidia sepium en un cultivo de Dioscorea alata

D.9.1. Objetivos

- 1- Evaluar el efecto de dos especies arbóreas como soporte vivo en la producción de ñame.

D.9.2. Metodología.

El experimento se realizó en la finca La Montaña, se utilizó un diseño de bloque completos al azar con cuatro repeticiones y nueve tratamientos.

Los tratamientos consistieron en soportes vivos de E. berteroana con tres frecuencias de poda; soportes vivos de G. sepium con tres frecuencias de poda; soporte de barbacoa, soporte individual y testigo.

Los árboles se establecieron a 0.5 m entre hileras de 2.7 m. Se utilizaron estacones de 1.5 m de alto y 4 a 8 cm de diámetro, provenientes de acodos. Para los soportes de G. sepium se utilizó material genérico de una cerca viva, mientras que para E. berteroana se utilizó material clonal (clon 2674), proveniente de la colección del CATIE. El ñame c.v. 6322 se sembró a 1.35 X 0.33 m (22447 plantas/ha), usando secciones de tubérculo de 100 g.

D.9.3. Resultados

El análisis de varianza para variables de rendimiento de tubérculos determinó diferencias significativas para el número y peso de tubérculos exportables y el rendimiento total de tubérculos. Los promedios para estas variables se presentan en el Cuadro 16 y Figura 7. Los mejores rendimientos se obtuvieron con soportes convencionales (individual y barbacoa) y en el asocio con G. sepium. El testigo sin soporte presentó rendimientos intermedios mientras que los tratamientos con E. berteroana alcanzaron los rendimientos más bajos.

Los resultados obtenidos indican que existen diferencias significativas en el número y peso de tubérculos exportables y el rendimiento total ($P < 0.01$) y para el peso de tubérculos semilla ($P < 0.05$). Los soportes convencionales alcanzaron una producción exportable de 29612 kg/ha contra 13257 kg/ha obtenidos con los soportes vivos. Sin embargo, esa baja producción de los soportes vivos se debe a los tratamientos con *E. berteroana*, ya que el promedio de los tratamientos con *Gliricidia* es de 21107 kg/ha de tubérculos exportables. Por esta razón, se realizó una comparación adicional de la media de tubérculos exportables para los tratamientos con *G. sepium* (21107) y la media de los soportes convencionales (29612) encontrándose que estas son diferentes ($P < 0.05$). Los promedios para las otras variables no mostraron diferencias significativas. El rendimiento de tubérculos cuando se usó *G. sepium* fue tres veces mayor que cuando se usó *E. berteroana*.

La comparación entre soportes muertos estableció diferencias significativas ($P < 0.05$) en el rendimiento exportable y total. El soporte individual obtuvo rendimientos de 36493 y 41638 kg/ha de tubérculos exportables totales, contra 22731 y 27882 kg/ha (exportables y totales), respectivamente obtenidos con el soporte barbacoa (Figura 7).

Cuadro 16. Promedios del número y peso de tubérculos exportables, semilla y desecho y rendimiento total de tubérculos de ñame.

Trat.	Variables de crecimiento					
	NEXP	PEXP	NUSEM	PSEM	PDESH	RENTOT
1	4398c	3854d	8449a	2639a	1609ab	8102d
2	8618bc	9005cd	8565a	2662a	1452abc	13119cd
3	3935c	3362d	7060a	2639a	1748a	7749d
4	15741ab	21447bc	9954a	3877a	1250abc	26574bc
5	22106a	26076ab	9375a	3182a	1145abc	30405ab
6	14005ab	15799bcd	8333a	3125a	636c	19560bcd
7	16204ab	19444bc	9259a	3518a	827bc	23791bc
8	20949a	36493a	8333a	4178a	966abc	41638a
9	17593a	22731ab	8796a	3946a	1203abc	27882b

Promedios seguidos por letras diferentes son significativos según la prueba de Duncan al 5%.

nota:

- NEXP = Número de tubérculos exportables por hectárea
- PEXP = Peso de tubérculos exportables por hectárea
- NUSEM = Número de tubérculos semilla por hectárea

PESEM = Peso de tubérculos semilla por hectárea
 NUDESH = Número de tubérculos de desecho por hectárea
 PEDESH = Peso de tubérculos de desecho por hectárea
 RENTOT = Peso total de tubérculos por hectárea

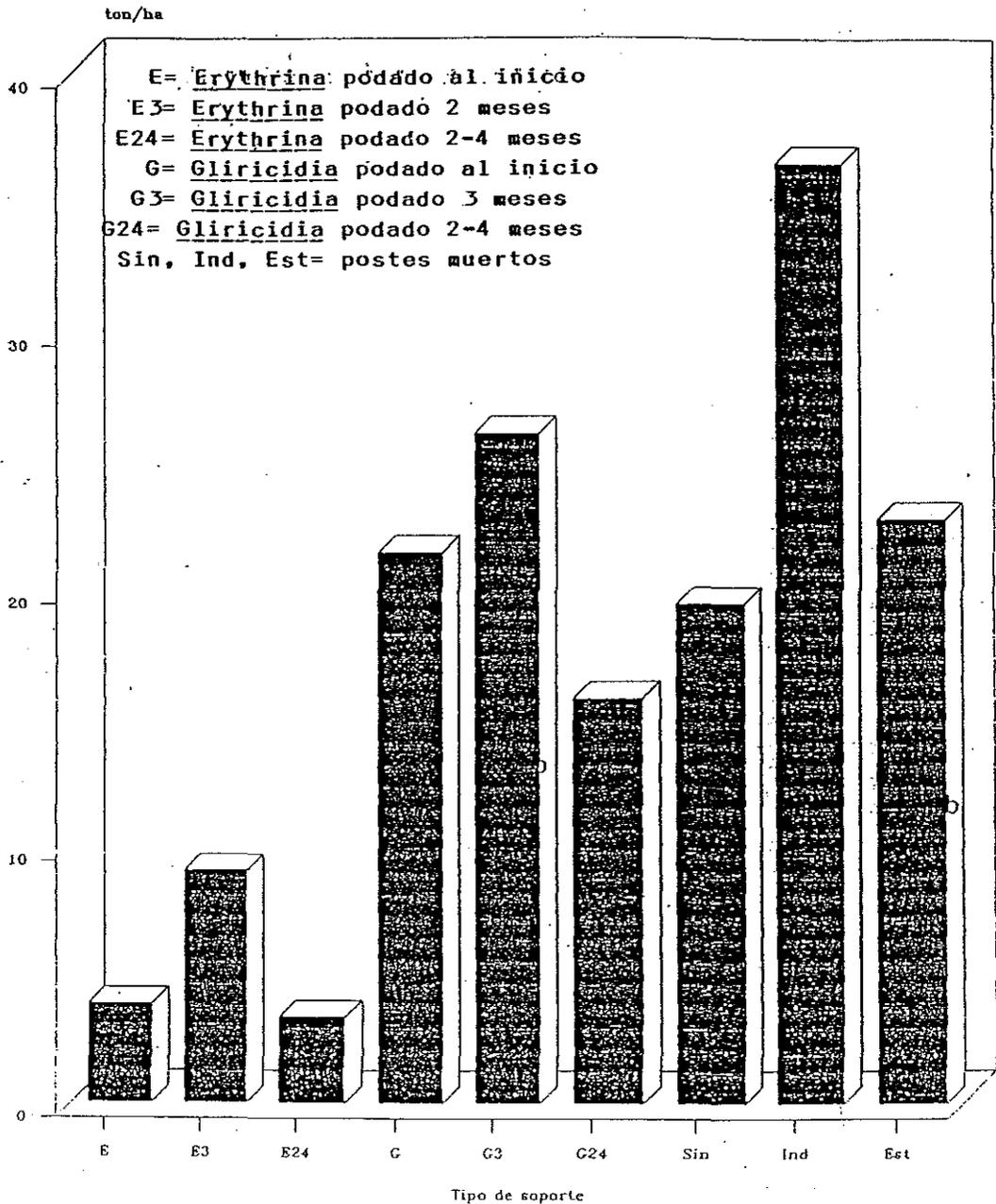


Figura 7. Peso de ñames (Ton/ha) exportables.

D.10. Evaluación de la erosión hídrica y la escorrentía superficial bajo sistemas agroforestales de ladera.

D.10.1. Objetivos

- 1- Investigar el comportamiento de algunas prácticas agroforestales y tradicionales de cultivo y su incidencia en la fertilidad y conservación de suelos.
- 2- Presentar una alternativa de uso y manejo de los suelos de ladera, dentro de un contexto de manejo integral, eficaz y sustentable de los recursos naturales.

D.10.2. Metodología

Para llevar a cabo el anterior propósito se estableció un experimento dentro del huerto clonal del Proyecto de Árboles Fijadores de Nitrógeno (AFN) en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica.

Los tratamientos investigados fueron: monocultivo (en un sistema de rotación maíz-frijol), cultivo en callejones de maíz (*Zea mays* var. Tuxpeño) y frijol (*Phaseolus vulgaris* var. negro huasteco) asociados con *E. fusca* distanciados a cuatro y seis metros; estos mismos cultivos con aplicaciones de mulch de las especies *E. fusca* e *I. edulis* y una condición de suelo desnudo como tratamiento control. Las cantidades de mulch aplicadas fueron de 16 ton/ha/año para cada ciclo de cultivo.

En el experimento se cuantificó en forma directa las cantidades de agua y suelo que se pierden por efecto de la erosión hídrica y la escorrentía superficial. Se relacionaron estos procesos con los rendimientos de los cultivos y se estimó la pérdida de nutrimentos y en general la fertilidad de los suelos. Para ello se recurrió al sistema de cuantificación de pérdida de suelo denominado "parcelas de escorrentía".

D.10.3. Resultados

En 10 aguaceros observados durante el periodo dic/90-mar/91, durante el cual se sembró frijol, se encontró un promedio de escorrentía superficial (E) de 0,72% para el cultivo asociado con mulch de *I. edulis* y de 1,92% para el cultivo solo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para bloques y entre tratamientos. Durante el ciclo de maíz (may/91-set/91) los valores para este coeficiente fueron mayores, alcanzando niveles de 3 y 6% en algunos casos de lluvias muy intensas, como las del 12 y 13

de agosto, y 6 de setiembre, entre otras. El maíz con mulch de *E. fusca* e *I. edulis* mostró los menores niveles de escorrentía 0,34 y 0.40 %, respectivamente.

Las pérdidas de material erosionado para el ciclo del maíz fueron en general muy bajas ($< 1 \text{ tm/ha}$), excepto las reportadas para algunos eventos como los del 12 y 13 de agosto de 1991 (durante el ciclo de frijol no se presentaron pérdidas del suelo). El log. del material erosionado (LS), fue el mejor correlacionado con el índice de erosividad de Wischmeier, que con el índice ($KE>1$) de Hudson y que otros índices planteados. El coeficiente de escorrentía (E) se correlacionó mejor con la intensidad máxima a 30 (I30), que con la energía cinética total (EC), y que los índices (EI30) y ($KE>1$).

Los tratamientos con mulch de *E. fusca* y *I. edulis* han mostrado ser los mas eficaces en el control de la escorrentía y la erosión, siendo este último el mejor. Igualmente, las mayores producciones de grano durante los ciclos, correspondieron a aquel con mulch de *I. edulis* (1969,1 y 2931,1 kg/ha) para frijol y maíz, respectivamente. El aporte de mulch proveniente de los cultivos en callejones, se espera mejore a medida que se estabilizan estos sistemas.

La fertilidad de los suelos al inicio del ensayo presentó un pH promedio bajo (4.3), y porcentajes de saturación de aluminio alto (80%); sin embargo, el encalado, y probablemente el aporte de mulch proveniente de los sistemas, mejoró progresivamente los niveles de éstos parámetros del suelo a valores promedio en todas las parcelas hasta un 5,5 y 10-15%, respectivamente. Las pérdidas de materia orgánica y fósforo total alcanzaron niveles hasta de 1874,2 y 15,10 kg/ha para el tratamiento de suelo desnudo.

E. Socioeconomía

Las actividades realizadas en el área socioeconómica estuvieron dirigidas al logro de los siguientes objetivos:

- A. Caracterizar las circunstancias socioeconómicas de los agricultores de las áreas de estudio (Pérez Zeledón, Costa Rica).
- B. Evaluar alternativas agroforestales a nivel de finca.

A continuación se detallan las actividades realizadas para el logro de los objetivos anteriormente descritos.

E.1. Caracterización de áreas

Para seleccionar y caracterizar las áreas de trabajo se revisó la información secundaria disponible del Cantón de Pérez Zeledón y con base en ésta se determinó la necesidad de recolectar información referente a los sistemas agroforestales, mediante fuentes primarias.

Se visitaron 20 fincas distribuidas en las localidades de Pacuarito, La Angostura y Platanillo en el distrito de San Isidro. Santa Fe, Guadalupe, Veracruz, El Aguila, San Antonio, San Carlos, China Quichá y Paraíso en el distrito de Pejibaye. Quebrada Honda en el Distrito de Daniel Flores (Cuadro 17).

Cuadro 17. Agricultores visitados en la fase de selección.

Nombre	Localidad
Eladió Mora	San Marcos, Pejibaye
Margen Quirós	San Marcos, Pejibaye
Marvin Mora	Zapote, Pejibaye
Humberto Mata Elizondo	Zapote, Pejibaye
Rigoberto Zúniga	Zapote, Pejibaye
Alcides Solano	Zapote, Pejibaye
Juan Luis Valverde	Concepción, Pejibaye
Alvaro Elizondo	Guadalupe, Pejibaye
Junior Marín	Guadalupe, Pejibaye
Cruz Elizondo	Veracruz, Pejibaye
Alberto Morera	Veracruz, Pejibaye
Carlos Mena	Veracruz, Pejibaye
Ramiro Arguedas	Santa Fe, Pejibaye
Francisco Naranjo	San Antonio, Pejibaye
Rafael Angel Gamboa	Pacuarito
Carlos Navarro	Pacuarito
Ramón Segura	Pacuarito
Rigoberto Godínez	Pacuarito
Aquilino Godínez	Pacuarito

E.1.1. Pacuarito

Pacuarito pertenece a San Isidro, Distrito Primero, de Pérez Zeledón, Cantón número 19 de la provincia de San José. Se encuentra a 9 km. al suroeste del centro de San Isidro y tiene una extensión de 8 kilómetros cuadrados.

Está comunicada con San Isidro por una carretera nacional asfaltada hasta la entrada a la comunidad, de donde continúa con una carretera de lastre hasta el centro de la

misma. Esta comunica también con las comunidades vecinas de San Lorenzo y Bijagual.

La zona de vida se clasifica como Bosque Húmedo Tropical, encontrándose en el pie de monte de la Fila Costeña. El clima se caracteriza por temperaturas entre 18 y 24 °C., precipitaciones entre 2500 a 4000 mm, siendo los meses secos enero, febrero, marzo y abril. La humedad relativa oscila entre 85 a 88 %.

Predominan los suelos ultisoles, en los cuales el aluminio es el catión más importante. En las zonas del pie de monte, donde la precipitación es más abundante, la mayoría de las bases (Ca, Mg, K, Na) se lavan ocasionándose acidez del suelo. Estos suelos están ubicados en las clases de uso III y IV, cuyas principales características son: pendientes entre 25 y 30%, alta susceptibilidad a la erosión y limitaciones moderadas en la acidez y fertilidad. Sin embargo, el suelo tiene buenas características físicas en cuanto al drenaje, profundidad y estructura. En algunas zonas es evidente la erosión, principalmente en áreas de pastoreo, razón por la cual se están realizando medidas de conservación como terrazas y siembra en curvas de nivel en varias fincas. Existe entre la población plena conciencia de estos problemas, lo que redundará en una gran disponibilidad y receptividad hacia sistemas de producción sostenibles que atenúen los efectos.

El 48% del área está cubierta de pastos naturales, un 34% está dedicado a cultivos entre los que sobresale la producción de café y los cítricos con un 11% y 9% de esta área, respectivamente. Únicamente el 7% está cubierto de bosques ubicados principalmente en los márgenes de los ríos y nacientes y en la parte montañosa que delimita el poblado. Estos suplen a los pobladores de leña, razón por la que se hace necesario estimular la siembra de especies leñosas, sobre todo considerando que hay varios trapiches en el área que la demandan. El porcentaje de tierras restante está sin uso, en forma de charrales. En los últimos años a tomado auge la siembra de cítricos

La población total asciende a 416 personas de las cuales el 49% corresponde a población económicamente activa. La mayoría de los agricultores son dueños de sus fincas y predominan fincas de 1 a 10 hectáreas.

La comunidad cuenta con una escuela a la que asisten el 91% de los niños en edad escolar. El Ministerio de Salud brinda a la comunidad sus servicios mediante visitas mensuales de un equipo médico.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería tiene un funcionario destacado en la zona para que trabaje con grupos de agricultores mediante visitas mensuales. En los dos últimos años se han realizado trabajos de conservación de suelos a través de un técnico de la Unidad de Conservación de Suelos del MAG.

En cuanto a la comercialización de productos, esto varía con el tipo de cultivo, así por ejemplo, el café es comercializado a través de las cooperativas; los granos básicos mediante el Consejo Nacional de Producción. Algunos productores venden diferentes productos en la feria del agricultor de San Isidro.

Los servicios de crédito son usados por el 50% de los agricultores, para financiar el cultivo del café y la ganadería principalmente. Las fuentes de crédito más frecuentes son las cooperativas cafetaleras y el Sistema Bancario Nacional.

E.1.2 Pejibaye

Pejibaye es el distrito No.7 del Cantón de Pérez Zeledón y tiene una extensión de 205 km². El censo de 1984 reportó una extensión para Pejibaye de 16344 hectáreas ocupadas por 985 explotaciones. En cuanto al uso de la tierra, un 18.9% corresponde a tierras de labranza; 6.1% a cultivos permanentes; 61.4 a pastos y el restante 13.8% a tierras no cultivadas.

El tamaño promedio de finca es de 14.8 hectáreas, encontrándose fincas pequeñas, menores de 10 hectáreas, dedicadas al sistema frijol-maíz y fincas medianas de más de 10 y menos de 20 dedicadas a granos básicos y café. Por lo general las fincas de más de 20 hectáreas tienen ganado. Aunque la mayoría de los agricultores son dueños de sus tierras es común, entre los pequeños agricultores, la siembra de granos básicos en tierras alquiladas y a medias o al tercio con el dueño.

La mayoría de los habitantes son inmigrantes provenientes de la Meseta Central y de Puriscal, con más de 20 años de residir en la zona.

La cabecera del distrito cuenta con numerosos servicios entre ellos, Centro de Salud, Colegio Agropecuario, escuelas en cada localidad, agencia de extensión agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería, sucursal del Banco Nacional de Costa Rica y almacén de insumos agrícolas.

El clima de la zona se clasifica como tropical lluvioso. La región presenta diferentes zonas bioclimáticas que incluyen Bosque Húmedo Tropical, en las partes altas y Bosque Húmedo Tropical transición seco, en el pie de monte. La temperatura promedio es de 22 a 23 °C, con máximas de 28 °C y mínimas de 18 °C. Se estima una humedad relativa entre 86 a 88% para los meses entre setiembre y diciembre. La precipitación promedio anual oscila entre 1700 a 1800 mm, con precipitaciones máximas de 2800 mm y mínimas de 1200 mm. La estación lluviosa se extiende de abril a noviembre y la seca de diciembre a marzo.

El relieve de la zona va de ligeramente ondulado a muy escarpado, lo que restringe el uso de maquinaria. Los suelos de la zona se clasifican como Alfisoles, Ultisoles e Inceptisoles. Los dos primeros son suelos rojizos, de drenaje interno excesivo y de textura media y pesadas. Los Inceptisoles son bien drenados, profundos, de colores oscuros en las cercanías de los ríos, de textura medias y de alta fertilidad natural. En cuanto al pH, estos suelos tienen una reacción ácida, predominando esta última.

Las principales actividades de Pejibaye son el maíz, frijol y ganadería, aunque también se observa café principalmente en los poblados de Zapote, Paraíso y en los alrededores del distrito central. Existe en esta zona un gran potencial para el establecimiento de sistemas agroforestales como los sistemas silvopastoriles, barbechos mejorados, cultivos en callejones con maíz y frijol y café con sombra de guaba (Inga spp) o poró (Erythrina spp).

La localidad de Santa Fe, por ejemplo, presenta gran potencial para el establecimiento de sistemas silvopastoriles, la ganadería es principalmente extensiva y en sistemas de cría, desarrollo y engorde. Una razón para promover los sistemas silvopastoriles en esta zona son los evidentes problemas de erosión en las áreas de pastoreo que pueden convertirse en un serio problema en el futuro, si no se toman medidas de control necesarias. Sin embargo, las vías de comunicación son muy deficientes, principalmente en la época lluviosa, lo que dificulta su acceso.

Las localidades de Zapote, Paraíso, Platanares, Las Mesas y San Marcos de Pejibaye, representan las zonas de mayor potencial para sistemas agroforestales basados en café. En este cultivo se observó diferentes tipos de sombra y en algunos cafetales se notó un exceso de la misma. La sombra preferida es la de I. edulis debido a la calidad de leña que provee. Sin embargo, recientemente, se ha introducido el poró y se observan algunos cafetales con sombra de E. fusca y E. poeppigiana.

En la zona de San Antonio de Pejibaye se observó el uso de especies maderables como pino (Pinus spp) y eucalipto (Eucalyptus spp), además áreas dedicadas al cultivo de la caña india, cítricos, cacao, granos básicos, frutales, tubérculos y piña. Existe un gran potencial en esta zona principalmente en lo que respecta a cultivos no tradicionales como piña.

Es evidente a nivel de todo el área el uso de los bosques remanentes para el abastecimiento de leña de los pobladores, lo que indica que existe la necesidad de contar con áreas dedicadas a la producción de leña. Existen pequeñas áreas reforestadas con especies maderables como cocobolo (Dalbergia retusa), cenízaro (Samanea saman), pochote (Bombacopsis quinatum), pino (Pinus caribae), melina (Gmelina arborea) y eucalipto (Eucalyptus deglupta) pero se observa un desarrollo lento en algunas especies.

E.1.3 Otras localidades

La localidad de Quebrada Honda se caracteriza por poseer pequeñas fincas muy diversas entre sí, en lo que a actividades de producción se refiere. Los cultivos encontrados en las fincas visitadas fueron café, granos básicos para consumo, caña india, maní, pejibaye y frutales. En la mayoría de los cafetales se observó alta densidad de sombra y predominio del poró (E. poeppigiana), guaba (Inga spp), manzana rosa (Sizygium jambos) y guachipelín (Diphysa robinoides). No ofrece mucho potencial para establecer ensayos agroforestales.

La localidad de Platanillo se caracteriza por la presencia de fincas pequeñas de subsistencia, así como grandes extensiones de tierra dedicadas especialmente a la ganadería. El uso de la tierra no es intensivo. Se observaron fincas dedicadas a café, arboles frutales (mango, naranja, mamón chino), pastos y pequeñas áreas de bosque explotado.

En opinión de algunos agricultores las plagas en los cultivos son los principales problemas; debido a éstas se dejó de sembrar granos básicos, principal producto de la zona en el pasado. Esto ha hecho que los agricultores busquen nuevas alternativas de producción. Otro problema mencionado es la escasez de mano de obra.

En general, el uso del componente arbóreo dentro de las fincas es muy limitado, tal es el caso del café, el cual se observa en la mayoría de los casos sin sombra y en los casos en los que esta está presente el componente se observa un mal manejo de la misma.

La ganadería existente está principalmente orientada hacia la cría y desarrollo en las pequeñas y medianas fincas y posiblemente al engorde en las de mayor extensión. La ganadería es extensiva y se basa en sistemas de pastoreo. Los potreros están poblados principalmente por pasto jaragua (Hiparrhenia rufa) y natural y hay algunas áreas con Brachiaria. Esta última presenta problemas con el "salivazo o baba de culebra", causado por un insecto chupador (Prosapia spp), principalmente en la época lluviosa.

De acuerdo a lo observado y conversado con los agricultores, esta zona puede considerarse con un bajo potencial para los sistemas agroforestales.

Con base en los resultados del sondeo se seleccionaron dos áreas de trabajo en el cantón de Pérez Zeledón a saber, Pácuarito y Pejibaye. Además se establecieron las siguientes recomendaciones:

1. Incorporar los frutales en las investigaciones ya que tienen gran potencial.
2. Estudiar los cultivos en callejones y compararlos con sistemas existentes como sería el frijol tapado, dada la importancia de los granos básicos en la zona.
3. Establecer ensayos de sistemas silvopastoriles, desconocidos en la región.
4. Probar y comparar diferentes espaciamientos de sombra de guaba (Inga spp) y poró (Erythrina spp) en café.

E.2. Evaluación de alternativas agroforestales en fincas

E.2.1. Objetivos

1. Demostrar la factibilidad técnica y económica de alternativas agroforestales bajo las condiciones agroecológicas y socioeconómicas representativas de los agricultores y de la zona.
2. Identificar, con la participación del agricultor, nuevas técnicas de manejo, mejoras o innovaciones y limitantes del sistema que retroalimenten la fase experimental.
3. Mostrar los posibles efectos de los árboles fijadores de nitrógeno sobre la conservación de suelos, protección de aguas y cultivos a nivel de finca y región.

E.2.2. Metodología

El logro de los anteriores objetivos implicó varias etapas como fueron la selección de fincas, diseño de la opción agroforestal, establecimiento y manejo del sistema y la evaluación del mismo.

1- Selección de fincas

Los criterios a considerar fueron características de la finca (topografía, uso de la tierra, tenencia, accesibilidad, ubicación y potencial para sistemas agroforestales) y características del agricultor (capacidad de liderazgo, facilidad de comunicación, escolaridad, edad, espíritu de colaboración y disposición al cambio).

Concluidas las entrevistas se analizaron las diferentes opciones lo cual permitió seleccionar 6 fincas: dos en Pacuarito y cuatro en Pejibaye.

2- Estudio de la situación inicial

Mediante una encuesta estática se recolectó información sobre los siguientes rubros:

a. Características de la finca:

Area total

Tipo de suelo (muestreo de suelos)

Uso y distribución de la tierra

Uso y distribución de mano de obra

b. Actividades productivas de la finca (del último ciclo productivo)

Tecnología por sistema

Productividad de cada sistema

Costos e ingresos por sistema

c. Capital de la finca

d. Servicios

Crédito

Asistencia técnica

Mercado de insumos (lugar de compra, distancia)

Mercadeo de productos (lugar de venta, distancia)

Con base en esta información se realizó un análisis de la situación financiera de la finca al inicio de proyecto, el cual se utilizará como punto de comparación en el futuro.

3. Diseño y establecimiento de alternativas

El diseño de la alternativa fue realizado junto con el agricultor, considerando sus intereses y necesidades y el potencial que tenía la finca para ponerla en práctica.

El establecimiento de los ensayos se realizó principalmente con mano de obra suministrada por el agricultor y su familia. En los casos requeridos, el proyecto contrató mano de obra como complemento a la ya existente en la finca.

E.2.3. Resultados

E.2.3.1. Finca No. 1

E.2.3.1.1. Caracterización de la finca

Está localizada en Pacuarito y tiene una área de 14 hectáreas. Sus actividades principales son los cítricos, café y cerdos de engorde. Tiene además maíz, frijol, ganado de leche, malanga y yuca para autoconsumo.

En esta finca funciona el vivero forestal del Centro Agrícola Cantonal de Pérez Zeledón, principal proveedor de árboles maderables en la zona.

E.2.3.1.2. Sistema agroforestal establecido

Se estableció un sistema silvopastoril para alimentación de 4 vacas estabuladas. El sistema consta de los siguientes componentes:

- Un cuarto de hectárea de *E. poeppigiana* en banco de proteína, sembrados por estacas de 60-70 cm, colocadas horizontalmente, descortezadas y traslapadas entre sí y a un metro de distancia entre surco.

- King Grass (*Pennisetum purpureum*) en surcos dobles y traslapados, distanciados un metro.

- Caña de azúcar sembrados a 80 centímetros entre planta y 1 metro entre surco.

La dieta recomendada consistió de poró, King grass, caña de azúcar, melaza urea y cerdaza, esta última obtenida en la finca mediante un proceso de lavado y secado de los excrementos recogidos de la porqueriza.

Se realizaron mediciones de peso mensuales, pero a la cuarta evaluación se decidió suspenderla porque el agricultor estaba variando las raciones acordadas y suministrando el alimento de acuerdo a la disponibilidad del mismo. Como consecuencia del aumento en el número de animales la finca experimentó un déficit de alimento que impedía cumplir con la dieta recomendada, por lo que se

recomendó ampliar el área de siembra para llenar las necesidades.

E.2.3.2. Finca N° 2

E.2.3.2.1. Caracterización de la finca

Se localiza en Pacuarito y tiene una extensión de 60 hectáreas dedicadas a la ganadería de engorde.
Sistema establecido:

E.2.3.2.2. Sistema agroforestal establecido

Sistema silvopastoril asociación de gramíneas, leguminosas y árboles fijadores de nitrógeno sembrado en curvas de nivel.

El ensayo consistió de dos parcelas de (90x30) m. con dos tipos de gramíneas: Brachiaria brizantha (6780) y Brachiaria humidicola (6369) y 6 subparcelas de 30x30 con las leguminosas Arachis pintoi y Stylosanthes guinensis y árboles de E. berteroana, guachipelín (Diphysa robinoides), y madero negro (Gliricidia sepium).

En este ensayo se contó con la colaboración del Proyecto Sistemas Silvopastoriles de CATIE, cuyo personal aportó valiosas sugerencias en su diseño y establecimiento. El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) proporcionó el material de las gramíneas y de las leguminosas.

E.2.3.2.3. Resultados

Tanto las gramíneas como las leguminosas se desarrollaron muy bien, aunque la B. humidicola mostró mayor crecimiento. La única limitante fueron las malezas en la fase de establecimiento, las cuales debieron controladas manualmente, lo que representó un costo adicional bastante elevado.

E.2.3.3. Finca N° 3

E.2.3.3.1. Caracterización de la finca

Se localiza en Zapote de Pejibaye. Tiene una área de 4 hectáreas, dedicadas principalmente al sistema Maíz-frijol. Posee una pequeña parte sembrada de café en muy mal estado, que no puede atender el agricultor por falta de dinero. Tiene 1300 árboles de Gmelina y Eucalyptus.

E.2.3.3.2. Sistema agroforestal establecido

Cultivo de maíz y frijol en callejones de E. poeppigiana en canales de contorno.

El área de siembra fue de 0.5 ha. con cuatro canales dispuestos en curvas de nivel. Los árboles se sembraron a 1x12 metros en la parte superior de cada canal. Se utilizaron acodos de los clones 2433, 2660, 2661, 2687, 2700 y 2708.

E.2.3.3.3. Resultados

En el primer año se obtuvo alrededor de 90% de sobrevivencia de las estacas y el desarrollo de los árboles fue satisfactorio. En mayo de 1992 se realizó la resiembra de poró y se sembró maíz, sin embargo la plantación no prosperó porque el agricultor descuidó su mantenimiento por dedicarse a otras labores.

E.2.3.4. Finca N° 4

E.2.3.4.1. Caracterización de la finca

Esta finca se localiza en Zapote de Pejibaye y consta de 12 has. dedicadas al café, granos básicos, una plantación de eucalipto y potreros dedicados a la producción de leche para consumo doméstico.

E.2.3.4.2. Sistema establecido:

Prueba de densidades de sombra de G. sepium (6x6), E. poeppigiana (6x6) e I. edulis (8x8) en café.

Se utilizó material genérico de E. poeppigiana y material de los clones A4-10, A4-1, A4-3 y A4-9 de G. sepium y material genérico de I. edulis.

E.2.3.4.3. Resultados

El desarrollo de las tres especies es hasta ahora satisfactorio.

E.2.3.5. Finca N° 5

E.2.3.5.1. Caracterización de la finca

Esta finca está ubicada en San Marcos de Pejibaye. Tiene una extensión de 3 hectáreas dedicadas al cultivo de maíz y frijol.

E.2.3.5.2. Sistema agroforestal establecido

Cultivo de maíz y frijol en callejones de E. fusca en curvas de nivel.

El área de siembra es de 0.25 hectárea y se utilizaron los clones 2442, 2432, 2649, 2668 y 2706 sembrado a 6x1 sobre las curvas a nivel.

E.2.3.5.3. Resultados

Para la fecha de este informe, el establecimiento del poró ha sido satisfactorio.

E.2.3.6. Finca No. 6

E.2.3.6.1. Caracterización de la finca

Se localiza en San Marcos de Pejibaye. Tiene un área de 20 hectáreas de las cuales 6 están dedicadas principalmente a los granos básicos y en menor escala al tomate y café. Esta finca tiene, en su totalidad, obras de conservación de suelos en las que se ha establecido barreras vivas como piña y zacate violeta (Andropogon sp). Tiene además una plantación de eucalipto y pino. El resto de la finca está dedicada a potreros subutilizados.

E.2.3.6.2. Sistema agroforestal establecido

Cultivo de maíz-frijol en callejones de E. fusca en canales de contorno, En un área de 0.25 hectáreas caracterizada por pendientes del 30%. Se sembró material de los clones 2440, 2441, 2675, 2678, 2679, 2701 y 2706 a (6x1)m., distribuidos en siete hileras, cuatro de las cuales están sobre canales de contorno.

E.2.3.6.3. Resultados

Los materiales de poró se establecieron satisfactoriamente. No hay datos de producción del sistema.

E.3. Otros ensayos agroforestales en fincas de agricultores

E.3.1. Análisis económicos de alternativas de sistemas agroforestales.

E.3.2. Objetivos

- 1- Analizar la factibilidad económica de varios alternativas basados en E. poepiggiana con maíz y frijol.

E.3.3. Metodología

Los tratamientos analizados fueron los siguientes:

1. Cultivo en callejones de *E. poeppigiana* sembrada por estacas de dos metros de altura, a una distancia de 6m x 3m (555 árboles/ha) con poda dos veces al año y aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio (ALLEYNPK).
2. Igual que tratamiento 1 pero sin nitrógeno mineral.
3. Cobertura verde o mulch de *E. poeppigiana* (20 ton/ha de materia fresca) fertilizado con nitrógeno, fósforo y potasio.
4. Igual que el tratamiento 3, pero sin nitrógeno mineral.
5. Igual que el tratamiento 3, pero ningún tipo de fertilizante mineral.
6. Control sin árboles con nitrógeno, fósforo y potasio.
7. Control sin árboles, sin nitrógeno, sólo con fósforo y potasio).

Todas las parcelas recibieron 88 kg/ha/año de P_2O_5 y 130 kg/ha/año K_2O . Los tratamientos fertilizados con nitrógeno recibieron 150 kg/ha/año en forma de nitrato de amonio (NH_4NO_3).

Para la estimación de costos y beneficios, se consideraron como costos variables aquellos incurridos en cada tratamiento y como costos fijos los correspondientes a las labores de los cultivos que son comunes a todos los tratamientos. El establecimiento tiene lugar el primer año y la poda se inició en el segundo año.

La estimación de la mano de obra utilizada en actividades como establecimiento y poda de los árboles y aplicación de mulch, constituye un problema ya que esta es más intensiva en estación experimental y podría no reflejar la realidad a nivel de finca. Para obviar esta limitante se utilizó información obtenida de cuatro fincas donde se tienen experimentos en cultivos en callejones. Para estimar los beneficios se utilizó los rendimientos experimentales.

E.3.4. Resultados

Los resultados del análisis financiero se presentan en el Cuadro 18. El VAN resultó positivo para todos los tratamientos. Los valores mayores correspondieron a la aplicación de mulch con nitrógeno, seguido por el control con nitrógeno el cual es 10% menor. En términos de relación beneficio/costo, todos los tratamientos tienen coeficientes

mayores a uno y aunque las diferencias son leves, el control nitrogenado es el que da la mayor retribución por unidad monetaria invertida, seguido por el mulch con nitrógeno. El comportamiento económico es consistente con la respuesta obtenida por los tratamientos en cuanto a su producción. Los rendimientos promedio de maíz y frijol en el mulch con y sin nitrógeno son mayores que sus respectivos controles.

Cuadro 18. Valor presente neto (VAN) y relación beneficio/costo (B/C) por tratamientos.

Tratamiento	VAN	Incremento sobre control	B/C
MulchNPK	2098	10.5	1.31
ControlNPK	1899	0.0	1.40
MulchPK	1751	-7.8	1.27
AlleyNP	1348	-29.0	1.12
Mulch	1318	-30.6	1.22
AlleyPK	794	-58.0	1.13
ControlPK	490	-74.0	1.10

Por otro lado, se debe considerar que algunas de las alternativas evaluadas implican un aumento considerable en los costos. Los factores principales que inciden en este incremento son el precio del nitrógeno y los altos requerimientos de mano de obra. Este último representa un incremento de 16 jornales para el establecimiento de los árboles y 40 y 60 jornales/ha/año para la poda y aplicación de mulch.

El efecto de un cambio en los valores básicos del precio del nitrógeno (100% en el gráfico), no es tan drástico debido principalmente a que este es relativamente bajo. Obsérvese que a incrementos mayores de 60% (150% en el gráfico) en el precio de este insumo, el control con nitrógeno tiende a igualarse con el mulch sin nitrógeno. De lo anterior se desprende que la factibilidad de estas alternativas depende, en gran parte, de la disponibilidad de mano de obra y del precio del nitrógeno. Desde este punto de vista, conviene determinar los niveles de precios de estos factores a partir de los cuales sería económico sustituir el nitrógeno mineral por abono orgánico proveniente de la biomasa de los árboles.

Con este propósito se procedió a comparar el control con nitrógeno con cada uno de los tratamientos sin nitrógeno y se determinó las combinaciones de ambos insumos que tuvieran el mismo VAN dentro de un rango determinado.

Cada línea de la figura 14 corresponde a todas las combinaciones de precios de nitrógeno y mano de obra para las cuales el VAN es igual para los dos tratamientos comparados. Todas aquellas combinaciones por debajo de cada línea favorecen la aplicación de nitrógeno orgánico, mientras que las ubicadas por encima de esta favorecen al nitrógeno mineral.

Por ejemplo, para un aumento del 50% en el precio del nitrógeno (150% en el gráfico), la mano de obra debe disminuir a \$5.8 (96% del precio actual) para igualarse con el control. A partir de este punto, si el costo de oportunidad de la mano de obra es menor, es más rentable el tratamiento MULCHPK, mientras que si es mayor es más rentable la aplicación de nitrógeno mineral. Similarmente, al precio actual de nitrógeno (100% en el gráfico) el precio del jornal debe ser menor a \$5.7. Precios mayores de mano de obra hacen más rentable la aplicación de nitrógeno mineral, que sería la situación bajo el costo actual de la mano de obra.

En el caso de comparar el tratamiento MULCH y el ALLEYPK, si el precio del nitrógeno se incrementara un 50%, el costo de la mano de obra tendría que disminuir hasta \$4.3 y \$1.3/jornal, respectivamente.

Es obvio que, bajo condiciones de alto costo del fertilizante nitrogenado y bajos costos de oportunidad de la mano de obra la sustitución del nitrógeno debe hacerse vía aplicación de mulch más fósforo y potasio. El mulch sin fertilización sería una mejor opción en fincas con severas limitaciones de capital para la compra de fertilizantes inorgánicos. Debe considerarse que la adopción de estos sistemas requiere de fuentes cercanas de material, lo cual podría limitar su implementación en fincas pequeñas donde la tierra tiene un costo de oportunidad muy alto. En este sentido, las cercas vivas pueden constituirse en las fuentes idóneas.

Los resultados demuestran que el cultivo en callejones de poró con maíz y frijol no es una alternativa promisoriosa. Para que este sistema sea adoptado tendría que tener otros incentivos, aparte de la adición de nitrógeno, como el control de la erosión y el control de malezas, o producción de leña.

Anexo 1. Bibliografía del género Inga spp.

- ACERO, P.L. Árboles de zona cafetalera colombiana. Vol. 16. Ediciones Fondo Cultural del Cafeto. 307 p.
- ACOSTA SOLIS, M. 1955. Árboles recomendados para sombra de los cafetales. Boletín de la Cámara de Agricultura de la 2a. zona mayo y junio año VI (Ecuador) 6(26):29-30.
- AGUILAR, GIRON, J. I. 1966. Relación de unos aspectos de la flora útil de Guatemala. 2da. ed. Guatemala. 383 p.
- ALFEREZ, J. A. 1976. Manejo de árboles para sombra en cafetales. Manual Técnico del cultivo del café en El Salvador. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del café. Santa Tecla, El Salvador. 223 p.
- ALPIZAR, L.; FASSBENDER, H. W.; HEUVELDOP, J.; ENRIQUEZ, G., FOLSTER, H. 1984. Estudio de sistemas agroforestales en el experimento central del CATIE, Turrialba. IV. Modelos de los ciclos de la materia orgánica y elementos nutritivos en los sistemas café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. I. Biomasa y Reservas nutritivas. Revista Turrialba 35(3):233-242.
- ALVARADO, V., M. A. 1979. Estudio comparativo de espaciamientos de siembra y número de ejes en cafetos de *Coffea arabica* cv. Caturra. 2 Simposio Latinoamericano sobre caficultura garnica, Xalapa, México. 4-5 diciembre 1978. IICA-ICCR-205.
- ALVIM, P. T. 1959. Recientes progresos en nuestro conocimiento del árbol de café. I. Fisiología. Materiales de Enseñanza en Café y Cacao. p. 11-24.
- AMO, R. S. DEL. 1979. Clave para plántulas y estados juveniles de especies primarias de una selva alta perennifolia en Veracruz, Méjico. Biótica (Méj.) 4(2):59-108.
- ARANGUREN, J.; ESCALANTE, G.; HERRERA, R. 1982. Nitrogen cycle of tropical prerennial crops under shade trees. II. Cacao. Plant and Soil 67:299-269.
- _____ 1982. Nitrogen cycle of tropical prerennial crops under shade trees. I. Cacao. Plant and Soil 67:247-258.

- ARAYA, V.M. 1989. Uso y manejo de sombra en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). In Curso Regional sobre fundamentos de Caficultura Moderna. (7, 1989) Antigua, Guatemala). Memorias, IICA/PROMECAFE/AID-ROCAP/ANACAFE. Gua. 56 p.
- ARK-COLL, D. 1984. A comparison of some fast growing species suitable for woodlots in the wet tropics. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* (Bra.) 19 (Sp. ed.):61-68. (Presentado en Simposio sobre Fixacao de Nitrogenio em arvores Tropicais (1983, Rio de Janeiro, Brasil).
- _____ 1984. Some leguminous trees providing useful fruits in the north of Brazil. *Pesquisa Agropecuaria* 14:235-239. (Presentado en Simposio sobre Fixacao de Nitrogenio em arvores Tropicais (1983, Rio de Janeiro, Brasil).
- BADILLA, E. 1988. Guía para la visita a San Ramón Proyecto Madeleña. CATIE-DGF-ROCAP. San Ramón, Costa Rica.
- BARBOSA, J.M. 1982. Germinacao de sementes de sete essencias nativas. *Silvicultura em Sao Paulo* (Bra.) 16A(1):322-327. (Presentado en National Conference on Native Species (182, Campos do Jordao, Sao Paulo, Brasil).
- BAUER, J. 1982. Especies con potencial para la reforestación en Honduras. Resúmenes. Compilado por Juan Bauer. COHDEFOR. Sección de Cuencas Hidrográficas. Tegucigalpa, Honduras. 42 p.
- BEER, J. 1981. Estudio y promoción de sistemas agroforestales tradicionales en Centro y Sudamérica. Parte I Planificación del Proyecto. In. Curso Corto Investigación de Técnicas Agroforestales Tradicionales. México 30 de noviembre al 19 de diciembre 1981. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 9 p.
- BEER, J. 1983. Research and development work by Costa Rican farmers: Lessons for agro-foresters. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 6 p.
- BEER, J. 1987. Ventajas, desventajas y características deseables de los árboles de sombra para café, cacao y té. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 18 p.

BISHOP, J. P. 1979. Desarrollo y transferencia de tecnología para pequeñas fincas en la región Amazónica ecuatoriana. Taller Sistemas Agroforestales en América Latina. Turrialba, Costa Rica. Marzo 26-30. 1979. Actas UNU-CATIE.

_____ 1979. Producción familiar agro-porcino-forestal en el trópico húmedo hispanoamericano. Taller Sistemas Agroforestales en América Latina. Turrialba, Costa Rica. Marzo 26-30. 1979. Actas UNU-CATIE.

_____ 1980. Sistemas agroforestales para el trópico húmedo al este de los Andes. I. Producción integrada de cultivos alimenticios porcinos, gallinas y leña. In Conferencia Internacional sobre desarrollo de la Agricultura y Recursos de Tierras en la Amazonia Cali (Col.). 17 p.

_____ 1983. Tropical forest sheep on legume forage/fuelwood fallows. *Agroforestry Systems* 1:79-84.

_____ 1984. The dynamic of the shifting cultivation rural poor, cattles complex on marginal lands in the humid tropics (ES) In Jackson, J.k. (ed.) UNU, Tokyo (Japan). Social economic, and institutional aspects of agroforestry. Tokyo (Japan), 1984. p.36-42. Sat. Num 39 ref.

BOCKOR, I.; RICSE, A.; RIOS REATEGUI, R.; ORIHUELA, H. 1985. Asociación café-plátano-pacaes. In. Curso Taller sobre Agroforestería Tropical. San Ramón (Perú), 15-19 oct. 1984. (ES). Instituto Nacional de Desarrollo, Lima (Perú) Curso Taller sobre Agroforestería Tropical. Actas. Lima (Perú).

BORNESMISZA, E. 1982. Nitrogen cycling in coffee plantations. *Plant and Soil* 67:241-246.

BRACK, W.; SUAREZ, A., M.; MARTEL O., A.; MAURICIO, M.; SANCHEZ, F. 1985. Experiencias tradicionales y posibilidades de desarrollo en la agroforestería en Selva Central. In. Curso Taller sobre Agroforestería Tropical. San Ramón, Chancamayo (Perú), 15-19 octubre 1984. (ES.) Instituto Nacional de Desarrollo, Lima (Perú). Curso Taller sobre Agroforestería Tropical. Actas Lima (Perú). p. 112-127.

BRAVATO, M. 1974. Estudio morfológico de frutos y semillas de las mimosoideae (leguminosae) en Venezuela. *Acta Botánica Venezuélica* 9(1-4):317-361.

- BREWBAKER, J.; HALLIDAY, J.; LYMAN, J. 1983. Economically important nitrogen fixing tree species. Fixing Tree Research Reports (EE.UU.) 1:35-40.
- BUDOWSKI, G. 1959. Prácticas de interés para el cultivo del café. Café (C.R.) 1(3):49-52.
- BUDOWSKI, G. 1983. An attempt to quantify some current agroforestry practices in Costa Rica. In Huxley, P.A. ed. Plant Research and Agroforestry. ICRAF. Nairobi, Kenya. p. (43-62).
- _____ 1985. El lugar de la agroforestería en el manejo de los bosques tropicales. CATIE, Turrialba (C.R.). p. 319-332.
- _____ 1987. The development of agroforestry in Central America. Agroforestry Decade of development Stppler y Nair. ICAF. 1977-1987. p. 69-88.
- _____ ; KASS, D.; RUSSO, R.O. 1983. Leguminous trees for shade. In. Symposium on nitrogen fixing trees for the tropics. Río de Janeiro, Brasil, 19-24 setiembre 1983. CATIE. Turrialba, (C.R.) 35 p.
- _____ 1984. Leguminous trees for shade. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. Brasilia. 19:205-222.
- CAMARGO DE LEON, S. 1978. La sombra en el cafeto. Federación de Cooperativas Agrícolas de Productores de Café de Guatemala. Mazatenango (Guatemala). Curso de Caficultura para FEDCOCAGUA. Mazatenango (Guatemala) 1978. Informe Mazatenango (Guatemala), 1978. 30 p.
- _____ 1971. La sombra en el cafeto. Revista Cafetalera. Guatemala 105:20-24.
- CANET, G.; CAMPOS, J. J. 1982. Informe técnico preliminar de las especies utilizadas por el proyecto leña en Costa Rica. Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía, DGF-CATIE-ROCAP. 35 p.
- CARO, F. LA; RUDD, R.L. 1985. Leaf litter disappearance rates in Puerto Rican montane rain forest. Biotropica (USA). 17(4):269-276.
- CARVAJAL, J. F. 1972. Cafeto: cultivo y fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. Berna. Suiza. 141 p.

- CASTILLO, A.; ESPINOSA, D.; VENEGAS, F.; INDIGOYEN, E. Sistemas agroforestales en la Amazonia Peruana. República de Perú, Instituto Nacional de Desarrollo. Lima, Perú. Serie Documentos de trabajo. p. 199-212.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Crecimiento y rendimiento de especies para leña en áreas secas y húedas de América Central. Serie Técnica. Informe Técnico 79(1-2):724 p.
- CESARE, G. s.f. Mejoramiento escalonado de cafetales productivos. Agricultura y Ganadería Tropical. 1(2):20-21.
- CONTRERAS, M., MAZZARINO, M.J.; JIMENEZ, M.; MERAYO, A. 1990. Estudio del efecto del mulch de Inga densiflora Benth sobre el control de malezas y conservación de la humedad del suelo. Informe Técnico. Proyecto AFN-CATIE. CATIE. Turrialba, C.R. 159 p.
1991. Efecto de la cobertura muerta de Inga densiflora Benth e Inga edulis Mart en el crecimiento inicial de cafeto (Coffea arabica cv. catuai) y maíz (Zea mays híbrido salvadoreño H-5). Tesis Mg Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C.R. 102 p.
- CORRAL LOPEZ, M.G. 1985. Características anatómicas de la madera de once especies tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Méx. Boletín Técnico # 127. 66 p.
- COSTA RICA Natural history. 1983. Edited by Daniel H. Janzen. The University of Chicago Press. Chicago and London. 816 p.
- CUENCA, G.; ARANGUREN, J.; HERRERA, R. 1983. Root growth and litter descomposition in a coffee plantation under shade trees. In Tree root systems and their mycorrhizas. Eds. D. Atkinson et al. The Hague, netherlands, Nijhoff/Junk. p. 477-486.
- DOMMERGUIES, Y.R. 1987. The role of biological nitrogen fixation in agroforestry. Agroforestry a decade of development 355 p. Edited by H. A. Stepller and P.K. r. Nair. international Council for Research in Agroforestry Nairobi, Kenya.
- DURON, E.F. 1982. Especies nativas para el bosque seco tropical. Carta Ganadera Colombia. 19(2):29-31.

- EFFECT OF enviromental and phisiological factors and N₂ fixation by Inga ginicuil and Trifolium spp.
- ENFERMEDADES DEL guamo. Archivo Vertical Instituto Tecnológico de Costa Rica. p. 8-11.
- ES IMPORTANTE la sombra?. 1978. Noticiero del Café No. 162. San José, C.R.
- ESCALANTE, F. E.; AGUILAR, R., A.; LUGO P., R. 1987. Identificación, evaluación y distribución espacial de especies utilizadas como sombra en sistemas tradicionales de café (Coffea arabica) en dos zonas del estado Trujillo, Venezuela. Revista Venezuela Foresta 3(11):50-62.
- ESPINOZA P., L. 1986. El componente arbóreo en el sistema agroforestal 'café arbolado' en Costa Rica. Chasqui (C.R.) N° 12:17-22.
- FAO. 1984. Sistemas Agroforestales en América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 114 p.
- FASSBENDER, H. W. 1987. Modelos edafológicos de los sistemas de producción agroforestales. Materiales de Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 475 p.
- FEINSINGER, P. 1978. Ecological interactions between plants and hummingbirds in a successional tropical community. Ecological Monographs (USA) 48(3):269-287.
- FERNANDEZ, C.E. 1963. Prácticas usadas en el cultivo del café y cacao. IICA No. 25. Materiales de Enseñanza de Café y Cacao. IICA, Turrialba (C.R.). 55 p.
- FLORES LEIVA, M.. 1985. Experiencias y posibilidades de desarrollo a partir del proyecto sistema integrado agro-silvo-pastoril (Selva Alta). In. Curso Taller sobre Agroforestería Tropical. San Ramón (Perú), 15-19 oct. 1984. (ES). Instituto Nacional de Desarrollo, Lima (Perú) Curso Taller sobre Agroforestería Tropical. Actas. Lima (Perú). p. 91-99.
- FOURNIER, O., L.A. 1978. Fundamentos ecológicos del cultivo de café. In. Conferencia dictada en el Curso Internacional sobre Caficultura Intensiva PROMECAFE-CATIE, Turrialba, Costa Rica. Setiembre 1978. 29 p.
- FRANCO, A.A.; MUNNS, D. N. 1982. Planta assimilation and nitrogen cycling. Plant and Soil. 67:1-30.

- FUENTES FLORES R. 1979. Sistemas agrícolas de producción de café en México. Taller Sistemas Agroforestales en América Latina. Turrialba, Costa Rica. Marzo 26-30. 1979. Actas UNU-CATIE.
- GARCIA A., M.H. 1977. Nursery trials in the Concession, Bajo Calima, during 1975-1976. Cartón de Colombia. Col. Investigación Forestal. Informe de Investigación N° 22. 5 p.
- GARZON, H. 1991. Evaluación de la erosión hídrica y el escurrimiento superficial bajo cultivo en callejones, en un lote experimental en Turrialba. Tesis M Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. C. R. 121 p.
- GOODING, E.G.B. 1979. Turner's hall wood, Barbados. Caribbean Forester. Puerto Rico 5(4):153-170.
- GRANER, E.A.; GODOY JUNIOR, C. 1971. Sombreamento dos cafezais. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de Sao Paulo. Vol. XXVIII. Piraciaca, Sao Paulo, Brasil. 326 p.
- GREGORY, L.E.; VELEZ, I. 1946. An ecological survey of the polytechnic instituto arboretum. Caribbean Forester, Puerto Rico 7(1):1-36.
- GUERRA DIAZ, A. 1976. Tipos de sombra más comunes. Manual Técnico del Cultivo del café en El Salvador. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Santa Tecla, El Salvador. 223 p.
- GUNN, C.R. 1984. Fruits and seeds of genera in the subfamily Mimosoidaceae (Fabaceae). US. Department of Agriculture. Technical Bulletin N° 1681. 194 p.
- GUTIERREZ ZAMORA, G., SOTO, B. 1976. Arboles usados como sombra en café y cacao. Revista Cafetalera (Gua.) 159:27-32.
- HERRERA, R.; ARANGUREN, J.; ESCALANTE, G.; CUENCA, G.; ACCARDI, A.; NAVIDAD, E.; TORO, M. 1985. Coffee and caco plantations under shade trees in Venezuela. Advances in Agroforestry Research Proceedings of a Seminar. Sept. 1985. Turrialba, C.R. CATIE-GT. Edited by J. W. Beer, H. W. Fassbender. J. Heuveltop. 379 p.
- HERRERO, J. 1949. Tree seed data from Puerto Rico. Caribbeann Forester. Puerto Rico 10(1):11-35.

- HERWITZ, s.r. 1981. Regeneration of selected tropical tree species in Corcovado National Park, Costa Rica. California University Publications in Geography (USA) 24:1-109.
- HOLDRIDGE, L.R.; POVEDA, A., L.J. 1975. Arboles de Costa Rica. Vol. 1. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. 543 p.
- _____ ; BUDOWSKI, G. 1956. Report of an ecological survey of the Republic of Panama. Caribbean Forester (P.R.) 17(3-4):92-110.
- _____ 1957. Arboles de sombra para el cacao. IICA. Turrialba, Costa Rica. 247 p.
- INSTITUTO DEL CAFE. 1986. El uso de la sombra en plantaciones de café en la zona de Pérez Zeledón. Noticiero del Café. Ed. Jorge E. Ramírez. Programa Cooperativo ICAFE-MAG. 1:(8). San José, C. R. sp.
- INSTITUTO MEJICANO DEL CAFE. 1968. Plagas y enfermedades del Cafeto. Ed. Café de Nicaragua. 204:(4-5). Managua, Nicaragua.
- JIMENEZ AVILA, E. 1957. Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero: I Estructura de los cafetales de una finca Cafetalera en Coatepec, Ver. México. Biotica (Méx.) 4(3):109-147.
- _____ ; MARTINEZ V., P. 1979. Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero: II. Producción de materia orgánica en diferentes tipos de estructura. Biótica (Méx.) 4(3):109-126.
- KESSEL, C. VAN; ROSKOSKI, J.P. 1981. Nodulation and N₂ fixation by Inga jinicuil, a woody legume in coffee plantations. II. Effect of soil nutrients on nodulations and N₂ fixation. Plant and Soil (Holanda) 59(2):207-215.
- _____ ; ROSKOSKI, J.P.; WOOD, T.; MONTANO, J. 1983. ¹⁵N₂ fixation and H₂ evolution by six species of tropical leguminous trees. Plant Physiology (USA). 72(3):909-910.

- _____; ROSKOSKI, J.P. 1983. Nodulation and N₂ fixation by Inga jinicuil, a woody legume in coffee plantations. III Effect of fertilizers and soil shading on nodulation and nitrogen fixation (acetylene reduction) of Inga jinicuil seedlings. Plant and Soil (Holanda) 72(1):95-105.
- KORTUR, S. 1984. Outcrossing and pollinator limitation of fruit set: Breeding systems of neotropical Inga trees (Fabaceae: mimosoideae). Breeding Systems of Neotropical Trees. 38(5):1130-1650.
- _____. 1984. Experimental evidence for defense of Inga (Mimosoideae) sapling by ants. Ecology (USA) 65(6):1787-1793.
- _____. 1985. Alternative defenses against herbivores in Inga (Mimosoideae) over an elevational gradient. Ecology (USA) 66(5):1639-1650.
- LARRAMENDY, J.M. 1929. El guano es sin disputa el sombrero más adecuado para nuestro árbol del café. Revista Cafetalera de Colombia 2(11-12).
- LEIVA, J.M. 1987. Caracterización del sistema agroforestal café-especies arbóreas en la cuenca del río Achiguate, Guatemala. Universidad de San Carlos. 18 p.
- LEON, J. 1966. Central American and West indian species of leguminosae. Annals of the Missouri Botanical Garden. 53(3):265-359.
- LEON, J. 1968. Fundamentos Botánicos de los cultivos tropicales. 487 p.
- LEWIS, G.P. 1988. A new species of Inga (Mimosoideae) from Ecuador. Kew Bulletin (G.B.) 43(4):707-709.
- LIESNER, R.L.; D'ARCY, W.G. 1988. Two new species of Inga (Leguminosae) from Panama. Annals of the Missouri Botanical Garden. (USA) 75(1):385-388.
- LITTLE JR., E.L. 1948. A collection of tree specimens from Western Ecuador. The Caribbean Forester (EE.UU.) 9(1).
- LITTLE JUNIOR, E.L. s.f. Common fuelwood crops; a handbook for their identification. Morgantown, W. Va. (EE.UU.) Comuni-Tech Associates. 359 p.

- LONGWOOD, F.R. Present and potential commercial timbers of the Caribbean With Special reference to the West Indies. The Guianas and British Honduras vs Forest Service Agricultural Handbook No. 207.
- MACDICKEN, K.; BREWBAKER, L. 1984. Nitrogen fixing tree research Reports. Publication of the Nitrogen Fixing Tree Association Hawaii. 63 p.
- _____. 1984. Descriptive summaries of economically important nitrogen fixing trees. Nitrogen Fixing Trees Research Report. (USA) 2:46-54.
- MACHADO, A. 1965. Rentabilidad del tratamiento de fertilizantes en un experimento con cafetos. CENICAFE, (Col.) 16:42-54.
- MARRERO, J. 1954. Especies del género Inga usadas como sombra de café en Puerto Rico. Caribbean Forester (P.R.) 15(1-2):54-71.
- MARTINEZ, A. 1984. La sombra para el cacao. Revisión de literatura y bibliografía anotada. CATIE, Turrialba, (C.R.). 64 p.
- MARTINEZ, H. 1981. Algunas especies aptas para leña. Documento de trabajo. Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía. Seminario Móvil. Guatemala. 44 p.
- MARTINEZ, S. 1975. Estudio morfológico de las yemas de algunas leguminosas leñosas de la flora argentina. Darwiniana (Arg.) 19(24):460-489.
- MORSHOLL, R. C. 1939. Silviculture of the trees of Trinidad and Tobago. British West Indies. 240 p.
- MVALPINE, J. F.; STYSKAI, G. C. 1982. Genera of lonchaeidae (Diptera). Canadian Entomologist 114:105-137.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1984. Especies para leña: arbustos y árboles para la producción de leña. Informe de un panel ad hoc. Turrialba (C.R.). CATIE. 344 p.
- NIEMBRO R., A; YOUNG M., M.T. 1992. Morfología de las semillas de Inga jinicuil Schlecht. Una planta leñosa tropical de importancia forestal. Semina. Centro de Investigaciones en Bosques Tropicales. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, Méjico. 1(1). 4 p.

- NOVOA S., O. 1992. Crecimiento inicial de guaba salada (Inga densiflora Benth), guaba chilillo (Inga edulis Mart) y guaba machete (Inga spectabilis (Vahl) Willd) en dos sitios de Costa Rica. Tesis Mag Sc. CATIE. Turrialba, C.R. 99 p.
- _____. 1992. Crecimiento inicial de guaba salada (Inga densiflora Benth), guaba chilillo (Inga edulis Mart) y guaba machete (Inga spectabilis (Vahl) Willd) en dos sitios de Costa Rica. Un año de mediciones. Revista Forestal Centroamericana. CATIE, Turrialba, C.R. 12 p. (en revisión)
- NIEZGODA, C.J.; FEUER, S.M.; NEVLING, L.I. 1983. Pollen ultrastructure of the tribe Ingeae (Mimosoidae:Leguminosae). American Journal of Botany. (USA) 70(5):650-667.
- NOTES ON the genus Inga. II. 1968. Annals of the Missouri Botanical Garden. 55(2-3):72-73.
- ORTIZ, J. ; TREJO, J.A. 1976. Manual técnico del cultivo del café en El Salvador. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Santa Tecla, El Salvador. 223 p.
- PARENT, G. 1989. Guía de reforestación Bucaramanga, Col. CRMB/ACDI. 214 p.
- PAREDES ABAD, R. 1985. Sistemas predominantes de uso de la tierra en Selva Central. Ministerio de Agricultura. Nairobi, Kenya. p. (179-185).
- _____; MARTEL, M.; MAURICIO, I.; GUTIERREZ, Y. s.f. Asociación café-bosque mixto. Serie Actas de trabajo. República del Perú. Instituto Nacional de Desarrollo S.T. 74. Sistemas Agroforestales en la Amazonía Peruana. Apoyo a la política de desarrollo de la Selva Alta. p. 179-185.
- PERCY CABALA, R. 1985 Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos tropicos. XVI Reuniao Brasileira de Fertilidade do Solo. CEPLAC. Ilheus, Ba. p. 231-257.
- PEREZ ARBELAEZ, E. 1956. Plantas útiles de Colombia. III ed. Bogotá, Colombia. 831 p.

- PEREZ CONTRERAS, O. 1985. Sistemas agroforestales en uso de la Amazonía peruana. Informe del Curso-Taller sobre investigación Agroforestal en la Región Amazónica. (Yurimaguas, 3-22 junio 1985). Nairobi, Kenya. p. 390-418.
- PEREZ OLVERA, C. DE LA P.; CORRAL LOPEZ, G. 1980. Estudio anatómico de la madera de once especies de angiospermas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. Boletín Técnico N° 64. 79 p.
- PERU. OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES. 1976. Inventario y evaluación de los recursos de suelos y forestales de la zona Cenepa-Alto Marañón. Lima, Perú. ONERN. 107 p.
- PICADO, W. 1985. *Mimosa scabrella* especie con potencial para sombra y producción de leña en cafetales de Costa Rica. In Simposio sobre Técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de la silvicultura intensiva. Turrialba, C.R. 24-28 junio 1985.
- PITTIER, H. 1916. Preliminary revision of the genus Inga. In Contributions from the U.S. National Museum Smithsonian Institute.
- PLAGAS Y Enfermedades del cafeto. 1968. Café de Nicaragua. (Nic.) 204:4-5.
- POLHILL, R.M.; RAVEN, P.H. 1981. (eds.). Advances in Legume Systematics, part 1. Royal Botanical Garden, Kew.
- PONCY, O. 1983. Inga fanchoniana Poncy (Leguminosae-Mimosoidae), espece nouvelle de Guyane Francaise. Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle. (B) (Francia) 5(1):103-107.
- PRENTICE, W.E. Rehabilitación de Tierras cansadas en la Alta Amazonía Ecuatoriana. Taller sobre Sistemas Agroforestales en América Latina. Turrialba, Costa Rica. marzo 26-30. 1979. Actas UNU-CATIE.
- PRODUCCION DE leña y biomasa de varias especies de Inga utilizadas como sombra en Costa Rica.
- RAMIREZ, R. 1986. El uso de la sombra en plantaciones de café en la zona de Pérez Zeledón. Noticiero del Café N° 8. Programa cooperativo ICAFE-MAG. 3 p.

RAMIREZ, C. s.f. Priorities for research on nitrogen fixation in agroforestry systems. Universidad de Costa Rica. Centro de Investigaciones Agronómicas. p. 223-231.

REICHER, F.; ODEBRECHT, S.; CHAVES, C., J. B. 1978. Composicao em carboidratos de algunas espécies florestais da Amazonia. Acta Amazonica. (Bra) 8(3):471-475.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. 1978. Projeto madeira de Santa Catarina. Sellowia (Bra.) 30(28/30):1-320.

RIOS, R. 1984. El desarrollo de sistemas integrales de producción agrícola, pecuaria y forestal, una necesidad en el trópico peruano. In Curso-Taller sobre Agroforestería Tropical, San Ramón, Chauchomays (Perú), 15-19 oct. 1984. Instituto Nacional de Desarrollo, Lima, (Perú). Curso Taller sobre Agroforestería Tropical, Lima (Perú). 1985. p. 100-111.

RICSE A.; SZOTT, L. Informe final. Proyecto Inga/Perú III (91-0069). Centro Internacional de Investigación y Desarrollo (IDRC). Ottawa, Canadá. 40 p.

RODRIGUES, W. A. 1961. Estudio preliminar de mata de várzea alta de uma ilha do baixo Río Negro, de solo argiloso e úmido. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia. Manaus, Brasil. Serie Botánica. Publicacao N° 10. 50 p.

ROSETO, P. 1960. Selección de algunas especies forestales a base de su crecimiento y regeneración natural. Tesis Mag Agr. Turrialba, Costa Rica. IICA. 59 p.

ROSKOSKI, J. 1980. Importancia de la fijación de nitrógeno en la economía del cafetal. Memorias I. Simposio Estudios Ecológicos en el Agroecosistema Cafetalero. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Ver. 24 y 25 de julio 1980. s.p.

_____. 1981. Nodulation and N₂ fixation by Inga jinicuil. A woody legume in coffee plantations. I. Measurements of nodule biomass and field C₂H₂ reduction rates. Plant and Soil 59:283-291.

_____. 1982. Nitrogen fixation in a Mexican coffee plantation. Plant and Soil 67:283-291.

_____. 1982. Nitrogen fixation in a Mexican coffee plantation. Plant and Soil 67:283-291.

- _____; MONTANO, J.; VAN KESSEL, C.; CASTILLEJA, G. 1981. Nitrogen fixation by tropical woody legumes: potential source of soil enrichment. Based on papers presented at a workshop held at the Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), march 9-13 1981. Cali, Col. 768 p.
- _____; KESSEL, C. VAN. 1985. Annual seasonal and diel variation in nitrogen fixing activity by Inga jinicuil, a tropical leguminous tree. *Oikos* (Dinamarca) 44 (2):306-312.
- RUSSO, R. O. 1983. Mediciones de biomasa en sistemas agroforestales. In Curso Corto sobre metodologías de Investigación Agroforestal en el Trópico Húmedo. UNU/CATIE-IICATROPICOS-CONIF. Cali, Col. 26 nov.- 7 dic. 1983. CATIE. Turrialba (C.R.). 27 p.
- _____. 1983. Fijación de nitrógeno en sistemas agroforestales vía árboles de uso múltiple. In Curso Corto sobre Metodologías de Investigación Agroforestal en el Trópico Húmedo. UNU/CATIE-IICATROPICOS-CONIF. Cali, Col. 26 nov.- 7 dic. 1983. CATIE. Turrialba (C.R.). 11 p.
- SAITO D.,; CIRILO, M.; ALFARO, G.; CARHUAPOMA, J. 1985. Asociación granadilla-pacae. In Curso Taller sobre Agroforestería Tropical. San Ramón (Perú), 15-19 oct. 1984. (ES). Instituto Nacional de Desarrollo, Lima (Perú). Curso Taller sobre Agroforestería Tropical. Actas. Lima (Perú). p. 149-157.
- SALAZAR, A.; PALM, CH. 1987. Screening of leguminous trees for alley cropping on acid soils of the humid tropics. Tropics Soils Program North Carolina State University and Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria del Perú (INIPA). p. 61-67. In 1° Congreso de Gliricidia sepium en CATIE. Turrialba, C.R. In Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. management and environmental. CATIE and NFTA. Proceedings of the Workshop editors. A Withington Nancy Glover, Brewbaker, L. oct. 1987.
- SALAZAR, A. 1990. Cultivo en callejones. Algunos avances de investigación en Yurimaguas-Cuenca amazónica del Perú. In Taller RISTROP. (9-13) Julio de 1990. Red Internacional de Suelos Tropicales.

- SALAZAR, R. 1985. Producción de leña y biomasa de Inga densiflora Benth en San Ramón, Costa Rica. Silvoenergía N°3. CATIE, Turrialba, C.R..
- SALVADOR, J. DO L. G. 1986. Comportamento de especies florestais nativas em áreas de deplecao do reservatórios. IPEF. (Bra.). N° 33:73-78.
- SANCHEZ, M., E.; PARELLADA. 1980. Diccionario de plantas agrícolas. Sérv. de Public. Agrarias. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 467 p.
- SANTANA, M. B. M.; CABALA-ROSAND, P. 1982. Dynamics of nitrogen in a shaded cacao plantation. Plant and Soil 67:271-281.
- SANTOLALLA, A.; VASQUES DIAZ, L.; FLORES LEIVA, M.; TREJO, S.; BOHORQUES, M. 1985. Asociación pasto con paca. Serie de Trabajo. República del Perú. Instituto Nacional de Desarrollo S.T. 74. Sistemas Agroforestales en la Amazonía Peruana. Apoyo a la política del desarrollo de la Selva Alta.
- SERRANO DIAZ, A. 1977. Tipos de sombra más comunes. Café de Nicaragua. (Nic.) 307:20-23.
- SHARMA, O.P.; TIWARI, A. 1975. A natural triploid in Sesamum indicum Linn. Madras Agricultural Journal. 64(2):134-137.
- SOLIS, L.; CUYA, O.; FRICK, J. s.f. Sistemas agroforestales en la Amazonía del Perú. Apoyo a la política de Desarrollo de la Selva Alta. Instituto Nacional de Desarrollo. D.T. N° 7.
- SOMBRA DE cafetales. 1965. Café de Nicaragua. (Nic.). 173:32-33.
- SPRENT, J. Agricultural and horticultural systems: Implications for forestry. University of Dundee DD1 4HN. Scotland. p. 213-232.
- STEINER, K.G. 1982. Intercropping in tropical smallholder agriculture with special reference to West Africa. G.T.Z., Eschborn, Alemania. 303 p.
- SUAREZ DE CASTRO, F.; MONTENEGRO, L.; AVILES, C.; MORENO, M.; BOLAÑOS, M. 1961. Efecto del sombrero en los primeros años de vida de un cafetal. Revista de café. Servicios Técnicos de Café y Cacao. Turrialba, (C.R.) 3(10):81-101.

- SUASNABAR, A.; AMIQUERO, B.; MEDINA, F.; CABALLERO, R.; CASTILLO, D. 1985. Asociación con cítricos con rodal forestal. In Curso Taller sobre Agroforestería Tropical. San Ramón (Perú), 15-19 oct. 1984. (ES). Instituto Nacional de Desarrollo, Lima (Perú) Curso Taller sobre Agroforestería Tropical. Actas. Lima (Perú). p. 149-147.
- SUDGEN, A. M. 1985. Leaf anatomy in a Venezuelan montane forest. Botanical Journal of the Linnean Society (G.B.) 90(4):231-241.
- SZOTT, L.; PALM, CH.; SANCHEZ, P.A.; PEREZ, J.M.; FERNANDEZ, E.C.; SALAZAR, A.; SCHOLES, R.J.; PASHANASI, B.; DAVEY, CH. s.f. Agroforestry systems for acid soils in the humid tropics. Trop Soil Program, USAID.- IDRC. 26 p.
- TORO, R.A. 1940. Nueva sombra para los cafetales. Revista de Agricultura. (P.R.) 32(4):489-492.
- TREJO, J.A. 1974. Taladradores de árboles de sombra. Boletín informativo N° 116. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Santa Tecla, Salv.
- TROCKENBRODT, M.; PARAMESWARAN, N. 1986. A contribution to the taxonomy of the genus Inga Scop. (Mimosaceae) based on the anatomy of the secondary phloem. IAWA Bulletin (Holanda) 7(1):62-71.
- URIBE, L. 1945. Arboles de sombrero de cafetales en Colombia. Caribbean Forester, Puerto Rico 6(2):82-89.
- VAN KESSEL, C.; ROSKOSKI, J.P. 1981. Nodulation and N₂ fixation by Inga jinicuil, a woody legume in coffee plantations. Plant and Soil 59:207-215.
- VASQUEZ BELLO, L. 1948. Los arboles adecuados para proporcionar sombrero permanente a las plantaciones de café. Revista de Agricultura (Cuba) 31(1):63-67.
- VASQUEZ M., R. 1983. El uso de la sombra en el cafetal. Noticiero del café. ICAFE. San José, C. R. p. 2-3.
- VILLATORO P., R.M. 1986. Caracterización del sistema agroforestal café-especies arbóreas en la cuenca del río Achiguate. Guatemala. Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 152 p.
- WADSWORTH, F.H. 1949. How should farm forests be managed? Caribbean Forester (P.R.) 10(4):253.

- _____ 1951. Forest management in the Luquillo Mountains. *Caribbean Forester* 12(3):93-114.
- _____ ; GAZTAMBIDE, J.R. 1945. Forestry in the coffee region of Puerto Rico. *Caribbean Forester* (P.R.) 6(2):71-81.
- WEAVER, P.L.; BIRDSEY, A. 1986. Tree succession and management opportunities in coffee shade stands. *Revista Turrialbá* (C.R.) 36(1):47-58.
- WILLIAMS, L. 1938. Forest trees of the Isthmus of Tehuantepec, Méjico. *Tropical Woods* 53:1-11.
- WITHINGTON, D.; GLOVER, N.; BREWBAKER, J.L. 1987. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. Management and improvement. Proceedings of a workshop Held in Turrialba, Costa Rica. June 21-27. 1987. 255 p.
- WOOD, G.A.R.; LASS, R.A. 1985. *Cocoa*. 4th ed. Longman, London.
- YATAZAWA, M.; HAMBALI, G.G.; UCHINO, F. 1983. Nitrogen fixing activity in warty lenticellate tree barks. *Soil Science and Plant Nutrition* (Japan) 29(3):285-294.
- ZAMORA, N. 1990. Nuevas especies de *Inga* Miller (Mimosaceae) para Mesoamérica. *Brenesia* 33: 99-118. Depto Historia Natural. Museo Nacional. San José, Costa Rica.

Anexo 2. Bibliografía

- CONTRERAS, C.; MAZZARINO, M.J.; JIMENEZ, M. Y A. MERAYO. 1989. Estudio del efecto del mulch de Inga densiflora en el control de malezas y conservación de humedad del suelo. Informe CIID. Dic.1989. Nr. 9.10.1.
- KASS, D.L.; BARRANTES, A.; BERMUDEZ, W.; CAMPOS, W.; JIMENEZ, M. Y J. SANCHEZ. Resultados de seis años de investigación de cultivo en callejones (alley cropping) en "La Montaña", Turrialba, Costa Rica. El Chasqui 19:5-24.
- SZOTT, L.; PALM, C; SANCHEZ, P.; PEREZ, J.; FERNANDEZ, E.; SALAZAR, A.; SCHOLLES, R.; PASHANASI, B. AND DAVEY, C.B. 1991. Agroforestry systems for acid soils in the humid tropics. Advances in Agronomy.
- ALVIM, P. 1959. Recientes progresos en nuestro conocimiento del árbol de café. I. Fisiología. En: Materiales de enseñanza en café y cacao. IICA, Costa Rica. p.11-24.
- JIMENEZ AVILA, E. Y P. MARTINEZ VARA. 1979. Estudios ecológicos de agroecosistema cafetalero: II. Producción de materia orgánica en diferentes tipos de estructura. Biótica 4(3): 109-126 (INIREB, Mexico).
- KANG, B.T.; GRIME, H. Y T.L. LAWSON. 1985. Alley cropping cropped maize and cowpea with leucaena on a sandy soil in Southern Nigeria. Plant and Soil 85(2):267-227.
- KANG, B.T AND G.F. WILSON. 1987. The development of alley cropping as a promising agroforestry technology. In: Agroforestry: a decade of development. Steppler, H.A. y Nair, P.K.R. (eds.). Nairobi, Kenia, ICRAF. p. 227-243.
- LAL, R. 1974. Role of mulching technics in tropical soils and water management. Tech.Bulletin 1, IITA, Ibadan, Nigeria.
- SANCHEZ, P.A. 1987. Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. In: Agroforestry: a decade of development. Steppler, H.A. y Nair, P.K.R. (eds.). Nairobi, Kenia, ICRAF. p. 205-223.
- SSEKABEMBE, C.K. 1985. Perspectives on hedgerow intercropping. Agroforestry Systems 3:338-356.
- STEINER, K.G. 1982. Intercropping in tropical smallholder agriculture with special reference to West Africa. G.T.Z., Eschborn, Alemania. 303 p.

SUAREZ DE CASTRO, F.; L. MONTENEGRO; C. AVILES; M. MORENO Y M. BOLAÑOS. 1961. Efecto del sombrío en los primeros años de vida de un cafetal. Cafe 3(10):81-101 (Servicios Técnicos de Café y Cacao, IICA, Costa Rica).

SZOTT, L.; PALM, C.; SANCHEZ, P.; PEREZ, J.; FERNANDES, E.; SALAZAR, A.; SCHOLLES, R.; PASHANASI, B. AND DAVEY, C.B. Agroforestry systems for acid soils in the humid tropics. Trop Soil Program, USAID.- IDRC (en revisión).
Bibliografía

Anexo 3. Publicaciones del Proyecto CIID

- CAMACHO, Y., E. VIQUEZ, AND E. PEREZ. 1992. Variación clonal de tres especies del género Erythrina. (to be published by NFTA, Erythrina in the New and Old Worlds)
- CESPEDES. C. M. 1991. Efectos de la aplicación de enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas de un suelo Typic Humitropept, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. CATIE. 73 p.
- CONTRERAS, M. 1991. Efecto de la cobertura muerta de Inga densiflora Behnt, e Inga edulis Mart. en el crecimiento inicial de plántulas de cafeto (Coffea arabica cv. Catuai) y maíz (Zea mays L. híbrido salvadoreño H-5). Tesis Mag.Sc. CATIE 142 p.
- FOLETTI, C., D.KASS, R.LANDVERDE, R. NOLASCO, R. FELBER Y L. SZOTT. Barbechos Mejorados en Sistemas Agroforestales Tradicionales de América Central. Agroforestería N°7. Agosto, 1992.
- GARZON SANCHEZ, H. 1991. Evaluación de la Erosión Hídrica y la Escorrentía superficial bajo sistemas agroforestales en tierras de ladera, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sci, CATIE. 121 p.
- HAGGAR, J. 1990. Nitrogen and Phosphorus dynamics of systems integrating trees and annual crops. Ph.D. dissertation. St Johns College. University of Cambridge. 160 p.
- HAGGAR, J.P., G.P. WARREN, J.W. BEER, AND D. KASS. 1991. Phosphorus availability under alley cropping and mulched and unmulched sole cropping systems in Costa Rica. Plant and Soil. 1991.
- HERNANDEZ, I., D.L. KASS, AND J. CAMACHO. 1992. Economic evaluation of alley farming maize-beans/Erythrina poeppigiana in Costa Rica, Central America. Presented at International Alley farming Conference IITA. Ibadan/Nigeria Sept. 1992.
- HERNANDEZ, I., Y. CAMACHO, AND D. KASS. 1992. Uso de poró (Erythrina fusca) en practicas de conservación de suelos: dos experiencias en fincas en Pejibaye, Pérez Zeledón (to be published by NFTA, Erythrina in the New and Old Worlds).
- JIMENEZ, J, E. VIQUEZ, D. KASS, Y R. CHAVARRIA. 1992. Uso de Erythrina berteroa and Gliricidia sepium como soporte vivo de ñame alado (Disocorea alata L.) Chasqui 29

- JIMENEZ, J.M. 1990. Análisis de crecimiento y fenología del maíz (Zea mays, L. c.v. Tuxpeno) en un cultivo en callejones con poró (Erythrina poeppigiana) (Walpers) O.F. Cook, plantado en cuatro arreglos espaciales. Tesis M.S. CATIE. 124 p.
- JIMENEZ, J.M, E. VIQUEZ, D.C.L. KASS, Y R. CHAVARRIA. 1991. Use of fast-growing nitrogen fixing trees as living support for tropical yams (Dioscorea alata L.). p.252. Proceedings Third International Windbreaks and Agroforestry Symposium. Ridgetown, Ontario.
- JIMENEZ, J.M., E. VIQUEZ, D. KASS, AND P. OÑORO. 1991. Analysis of the growth and phenology of corn (Zea mays L.) associated with mountain immortelle (Erythrina poeppigiana (Walp.) O.F. Cook) at different tree densities. p. 166-169 In Proceedings of the Third International Windbreaks and Agroforestry Symposium. Ridgetown, Ontario (Canada).
- KASS, D.C.L., A. BARRANTES, W. BERMUDEZ, W. CAMPOS, M. JIMENEZ, AND J. SANCHEZ. 1989. Resultados de seis años de investigación de cultivo en callejones (alley cropping) en "La Montana". Turrialba, Costa Rica. El Chasqui 19: 5-14
- KASS, D. Y J. JIMENEZ. 1990. Cultivo en callejones con raíces tubérculos. Agroforestería No. 5. CATIE. 6p.
- KASS, D.L. 1992. Agroforestería en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Red de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales FAO. Carta Circular 14:3-7 and 15:1-9.
- KASS, D.L. 1992. The role of tree domestication in agroforestry. Presented at International Conference on Agroforestry for Sustainable Development: Past achievements and future possibilities, Chapingo, Mexico. (to be published in Agroforestry Systems)
- KASS, D.L, C. FOLETTI, L. SZOTT, R. LANDAVERDE, AND R. NOLASCO. 1992. Traditional improved fallows of Latin America Presented at International Conference on Agroforestry for Sustainable Development: Past achievements and future possibilities, Chapingo, Mexico. (to be published in Agroforestry Systems)

- KASS, DL, ARAYA, JF, SANCHEZ, J., SOTO, L. AND FERREIRA P. 1992. Ten Years Experience with Alley Farming in Central America. Presented at International Alley farming Conference IITA. Ibadan/Nigeria Sept. 1992. 21 p.
- KASS, D., J. JIMENEZ, J. SANCHEZ, L. SOTO AND J. GARZON. 1993. Alley farming with Erythrina. Presented at the conference "Erythrina in the New and Old Worlds", CATIE, Oct. 19-23.1992. (To be published by NFTA).
- KASS, D.L, BELLOWS B.C, ARAYA J.F. 1992. Comparison of the Slash/Mulch system with alley cropping. (To be published by Cornell University)
- KASS, D.L., C. BURGOS, A. VARGAS. 1992. Sustainable land use systems research in Central America.p. 183-199 in Sustainable Land Use Systems Research. Oxford, New Dehli,
- KASS, D.L. 1993. Erythrina species Pan Tropical Multipurpose Tree Legumes. Chapter 2 in Fodder Tree Legumes Multipurpose Species for Agriculture. (to be published by University of Queensland, Australia)
- LEBEUF, T. 1993. Sistemas agroforestales con Erythrina fusca y su efecto sobre la pérdida de suelo y la escorrentía superficial en tierras de ladera, San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica. p.333-343 In Erythrina in the New and Old Worlds. NFTA. Hawaii.
- MAZZARINO, M.J., L. SZOTT, AND M. JIMENEZ. 1993, Dynamics of soil total C and N, microbial biomass, and water-soluble C in tropical agroecosystems. Soil Biol. Biochem. 25: 205-214.
- MOLINA, E., E. BORNEMISZA, F. SANCHO, Y D. KASS. 1991. Soil Aluminum and iron fractions and their relationships with P immobilization and other soil properties in Andisols of Costa Rica and Panama. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 22:1459-1476.
- NOVOA, O. 1992. Crecimiento inicial de guaba salada (Inga densiflora) guaba chilillo (Inga edulis) y guaba machete (Inga spectabilis) en dos sitios de Costa Rica. Tesis Mag. Sci. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 99 p.
- NYGREN, P. 1990. Modelos de patrones de sombra de surcos de Erythrina poeppigiana (Walp.) O.F. Cook en sistemas de cultivo en callejones. Tesis Mag. Sc. CATIE. 143 p.

NYGREN, P. AND J.M. JIMENEZ. 1993. Radiation regime and nitrogen supply in modelled alley cropping systems of Erythrina poeppigiana with sequential maize-bean cultivation. *Agroforestry Systems* 21: 271-285.

PANIAGUA, A. 1992. Metodología de fraccionamiento del fósforo del suelo, en un sistema de cultivo de callejones. Turrialba, Costa Rica. M. Sc. Thesis. Turrialba (Costa Rica): CATIE, 111p.

PAYNE, L. 1991. The alkaloids of *Erythrina*: clonal evaluation and metabolic fate. Ph.D. Dissertation. Department of Chemistry. Louisiana State University. 160 p.

PEREZ C., E.E. 1990. Evaluación del ensayo clonal de Erythrina spp. en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. 111 p.

RAMIREZ, C., G. SANCHEZ, D. KASS, E. VIQUEZ, J. SANCHEZ, N. VASQUEZ, Y G. RAMIREZ. 1990. Advances in *Erythrina* research at CATIE. p. 96-105 In Werner, D. y P. Mueller, eds. Fast growing trees and nitrogen fixing trees. International Conference. Marburg, Oct. 8-12, 1989. Fischer Verlag. Stuttgart

SAMUDIO, A., D. KASS, AND R. DE LA GRACIA. 1990. Algunas mejoras al cultivo de frijol en suelos acidos. Memorias XXXVI Reunion Anual del PCCMCA. San Salvador 4: 134-143.

SANCHEZ, G., D.KASS, R. BOREL, A. BONNEMANN, Y J. BEER. 1990. Shade trees in plantation culture. p. 75-84. en Moore, ed. Agroforestry land use systems. Nitrogen Fixing Tree Association Spec, Pub. 90-02.

SANCHEZ, J.F. 1989. Análisis de la estabilidad y dinámica de sistemas de producción en cultivos en callejones. M.S. Thesis. Graduate Program. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 174 p.

SOTO, M.L. 1992. Dinámica de la eficiencia de uso y balance de nutrimentos en sistemas agroforestales y en cultivos con enmiendas orgánicas en la Montana, Turrialba, Costa Rica. Tesis, Mag. Sci. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 125 p.

_____. L. SZOTT, AND D. KASS. 1993. Dynamics of efficiency of nutrient use in crops amended with Erythrina. In *Erythrina in the New and Old Worlds*. NFTA. Hawaii. p. 136-146.

SZOTT, L.T. AND D. KASS. 1992. Need for fertilization of agroforestry systems. Presented at International Conference on Agroforestry for Sustainable Development: Past achievements and future possibilities, Chapingo, Mexico. (to be published in Agroforestry Systems)