

CATIE
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
Programa de Recursos Naturales Renovables

PROYECTO UNU-CATIE

UN/ESTUDIO DE CASO SOBRE PRÁCTICAS AGROFORESTALES TRADICIONALES

EN EL TROPICO HUMEDO: EL PROYECTO "LA SUIZA"

J. Beer
K. Clarkin
G. De las Salas
N. Glover

Turrialba, Costa Rica

1979

CONTENIDO

	<u>Página</u>
SUMMARY	i
RESUMEN	i
INTRODUCCION	1
EL AREA DE DEMOSTRACION E INVESTIGACION	1
GENERALIDADES	5
EL PROYECTO	5
LOS SUBPROYECTOS	6
I. Reconocimiento general de la zona de investigación.	6
II. Beneficios y limitaciones del Guayabo (<u>Psidium guava</u>) como especie de sombra en pastizales.....	6
III. Estabilización del suelo a través de tres especies aptas para cercos	10
IV. <u>Cordia alliodora</u> con cultivos permanentes	10
V. Delineación de áreas que presentan erosión seria...	20
VI. Reforestación de potreros degradados en ladera	25
CONCLUSIONES	26
BIBLIOGRAFIA	27
APENDICE. Fotografías de las prácticas agroforestales en el área de La Suiza, Turrialba, Costa Rica.	29

BEER, J.W.*, CLARKIN, K.L.**; DE LAS SALAS, G.***; GLOVER, N.L.**. A case study of traditional agro-forestry practices in a wet tropical zone: The "La Suiza" project****. Turrialba, Costa Rica. CATIE-UNU. 1979. 28 p. (English and Spanish versions available).

SUMMARY

A case study of traditional agro-forestry practices in the wet tropics has been initiated in two small experimental watersheds (600-1200m) situated in central Costa Rica.

This paper describes the structure as well as the species included in the agro-forestry combinations found in the area, and the results of a survey are used to discuss the farmer's perception of these systems. In the case of the most important associations which combine the valuable timber tree laurel (Cordia alliodora) with coffee (Coffea arabica) or sugarcane (Saccharum officinarum) or pasture, standing basal areas and volumes are given together with estimates of annual increments. Moreover, initial results on crop yields with or without the tree overstory are presented.

The aims of this project include improving land use by encouraging tree planting with and without crops or pasture. A discussion with maps of the present land use, soils, and proposed land use classification is included and data on the two reforestation plots established to date is given.

RESUMEN

Se inició un estudio de caso sobre prácticas agroforestales tradicionales en el trópico húmedo en dos cuencas experimentales situadas en La Suiza, Turrialba, Costa Rica a elevaciones entre 600 y 1200 m.s.n.m.

Este trabajo describe la estructura y las especies de las combinaciones agroforestales. Se utilizaron los resultados de una encuesta para discutir la percepción de los finqueros sobre esos sistemas. En el caso de las asociaciones más importantes, las cuales combinan un árbol de madera valiosa, laurel (Cordia alliodora) con café (Coffea arabica) o caña (Saccharum officinarum) o pastos, se dan las áreas basales y los volúmenes en pie junto

* Asistente para Investigación en Sistemas Agroforestales, CATIE.

** Asistente para Investigación en Sistemas Agroforestales y Cuencas. Hidrográficas, Cuerpos de Paz.

*** Silvicultor, CATIE. Director del Proyecto.

**** Trabajo presentado en el Simposio Internacional sobre Las Ciencias Forestales y su Contribución al Desarrollo de América Tropical. San José, Costa Rica, Octubre 11 - 15, 1979. Peticiones de información adicional sobre esta publicación, deben dirigirse al Ing. J. Beer, PRNR, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

con estimativos de los incrementos anuales. Se presentan además los resultados iniciales de rendimientos de cosecha con y sin el componente arbóreo.

Los objetivos de este proyecto incluyen el mejoramiento del uso de la tierra estimulando las plantaciones forestales con y sin cosechas o pastos. Se incluye una discusión, con mapas, sobre los suelos y el uso actual de la tierra; se propone una clasificación para el uso potencial de la misma. Se presentan datos sobre dos parcelas de reforestación establecidas hasta la fecha.

UN ESTUDIO DE CASO SOBRE PRACTICAS AGROFORESTALES TRADICIONALES
EN EL TROPICO HUMEDO: EL PROYECTO "LA SUIZA"

INTRODUCCION

En octubre de 1977 el CATIE se convirtió en la primera institución asociada de la Universidad de las Naciones Unidas, UNU, dentro del "Programa de Uso y Manejo de los Recursos Naturales" (Fig. 1). Como parte del acuerdo suscrito, la UNU se comprometió a aportar fondos para el desarrollo de investigación multidisciplinaria en una área de demostración en la cual las técnicas tradicionales agroforestales pudieran ser estudiadas cualitativa y cuantitativamente.

EL AREA DE DEMOSTRACION E INVESTIGACION

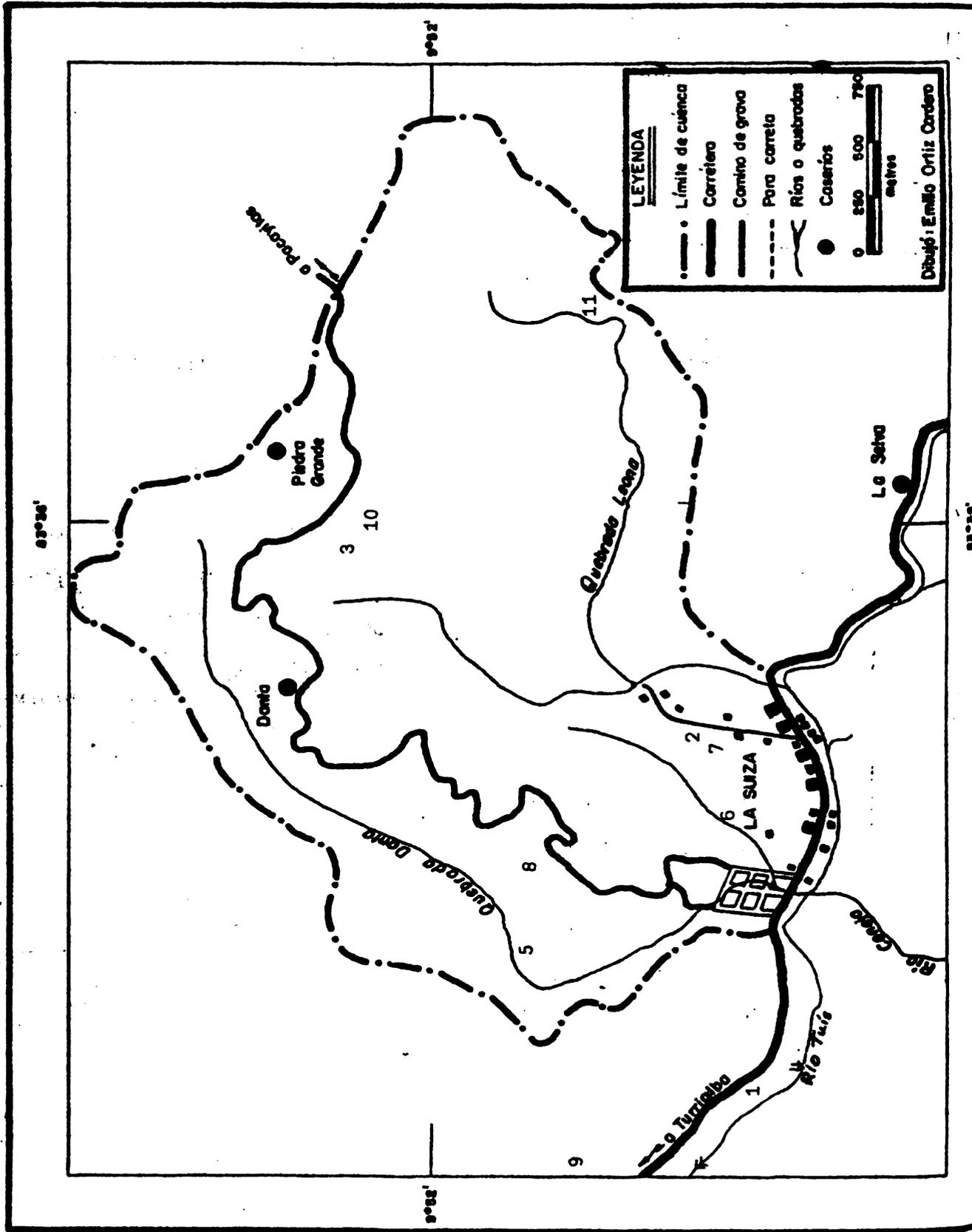
Después de considerar varios posibles sitios, se seleccionaron dos cuencas pequeñas adyacentes de un total de 830 hectáreas situadas al norte del pueblo de "La Suiza", Costa Rica, el cual está localizado a unos 10 kms al sureste de Turrialba (Fig. 2). Esta área se escogió principalmente por las siguientes razones:

1. Los terrenos y el ambiente de las pequeñas fincas son típicos de la zona tropical húmeda de mediana elevación (600 - 1200 m).
2. Existen en esta área muchas de las combinaciones tradicionales agroforestales utilizadas en la zona.
3. Los problemas de erosión atribuibles a un uso inapropiado de la tierra son comunes y su corrección (posible a través de prácticas agroforestales) podría prestarse para excelentes sitios demostrativos.
4. Los propietarios de fincas del área parecen ser muy cooperadores para apoyar la investigación y tener parcelas demostrativas (Fig. 3), establecidas por el CATIE en sus fincas.
5. La cercanía del sitio al CATIE permite el uso de los resultados de proyectos anteriores, al mismo tiempo que es fácilmente accesible para actividades de demostración y enseñanza.

Figura 2. Mapa de Costa Rica.



Figura 3. Parcelas demostrativas permanentes en la zona de investigación de La Suiza.



GENERALIDADES

La precipitación anual (promedio de 6 años) registrada en La Suiza (616 m.s.n.m.) es de 2489 mm. Datos tomados en el CAPIE 602 (m.s.n.m.) dan un promedio de temperatura de 22.3°C (máxima 27°C, mínima 17.6°C) y una humedad relativa diaria de 87%. Hay un período seco en febrero y marzo pero aún con alguna precipitación.

El área de investigación ocupa una sección representativa del valle superior sobre el río Tuis. El límite superior de la zona eucaja dentro del bosque lluvioso tropical premontano, pero la mayor parte del área está incluida dentro del bosque tropical premontano de la clasificación de zonas de vida de Holdridge (8).

La tierra está cubierta actualmente de cultivos de caña (Sacharum officinarum) pastos/bosque secundario en las áreas más altas e inaccesibles; caña/pastos/café (Coffea arabica, Coffea canephora) en las elevaciones medias y en el fondo del valle predominantemente caña/café. Otras cosechas como maíz (Zea mays) y frutales son cultivos comunes pero generalmente en pequeña escala para consumo familiar. La rotación de cultivos no es una práctica usual y parece ocurrir solo después de largos intervalos como un resultado de presiones biológicas (por ejemplo malezas) o económicas (bajo valor de las cosechas).

EL PROYECTO

Se propusieron 6 subproyectos para el primer año (1979) de este estudio. Los objetivos de esta fase son:

1. Generar datos básicos que serán necesarios para interpretar los resultados y permitirán el uso de este conocimiento en otras regiones apropiadas,
2. Cuantificar las asociaciones más importantes árbol/cosecha, tal que los beneficios ecológicos y las limitaciones puedan ser evaluadas en forma objetiva,
3. Incorporar nuevas prácticas dentro de los sistemas de finca para mejorar el uso del suelo y reducir la erosión y la degradación del mismo.

LOS SUBPROYECTOS

I. Reconocimiento general de la zona de investigación

El propósito de este subproyecto fue registrar, por medio de encuestas especialmente preparadas, datos sobre la situación socioeconómica y el uso de la tierra. Este trabajo fue llevado a cabo por cinco estudiantes graduados del CATIE, quienes escribieron informes especiales sobre tales influencias sociales (Apolo (1), problemas de erosión (Bermúdez (2), especies del bosque secundario (Fierros (4), posibilidades de reforestación (Marcóndes (12) y prácticas agroforestales (Ugalde (19)). El último autor preparó los Cuadros 1 y 2, los cuales dan los nombres locales y científicos de las principales especies arbóreas utilizadas en sistemas agroforestales en La Suiza. Conversaciones informales con los cooperadores y de acuerdo a los comentarios producidos en los 29 cuestionarios completados en el levantamiento, condujeron a la identificación de un número importante de factores que operan en las técnicas agroforestales:

1. No obstante ser el manejo de algunas combinaciones árbol, cosecha tradicionales en Costa Rica, una práctica relativamente avanzada, la regeneración natural es usualmente el único medio de propagación de las especies arbóreas. Esto conduce a densidades irregulares de los árboles sobre las cosechas y consecuentemente a problemas de manejo, en particular la manipulación de la sombra desigual. Las plantaciones voluntarias son muy variables en forma y tamaño ya que no se han seleccionado los mejores árboles para la siembra. Además, la práctica extendida del uso de herbicidas en los cultivos permanentes, tales como café y cacao (Theobroma cacao) ha afectado la regeneración natural de especies maderables valiosas como laurel (Cordia alliodora) y cedro (Cedrela odorata) (1). Afortunadamente los finqueros de La Suiza son muy receptivos a la idea general de plantar árboles y tienen un amplio conocimiento, a través de sus experiencias con café, de las técnicas de establecimiento de arbolitos. Por esta razón, la asistencia en extensión en la forma de estimular la cubierta forestal y consejos sobre los árboles mejor adaptados y los espaciamientos más adecuados, conducirían a mejoramientos significativos en estos sistemas tradicionales. Teniendo en cuenta estas necesidades el CATIE inició ensayos de proveniencia con laurel en su centro experimental y han sido repetidos en La Suiza.
2. El manejo de estas asociaciones tradicionales se hace a través de procesos empíricos de refinamiento (10), el cual ha ocurrido desde que los finqueros plantaron especies tolerantes a la sombra, dentro de bosques parcialmente aclarados (6). De estos refinamientos, ha resultado a menudo una simplificación del número de especies y de estratos. Sin embargo, las combinaciones aún exhiben un aspecto multi-estrata, el cual imita un bosque natural joven; este sistema presumiblemente utiliza los recursos naturales más eficientemente que los monocultivos. Los sistemas

CUADRO 1: Árboles encontrados asociados con cosechas en el área de investigación "La Suiza" *.

Nombre Científico	Nombre vulgar	Familia
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	Boraginaceae
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró gigante o poró extranjero	Papilionaceae
<i>Erythrina</i> sp.	Poró	Papilionaceae
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Papilionaceae
<i>Citrus sinensis</i>	Naranja	Rutaceae
<i>Guilielma gasipaes</i>	Pejibaye	Palmae
<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	Myrtaceae
<i>Citrus limetta</i>	Limón dulce	Rutaceae
<i>Citrus nobilis</i>	Mandarina	Rutaceae
<i>Musa sapientum</i>	Guineo	Musaceae
<i>Musa paradisiaca</i>	Plátano	Musaceae
<i>Musa sapientum</i>	Banano	Musaceae
<i>Syzygium malaccensis</i>	Manzana de agua	Myrtaceae
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Lauraceae
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojoche	Moraceae
<i>Vismia guianensis</i>	Achiotillo	Guttiferae
<i>Cocos nucifera</i>	Coco	Palmae
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Meliaceae
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Anacardiaceae

* Adaptado de Ugalde (1979).

CUADRO 2: Especies más comunes para cercos vivos encontrados en La Suiza**

Nombre Científico	Nombre vulgar	Familia
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró gigante o extranjero	Papilionaceae
<i>Erythrina</i> sp.	Poró	Papilionaceae
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Papilionaceae
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	Boraginaceae
<i>Acnistus arborescens</i>	Güitite	Solanaceae
<i>Yucca elephantipes</i>	Itabo	Agavaceae
<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	Myrtaceae
<i>Cordyline terminalis</i>	Caña de indio	Liliaceae
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Anacardiaceae
<i>Miconia</i> sp.		Melastomaceae
<i>Vismia quianensis</i>	Achiotillo	Guttiferae
<i>Lippia toresii</i> , <i>L. oxiphyllaria</i>	Caragra	Verbenaceae
<i>Croton niveus</i>	Copalchi	Euphorbiaceae
<i>Castilla elastica</i>	Hule	Moraceae

* Adaptado de Ugalde (1979).

- más desarrollados son aquéllos en donde las copas del árbol maderable forman el dosel superior, árboles de sombra leguminosos, como Mussa sp. y árboles frutales ocupan el espacio central, y las cosechas agrícolas permanentes tales como café o cacao conforman el estrato inferior.
3. Una posible desventaja de las especies arbóreas muy altas es que pueden causar daños a los frutos, a las flores y al mismo suelo por el impacto de las gotas desde el follaje (16). Por esta razón, el estrato intermedio que puede interceptar la velocidad de estas gotas, provee un sistema protector muy importante. Además, en el caso de la asociación café/poró (Erythrina poeppigiana)/laurel, la escogencia de la variedad del café y del método de poda para la especie forestal, puede influir poderosamente en la magnitud de este problema. En efecto, la poda más drástica del poró, reduce también drásticamente el estrato central, y se lleva usualmente a cabo al principio de la estación seca en donde también la competencia radicular por agua es máxima.
 4. La gente está consciente de los beneficios ecológicos de los cultivos asociados; como en el caso del poró, la provisión de nitrógeno y de materia orgánica. Sin embargo, esta conciencia no se hace patente en los posibles beneficios económicos de las especies maderables. El rendimiento medio anual por hectárea del laurel asociado con cacao en la zona atlántica baja de Costa Rica, puede ser superior a los US\$1.000 (precios de 1973) (7). Estimativos para el laurel asociado con café en Turrialba son del orden de US\$654/ha/año (3). Actualmente la cosecha de madera se hace usualmente de acuerdo a las necesidades familiares y por lo tanto, es muy común encontrar que solo 3 ó 4 árboles maduros han sido cortados. Este hecho asegura en parte el manejo con rendimiento sostenido y significa que una vez se ha establecido el estrato superior, puede ser mantenido continuamente. En este sentido es digno de mencionar que el sistema de retoño del laurel ha sido manejado independientemente en muchas áreas de Costa Rica incluyendo La Suiza ("árboles con diámetros originales mayores de 40 cm").
 5. La producción de alimento, derivado de los árboles asociados con cultivos agrícolas, puede estar limitada por una amplia variedad de consideraciones sociales y prácticas. El daño físico a los trabajadores de campo con las espinas de la hojarasca del pejibaye (Guilielma gasipaes) es la razón mayor del porqué las asociaciones agroforestales que contienen esta especie se ven muy rara vez. Algunos finqueros tienen árboles frutales en sus plantaciones de café y algunas flores comestibles derivadas de la producción de itabo (Yucca elephantipes), especie utilizada a la vez como cercos vivos. Sin embargo, otros finqueros no gustan tener esta especie en sus fincas debido al daño que se ocasiona a la planta al coleccionar los frutos y a las cercas mismas, daño causado generalmente por los colectores o extraños a la propiedad.

II. Beneficios y limitaciones del Guayabo (Psidium guajava) como especie de sombra en pastizales

El guayabo es el árbol más común en los pastizales de La Suiza. Su dispersión natural ocurre a través del tracto digestivo del ganado; este árbol es tolerado por los finqueros debido a que provee una excelente madera para leña, además de sombra y frutos comestibles tanto para el hombre como para los animales. Sin embargo, las opiniones locales sobre la influencia del árbol en el rendimiento del forraje y de humedad del mismo son inconsistentes. Para estudiar esta interacción y para determinar la tasa de crecimiento de los árboles, se delimitaron dos parcelas permanentes de 50 árboles cada una (Cuadro 3). Los árboles utilizados en el ensayo 3 son representativos de los guayabos más viejos encontrados y a pesar de que su edad no es conocida, estas dimensiones son un indicativo del tamaño que alcanzará la especie en las condiciones de Turrialba. En ambos pastizales se condujeron mediciones sobre 10 árboles remanentes. Estos árboles se tumbaron en los inicios de 1979, para poder relacionar su capacidad de rebrote y su producción continua para leña con el árbol padre.

III. Estabilización del suelo a través de tres especies aptas para cercos

Una práctica agroforestal evidente en toda Costa Rica es el uso de plantas leñosas como postes vivos para cercos. De esta práctica se derivan muchos beneficios tanto estéticos como materiales. Posiblemente una de las propiedades más valiosas y menos reconocidas de estos cercos vivos es su habilidad para retardar la erosión del suelo al formar barreras mecánicas y finas enredaderas con sus raíces superficiales. La divulgación de información sobre los usos y las propiedades de estabilización relativa del suelo de estos cercos vivos, pudiera promover empleo y una gran variedad de combinaciones agroforestales. Por ejemplo, estas plantas podrían intercalarse en líneas entre las hileras de los cultivos con el objeto de formar barreras vivas para el control de la erosión laminar sobre las pendientes escarpadas. El objetivo principal de este subproyecto, todavía no logrado, es estudiar las técnicas tradicionales de establecimiento y el control potencial de la erosión, utilizando 4 especies entre las más comunes encontradas en los cercos de La Suiza: glúitite (Acnistus arborecens), itabo, madero negro (Gliricidia sepium), y poró de cerco (Erythrina berte-roana).

IV. Cordia alliodora con cultivos permanentes

Teniendo en cuenta que las asociaciones que contienen laurel son comunes y de una mayor importancia económica que cualquier otra combinación agroforestal en La Suiza, se le ha dado mucho mayor énfasis a este subproyecto que a los otros cinco. El laurel es altamente apropiado para formar el estrato superior en las asociaciones tradicionales agroforestales debido a su fácil regeneración en claros abiertos; aunque es una especie pionera de muy rápido crecimiento, se autopoda aún en condiciones aisladas, forma

CUADRO 3: Psidium guava en pastizales

	Ensayo 2 (Sra.Smith)	Ensayo 3. (Sr.Thiele)
Area parcela (ha)	0.15	0.16
n	50	47
N (por ha)	340	300
Número promedio de fustes a la altura del pecho	2.6	2.3
\bar{d} fuste dominante (cm)	6.8	10.9
\bar{h} (m)	5.0	6.8
Area promedio de copa (m ²)	19.6	29.3
Porción de la parcela bajo cobertura de guayabo (%)	67	88
Densidad animal ^a (ganado-caballos por ha)	1	1.8
Especies forrajeras	<u>Paspalum conjugatum</u> <u>P. notatum</u> <u>Axonopus compressus</u>	<u>Axonopus compressus</u> <u>Paspalum conjugatum</u>

^a Estimación de los propietarios

naturalmente un tronco cilíndrico recto y una copa estrecha, es caducifolio en la estación seca, proveé una considerable cantidad de materia orgánica al suelo (14) y produce una de las maderas para construcción más altamente cotizadas en el mercado. (Ver también Johnson y Morales, 10). Como desventajas potenciales pueden anotarse:

- a) es susceptible a varias enfermedades causadas por insectos (20) aunque aparentemente tales enfermedades raramente causan la mortalidad;
- b) grandes heridas pueden reducir drásticamente el valor de la madera especialmente en climas muy húmedos (13);
- c) su gran superficie lateral de raíces, puede causar presumiblemente una competencia por alimento con otras plantas asociadas;
- d) se le atribuye el daño que causan sus gotas sobre los cultivos, lo cual se ha mencionado anteriormente.

Las tres combinaciones más comunes de laurel con otros cultivos son las siguientes: laurel con pasto (frecuentemente con una mezcla de otros cultivos arbóreos como poró), laurel con caña y la combinación más importante, laurel con café (usualmente con poró). Se establecieron parcelas permanentes dentro de estas combinaciones para determinar rendimientos en madera y la influencia de este árbol sobre la capacidad productiva de los pastos o cosechas asociadas.

En las plantaciones de café (Cuadro 4) se encontraron volúmenes maderables de 123 y 128 m³/ha correspondientes a áreas basales de 10.4 y 13.2 m²/ha. La densidad óptima parece estar entre 100 y 200 árboles de laurel por hectárea correspondientes a árboles maduros y brinzales respectivamente. Una densidad equivalente o más alta es solamente realizable en poró debido a su poda artificial. La poda del laurel fue solamente observada en un rodal joven de acuerdo a las respuestas de los cuestionarios (Subproyecto 1). La estratificación comúnmente observada en combinaciones agroforestales se ilustra por los datos del Cuadro 4. El laurel forma el estrato superior a 12 m de altura, el poró el estrato central a 5 m y el café, el estrato inferior usualmente a los 2 m. Debe mencionarse que las variaciones en los rendimientos del café mostradas en este cuadro están relacionadas más estrechamente con factores no registrados tales como la intensidad y el tipo de manejo.

Las mediciones de los rendimientos de cosecha de la asociación café/poró (Cuadro 4, ensayo 1) con y sin cobertura de laurel empezaron en julio de 1979. Se seleccionaron dos áreas que contenían aproximadamente cien matas de café y se mapearon las posiciones de todos los árboles así como las de las matas (Cuadro 5). Los troncos de las matas representativas se numeraron con etiquetas de metal, para poder registrar el rendimiento a través de los cinco meses de cosecha con base en los individuos seleccionados. Las variedades distintas al café caturra, así como las matas establecidas después de la plantación original y otras espaciadas a menos de

CUADRO 4: Rendimiento de Cordia alliodora, Erythrina poeppigiana y Coffea arabica en condiciones de asocio

	Ensayo 1 Sr. Delgado	Ensayo 6 Srs. Esquivel	Ensayo 7 Sr. Galván
Area parcela (ha)	0.25	0.57	0.24
n	60	61	66
<u>Cordia alliodora</u>			
\bar{d} (cm)	16.9	33.5	23.1
\bar{h} (m)	13	24.7	no medida
N (ha)	242	117	275
G (m ² /ha)	5.8	10.4	13.2
V (m ³ /ha)	41	128	123 ^c
t ^a (año)	3-7	7-15	5-15
i _v ^a (m ³ /ha/año)	5.9-13.7	8.7-18.3	8.2-24.6
Podado (%)	80	0	0
Altura promedio de poda (m)	7.6	0	0
<u>Erythrina poeppigiana</u>			
\bar{h} (m)	4.9	3.25	--
N (ha)	215	228	0
t ^a (año)	12	20	--
<u>Coffea arabica</u>			
N (ha)	3760	2750	7300
t ^a (año)	12	1-20	1-40
Variedades	Caturra	Borbón, Arabica	Borbón
Rendimiento ^a (fanegas ^b /ha)	40	18	21

^a Estimación de los propietarios

^b La unidad de volumen "fanega" es aproximadamente igual a 700 lb. cuando es usada para cosechas de café.

^c Estimado calculando las alturas por medio de la regresión lineal $h = 0,464 d + 5.2$ ($r^2 = 0.72$) derivado del ensayo 1.

CUADRO 5: Densidad de plantas en las parcelas de café

	<u>Coffea arabica</u> más <u>Erythrina poeppigiana</u>	<u>C. arabica</u> más <u>E. poeppigiana</u> más <u>Cordia alliodora</u>
Area parcela (ha)	0.0212	0.0308
<u>C. alliodora</u>		
n	---	12
<u>E. poeppigiana</u>		
n	8	7
<u>C. arabica</u>		
n	93	115
N (ha)	4387	3734
Rendimiento promedio ¹ (kg/mata)	0.9671	0.3233

¹ Total acumulado de las primeras 5 colecciones (julio 15 - agosto 27).

un metro entre las hileras, no se consideraron representativas. Se tomaron en cuenta entre las parcelas experimentales las hileras de borde. La cosecha continuará aproximadamente a intervalos de quince días hasta diciembre en donde se harán las comparaciones de rendimiento.

Se han investigado también las interacciones de la asociación laurel/caña y se han escogido deliberadamente áreas con una alta densidad de árboles con el objeto de determinar los máximos efectos adversos que podrían esperarse de tal combinación (Cuadro 6). Se completó ya el primer estudio comparativo del rendimiento de la caña dentro de un rodal de laurel y en una área abierta adyacente. Los rendimientos de parcelas de 5 x 5 m bajo árboles maduros con una densidad equivalente a 161 individuos por hectárea fueron en promedio 85% de los alcanzados en parcelas de control (Cuadro 7). Estas diferencias fueron significativas, pero debido a la gran variabilidad inherente tanto en los suelos como en la caña (Cuadro 6), es necesario tomar una muestra más grande antes de intentar cualquier comparación de tipo económico que indique una reducción de la ganancia de caña comparada con el valor adicional en madera a partir del crecimiento anual de los árboles.

Las mediciones registradas en dos pastizales que contenían laurel se resumen en el Cuadro 8. Como en el caso de los ensayos de laurel + caña, se hicieron mediciones de la densidad de los árboles, el área basal y el volumen en pie en los rodales de mayor densidad. Se ha iniciado un ensayo relacionado con el pastoreo dentro de plantaciones forestales como parte del ensayo 8. El ganado se excluyó de parcelas que contenían 28 árboles de laurel las cuales serán comparadas sobre la base de sus diámetros con otros 28 laureles que están en unas áreas adyacentes pastoreadas. La intención es observar si se sucede un incremento en el crecimiento después de eliminar el pastoreo el cual se cree ejerce una influencia adversa debido a la compactación del suelo en el dominio del sistema radicular intensivo.

Es interesante comparar los valores promedio de los incrementos mínimos anuales en volumen dados en los cuadros 4, 6 y 8. En las plantaciones de café, caña de azúcar y pastizal, este incremento es 7.5, 5.05 y 2.95 m³/ha/año, respectivamente. Esta diferencia podría deberse a una amplia gama de influencias entre las que probablemente cabría mencionar: el mejor manejo del suelo en plantaciones de café, el daño físico a los árboles en los campos de caña (cortes de machete) y en los pastizales (compactación del suelo). La baja densidad del laurel maduro la cual se observa generalmente en áreas de pastizal y caña en comparación con la observada en plantaciones de café podría ser otro factor causante de las diferencias en este incremento.

Otra consideración importante en la evaluación de las prácticas agroforestales es determinar en qué medida los árboles influyen sobre la erosión y la escorrentía. Estas características se están midiendo actualmente en lotes con pastizales y con una plantación de café, con y sin componentes arbóreos (laurel y peró). El cuadro 9 da resultados promedio (tres repeticiones por tratamiento) entre el período julio y setiembre de 1979. Desafortunadamente los tanques de colección fueron rebasados en varias ocasiones y actualmente se mejora el sistema de colección. Por esta razón estos datos preliminares no incluyen la lluvia y la erosión atribuible a 4 de las

CUADRO 6: Rendimiento de Cordia alliodora y Saccharum officinarum asociados .

	Ensayo 4 Sr. Delgado	Ensayo 5 Sr. Salas
Area parcela (ha)	0.12 ^b	0.056 ^c
N	58	34
<u>Cordia alliodora</u>		
\bar{d}	21.5	30.7
\bar{h}	no medida	25.3
N (ha)	204 ^b	161 ^c
G (m ² /ha)	6.8 ^b	12.3 ^c
V (m ³ /ha)	56 ^{b,d}	159 ^c
t ^a (año)	5 - 15	20 - 25
i _v ^a	3.7-11.2	6.4 - 8.0
<u>Saccharum officinarum</u>		
Rendimiento (t/ha)	60 ^a	Vea cuadro 7
Variedades ^a	50-135	47
	44-30-98	50
		Hawaii

^a Estimación de los propietarios

^b Para el rodal de máxima densidad (25 árboles)

^c Para el rodal de máxima densidad (9 árboles)

^d Estimado calculando las alturas por medio de la regresión $h = 0.464d + 5.2$
($r^2 = 0.72$) derivado del ensayo 1.

CUADRO 7: Rendimiento de caña bajo (Cordia alliodora) y como monocultivo.

	Repeticiones	Rendimiento promedio por parcela (kg)	Desviación estandar de las parcelas	Rendimiento (t/ha)
Laurel ^a	8	164 ^b	28	66
Parcelas de control	8	193 ^b	23	77

^a Incluye un árbol maduro de laurel que forma parte del rodal (N:161/ha)

^b Diferencia significativa al 5% de probabilidad (por la prueba de "t").

CUADRO 8: Rendimiento de Cordia alliodora asociado con pastos

	Ensayo 8 (Sr. Fuentes)	Ensayo 9 (Sr. Muñoz)
Area parcela (ha)	0.29 ^b	0.29 ^c
n	56	65
<u>Cordia alliodora</u>		
\bar{d} (cm)	22.7	24.9
\bar{h} (m)	17.1	19.2
N (ha)	114 ^b	67 ^c
G (m ² /ha)	5.9 ^b	3.7 ^c
V (m ³ /ha)	60 ^b	42 ^c
t ^a (año)	15	5 - 25
i _v ^a (m ³ /ha/año)	4	1.7 - 8.4
Pastos		
Especies	<u>Axonopus compressus</u> <u>Homolepsis aturensis</u> <u>Paspalum conjugatum</u>	<u>Axonopus compressus</u> <u>Paspalum conjugatum</u> <u>Homolepsis aturensis</u> <u>Setaria geniculata</u>
Densidad animal (caballos-ganado/ha)	0.5	1.8

- a Estimación de los propietarios
- b Para el rodal de máxima densidad (33 árboles)
- c Para el rodal de máxima densidad (19 árboles).

CUADRO 9: Escorrentía y erosión en una plantación de café y un pastizal con y sin cobertura arborea (julio-setiembre de 1979).

	Erosión (%)	Erosión (kg/ha)	Sedimento (g/l)
<u>Coffea arabica</u>	1.01	313	4.9
<u>C.arabica</u> - <u>Erythrina poeppigiana</u>	0.91	41	0.6
<u>C.arabica</u> - <u>E.poeppigiana</u> - <u>Cordia alliodora</u>	1.50	67	0.9
Pastizal ^a	5.39	9 ^b	17.7 ^b
Pastizal ^a + <u>E.poeppigiana</u>	3.40	11 ^b	25.0 ^b
Pastizal ^a + <u>C.alliodora</u>	7.19	11 ^b	22.5 ^b

^a Especie dominante Axonopus compressus, Homolepsis aturensis, Paspalum conjugatum.

^b Para dos aguaceros solamente (que produjeron 30 y 14 mm. de precipitación).

tormentas más grandes ocurridas durante el período mencionado. Obviamente estos pocos eventos no medidos, podrían tener una influencia desproporcionada sobre la erosión y la escorrentía superficial. Por esto, sería prematuro intentar un análisis detallado de la información resumida en el Cuadro 9. La única conclusión posible es que durante una tormenta típica el poró o la hojarasca superficial que produce, protege el suelo de la plantación de café de una erosión superficial.

V. Delineación de áreas que presentan erosión seria

Es necesario contar con un programa de manejo para el área de investigación de La Suiza para planear el desarrollo continuado de este estudio de caso. Las Figuras 4, 5 y 6 que fueron preparadas por C. Figueroa*, muestran el uso actual de la tierra, los suelos y la capacidad de uso de la tierra, respectivamente. Estas figuras se basan en fotografías aéreas, aumentadas a una escala de aproximadamente 1:9.000; y también en una serie de reconocimientos de campo.

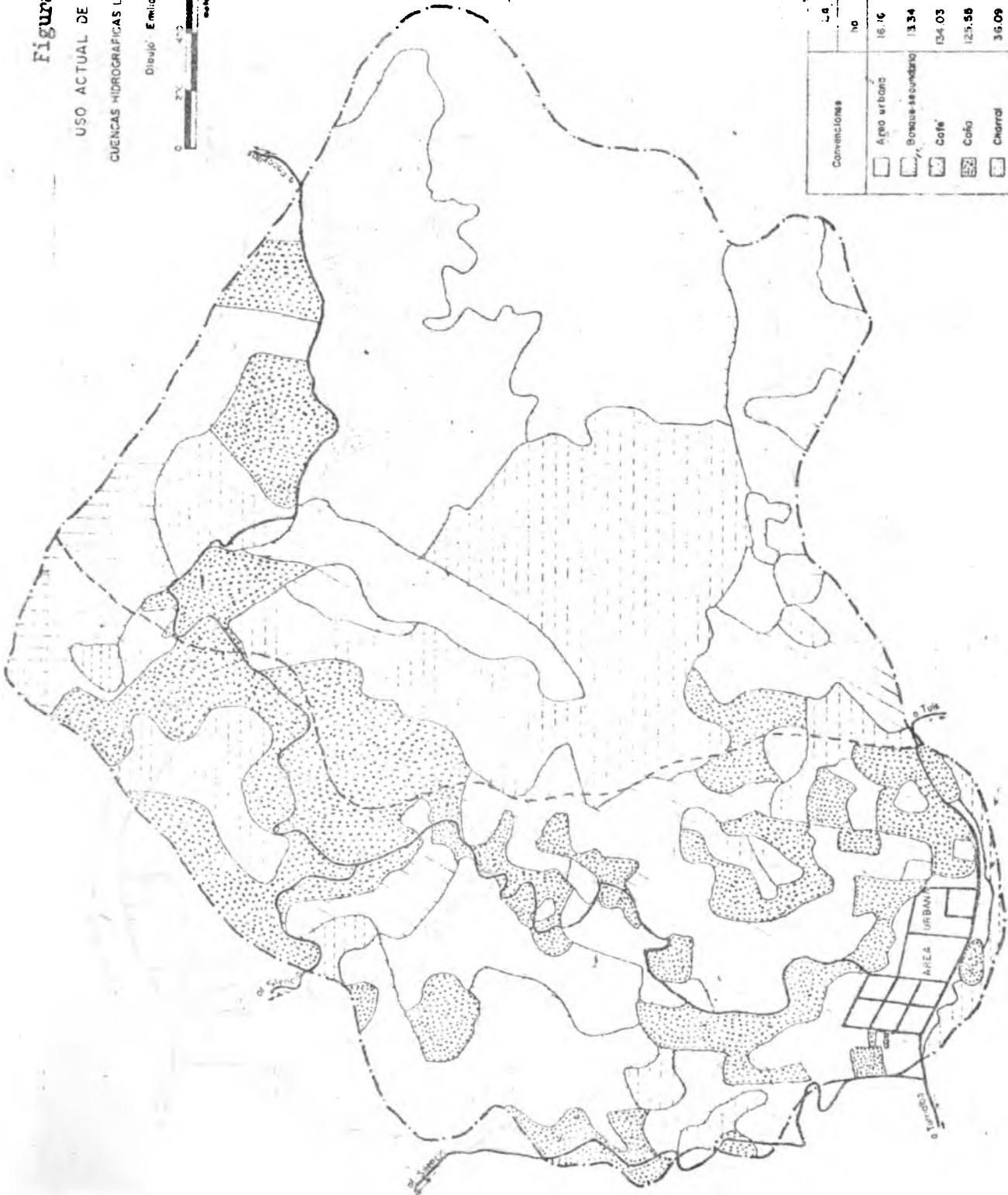
El uso actual de la tierra (Figura 4) consiste en una mezcla compleja de los cultivos principales de la zona (caña de azúcar, café y potrero) con áreas de potreros abandonados o charral. El charral, así como gran parte de los potreros existentes, a menudo se encuentran en pendientes pronunciadas que están cruzadas por senderos hechos por el ganado. El bosque secundario no está manejado y se le utiliza únicamente como fuente para obtener unas cuantas plantas silvestres útiles tales como bejuco (Serjania ruficepala) empleados para tejer canastos; y otras de las que se obtiene leña (especialmente Lippia torresii).

* Reproducción con permiso del Ing. C. Figueroa de "Contribución para un plan de manejo de dos cuencas modelo en Costa Rica". Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. (En preparación).

Figura 4

USO ACTUAL DE LA TIERRA
CUENCAS HIDROGRAFICAS LA LEONA Y LA DANTA

Dibujó: Emilia Ortiz C.



Convenciones	La Danta		La Leona	
	Ha	%	Ha	%
Área urbana	16.16	4.64	—	—
Bosque secundario	13.34	3.63	148.08	32.15
Café	134.03	38.47	33.13	6.88
Caño	125.58	36.04	46.91	9.14
Charral	315.09	10.36	136.14	28.27
Panorama	23.20	6.66	117.31	24.36
Total	348.37	100.00	481.57	100.00

Según Krushensky (11) toda la tierra ubicada al este de la ramificación occidental de la "Leona" y las secciones de las cuencas hidrográficas Leona y Danta ubicadas por encima de 1.100 m está sostenida por la formación geomórfica "Doan", un conglomerado de brechas con fragmentos de andesita y de basalto. Los suelos de la sección restante se han desarrollado a partir de la formación "Aguacate", la que está compuesta por Tobas transportadas por el viento y en forma de cenizas volcánicas junto con lodos ("Lahares"). Ambas formaciones, que fueron creadas por actividad volcánica, están sustentadas por sedimentos marinos.

El terreno ubicado entre la Danta y la rama occidental de la Leona es extremadamente quebrado y una amplia proporción ostenta suelos cascajosos y/o pedregosos (Figura 5). Estas y otras características topográficas sugieren que en esta zona ocurrió un movimiento de masas en gran escala y que el suelo continúa deslizándose debido a que el material parental aún no se ha asentado totalmente. Las consecuencias de este movimiento intermitente durante la estación lluviosa son la formación de grietas y camellones en las carreteras, la ruptura de conductos municipales de agua y el problema legal de quién es el dueño de un cultivo que se ha deslizado a través del límite de una finca. Otro notable problema ocasionado por la erosión son las bombas de agua, pequeños deslizamientos de tierra que ocurren en forma explosiva después de lluvias fuertes. Es interesante notar que a menudo fluye un pequeño arroyuelo de la cabeza del derrumbe, el cual puede formar un canal definido; es posible que fluya por lo menos un corto tiempo después de la falla original. Se supone que la localización de las bombas de agua puede estar relacionada con zonas de fractura y con concentración de agua subterránea en material parental suave, profundamente meteorizado (tobas, lodos y cenizas). Las características dramáticas de este proceso que pueden advertirse por los deslizamientos que ocurren en la superficie y que también se dan en la zona de investigación podrían explicarse por la formación de una presión hidrostática. Se tratará de correlacionar las características físicas de la tierra, y los suelos con la ubicación de las bombas de agua y los otros deslizamientos de menor importancia.

Pérez, Alvarado y Ramírez (15) han clasificado de manera general los suelos de esta zona, empleando la 7a. aproximación del USDA, como "Typic Tropohumults" asociado con "Typic Humitropepts". El mapa de suelos (Fig. 5) que se presenta en este trabajo está basado en 130 puntos de muestreo, efectuados con barrenos o utilizando cortes de carretera. Este mapa se realizó para clasificación de uso potencial de la tierra y por lo tanto se trató de agrupar los suelos con base en características físicas similares que determinan el potencial agrícola. Las divisiones se basaron en primer lugar en la presencia de grava, guijarros o piedras en cantidades suficientes como para afectar el drenaje, la infiltración y la posibilidad de laboreo del suelo. En segunda instancia la separación se basó en la textura del suelo, que fue determinada en el campo mediante el tacto. Sin embargo, algunos ensayos de laboratorio efectuados recientemente indican discrepancia con esta última evaluación ya que muchas áreas mapeadas como suelos francos pueden ser franco arcillosos o arcillosos bien estructurados. Para delimitar la capacidad de uso de la tierra (Figura 6) se utilizó un sistema de clasificación desarrollado por Tablas (17) para El Salvador. Este sistema toma en cuenta el porcentaje de la pendiente, el microrelieve,

la textura del suelo, la cantidad de piedras, la profundidad útil, el drenaje, el grado de erosión existente, el pH y la salinidad. En el caso de la cuenca hidrográfica de La Suiza, los factores limitantes más comunes fueron la pendiente, la pedregosidad (en o cerca de la superficie) y en una zona, el microrelieve.

VI. Reforestación de potreros degradados de ladera

El establecimiento de pequeñas plantaciones forestales dentro de zonas agrícolas o de pastoreo, es un ejemplo de asociación agroforestal no tradicional. En la zona de La Suiza se encuentran muchos ejemplos de potreros degradados que están sometidos a diversos procesos de erosión, especialmente en las laderas pronunciadas donde el ganado forma numerosos senderos que siguen los contornos. En dichas áreas la productividad es muy baja y existen buenos argumentos económicos así como razones ecológicas para convertir potreros escarpados en plantaciones.

La meta de este sub-proyecto es investigar el control de estos procesos de erosión, estudiando inicialmente los cambios en las propiedades físicas del suelo, comparando los sistemas pecuarios existentes con programas de reforestación con coníferas o con regeneración natural. También se está aprovechando la oportunidad para estudiar las especies y procedencias apropiadas para estos potreros degradados. Se han plantado Cupressus lusitanica, Pinus caribaea y P. oocarpa (14 procedencias) en las secciones más pobres (aproximadamente 1.3 ha por ensayo) de los potreros de dos fincas en La Suiza. Los parámetros que se medirán anualmente son crecimiento y supervivencia. El estudio de suelos involucra una comparación anual de las características del suelo que influyen en la erosión, tales como densidad y contenido de materia orgánica.

Un cálculo aproximado de los costos de establecimiento de una plantación mostró una inversión de \$651/ha. Sin embargo, los requisitos experimentales hicieron necesario un exceso de mano de obra y por lo tanto elevaron los costos. La ventaja principal que se presenta cuando se lleva esta contabilidad es que existe la posibilidad de comparar los costos de ensayos equivalentes cuando se cambian algunas técnicas o algunos materiales. En el ejemplo mencionado, los costos del material para la cerca que rodea la parcela alcanzaron el 37% del total de \$651. Si se hubiera empleado el mismo número de postes vivos, adquiridos localmente por 23 centavos americanos cada uno, en lugar de emplear postes tratados químicamente, el costo total se hubiera reducido a \$531/ha.

CONCLUSIONES

La fase inicial de este estudio de caso sobre prácticas agroforestales en el trópico húmedo, ilustra el complejo de factores que operan en estos sistemas tradicionales. Los resultados preliminares apoyan el criterio de que estas combinaciones son económica y ecológicamente factibles. Sin embargo, se han detectado varias limitaciones entre las cuales merecen mayor estudio:

- a) La relación entre la "arquitectura" de una combinación de plantas asociadas y el daño causado por el goteo al estrato inferior;
- b) Las restricciones sociales sobre la utilización de especies como la alma de Pejibaye;
- c) La pobre calidad y distribución irregular del componente maderable.

Se está principiando a acumular información sobre rendimientos de los cultivos y de los árboles. Por ejemplo, los resultados iniciales de un experimento muestran que la erosión en los cafetales pueden reducirse bastante mediante la inclusión de una leguminosa, Erythrina poeppigiana. Aún no es posible efectuar una evaluación amplia de estas prácticas agroforestales tradicionales, pero hasta el momento el estudio sugiere que el laurel es una selección excelente en la combinación árboles-cultivos agrícolas. Aunque este árbol puede afectar el rendimiento del cultivo agrícola (significativamente con densidades superiores a 100 árboles adultos por hectárea), el valor estimado de la madera en una asociación típica compensa ampliamente esta limitación. Más aún, para el pequeño agricultor, quien es el principal proponente de estos sistemas, las diversas mezclas de especies que se encuentran en las combinaciones tradicionales suministran una variedad de materiales para uso doméstico y ofrecen asimismo un importante ahorro económico.

La variación localizada en combinaciones cultivo/árbol aparentemente similares y las contradicciones que se perciben en los beneficios y limitaciones de las combinaciones, indican que existe la necesidad de establecer algunas pautas simples para su manejo. Aún cuando se continúe con la cuantificación científica de las asociaciones existentes, el énfasis de este estudio de caso cambiará gradualmente para incluir la comprobación de las hipótesis formuladas con base en: a) densidades óptimas de árboles y cultivo agrícola; b) técnicas de manejo (p.e. aclareo y podas); c) potencial de los árboles mejorados genéticamente.



BIBLIOGRAFIA

1. APOLO, W. Aceptabilidad y resistencia a la introducción de nuevas tecnologías de cultivo y manejo de suelos en la Cuenca Piloto de La Suiza, Cantón de Turrialba. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 32 p. (Reporte Proyecto Especial - En prensa).
2. BERMUDEZ, M. Erosión hídrica en la Cuenca Piloto "La Suiza", Turrialba. Turrialba, Costa Rica, UNU/CATIE, 1979. 34 p.
3. COMBE, J. y GEWALD, N. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 378 p.
4. FIERROS, A. Estado actual y posibilidades de manejo de los bosques secundarios en la Cuenca Piloto de "La Suiza", Cantón de Turrialba. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 16 p. (Reporte Proyecto Especial - En Prensa).
5. FIGUEROA, C. Contribuciones para un plan de manejo de dos cuencas modelo en La Suiza, Turrialba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (En preparación).
6. FUENTES, F.R. Sistemas agrícolas de producción de café en México, En DE LAS SALAS, G., ed. Actas del Taller Sistemas Agroforestales en América Latina. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. pp. 62-69.
7. GEWALD, N. y ROSERO, P. Crecimiento de laurel (Cordia alliodora) en cafetales, cacaotales y potreros en la Zona Atlántica de Costa Rica, En DE LAS SALAS, G., ed. Actas del Taller Sistemas Agro-Forestales en América Latina. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. pp. 210-213.
8. HOLDRIDGE, L.R. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical, 1978. 216 p.
9. JOHNSON, A.W. Individuality and experimentation in traditional agriculture. Human ecology. 1:149-159. 1972.
10. JOHNSON, P. and MORALES, R. A review of Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken. Turrialba 22(2):210-220. 1972.
11. KRUSHENSKY, R.D., MALAVASSI V., E. y CASTILLO, M., R. Mapa de reconocimiento geológico y cortes transversales de Costa Rica Central. Arlington, Virginia, USA Geological Survey, 1976.
12. MARCONDES, M.A.P. Estudio y evaluación de especies recomendables para la protección y conservación de recursos en la Cuenca Piloto de La Suiza, Cantón de Turrialba. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 36 p. (Reporte Proyecto Especial - En prensa).

13. MARSHALL, R.C. *Silviculture of the trees of Trinidad and Tobago*. London, Oxford University Press, 1939. pp. 167-173.
14. MOLLEPAZA A., J.E. Producción de biomasa de poró (Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook) y del laurel (Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken), asociados con café. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 76 p.
15. PEREZ, S., ALVARADO, A. y RAMIREZ, E. Asociación de sub-grupos de suelos de Costa Rica (Mapa Preliminar) CR2CM-6. San José, Costa Rica. Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria, 1978.
16. SUAREZ DE CASTRO, F. Potencialidad erosiva de las lluvias dentro de un cafetal y al aire libre. *Cenicafé* 3(32):21-31. 1982.
17. TABLAS DUBON, J.M. Un sistema para evaluar la capacidad de uso mayor de las tierras en El Salvador. San Salvador, El Salvador. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, 1973. 50 p.
18. TOSI, J.A., Jr. Mapa ecológico: República de Costa Rica. San José, Costa Rica. Tropical Science Center, 1969.
19. UGALDE, L.A. Descripción y evaluación de las prácticas agroforestales en la Cuenca Piloto de La Suiza, Cantón de Turrialba. Turrialba, Costa Rica, UNU/CATIE, 1979. 31 p.
20. WHEELER, W.M. Studies of neotropical ant-plants and their ants. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*. 90(1):1-41. 1942.

A P E N D I C E

FOTOGRAFIAS DE LAS PRACTICAS AGROFORESTALES EN EL AREA DE LA SUIZA
TURRIALBA, COSTA RICA



FOTO 1.

Eucalyptus deglupta con pasto
(*Cynodon nlemfuensis*) en
Turrialba.



FOTO 2.

Psidium injaya en potreros.
Los tronquitos se dejan se-
car para leña. Ensayo 2.
La Suiza.



FOTO 3.

Erythrina poeppigiana en potrero.
Las hojas y corteza gustan mucho
a los herbívoros.
Ensayo 8. La Suiza.

Foto 4.

Cercos vivos de Itabo
(*Yucca elephantipes*)
La vaca se alimenta con
matas de banano (*Musa spp.*),
La Suiza.





FOTO 5. Yucca elephantipes plantada para reducir la erosión en los taludes. Turrialba.



Foto 6.
Laurel (Cordia alliodora)
sobre caña (Saccharum
officinarum). El sitio
corresponde al ensayo 5,
(Cuadro 7).
La Suiza.



Foto 7

Estudiantes del "Colegio Agropecuario de La Suiza" midiendo retoños de Cordia alliodora.
La Suiza.

Foto 8

Tronco de Cordia alliodora obtenido por retoño y listo para cosechar.
La Suiza.



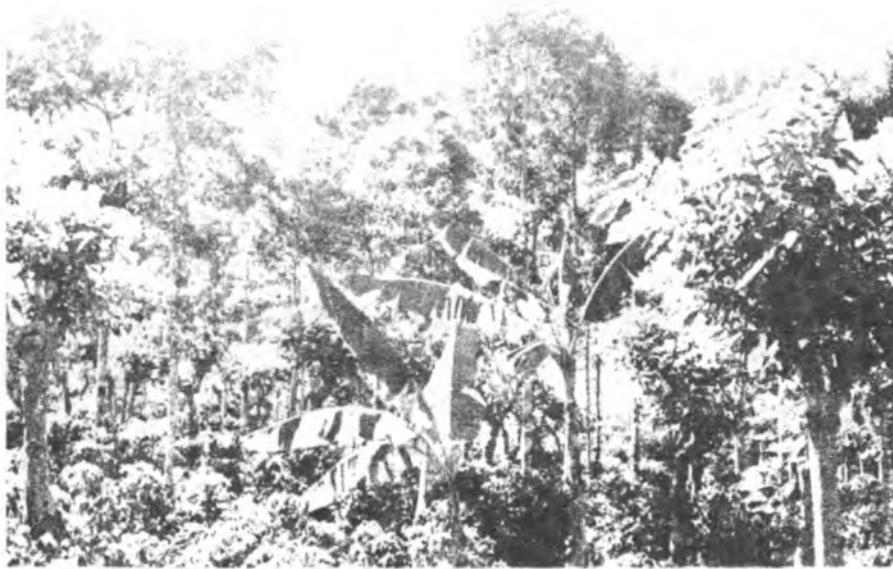


FOTO 9. Sistema multiestrata de *Cordia alliodora* (superior) *Erythrina poeppigiana* (intermedio) y *Coffea arabica* var. *caturra* (inferior). Ensayo 1. La Suiza.



FOTO 10. El mismo sitio de la foto 9 después de la poda (julio) de *Erythrina poeppigiana*. Ensayo 1. La Suiza.

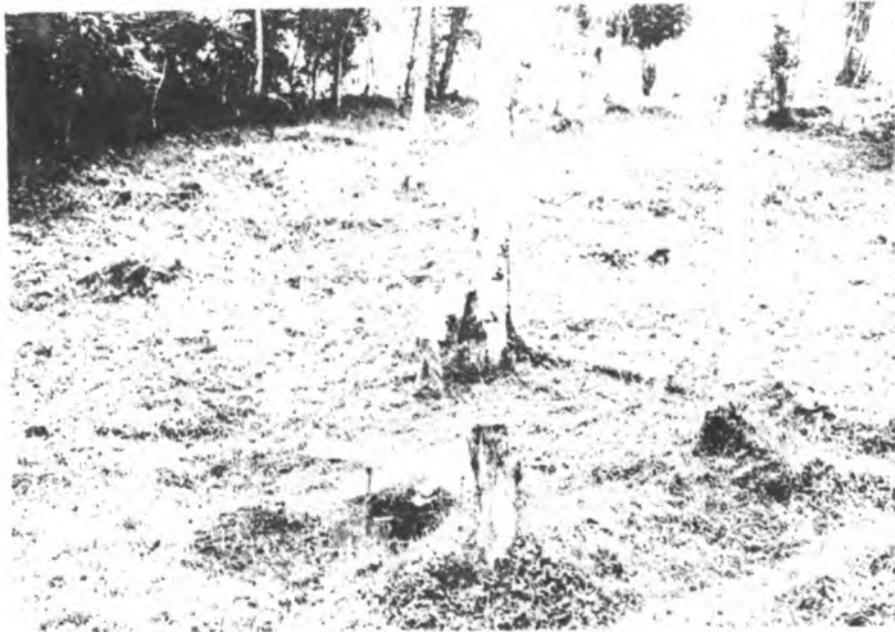


FOTO 11.

Mediciones de escorrentía y erosión en un potrero que contiene un ejemplar maduro de *Cordia alliodora*.

Ensayo 8. La Suiza.