

13 JUN 1997

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
(CATIE)**

**AUTORIDAD SUECA PARA LA COOPERACION EN LA INVESTIGACION
CON LOS PAISES EN DESARROLLO
(SAREC)**

PROYECTO ARBOLES FIJADORES DE NITROGENO: *LEUCAENA-CALLIANDRA*

INFORME ANUAL 1992

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
Turrialba, Costa Rica
Diciembre, 1992**

CONTENIDO

| | Página |
|---|--------|
| INTRODUCCION | 1 |
| COLECCIONES VIVAS | 4 |
| Observaciones sobre manejo y usos de <u>Leucaena</u> <u>leucocephala</u> y <u>C. calothyrsus</u> en sistemas agroforestales en Costa Rica | 5 |
| EVALUACION DE GENOTIPOS Y PROCEDENCIAS DE LEUCAENA Y GLIRICIDIA | 8 |
| Comportamiento de especies y variedades de <u>Leucaena</u> spp. en el trópico seco de Costa Rica. | 9 |
| Ensayo de procedencia y familias de <u>Gliricidia</u> <u>sepium</u> (Jacq.) Steud. de México, Centro América y Panamá | 15 |
| Ensayo clonal de <u>Gliricidia</u> <u>sepium</u> , procedencia de Costa Rica | 19 |
| CULTIVO EN CALLEJONES | 23 |
| Evaluación del sistema maíz-maíz en un cultivo en callejones con cuatro especies arbóreas, en la Zona Atlántica de Costa Rica | 24 |
| Evaluación de un sistema maíz (<u>Zea mays</u>) - Ñampí (<u>Colocasia esculenta</u> var. <u>antiquorum</u>) en un cultivo en callejones de <u>E. fusca</u> y <u>C. calothyrsus</u> establecidos en tres arreglos espaciales. | 35 |
| Evaluación del crecimiento y producción del ñame alado (<u>Dioscorea alata</u> cv "6322") utilizando soportes vivos de poró (<u>Erythrina berteroana</u> Urban) y madero negro (<u>Gliricidia sepium</u> Jacq.) Walp. | 48 |

| | |
|--|---------|
| Evaluación de genotipos de maíz y frijol en un cultivo en callejones con <u>C. calothyrsus</u> , <u>E. poeppigiana</u> y <u>G. sepium</u> | 62 |
| Cultivo en callejones de <u>L. leucocephala</u> y <u>G. sepium</u> con maíz y frijol, en condiciones de bosque seco tropical | 65 |
| Efecto de la fertilización en la producción de café con y sin sombra de <u>Erythrina poeppigiana</u> | 69 |
| Cultivo en callejones en un sistema maíz-maíz utilizando <u>Erythrina poeppigiana</u> plantado en cuatro arreglos espaciales | 78 |
| SISTEMAS SILVOPASTORILES | 97 |
| Evaluación del comportamiento del pasto Estrella Africana (<u>Cynodon nlemfuensis</u>) asociado a <u>Gliricidia sepium</u> y <u>Leucaena leucocephala</u> en condiciones de pastoreo en el trópico seco. | 98 |
| LABORATORIO DE SUELOS | 104 |
| El Laboratorio de Suelos como apoyo a la investigación agroforestal del Proyecto SAREC/CATIE/Nicaragua | 105 |
| El Laboratorio de Suelos como unidad de apoyo institucional | 114 |

| | |
|--|-----|
| LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL | 116 |
| INVESTIGACION | 117 |
| 1. Desarrollo de una metodología de análisis de alcaloides totales en el género <u>Erythrina</u> spp. por espectroscopía ultravioleta (UV) | 117 |
| 2. Desarrollo de una metodología de extracción y cuantificación de cumarina, ácido ortocumárico y ácido melilótico en hojas de madero negro (<u>Gliricidia sepium</u>) por cromatografía líquida de alta presión | 130 |
| 3. Evaluación del consumo de follaje fresco y ensilado de madero negro (<u>Gliricidia sepium</u>), en cabras alimentadas con King grass (<u>Pennisetum purpureum</u> x <u>P. typhoides</u>) y banano verde (<u>Musa sapientum</u>) | 146 |
| 4. Análisis químico-nutricionales de algunas especies forrajeras promisorias bajo diferentes métodos de secado | 148 |
| CAPACITACION | 153 |

INTRODUCCION

El Proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno: Leucaena-Calliandra, se enmarca dentro de las líneas de investigación agroforestal del Programa de Agricultura Sostenible del CATIE y es financiado por la Autoridad Sueca para la Cooperación en la Investigación con los Países en Desarrollo (SAREC). Aprovechando la experiencia acumulada por el personal técnico y administrativo de los Proyectos iniciados en 1984 con fondos CIID y con el propósito de ampliar la investigación agroforestal a otras especies y condiciones ecológicas se inicia este Proyecto en 1989.

Al iniciar el tercer año de ejecución se da una separación de los Proyectos SAREC y CIID, y algunos de los técnicos así como el personal administrativo, bienes { experimentos pasan a formar parte exclusiva de los Proyectos SAREC. Actividades de investigación que se venían realizando en conjunto, se deciden continuar apoyándolas hasta finales de 1992, por este motivo se incluyen resultados de algunos experimentos con Erythrina spp. y Gliricidia sepium establecidos en CATIE, Turrialba.

Se amplía la cobertura territorial del proyecto con la finalidad de aprovechar las ventajas de la Leucaena, como árbol de uso múltiple en condiciones de trópico seco, donde este género es más promisorio y se establecen nuevos ensayos en las condiciones de Bosque Seco Tropical de Costa Rica y Nicaragua.

El Proyecto ejecuta actividades de identificación y caracterización de la distribución y usos de Leucaena y Calliandra en Costa Rica y el género Leucaena se evalúa con cultivos anuales en callejones, en diferentes regiones secas de Costa Rica y Nicaragua. En Guápiles, Costa Rica se estudia la Calliandra con granos básicos y ñampí.

Se ha involucrado el género Gliricidia en los trabajos agroforestales y silvopastoriles del trópico seco y húmedo, debido a que junto con la leucaena promete máximas posibilidades de contribuir a desarrollar opciones mejoradas de mayor respuesta productiva dentro del contexto de una agricultura sostenible.

En estos géneros se evalúan diferentes genotipos con la finalidad de descubrir materiales superiores para diferentes propósitos (leña, cercas vivas, soportes vivos, abono orgánico y forraje).

Se continúa el apoyo a los Laboratorios de Suelos y Producción Animal, debido a su importancia en la investigación conducida por el proyecto. La evaluación de la calidad nutricional de los géneros en estudio: Leucaena, Gliricidia y Calliandra que se hizo en años anteriores, se complementa con la consolidación de metodologías para la identificación de sustancias anticualitativas que darán información para dirigir la selección genética hacia fines más prácticos.

El estudio de la dinámica biológica, química y física de los suelos bajo sistemas agroforestales y silvopastoriles es de primera importancia dentro de los fines del proyecto, por lo que el apoyo del Laboratorio de Suelos es básico.

La capacitación de personal profesional de los países miembros del CATIE, en aspectos agroforestales, silvopastoriles, técnicas y metodologías analíticas en los Laboratorios de Producción Animal y Suelos, son de gran importancia dentro de los objetivos del Proyecto, los cuales son:

- Incrementar el nivel de conocimientos sobre el uso y potencialidad de los géneros Leucaena y Calliandra en Centro América.
- Determinar su eficiente incorporación dentro de sistemas agroforestales y silvopastoriles, para su uso por agricultores de limitados recursos económicos de Centroamérica.
- Mejorar, a través de la investigación científica, los conocimientos sobre el comportamiento de diferentes cultivos en condiciones de asociación en sistemas agroforestales.
- Iniciar evaluaciones económicas de los sistemas agroforestales y silvopastoriles con Leucaena, Gliricidia y Calliandra.
- Proporcionar apoyo técnico a los proyectos forestales y agroforestales financiados por SAREC en Nicaragua.

La preparación del presente informe técnico ha sido dirigido por Romeo Solano, Líder del Proyecto a partir del tercer año de ejecución (mayo, 1991). El Líder contó con la cooperación de Edgar Víquez, Pedro Oñoro, Jorge Jiménez, y en el trabajo de mecanografía y de impresión, participaron activamente la Sra. Carmen M. de Acuña, Rita Abarca, Alba Chávez, y Javier Brenes. También se reconoce el apoyo de la Dirección General, de la Administración y de Finanzas del CATIE, en la ejecución del proyecto.

La información presentada en el informe fue generada por el personal del Proyecto y otros investigadores del Centro. En el Plan Operativo 1991-1992, se detallan algunas de las actividades de investigación, que en el presente informe se decidió excluir.

COLECCIONES VIVAS

OBSERVACIONES SOBRE MANEJO Y USOS DE LEUCAENA LEUCOCEPHALA Y C. CALOTHYRSUS EN SISTEMAS AGROFORESTALES EN COSTA RICA

ANTECEDENTES

El género Leucaena y Calliandra, originarios de América tropical están ampliamente distribuidos en América Central. En Costa Rica se encuentra en forma natural o introducida, varias especies de Leucaena, especialmente cerca a la costa del Pacífico. Por el contrario, C. calothyrsus es una especie que se encuentra en forma natural en zonas con mayor humedad, principalmente en la región central y Atlántico del país.

Aunque hay muchos trabajos de investigación en que Leucaena se estudia como parte de diferentes sistemas de producción, no hay datos obtenidos en forma sistemática sobre el manejo que le dan los productores y sobre los usos de la especie. C. calothyrsus ofrece mucho menor información sobre estos aspectos.

Para el desarrollo y mejoramiento de sistemas agroforestales es indispensable partir del conocimiento de los sistemas actuales y de los componentes. Un conocimiento adecuado del uso de las especies y de las prácticas de manejo permitirá decidir en forma más adecuada sobre las áreas prioritarias de investigación y transferencia de tecnología.

OBJETIVOS

- Observar la distribución, el manejo y los usos de Leucaena y Calliandra en sistemas agroforestales en Costa Rica.
- Conocer el empleo de las especies en sistemas agroforestales, de acuerdo a la experiencia de los productores.

METODOLOGIA

Se estableció contacto con las Direcciones Regionales del Ministerio de Agricultura de Costa Rica, que corresponden a las áreas de posible distribución de los géneros.

En cada zona se consultó con técnicos y agentes de extensión para identificar sitios específicos y productores que tuvieron alguno de estos géneros en sus fincas.

Se elaboró un formulario para obtener información sobre el tipo de finca, condiciones socioculturales más relevantes del productor, sistemas de producción de la finca, sistemas en que se usa Leucaena y Calliandra, formas de manejo, formas de uso y limitantes para su manejo y uso.

RESULTADOS

De las entrevistas, de información secundaria y de información complementaria, recogida al momento de la entrevista, se pueden extractar los siguientes aspectos relevantes:

Importancia actual y distribución de los géneros

La Leucaena, como género de reciente introducción al país, tiene una distribución y difusión relativamente restringida que tiende a incrementar a medida que se conoce más sobre sus características. Su siembra se asocia principalmente con su uso como forraje para ganado y como sombra de café o cacao. Muchos agrónomos, zootecnistas, agricultores y ganaderos la conocen por referencias sobre su potencial de uso. En general, puede decirse que de este género, se conoce mucho sobre experiencia en otros países, pero hay poca información sobre su comportamiento en Costa Rica.

La Leucaena se encuentra con mayor frecuencia en las zonas bajas del litoral pacífico. Sin embargo, también se planta en áreas de la meseta central, especialmente como sombra de café. La presencia del género es mucho menos frecuente en la Zona Atlántica.

El género Calliandra en Costa Rica es menos conocido por productores y técnicos y su uso más frecuente es como planta ornamental.

Uso de la Leucaena como forraje

La forma más común de uso de la Leucaena en la alimentación del ganado es mediante bancos de proteína (plantaciones densas de Leucaena que se podan a baja altura y con frecuencia). En este caso se hacen de cuatro a seis podas al año.

Entre las características deseables informan la alta capacidad de rebrote, la facilidad de poda y la aceptabilidad por el ganado.

Uso de la Leucaena como sombra de café

En Costa Rica la especie más conocida es leucocephala. Se siembra como sombra de café en la meseta central y en la zona premontana al sur de ésta. Se le da un manejo similar al de la Erythrina, que se adapta al manejo tradicional del café. Se siembra a 5x5 o 6x6. Se acostumbra hacer dos podas, dejando dos o tres ejes a más de un metro de altura.

Los agricultores reconocen como ventajas de la especie:

- a) Su rápido crecimiento;
- b) Proporciona sombra adecuada;
- c) Es fácil de podar;
- d) Se propaga fácilmente;
- e) Controla la erosión y mejora el suelo.

No informan sobre desventajas del árbol ni sobre problemas fitosanitarios.

La Leucaena es propagada por semilla; se siembra directamente en la plantación de café o se trasplanta de un sitio a otro dentro de la plantación. No se le aplican cuidados específicos aparte de las podas.

Algunos de los productores de café que también tienen ganado, informan usarla como forraje. Otros la utilizan para leña.

Uso de la Leucaena como sombra de cacao

Un resultado inesperado fue encontrar Leucaena en la Zona Atlántica, como sombra de cacao, porque se considera a este género adaptado a zonas secas y no se recomienda su uso en zonas húmedas.

La siembra se hace a distancias entre 4x4 y 7x7. A las plantas no se les da ningún cuidado excepto las podas que se hacen anualmente o cada dos años. Los productores no informan de problemas fitosanitarios y reconocen características deseables, similares a las que informan los productores de café.

**EVALUACION DE GENOTIPOS Y PROCEDENCIAS
DE LEUCAENA Y GLIRICIDIA**

COMPORTAMIENTO DE ESPECIES Y VARIETADES DE LEUCAENA SPP. EN EL TROPICO SECO DE COSTA RICA

UBICACION: Estación Experimental "Enrique Jiménez Núñez", MAG, Cañas, Guanacaste.

JUSTIFICACION

El Proyecto tiene entre sus objetivos identificar especies de árboles de uso múltiple y generar las técnicas silviculturales más apropiadas para los diferentes sistemas agroforestales en estudio.

La Leucaena es un género con un gran potencial para los sistemas agroforestales, pero en la mayoría de estudios se ha utilizado material de origen desconocido y mucha homogeneidad. Con el fin de determinar las especies y variedades de Leucaena más apropiadas para los diferentes sistemas en estudio y condiciones ecológicas, se solicitó semilla al Oxford Forestry Institute.

Después del estudio de comportamiento, se establecerán ensayos con métodos de manejo silvicultural para las mejores variedades o especies y se introducirán a los diferentes sistemas agroforestales, así como se definirán las líneas de selección y mejoramiento genético de acuerdo a la aptitud de los genotipos (forraje, leña, soportes vivos, etc.) a realizarse en los años próximos.

OBJETIVOS

- Identificar las especies y/o variedades más promisorias de Leucaena para el Bosque Seco Tropical de Costa Rica, utilizando material genéticamente conocido.
- Evaluar el crecimiento y producción de biomasa de Leucaena spp.
- Evaluar la calidad de la biomasa comestible (DIMS, mimosina, análisis bromatológico).
- Evaluar daños y resistencia por plagas y enfermedades.
- Determinar la interacción genético-ambiental.
- Contar con un banco de germoplasma para los trabajos de mejoramiento genético.

METODOLOGIA

La semilla se puso a germinar en camas de arena esterilizada al vapor, luego fue transplantada a bolsas y mantenidas en vivero hasta alcanzar un desarrollo adecuado, antes de ser llevadas al campo.

El material fué sembrado en la Estación del MAG en Cañas, Guanacaste. Se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y parcelas de 20 árboles. El distanciamiento entre árboles es de 2.5 x 2.5 m. Los tratamientos consisten en especies y variedades de Leucaena. En el Cuadro 1, se describe la especie o variedad, así como su origen y número de identificación.

Se harán dos evaluaciones por año de sobrevivencia, crecimiento (altura total, diámetro y forma de copa y el fuste), fenología y daños por plagas y enfermedades. A los dos años se podarán y se evaluará producción de biomasa de hojas y tallos.

En coordinación con el Laboratorio de Nutrición Animal del CATIE, se harán estudios de contenido de proteína y mimosina, digestibilidad in vitro y análisis bromatológico general.

Este ensayo fue sembrado en cuatro sitios de Nicaragua en coordinación con la Escuela Forestal de la UNA. El manejo y evaluación será el mismo para los ensayos de Costa Rica. Se harán evaluaciones dentro de cada sitio y un análisis combinado para determinar el efecto del ambiente sobre los genotipos.

RESPONSABLES: Edgar Víquez y Romeo Solano.

FECHA DE INICIO: Abril de 1991.

DURACION: Permanente.

RESULTADOS

Semilla de 24 variedades y especies de Leucaena fue obtenida a través del Oxford Forestry Institute. Este material se puso a germinar en los viveros del CATIE en Turrialba y de la Escuela de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria (UNA) en Nicaragua.

En Nicaragua se establecieron parcelas de 16 árboles en 4 sitios, estos son: El Plantel, Tipitapa; Comarca de Santa Cruz, Estelí; Finca de la UCA, Mateare; y Diriamba.

En Costa Rica se sembraron dos repeticiones (I y II) en la segunda semana de octubre de 1991 y las otras dos en las últimas semanas de julio de 1992,

La resiembra en las repeticiones I y II se hizo durante la última semana de julio de 1992. Los árboles de esta resiembra fueron identificados para no incluirlos en los análisis.

En el Cuadro 2 se presentan los promedios de sobrevivencia y crecimiento en altura y diámetro, así como los resultados de las pruebas de Duncan, para las mediciones a los 6 y 12 meses después de la siembra.

Los coeficientes de variación son adecuados; sin embargo, debido a que solamente se emplean dos repeticiones, la precisión obtenida sólo es suficiente para detectar diferencias muy grandes.

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre genotipos para diámetro basal ni para altura total, en la primera medición. Sin embargo, con la prueba de Duncan se detectaron diferencias entre la introducción 56/88 y las 50/87, 47/87 y 83/87. Los promedios por genotipo para diámetro variaron entre 1.27 cm y 0.51 cm. Los valores para altura total oscilaron entre 1.336 m y 0.393 m.

Para la segunda lectura se detectaron diferencias al 6% de significancia en altura total entre genotipos. Los valores de diámetro basal variaron entre 4.74 cm (introducción 53/88) y 1.63 cm (introducción 58/88). Para altura total los valores variaron de 3.97 m (introducción 47/85) a 1.31 m (introducción 58/88). Al utilizar la prueba de Duncan se encontraron diferencias entre grupos de materiales, para las dos variables. Por ejemplo, los materiales 47/85, 53/88 y 2/86 (con promedios de 3.97, 3.7 y 3.62 m, respectivamente), difirieron de los materiales 81/87, 58/88 y 84/87 (con promedios de 1.42, 1.31 y 1.63 m, respectivamente). En diámetro basal se encontró diferencia entre 53/88 (4.74 cm) y los materiales 58/88 y 50/87 (con 1.63 cm y 1.74 cm, respectivamente).

Las introducciones que presentaron los diámetros mayores en la primera medición, también lo fueron en la segunda medición. Igualmente, los que tuvieron los valores menores en la primera, fueron los de menor diámetro en la segunda medición. Esta situación no fue igual para altura total, aparentemente algunos materiales se vieron más afectados por la falta de agua en los primeros seis meses, y con el inicio de las lluvias (junio) se recuperaron y mostraron una mayor altura para la segunda medición.

Los resultados demuestran una gran variabilidad entre procedencias o variedades de una misma especie.

La sobrevivencia varió entre 44% y 100%. La mayor mortalidad la obtuvo la introducción 58/88.

A los 15 días después de la siembra, se detectó daño por hormigas del género Atta a las siguientes introducciones: 43/85, 47/85, 61/88, 2/86 y 83/87 de la repetición 1. La introducción 17/86 tenía mucha hormiga pero el daño fue muy poco. La introducción 47/87 mostraba varios árboles con muerte apical en las dos repeticiones; sin embargo, estos se recuperaron y produjeron nuevos brotes cerca de la base.

Se pudo observar que algunos árboles eran anillados por un insecto del género Pantomorus, éstos pertenecían a las siguientes introducciones: 53/87, 84/87, 17/86, 46/87, 19/84 y 61/88.

Las observaciones de floración y fructificación, así como de caída de hojas, se empezaron en noviembre, 1992 y se continuarán hasta mediados de 1993. Actualmente se ha realizado dos mediciones.

Cuadro 1. Especies y variedades de Leucaena incluidas en el ensayo.

| ESPECIE | ORIGEN | NUMERO IDENT. |
|---|--------------------------------|---------------|
| <u>Leucaena collinsii</u> | Mendoza, México | 45/85 |
| <u>Leucaena collinsii</u> | Chacaj, Guatemala | 51/88 |
| <u>Leucaena collinsii</u> Guatemalan-form | Gualan, Guatemala | 56/88 |
| <u>Leucaena collinsii</u> Guatemalan-form | El Carrizal, Guatemala | 57/88 |
| <u>Leucaena diversifolia</u> <u>diversifolia</u> | Corral Falso, México | 45/87 |
| <u>Leucaena diversifolia</u> <u>diversifolia</u> | Xalapa, México | 46/87 |
| <u>Leucaena diversifolia</u> <u>stenocarpa</u> | Los Guates, Guatemala | 53/88 |
| <u>Leucaena esculenta</u> <u>esculenta</u> | San Martín Pachivia, México | 47/87 |
| <u>Leucaena esculenta</u> <u>paniculata</u> | San Pedro Chapulco, México | 52/87 |
| <u>Leucaena lanceolata</u> <u>lanceolata</u> | San Jon, México | 43/85 |
| <u>Leucaena lanceolata</u> <u>sousae</u> | Cacolote, México | 50/87 |
| <u>Leucaena leucocephala</u> <u>glabrata</u> | Operation Double Har, Haití | 32/88 |
| <u>Leucaena macrophylla</u> <u>nelsoni</u> | San Isidro, México | 47/85 |
| <u>Leucaena macrophylla</u> <u>macrophylla</u> | Vallecitos, México | 55/88 |
| <u>Leucaena multicapitulata</u> | Los Santos, Panamá | 81/87 |
| <u>Leucaena pulverulenta</u> | Altas Cumbres, México | 83/87 |
| <u>Leucaena pulverulenta</u> | South Texas, USA | 84/87 |
| <u>Leucaena salvadorensis</u> | Choluteca, Honduras | 17/86 |
| <u>Leucaena salvadorensis</u> | Yusquare, Honduras | 34/88 |
| <u>Leucaena shannoni</u> Guatemalan-form | Chiquimula, Guatemala | 19/84 |
| <u>Leucaena shannonii</u> | Champton, México | 53/87 |
| <u>Leucaena shannonii</u> Guatemala-form | Quetzaltepeque, Guatemala | 58/88 |
| <u>Leucaena trichodes</u> | Cuicas, Venezuela | 2/86 |
| <u>Leucaena trichodes</u> | Jipijapa, Ecuador | 61/88 |

Cuadro 2: Supervivencia y promedios para altura total y diámetro basal a los seis y doce meses después de la siembra. Cañas, Guanacaste.

| TRATAM. | ESPECIE | % SOBREV. | PRIMERA MEDICION DIABASE (cm) | HTOTAL (m) | SEGUNDA MEDICION DIABASE | HTOTAL |
|---------|---------------|-----------|-------------------------------|------------|--------------------------|-------------|
| 43/85 | lanceo. lanc. | 92 | 1.275 A | 0.875 AB | 4.208 ABC | 3.379 ABC |
| 53/88 | divers. sten. | 77 | 1.230 A | 0.954 AB | 4.740 A | 3.700 AB |
| 45/85 | collin. | 90 | 1.155 A | 0.821 AB | 4.364 AB | 2.355 ABCDE |
| 52/87 | escule. pan. | 87 | 1.075 A | 0.815 AB | 3.558 ABC | 3.454 ABC |
| 56/88 | collin. 6.f. | 85 | 1.058 A | 1.336 A | 4.067 ABC | 3.217 ABCDE |
| 47/85 | macrop. nels. | 94 | 1.058 A | 1.096 AB | 4.325 AB | 3.970 A |
| 51/88 | collin. | 65 | 1.040 A | 0.931 AB | 2.700 ABC | 2.000 BCDE |
| 32/88 | leucoc. glav. | 97 | 1.033 A | 0.834 AB | 4.036 ABC | 3.355 ABCD |
| 17/86 | salvad. | 87 | 1.010 A | 1.051 AB | 2.800 ABC | 2.203 ABCDE |
| 55/88 | macrop. macr. | 85 | 0.948 A | 0.622 AB | 2.260 ABC | 2.082 ABCDE |
| 19/84 | shanno. 6.f. | 72 | 0.933 A | 0.933 AB | 3.064 ABC | 2.737 ABCDE |
| 2/86 | tricho. | 87 | 0.900 A | 0.968 AB | 3.791 ABC | 3.622 AB |
| 34/88 | salvad. | 90 | 0.900 A | 1.004 AB | 3.264 ABC | 2.793 ABCDE |
| 53/87 | shanno. | 100 | 0.891 A | 1.001 AB | 3.350 ABC | 3.265 ABCD |
| 61/88 | tricho. | 70 | 0.888 A | 0.710 AB | 2.987 ABC | 2.918 ABCDE |
| 57/88 | collin. 6.f. | 67 | 0.811 A | 1.031 AB | 3.067 ABC | 2.630 ABCDE |
| 58/88 | shanno. 6.f. | 44 | 0.691 A | 0.622 AB | 1.629 C | 1.310 E |
| 81/87 | multic. | 61 | 0.680 A | 0.540 AB | 1.750 BC | 1.417 DE |
| 46/87 | divers. dive. | 70 | 0.664 A | 0.593 AB | 1.944 BC | 1.956 BCDE |
| 47/87 | escule. escu. | 87 | 0.645 A | 0.435 B | 2.582 ABC | 1.844 BCDE |
| 45/87 | divers. dive. | 62 | 0.645 A | 0.560 AB | 2.318 ABC | 2.162 ABCDE |
| 84/87 | pulver. | 80 | 0.620 A | 0.496 AB | 1.900 BC | 1.626 CDE |
| 50/87 | lanceo. sous. | 85 | 0.573 A | 0.369 B | 1.740 BC | 1.909 BCDE |
| 83/87 | pulver. | 62 | 0.510 A | 0.393 B | 2.211 ABC | 1.851 BCDE |

Promedios con igual letra no son significativamente diferentes (prueba de Duncan)

ENSAYO DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS DE GLIRICIDIA SEPIUM
(JACQ.) STEUD. DE MEXICO, CENTRO AMERICA Y PANAMA

UBICACION: Estación Experimental del MAG "Los Diamantes",
Guápiles.

JUSTIFICACION

Gliricidia sepium, es una leguminosa arbórea ampliamente usada en los trópicos en sistemas agroforestales como árbol de sombra y cercos vivos, así como también en cultivo en callejones a nivel experimental. También ha mostrado un gran potencial en la alimentación animal, por su alto contenido de proteína y digestibilidad in vitro.

Esta especie tiene una amplia distribución natural, desde México hasta Panamá. Se ha reportado una gran variabilidad genética entre procedencias y entre individuos dentro de procedencias; sin embargo, son pocas las colecciones que cuentan con un registro exacto del origen del material estudiado, lo que dificulta la recolección de semilla de aquellos árboles que han demostrado superioridad.

El presente ensayo se estableció con semilla recolectada de árboles individuales debidamente identificados dentro de procedencias. La recolección la hizo el Oxford Forestry Institute y personal del Proyecto AFN del CATIE, Costa Rica. Con su establecimiento se pretende conocer la variabilidad de la especie a lo largo de su ámbito de distribución, con fines de selección y mejoramiento genético.

El ensayo se estableció en 1987, hasta hoy ha servido como tema de tesis a varios estudiantes del Programa de Maestría del CATIE, como son:

John Llap, Ricardo. 1989. Ensayo de procedencias y familias de Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. de México, América Central y Panamá. EVALUACION DEL CRECIMIENTO EN VIVERO Y CAMPO Y PRODUCCION DE BIOMASA A LOS TRES MESES DE ESTABLECIDO.

Mendieta López, Marcia. 1989. Caracterización de la composición química de procedencias y familias de Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. de México, América Central y Panamá.

Camacho Hernández, Yael's. 1991. Comportamiento de procedencias y familias de Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. a los 12 meses de edad en condiciones del Trópico Húmedo de Costa Rica. EVALUACION DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCION DE BIOMASA A LOS DOCE MESES DE PLANTADO EN EL CAMPO.

Ruíz Fonseca, Carlos, 1992. Aceptabilidad por ovinos de la biomasa comestible, de procedencias, familias e individuos de Gliricidia sepium (Jacq.) Walp, Guápiles, Costa Rica.

En base a los resultados de estas tesis se realizó una selección preliminar de familias; sin embargo, se considera temprana y se recomienda continuar con las evaluaciones para aprovechar de la colección las familias e individuos superiores no solo en crecimiento y producción de biomasa, sino en calidad de la misma y resistencia a plagas y enfermedades. Además, es conveniente esperar a que haya una mayor expresión del potencial genético.

OBJETIVOS

- Conocer la variabilidad entre procedencias y familias dentro de procedencias de G. sepium en el ámbito de su distribución natural.
- Identificar procedencias y familias de mayor crecimiento y producción de biomasa para condiciones de la región donde se establece el ensayo.
- Contar con un banco de germoplasma, para los trabajos de selección y mejoramiento de la especie.

METODOLOGIA

Semillas proporcionadas por Oxford Forestry Institute (OFI), de 9 procedencias distribuidas sobre el ámbito natural de la especie (167 familias) y semilla de 3 procedencias de Costa Rica (10 familias) colectadas por el Proyecto AFN, fueron plantadas y evaluadas a nivel de vivero y plantación. El ensayo tiene un diseño anidado con 12 plantas por familia y tres repeticiones.

En este ensayo se han hecho dos evaluaciones de crecimiento y producción de biomasa a los 3 y 12 meses de edad. En febrero del presente año se hizo una poda de uniformización y se recomienda continuar con una evaluación por año, la cual deberá hacerse al inicio del período seco (febrero).

Las variables estudiadas son: altura total, diámetro basal a 5 cm sobre el suelo, número de rebrotes, longitud del rebrote más largo, número máximo de folíolos en cada árbol y peso de la biomasa de hojas y tallos.

En base a estos parámetros, se continuará con la selección de familias, y se harán estudios de calidad de biomasa entre familias e individuos dentro de familias. Se estudiará el contenido de proteína, cumarinas y taninos, así como digestibilidad in vitro y cualquier otra variable que se considere importante en la nutrición animal. Estos trabajos se harán en coordinación con el Laboratorio de Nutrición Animal del CATIE.

Para la época seca (antes de la próxima evaluación, enero 1993), se hará una evaluación del daño y resistencia de algunas familias al ataque del Azeta versicolor.

De las familias superiores se seleccionan entre cuatro a siete mejores árboles y se propagan por estacas en el vivero del Proyecto en Guápiles, para luego establecer un ensayo clonal en varios sitios de Costa Rica y Nicaragua.

Considerando los múltiples usos de esta especie, la selección también será dirigida hacia la identificación, de familias superiores por su aptitud de producción de leña, postes vivos, soportes vivos, etc.

RESPONSABLES: Edgar Víquez y Romeo Solano.

FECHA DE INICIO: Julio de 1987.

DURACION: Permanente.

RESULTADOS

La biomasa foliar de algunas familias dentro de la colección, fue cortada para ser utilizada en el trabajo de tesis de dos estudiantes. Esta situación creó una vez más una desuniformización del material existente, por lo que se procedió a realizar una segunda poda en octubre de 1992. Estacas de las familias seleccionadas por producción de biomasa, fueron plantadas en el vivero, ubicado en el mismo sitio.

Este material será sembrado en diferentes condiciones ambientales para evaluar el efecto ambiental en crecimiento, producción y calidad de biomasa.

Una tercera evaluación de crecimiento y producción de biomasa en toda la colección se hará en abril de 1993.

Los trabajos de tesis fueron: estudiante de M.Sc, Carlos Ruiz F., titulado "Aceptabilidad por ovinos de la biomasa comestible de procedencias, familias e individuos de Gliricidia sepium (Jacq.) Walp., Guápiles, Costa Rica", y estudiante de B.Sc., Luis D. Delgado, titulado "Metodología de extracción y cuantificación de cumarina, ácido ortocumárico (ácido trans 2-hidroxiciàmico) y ácido melilítico en hojas de madero negro (Gliricidia sepium)".

ENSAYO CLONAL DE GLIRICIDIA SEPIUM, PROCEDENCIAS DE COSTA RICA.

UBICACION: Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Costa Rica.

JUSTIFICACION

G. sepium es una especie de uso múltiple con potencial para sistemas agroforestales. En la literatura se ha reportado una gran variabilidad entre procedencias de esta especie, lo que ha motivado la selección de árboles con características de interés y su propagación en diferentes sitios de Costa Rica. Este material se ha establecido en un ensayo clonal.

El propósito principal de este ensayo es coleccionar, conservar y evaluar un gran número de árboles con características de interés para los diferentes usos forestales, agroforestales y silvopastoriles.

OBJETIVOS

- Conservar y hacer disponible con el tiempo una colección de individuos de un gran número de procedencias de Gliricidia sepium.
- Conservar las características deseables de la especie.
- Evaluar y seleccionar los mejores individuos para los diferentes usos agroforestales y silvopastoriles.
- Disponer de una fuente de material seleccionado por sus características deseables para su distribución en Instituciones Nacionales de Costa Rica y de otros países.

METODOLOGIA

El ensayo cuenta con 61 clones de Gliricidia sepium procedentes de diferentes zonas de Costa Rica (Cuadro 1); cada clon es coleccionado con 5 ramets en parcelas lineales y cuatro repeticiones, con un distanciamiento de 3 x 3 m.

Debido al manejo que se le ha venido realizando, no ha sido posible evaluarlo todavía; sin embargo, en julio del presente año se practicará una poda total de homogenización, y seis meses después se evaluarán los clones por rendimiento

de biomasa. Las variables a considerar son: altura total, altura y diámetro de copa, número de brotes, biomasa de hojas y tallos, y contenido de humedad.

Los que resulten ser más productivos se incluirán en un ensayo clonal que se estará estableciendo el próximo año con el material seleccionado del ensayo de procedencias y familias. En este nuevo ensayo no sólo se evaluará el rendimiento sino también la calidad de la biomasa, incluyendo parámetros tales como: digestibilidad in vitro, contenido de proteína y factores anticualitativos como cumarinas y taninos, lo cual se hará en coordinación con el Laboratorio de Nutrición Animal del CATIE y algunos estudiantes del programa de maestría que deseen realizar su tesis de grado en estos temas.

RESPONSABLES: Edgar Víquez y Romeo Solano.

FECHA DE INICIO: Octubre 1, 1986.

DURACION: Permanente.

RESULTADOS

La evaluación programada para enero de 1992, no se realizó, ya que la colección fue severamente dañada por el Azeta versicolor, en diciembre de 1991 y enero de 1992 y fue totalmente defoliada.

La evaluación se reprogramó para enero de 1993.

Cuadro 1: Información básica del ensayo clonal de G. sepium, Guápiles, Costa Rica. Ubicación de clones y procedencias dentro de las repeticiones.

| N° ARBOL | PROCEDENCIA | N° PARCELA/REPETICION | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|----|----|----|
| | | R1* | R2 | R3 | R4 |
| A1-1 | PLAYA GRANDE, GCASTE | 3** | 45 | 2 | 1 |
| A1-2 | PLAYA GRANDE, GCASTE | 37 | 11 | 49 | 35 |
| A1-3 | PLAYA GRANDE, GCASTE | 51 | 9 | 42 | 23 |
| A1-4 | PLAYA GRANDE, GCASTE | 30 | 38 | 38 | 37 |
| A1-5 | PLAYA GRANDE, GCASTE | 57 | 25 | 29 | 21 |
| A1-6 | PLAYA GRANDE, GCASTE | 2 | 3 | 5 | 39 |
| A1-7 | PLAYA GRANDE, GCASTE | 27 | 6 | 13 | 18 |
| A1-8 | PLAYA GRANDE, GCASTE | 24 | 16 | 48 | 9 |
| A1-9 | PLAYA GRANDE, GCASTE | 19 | 18 | 46 | 54 |
| A1-10 | PLAYA GRANDE, GCASTE | 1 | 14 | 39 | 42 |
| A1-11 | PLAYA GRANDE, GCASTE | 28 | 17 | 51 | 14 |
| A1-12 | PLAYA GRANDE, GCASTE | 44 | 48 | 6 | 20 |
| A2-1 | SAN ISIDRO, CAÑAS | 6 | 42 | 28 | 41 |
| A2-2 | SAN ISIDRO, CAÑAS | 38 | 24 | 56 | 32 |
| A2-3 | SAN ISIDRO, CAÑAS | 15 | 57 | 60 | 7 |
| A2-4 | SAN ISIDRO, CAÑAS | 11 | 35 | 50 | 11 |
| A2-5 | SAN ISIDRO, CAÑAS | 45 | 15 | 59 | 48 |
| A2-6 | SAN ISIDRO, CAÑAS | 50 | 22 | 33 | 5 |
| A2-7 | SAN ISIDRO, CAÑAS | 40 | 52 | 44 | 43 |
| A2-8 | SAN ISIDRO, CAÑAS | 39 | 33 | 30 | 51 |
| A2-9 | SAN ISIDRO, CAÑAS | 22 | 47 | 52 | 59 |
| A2-10 | SAN ISIDRO, CAÑAS | 5 | 60 | 45 | 25 |
| A2-11 | SAN ISIDRO, CAÑAS | 36 | 31 | 19 | 27 |
| A2-12 | SAN ISIDRO, CAÑAS | 43 | 10 | 25 | 12 |
| A3-1 | SAN RAFAEL, PURISCAL | 4 | 37 | 27 | 36 |
| A3-2 | SAN RAFAEL, PURISCAL | 34 | 1 | 37 | 52 |
| A3-3 | SAN RAFAEL, PURISCAL | 10 | 50 | 31 | 10 |
| A3-4 | SAN RAFAEL, PURISCAL | 59 | 58 | 10 | 8 |
| A3-5 | SAN RAFAEL, PURISCAL | 60 | 55 | 36 | 53 |
| A3-6 | SAN RAFAEL, PURISCAL | 56 | 19 | 1 | 29 |
| A3-7 | SAN RAFAEL, PURISCAL | 53 | 4 | 47 | 2 |
| A3-8 | SAN RAFAEL, PURISCAL | 55 | 53 | 8 | 58 |
| A3-9 | SAN RAFAEL, PURISCAL | 58 | 51 | 43 | 26 |
| A3-10 | SAN RAFAEL, PURISCAL | 41 | 49 | 16 | 44 |
| A3-11 | SAN RAFAEL, PURISCAL | 7 | 54 | 35 | 40 |
| A3-12 | SAN RAFAEL, PURISCAL | 35 | 7 | 57 | 57 |
| A4-1 | CEBADILLA, TURRUCARES | 16 | 27 | 11 | 28 |
| A4-2 | CEBADILLA, TURRUCARES | 32 | 21 | 55 | 3 |
| A4-3 | CEBADILLA, TURRUCARES | 23 | 8 | 41 | 50 |
| A4-4 | CEBADILLA, TURRUCARES | 46 | 34 | 7 | 6 |
| A4-5 | CEBADILLA, TURRUCARES | 47 | 56 | 24 | 30 |
| A4-6 | CEBADILLA, TURRUCARES | 54 | 40 | 22 | 49 |
| A4-7 | CEBADILLA, TURRUCARES | 18 | 28 | 21 | 13 |

| N° ARBOL | PROCEDENCIA | N° PARCELA/REPETICION | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|----|----|----|
| | | R1* | R2 | R3 | R4 |
| A4-8 | CEBADILLA, TURRUCARES | 31 | 44 | 14 | 55 |
| A4-9 | CEBADILLA, TURRUCARES | 49 | 32 | 20 | 24 |
| A4-10 | CEBADILLA, TURRUCARES | 14 | 36 | 4 | 38 |
| A4-11 | CEBADILLA, TURRUCARES | 52 | 30 | 9 | 19 |
| A4-12 | CEBADILLA, TURRUCARES | 33 | 39 | 54 | 34 |
| A5-1 | PARAISO, ESPARZA | 8 | 46 | 15 | 47 |
| A5-2 | PARAISO, ESPARZA | 17 | 26 | 18 | 45 |
| A5-3 | PARAISO, ESPARZA | 13 | 43 | 12 | 60 |
| A5-4 | PARAISO, ESPARZA | 26 | 5 | 3 | 46 |
| A5-5 | PARAISO, ESPARZA | 21 | 41 | 53 | 22 |
| A5-6 | PARAISO, ESPARZA | 29 | 59 | 34 | 15 |
| A5-7 | PARAISO, ESPARZA | 12 | 13 | 17 | 56 |
| A5-8 | PARAISO, ESPARZA | 9 | 2 | 58 | 4 |
| A5-9 | PARAISO, ESPARZA | 42 | 20 | 26 | 31 |
| A5-10 | PARAISO, ESPARZA | 20 | 29 | 23 | 16 |
| A5-11 | PARAISO, ESPARZA | 25 | 23 | 32 | 33 |
| A5-12 | PARAISO, ESPARZA | 48 | 12 | 40 | 17 |

* Numero de la repeticion

** Numero de la parcela

CULTIVOS EN CALLEJONES

EVALUACION DEL SISTEMA MAIZ-MAIZ EN UN CULTIVO EN CALLEJONES CON CUATRO ESPECIES ARBOREAS, EN LA ZONA ATLANTICA DE COSTA RICA

JUSTIFICACION

En los últimos ocho años, el sistema de cultivos en callejones se ha investigado como una alternativa de producción que pretende un menor uso de insumos y un rendimiento sostenible. En el CATIE, este sistema se ha estudiado en condiciones del trópico húmedo, utilizando las especies E. peoppigiana y G. sepium. Los resultados obtenidos han mostrado un comportamiento estable del componente arbóreo y un rendimiento satisfactorio del cultivo asociado, en este caso con los sistemas de cultivo maíz-maíz y maíz-frijol. La necesidad de adquirir más conocimiento sobre el desempeño de este sistema de cultivo ha obligado a establecer otras investigaciones similares. El presente trabajo estudia un cultivo en callejones de maíz-maíz con C. calothyrsus, E. fusca, E. berteroana y G. sepium en condiciones de Guápiles, Costa Rica.

OBJETIVOS

- Estudiar en un cultivo en callejones de E. berteroana, E. fusca, C. calothyrsus y G. sepium el aporte de nutrimentos a través de sus podas y con ello la sostenibilidad del sistema.
- Evaluar la respuesta del sistema maíz-maíz en callejones de cuatro especies arbóreas y determinar las ventajas y desventajas del sistema.
- Comparar la viabilidad económica de los sistemas de cultivo estudiados.

METODOLOGIA

El experimento se encuentra en la Estación Experimental Diamantes, del Ministerio de Agricultura y Ganadería; ubicada en Guápiles, Costa Rica. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental es de 6x24 m, con una parcela útil de 12x4 m. La evaluación de la cosecha se hará utilizando el callejón central, tres surcos del callejón norte y cuatro en el callejón sur. Los árboles se establecieron en enero de 1991; el primer ciclo de maíz se sembró en julio de 1991 y el segundo en enero de 1992.

En los callejones de E. fusca, E. berteroana y G. sepium se utilizaron tocones previamente acodados, mientras que C. calothyrsus se estableció con arbolitos. El maíz utilizó un arreglo espacial de 0.8 x 0.5 m (entre hileras y plantas, respectivamente), el surco de maíz más cercano al árbol estuvo a 0.6 m, estableciéndose un total de siete surcos de maíz entre callejones de árboles.

Tratamientos:

C. calothyrsus a 6 x 1 m
G. sepium a 6 x 1 m
E. fusca a 6 x 1 m
E. berteroana a 6 x 1 m
 Monocultivo maíz-maíz

Manejo del cultivo de maíz:

Se utilizó la variedad de maíz Diamantes 8043.

La semilla fue tratada con vitavax (1g/100 g de semilla).

El combate de malezas se realizó en forma manual durante el cultivo y una aplicación de herbicida previo a la siembra de éstos.

Manejo del suelo:

El suelo tuvo labranza sólo el primer ciclo. No se fertilizó en ningún momento y se tomaron muestras de suelo (0-20cm) en cada una de las unidades experimentales (15 por año en el mes de mayo). El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio del CATIE.

Manejo del árbol:

Se realizaron dos podas por año, una semana antes de la siembra de cada ciclo de cultivo. Se tomó una muestra compuesta de follaje (de las tres repeticiones) para el análisis bromatológico de las hojas y para NPK en el caso de las ramas (16 muestras por año). Se analizó también la biomasa del cultivo por ciclo.

Combate de plagas:

A la siembra se aplicó furadán (carbofurán 10%), y cuando fue necesario se aplicó volatón granulado para el combate de cogollero.

VARIABLES EVALUADAS:

Arbol

Altura total del árbol (m)
 Altura de copa (m)
 Diámetro a 0.1 m
 Diámetro de copa
 Número de brotes
 Biomasa de hojas
 Biomasa de ramas

Maíz

Plantas cosechadas
 Biomasa del cultivo
 Mazorcas buenas
 Mazorcas malas
 Rendimiento de grano malo
 Rendimiento de grano al 15% de humedad

RESPONSABLES: Jorge Jiménez, Romeo Solano y Pedro Oñoro.

RESULTADOS

El análisis de varianza para las variables de rendimiento de maíz en la primera cosecha se presenta en el Cuadro 1. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$) para el número de plantas cosechadas y diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para el rendimiento del grano bueno y el rendimiento total por hectárea. La biomasa vegetativa (rastros que se incorporan al sistema) también fue diferente ($P < 0.01$) entre tratamientos.

En el Cuadro 2, se muestran los promedios obtenidos para cada una de las variables analizadas. El número de plantas de maíz en el monocultivo fue diferente a los otros tratamientos; esto se debe en parte a una mayor población de plantas de maíz debido a la ausencia de árboles (7.14% más de plantas de maíz por hectárea). Sin embargo, al momento de la cosecha, la población en los tratamientos con G. sepium, E. berteriana y E. fusca, fue un 15% menor, y en C. calothyrsus un 25%. Es difícil explicar este comportamiento de la población. Aparentemente, en todos los casos, la presencia del árbol aumentó la pérdida de plantas.

El rendimiento de grano y la producción de biomasa tuvo un comportamiento similar (Cuadro 2); sin embargo, aquí las diferencias fueron mayores, ya que en algunos casos el monocultivo duplicó el rendimiento promedio obtenido en los tratamientos con árboles, lo que evidencia una gran competencia de estos hacia el cultivo.

El comportamiento entre árboles mostró que C. calothyrsus fue estadísticamente diferente a E. fusca (Cuadro 2).

Según el análisis de varianza para la segunda cosecha, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las variables analizadas (Cuadro 3). Sin embargo, la comparación de los promedios indica que el tratamiento con Calliandra obtuvo los menores rendimientos de grano y producción de biomasa (Cuadro 4). Este comportamiento coincide con el de la cosecha anterior, pero en este caso las diferencias fueron menos evidentes.

El análisis de varianza combinando ambas cosechas mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos para el rendimiento de grano bueno, rendimiento total y producción de biomasa, y diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos para todas las variables de rendimiento de grano (Cuadro 5). Los promedios para este análisis combinado muestran los mejores rendimientos de grano bueno y rendimiento total para el monocultivo. Según la Prueba de Duncan (al 5%) estos rendimientos son diferentes a los obtenidos en tratamientos con árboles. Dentro de estos últimos, el asocio con Calliandra calothyrsus obtuvo los menores rendimientos, siendo estadísticamente diferente con los de E. fusca y E. berteriana. La producción de biomasa tuvo un comportamiento similar (Cuadro 6).

Si observamos los resultados de crecimiento y producción de biomasa de los árboles (Cuadro 8), es de esperar mayor competencia por parte de Calliandra, aunque su morfología hace suponer menor competencia por luz. Ante esta situación, solo queda el planteamiento de interrogantes sobre el comportamiento de Calliandra, relacionados con la estructura y desarrollo del sistema radicular, su capacidad de competencia y posibles efectos alelopáticos; no obstante, lo más prudente es analizar el comportamiento en los siguientes ciclos de cultivo.

Las diferencias entre cosechas se debe al aumento de los rendimientos en la segunda cosecha. Esta segunda siembra de maíz se realizó en el mes de enero, que coincide con la principal época de siembra de maíz en la zona Atlántica. En este período, la precipitación disminuye y se reducen los problemas de plagas y enfermedades.

Biomasa de árboles

El análisis de varianza determinó diferencias significativas ($P < 0.01$) para la biomasa de hojas, tallo tierno y biomasa total para la primera cosecha (Cuadro 7). La mayor producción de biomasa total fue para E. fusca y C. calothyrsus, mientras que E. berteriana obtuvo los menores promedios (Cuadro 8). La producción de biomasa de hojas tuvo un comportamiento similar; sin embargo, G. sepium y E. berteriana mostraron una baja relación biomasa de hojas/biomasa total. Es posible que esto se deba a efectos de senescencia, pues esta cosecha se realizó a inicios de la época seca.

Para la segunda cosecha el análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P < 0.01$) para todas las variables evaluadas (Cuadro 7). En este momento la mayor producción de biomasa se obtuvo con C. calothyrsus, mientras que E. fusca obtuvo los rendimientos más bajos (Cuadro 8). El hecho de que la producción de biomasa fue menor en esta segunda cosecha se atribuye al corto período entre podas (4 meses). También hay que destacar el buen crecimiento que tuvo el cultivo, lo cual afectó el crecimiento del árbol. En general C. calothyrsus mostró el mejor crecimiento y producción de biomasa. Al parecer esta especie tiene mayor capacidad para competir, condición que se refleja en el rendimiento del cultivo.

LITERATURA CITADA

- BUDELMAN, A. 1987. The above-ground structural compatibility of Flmingia macrophylla, Gliricidia sepium and Leucaena leucocephala as live stakes for yams (Dioscorea alata). In Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.: Management and Improvement. Proceedings. Ed. by D. Withington; N. Glover & J. L. Brewbaker. NFTA Special Publication No. 87-01. p. 82-89.
- GICHURU, M.P.; KANG, B.T. 1989. Calliandra calothyrsus (Meissn) in an alley cropping system with sequentially cropped maize and cowpea in southwestern Nigeria. Agroforestry Systems 9:191-193.
- IITA. 1987. Root and Improvement Program. In Annual Report for 1986. Ibadan, Nigeria. 115 p.
- JIMENEZ, J.M. 1990. Análisis del crecimiento y fenología del maíz (Zea mays c.v. Tuxpeño) en un cultivo en callejones con poró (Erythrina poeppigiana) (Walpers) O.F. Cook, plantado en cuatro arreglos espaciales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. CATIE. 142 p.
- _____. et al. 1992. Evaluación del sistema ñampi-maíz en un cultivo en callejones de E. fusca y C. calothyrsus con tres arreglos espaciales. (Por publicar).
- KANG, B.T.; MULONGOY, K. 1987. Gliricidia sepium as a source of green manure in an alley cropping system. In Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.: Management and Improvement. Proceedings. Ed. by D. Withington; N. Glover; J. L. Brewbaker. NFTA Special Publication 87-01. p. 44-49.
- KASS, D.L.; BARRANTES, A.; BERMUDEZ, A. 1989. Resultados de seis años de investigación en cultivo en callejones en "La Montaña". Turrialba, Costa Rica. In: EL CHASQUI. Boletín Informativo sobre Recursos Naturales Renovables. CATIE. 19:5-24.
- SANCHEZ, J.F. 1989. Análisis de la estabilidad y dinámica de sistemas de producción de cultivo en callejones. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. CATIE. 174 p.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de variación para variables del rendimiento de maíz. (Primera cosecha). Guápiles, 1992.

| VARIABLES DE RENDIMIENTO DE MAIZ | | | | | | |
|----------------------------------|------|-------------------|-------------|------------|-------------------|--------------------|
| F.V. | q.l. | Población Plantas | Grano Bueno | Grano Malo | Rendimiento Total | BIOMASA (Rastrojo) |
| BLOQUE | 2 | 330.2 n.s | 0.456 n.s | 179942 n.s | 151450 n.s | 53754 n.s |
| TRAT. | 4 | 983.9 † | 0.844 n.s | 1054763 †† | 1328964 †† | 797067 †† |
| Error | 8 | 217.7 | 1.33 | 139940 | 115694 | 114891 |
| C.V. | | 7.3% | 29.1% | 25.58% | 17.75% | 15.62% |

Cuadro 2. Promedios del rendimiento de maíz, monocultivo y asociado con árboles. (Primera cosecha). Guápiles, 1992.

| RENDIMIENTO DE MAIZ (Kg/ha) | | | | |
|-----------------------------|-----------------|-------------|---------------|--------------------|
| TRATAMIENTO | Poblac. Plantas | Grano Bueno | Rendim. Total | Biomasa (Rastrojo) |
| <u>E. fusca</u> | 198 b | 1060 b | 1499 bc | 1926 b |
| <u>G. sepium</u> | 202 b | 1274 b | 1702 bc | 1947 b |
| <u>C. calothyrsus</u> | 180 b | 959 b | 1305 c | 1680 b |
| <u>E. berteroaena</u> | 199 b | 1583 b | 2081 b | 2284 b |
| Monocultivo | 230 a | 2433 a | 2990 a | 3007 a |

Promedios seguidos por letras iguales no son estadísticamente diferentes, según Duncan al 5%.

† = 5%

†† = 1%

ns = No significativo.

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para el rendimiento de maíz (Segunda Cosecha). Guápiles, 1992.

| Fuente de variación | Variables de rendimiento | | | | |
|---------------------|--------------------------|-------------|------------|---------------|--------------------|
| | q.l. | Grano Bueno | Grano Malo | Rendim. Total | Biomasa (Rastrojo) |
| Repetición | 2 | 116695 ns | 303667** | 580215ns | 5157006 ns |
| Tratamiento | 4 | 999016 ns | 95095ns | 561914ns | 760836 ns |
| Error | 8 | 415487 | 64246 | 320920 | 698360 |
| C.V. | | 21.6 | 20.8 | 13.5 | 14.8 |

* Significativo al 1%

** Significativo al 5%

ns No significativo

Cuadro 4. Promedios del rendimiento de maíz monocultivo y asociado con árboles. Guápiles, 1992.

| Tratamiento | Rendimiento de maíz (Kg/ha) | | | |
|-----------------------|-----------------------------|------------|---------------|--------------------|
| | Grano Bueno | Grano Malo | Rendim. Total | Biomasa (Rastrojo) |
| <u>E. fusca</u> | 3444 ab | 1194 a | 4639 a | 5986 a |
| <u>G. sepium</u> | 2666 ab | 1299 a | 3965 a | 5475 a |
| <u>C. calothyrsus</u> | 2166 b | 1403 a | 3569 a | 4991 a |
| <u>E. berteriana</u> | 3076 ab | 1250 a | 4326 a | 5384 a |
| Maíz-monocultivo | 3569 a | 927 a | 4496 a | 6259 a |

Promedios seguidos por letras iguales no son estadísticamente diferentes, según Duncan al 5%.

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza combinando las dos cosechas de maíz. Guápiles, 1992.

| ----- | | | | | |
|--------------------------|------|-------------|------------|-------------------|--------------------|
| Variables de rendimiento | | | | | |
| ----- | | | | | |
| Fuente de variación | g.l. | Grano Bueno | Grano Malo | Rendimiento Total | Producción Biomasa |
| ----- | | | | | |
| Repetición | 2 | 77387 ns | 210463 ns | 43623 ns | 2224654 ns |
| Tratamiento | 4 | 2237073 ** | 14612 ns | 1980454 ** | 1348119 ** |
| Rep. x Trat. | 8 | 417031 ns | 51184 ns | 422647 ns | 319020 ns |
| Cosecha | 1 | 8246889 † | 2820055 † | 20711982 † | 89276234 † |
| Cosecha x tratamiento | 4 | 518120 ns | 111776 ns | 783615 ns | 209784 ns |
| Error | 10 | 270688 | 57360 | 248303 | 992606 |
| C.V. | | 21.14 | 26.37 | 14.8 | 25.58 |

* Significativo al 1%
 ** Significativo al 5%
 ns No significativo

Cuadro 6. Promedios de las cosechas para el rendimiento de maíz monocultivo y asociado con árboles. Guápiles, 1992.

| Tratamiento | Grano Bueno | Grano Malo | Rendimiento Total | Producción Biomasa |
|----------------------|-------------|------------|-------------------|--------------------|
| <u>E.fusca</u> | 2444b | 896a | 3340b | 3956a |
| <u>G.sepium</u> | 2176bc | 930a | 3104bc | 3711a |
| <u>C.calothyrsus</u> | 1718c | 930a | 2649c | 3336a |
| <u>E.berteroana</u> | 2587b | 955a | 3542b | 3834a |
| Monocultivo | 3378a | 828a | 4206a | 4633a |

Promedios seguidos por letras iguales no son diferentes según Duncan al 5%.

Cuadro 7. Cuadrados medios para las variables de producción de biomasa en los árboles. Guápiles, Costa Rica. 1992.

| Fuente variación | GL | Biomasa hojas | Tallo tierno | Tallo leñoso | Biomasa total |
|------------------|----|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Primera cosecha | | | | | |
| REP | 2 | 795216.35 ns | 2134832.55 † | 2366235.39 ns | 14074932.3 † |
| TRAT | 3 | 5714396.97 † | 1028341.81 † | 2112390.48 ns | 8594411.3 †† |
| REP&TRAT | 6 | 653795.54 †† | 1729260.17 † | 6071671.49 | 17449482.3 † |
| Segunda cosecha | | | | | |
| REP | 2 | 619855.13 † | 37481.500 ns | 210785.11 ns | 1028671.86 ns |
| TRAT | 3 | 3487918.40 † | 566265.729 † | 6609936.71 † | 22574981.32 † |
| REP&TRAT | 6 | 33822.89 ns | 274581.152 † | 228030.85 ns | 347197.96 ns |

† Significativo al 1%

†† Significativo al 5%

ns No significativo

Cuadro 8. Promedios y prueba de Duncan para las variables de producción de biomasa en los árboles. Guápiles, Costa Rica. 1992.

| Tratamiento | Biomasa hojas | Tallo tierno | Tallo leñoso | Biomasa total |
|------------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Primera cosecha | | | | |
| <u>E.fusca</u> | 1530.2 a | 123.83 c | 2126.8 a | 3780.8 a |
| <u>G.sepium</u> | 705.4 b | 169.86 c | 1906.3 ab | 2781.5 bc |
| <u>C.calothyrsus</u> | 1310.3 a | 287.13 b | 1911.9 ab | 3509.3 ab |
| <u>E.berteroana</u> | 499.4 b | 584.10 a | 1424.9 b | 2508.4 c |
| Segunda cosecha | | | | |
| <u>E.fusca</u> | 389.73 c | 106.46 b | 320.1 c | 816.3 c |
| <u>G.sepium</u> | 419.67 c | 379.46 a | 503.7 c | 1302.8 b |
| <u>C.calothyrsus</u> | 1241.80 a | 353.97 a | 1543.2 a | 3138.9 a |
| <u>E.berteroana</u> | 654.35 b | 90.08 b | 864.5 b | 1609.0 b |

Promedios seguidos por letras iguales no son diferentes según la prueba de Duncan al 5%.

EVALUACION DE UN SISTEMA MAIZ (Zea mays) - ÑAMPI (Colocasia esculenta VAR antiquorum) EN UN CULTIVO EN CALLEJONES DE E. fusca y C. calothyrsus ESTABLECIDOS EN TRES ARREGLOS ESPACIALES

JUSTIFICACION

El cultivo en callejones es una de las alternativas agroforestales más estudiadas en CATIE. Las investigaciones realizadas han utilizado las especies E. peoppigiana y G. sepium. Los resultados obtenidos han mostrado un comportamiento estable del componente arbóreo y un rendimiento satisfactorio del cultivo asociado. En el caso del sistema maíz-maíz asociado con Erythrina poeppigiana, ha mostrado un mejor desempeño cuando el árbol se ha establecido en callejones de 6x2 y 6x3 m entre hileras y árboles, respectivamente. Calliandra calothyrsus no ha sido estudiada en este sistema en nuestras condiciones. El presente trabajo pretende estudiar otras especies de árboles, utilizando el sistema ñampí-maíz en un cultivo en callejones bajo las condiciones de Guápiles.

OBJETIVOS

- Estudiar un cultivo en callejones de E. fusca y C. calothyrsus con diferentes densidades, el aporte de nutrimentos y la sostenibilidad del sistema.
- Evaluar la respuesta del sistema maíz-ñampí en callejones de E. fusca y C. calothyrsus.
- Comparar la viabilidad económica de los sistemas de cultivo estudiados.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se encuentra en la Estación Experimental Diamantes. Tiene un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos responden a un arreglo factorial de dos especies de árboles y tres distancias entre estos (2x3) y un testigo monocultivo.

La parcela útil es de 18, 36 y 72 m², dependiendo del arreglo espacial entre árboles.

Tratamientos

C. calothyrsus a 6 x 0.5m

C. calothyrsus a 6 x 1m

C. calothyrsus a 6 x 2m

E. fusca a 6 x 0.5m

E. fusca a 6 x 1m

E. fusca a 6 x 2m

Monocultivo ñampí-maíz

La siembra de árboles se realizó en enero de 1991, y la siembra del primer ciclo de cultivo (ñampí) en junio del mismo año. En los siguientes ciclos el ñampí se plantará en mayo y el maíz en enero.

Los callejones de E. fusca se establecieron con tocones, mientras que C. calothyrsus se sembró con arbolitos. El maíz utilizó un arreglo espacial de 0.8 x 0.5 m (entre hileras y plantas, respectivamente), el primer surco de maíz se estableció a 0.6 m de la hilera de árboles, estableciéndose un total de siete surcos de maíz entre los callejones de árboles (41.200 pl/ha).

El ñampí se sembró a 1.0 m entre hilera y 0.3 m entre plantas (33.333 pl/ha). El surco de ñampí más cercano a los árboles estuvo a 0.5 m, lo que da seis surcos entre callejones de árboles.

Manejo de los cultivos

Se utilizó la variedad de maíz Diamantes 8043 y un cultivar local de ñampí.

La semilla de maíz fue tratada con vitavax (1g/100 g de semilla), y en la de ñampí se utilizó una solución de benlate (2 g/l) y malathión (5 g/l).

En ambos casos, durante el ciclo del cultivo, las malezas fueron combatidas mediante deshierbas manuales. En el caso del ñampí, se realizó un aporque al tercer mes de sembrado. Entre ciclos de cultivos se aplicaron herbicidas.

El ñampí fue deshijado dos veces: la primera, previo a la aporca y la segunda al quinto mes.

El suelo tuvo labranza sólo el primer ciclo, pero en el caso de ñampí siempre se realizarán las aporcadas. No se fertilizó en ningún caso y se tomaron muestras de suelo (0-20 cm) en cada una de las unidades experimentales (21 por año en el mes de mayo). El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio del CATIE.

Manejo del árbol

Se realizaron dos podas por año, una semana antes de la siembra de cada uno de los cultivos. Se tomó una muestra compuesta (de las tres repeticiones) para análisis de NPK en ramas y hojas; al cultivo (rastrojo) se le analizó NPK.

Combate de plagas

A la siembra se aplicó un insecticida (furadán), y cuando fue necesario se aplicó volatón granulado para el combate de cogollero.

Las variables evaluadas fueron:

Arbol

Altura total del árbol (m)
 Altura de copa (m)
 Diámetro a 0.1 m (cm)
 Diámetro de copa (cm)
 Número de brotes
 Biomasa de hojas y ramas (kg)
 Biomasa de ramas (kg)

Maíz

Plantas cosechadas
 Biomasa de maíz (kg)
 Número de mazorcas buenas
 Número de mazorcas malas
 Rendimiento de grano malo (kg)
 Rendimiento de grano bueno (kg)

Ñampí

Número de plantas cosechadas
 Biomasa aérea
 Número de cormelos no comerciales
 Peso de cormelos no comerciales (kg/ha)
 Número de cormelos comerciales
 Peso de cormelos comerciales (kg/ha)
 Número de cormos
 Peso de cormos (kg/ha)

RESPONSABLES: Jorge Jiménez y Pedro Oñoro.

RESULTADOS

Ñampí

El análisis de varianza solo detectó diferencias significativas ($P < 0.01$) para el rendimiento de cormelos semilla (Cuadro 1). Sin embargo, los contrastes realizados para las variables de rendimiento de cormos y cormelos de ñampí (Cuadro 2) estableció diferencias significativas entre Erythrina fusca y C. calothyrsus para el rendimiento de cormos ($P < 0.05$), cormelos (comerciales y semilla, $P < 0.01$) y biomasa aérea ($P < 0.01$). En todos los casos, el asociado de ñampí con E. fusca obtuvo mejores rendimientos que el ñampí asociado con C. calothyrsus (Cuadro 3).

No se encontraron diferencias entre el ñampí asociado con árboles y el monocultivo; sin embargo, este último fue superado en la mayoría de los casos por el cultivo asociado, especialmente con E. fusca. Esto evidencia la adaptabilidad que tiene este tubérculo para ser utilizado en cultivo en callejones.

La respuesta al espaciamiento de árboles solo mostró un efecto cuadrático ($P < 0.05$) para el rendimiento de cormelos semilla cuando se asoció con E. fusca. Los rendimientos obtenidos con espaciamientos de 0.5, 1.0, y 2.0 m entre árboles fueron de 8.2, 6.1 y 9.7 tm/ha, respectivamente. Esta reducción del rendimiento con el espaciamiento intermedio no tiene una explicación lógica.

En este primer ciclo de cultivo, los rendimientos de cormos y cormelos fueron buenos. Si bien es cierto que los árboles no tendrían efecto por incorporación de biomasa, debido a que no habían sido podados, tampoco se encontró efecto negativo por la presencia de estos, lo que hace suponer que el ñampí es un cultivo que tolera alguna sombra y, por lo tanto, es apto para este sistema de cultivo. También, el arreglo espacial utilizado por el ñampí permite que la población de ñampí en monocultivo y asociado con árboles sea la misma.

Maíz

El análisis de varianza para el rendimiento de maíz no mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 4). Tampoco mostraron diferencias los contrastes lineal y cuadrático para los espaciamientos entre árboles de E. fusca y C. calothyrsus y entre el monocultivo y el cultivo asociado con árboles. Los promedios del rendimiento del maíz se presentan en el Cuadro 5. En general, los rendimientos fueron muy buenos. El contraste entre E. fusca y C. calothyrsus no estableció diferencias entre ambas especies, el rendimiento total de maíz con E. fusca fue de 5.26 tm/ha, mientras que el obtenido por Calliandra fue de 4.85 tm/ha. El monocultivo alcanzó 4.7 tm/ha.

Biomasa de árboles

El análisis de varianza para la producción de biomasa de árboles mostró diferencias significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos, para todas las variables y en ambas cosechas. El hecho de que en el primer ciclo se obtuvo mayor producción de biomasa se debe a que este corresponde al ciclo del ñampí (8 meses), además, los árboles no habían recibido poda total desde su establecimiento. La segunda poda corresponde al maíz (4 meses), además, este cultivo ejerce mayor competencia sobre el árbol.

Los contrastes para la producción de biomasa de los árboles indican una tendencia lineal para la producción de biomasa total y biomasa de hojas en ambas especies, y para el tallo leñoso en el caso de C. calothyrsus (Cuadro 7). Los promedios por espaciamiento de árboles dentro de cada especie se presentan en el Cuadro 8. La comparación entre especies (Cuadro 7), indica la superioridad de C. calothyrsus, que en algunos casos triplicó la producción de la biomasa. Este crecimiento superior se refleja en el rendimiento del ñampí, donde los tratamientos con C. calothyrsus redujeron la producción de cormos y cormelos con respecto a E. fusca.

LITERATURA CITADA

- BUDELMAN, A. 1987. The above-ground structural compatibility of Flemingia macrophylla, Gliricidia sepium and Leucaena leucocephala as live stakes for yams (Dioscorea alata). In Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.: Management and Improvement. Proceedings. Ed. by D. Withington; N. Glover; J. L. Brewbaker. NFTA Special Publication No. 87-01. p. 82-89.
- GICHURU, M.P.; KANG, B.T. 1989. Calliandra calothyrsus (Meissn) in an alley cropping system with sequentially cropped maize and cowpea in southwestern Nigeria. Agroforestry Systems 9:191-193.
- IITA. 1987. Root and Improvement Program. In Annual Report for 1986. Ibadan, Nigeria. 115 p.
- JIMENEZ, J.M. 1990. Análisis del crecimiento y fenología del maíz (Zea mays c.v. Tuxpeño) en un cultivo en callejones conporó (Erythrina poeppigiana) (Walpers) O.F. Cook, plantado en cuatro arreglos espaciales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa de Esstudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. CATIE. 142 p.
- _____. 1992. Evaluación del sistema maíz-maíz en un cultivo en callejones con cuatro especies arbóreas. (Por publicar).
- JIMENEZ, J.M.; VIQUEZ, E.; KASS, D.; CHAVARRIA, R. 1991. Use of fast-growing nitrogen-fixing trees as living support for tropical yams (Dioscorea alata L.). In The Third International Symposium Windbreaks and Agroforestry. Proceedings (Resumen). Ridgetown, Canada. p. 251.
- KANG, B.T.; MULONGOY, K. 1987. Gliricidia sepium as a source of green manure in an alley cropping system. In Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.: Management and Improvement. Proceedings. Ed. by D. Withington; N. Glover; J.L. Brewbaker. NFTA Special Publication 87-01. p. 44-49.
- KASS, D.L.; BARRANTES, A.; BERMUDEZ, A. 1989. Resultados de seis años de investigación en cultivo en callejones en "La Montaña". Turrialba, Costa Rica. In EL CHASQUI. Boletín Informativo sobre Recursos Naturales Renovables. CATIE. 19:5-24.

Cuadro 1. Análisis de varianza para los componentes del rendimiento del ñampi. Turrialba, 1992.

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | CORMOS | CORNELOS COMERCIALES | CORNELOS SEMILLA | RENDIMIENTO TOTAL | BIOMASA AEREA |
|---------------------|------|------------|----------------------|------------------|-------------------|---------------|
| REPETICION | 2 | 824524 ns | 41317338 *** | 13913700 ** | 15201251 ns | 18752 |
| TRATAMIENTO | 6 | 5243403 ns | 5742685 ns | 6098946 † | 41684149 ns | 12513 |
| ERROR | 12 | 3104306 | 4779917 | 2571690 | 19762787 | 6488 |
| C.V. | | 23.4 | 27.0 | 22.3 | 19.2 | 49.0 |

*** = Significativo al 1%

** = Significativo al 5%

† = Significativo al 10%

ns. = No significativo

Cuadro 2. Cuadrados medios para los contrastes de las especies arbóreas y su respuesta lineal y cuadrática al espaciamiento. Turrialba, 1992.

| CONTRASTE | G.L. | CORMOS | CORNELOS COMERCIALES | CORNELOS SEMILLA | RENDIMIENTO TOTAL | BIOMASA AEREA |
|-----------------------------------|------|-------------|----------------------|------------------|-------------------|---------------|
| <u>E. fusca vs C. calothyrsus</u> | 1 | 21426998 ** | 19909218 † | 9489465 † | 6375595 ns | 60412 ** |
| <u>C. calothyrsus</u> lineal | 1 | 171328 ns | 396122 ns | 4377604 ns | 210181 ns | 755 ns |
| <u>C. calothyrsus</u> cuadrática | 1 | 2377411 ns | 6108807 ns | 2103148 ns | 2839757 ns | 7 ns |
| <u>E. fusca</u> lineal | 1 | 1513921 ns | 6167824 ns | 3501157 ns | 171353 ns | 4269 ns |
| <u>E. fusca</u> cuadrática | 1 | 5570998 ns | 65200 ns | 16003129 ** | 1665083 ns | 9544 ns |
| Con árboles vs. Monocultivo | 1 | 399766 ns | 1808937 ns | 1119171 ns | 310047 ns | 9136 ns |

*** = Significativo al 1%

** = Significativo al 5%

† = Significativo al 10%

ns. = No significativo

Cuadro 3. Promedios del rendimiento de cormos y cormelos de ñampi (Kg/ha), según la especie y arreglo espacial del árbol. Turrialba, 1992.

| | CORMOS | CORMELOS COMERCIALES | CORMELOS SEMILLA | RENDIMIENTO TOTAL | BIOMASA AEREA |
|------------------------|--------|-------------------------|---------------------|----------------------|------------------|
| <u>E. fusca</u> | 9020 | 9018 | 8024 | 26063 | 221 |
| <u>C. callothyrsus</u> | 6837 | 6915 | 6572 | 20325 | 106 |
| Con Arboles | 7932 | 7816 | 7298 | 23194 | 163 |
| 6 x 0.5 m | 8222 | 7593 | 7986 | 23801 | 167 |
| 6 x 1.0 m | 7009 | 7444 | 6014 | 20468 | 140 |
| 6 x 2.0 m | 8556 | 8863 | 7896 | 25315 | 183 |
| Monocultivo | 7534 | 8806 | 6638 | 22979 | 157 |

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza para el rendimiento de maíz. Guápiles, 1992.

| ----- | | | | | |
|--------------------------|------|-------------|------------|---------------|--------------------|
| Variables de rendimiento | | | | | |
| Fuente de variación | g.l. | Grano bueno | Grano malo | Rendim. Total | Biomasa (Rastrojo) |
| ----- | | | | | |
| Repetición | 2 | 742672ns | 140275ns | 243269ns | 1032729 ns |
| Tratamiento | 6 | 474846ns | 20028ns | 361169ns | 366895 ns |
| Error | 12 | 282902 | 67911 | 265972 | 796890 |
| C.V. (%) | | 11.7 | 55.1 | 10.3 | 19.0 |
| ----- | | | | | |

* Significativo al 1%
 ** Significativo al 5%
 ns No significativo

Cuadro 5. Promedios del rendimiento de maíz monocultivo y asociado con árboles. Guápiles, 1992.

| Tratamiento | Variables de rendimiento (kg/ha) | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|------------|---------------|------------------|
| | Grano bueno | Grano malo | Rendim. total | Biomasa Rastrojo |
| 1. <u>C. calothyrsus</u> 6 x 0.5 | 4240 b | 601 a | 4842 ab | 4655 a |
| 2. <u>C. calothyrsus</u> 6 x 1.0 | 4509 ab | 527 a | 5037 ab | 4356 a |
| 3. <u>C. calothyrsus</u> 6 x 2.0 | 4245 b | 430 a | 4676 b | 4449 a |
| 4. <u>E. fusca</u> 6 x 0.5 | 4481 ab | 490 a | 4972 ab | 5179 a |
| 5. <u>E. fusca</u> 6 x 1.0 | 5333 a | 370 a | 5704 a | 5095 a |
| 6. <u>E. fusca</u> 6 x 2.0 | 4713 ab | 389 a | 5102 ab | 4818 a |
| 7. Monocultivo | 4208 b | 500 a | 4708 ab | 4311 a |

Promedios seguidos por letras iguales no son diferentes según Duncan al 5%.

Cuadro 6. Cuadrados medios para las variables de producción de biomasa en los árboles. Guápiles, Costa Rica. 1992.

| Fuente Variación | gl | Biomasa hojas | Tallo tierno | Tallo leñoso | Biomasa total |
|------------------------|----|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Primera cosecha | | | | | |
| REP | 2 | 4279200.74 † | 126316.15 † | 20273772.2 † | 45200301.4 † |
| TRAT | 5 | 11863870.73 † | 65091.38 † | 29590834.3 † | 77752506.9 † |
| REP*TRAT | 9 | 1281969.22 ns | 40859.02 † | 37448930 †† | 8977744.6 ns |
| CV (%) | | 47.84 | 50.80 | 49.49 | 48.55 |
| Segunda cosecha | | | | | |
| REP | 2 | 629644.60 ns | 29267.08 ns | 1369671.56 †† | 3008673.55 ns |
| TRAT | 5 | 2324680.05 † | 148106.89 † | 7450385.35 † | 19472346.93 † |
| REP*TRAT | 10 | 277257.34 ns | 195117.02 † | 985716.86 † | 2119457.15 ns |
| CV (%) | | 51.48 | 54.54 | 78.86 | 60.76 |

* Significativo al 1%
 ** Significativo al 5%
 ns: No significativo

Cuadro 7. Cuadrados medios para los contrastes de las variables de producción de biomasa en la segunda poda. Guápiles, Costa Rica. 1992.

| Contraste | gl | Biomasa hojas | Tallo tierno | Tallo leñoso | Biomasa total |
|-------------|----|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| ESPECIES | 1 | 6209995.92 † | 340370.54 ns | 24091530.15 † | 63739649.92 † |
| LIN. CAL. | 1 | 3041750.59 † | 16402.90 ns | 15779677.46 † | 31229676.92 † |
| CUAD. CAL. | 1 | 12928.04 ns | 93558.74 ns | 582085.03 ns | 1398354.19 ns |
| LIN. ERYT. | 1 | 3142269.70 † | 251860.17 ns | 879916.67 ns | 10320415.18 †† |
| CUAD. ERYT. | 1 | 6888.22 ns | 25571.95 ns | 28.18 ns | 56453.21 ns |

* Significativo al 1%

** Significativo al 5%

ns: No significativo

Cuadro 8. Promedios y prueba de Duncan para las variables de producción de biomasa en los árboles. Guápiles, 1992.

| Trat. | Hojas | T.tierno | T.leñoso | B.total |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Primera cosecha | | | | |
| 1 | 2946.4 a | 211.23 a | 4906.1 a | 8063.7 a |
| 2 | 1767.8 b | 128.64 b | 3244.9 b | 5141.3 b |
| 3 | 936.0 c | 204.74 a | 1918.5 cd | 3059.2 cd |
| 4 | 2656.8 a | 142.97 b | 3327.9 b | 6127.7 b |
| 5 | 2000.7 b | 147.25 b | 2332.1 bc | 4480.0 bc |
| 6 | 864.6 c | 53.10 c | 987.7 d | 1905.5 d |
| Segunda cosecha | | | | |
| 1 | 1648.6 a | 321.00 ab | 2344.7 a | 4314.4 a |
| 2 | 1204.4 b | 229.69 bc | 1197.8 b | 2631.9 b |
| 3 | 889.4 bc | 337.02 a | 686.7 c | 1913.1 bc |
| 4 | 1003.9 bc | 244.02 bc | 509.3 cd | 1757.3 bc |
| 5 | 731.4 cd | 202.54 c | 359.4 cd | 1293.3 cd |
| 6 | 413.1 d | 76.73 c | 196.6 d | 686.4 d |

Promedios seguidos por letras iguales no son diferentes según Duncan al 5%.

EVALUACION DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCION DEL ÑAME ALADO (Dioscorea alata cv "6322") UTILIZANDO SOPORTES VIVOS DE PORO (Erythrina berteroana Urban) Y MADERO NEGRO (Gliricidia sepium Jacq) WALp.

JUSTIFICACION

Las prácticas culturales recomendadas para el éxito de un cultivo están dirigidas a conseguir un mejor crecimiento y rendimiento de las plantas. Normalmente, el agricultor recurre al uso de insumos y manejo que no siempre responden a las exigencias del cultivo, de ahí la necesidad de determinar prácticas que ayuden a mejorar la eficiencia del sistema de producción.

Las plantas de ñame (Dioscorea spp.), poseen un tallo que requiere de una estructura para mantenerse erecto y obtener un óptimo desarrollo. El uso de tutores permite al ñame distribuir adecuadamente sus hojas, disminuir el autosombreo, aumentar la duración del área foliar y reducir el efecto nocivo de las enfermedades foliares, alcanzando un mayor índice de área foliar y mejor eficiencia fotosintética.

Hasta ahora el uso de soportes es una de las prácticas culturales de mayor costo en la producción de ñame, principalmente en zonas donde los materiales necesarios para su construcción son escasos.

En Costa Rica, el ñame (Dioscorea spp.) es uno de los cultivos no tradicionales, incluido en los programas nacionales para el desarrollo de la Región Atlántica. En 1982 la práctica más común en Talamanca fue utilizar como soporte plantaciones abandonadas de cacao, a las cuales se le realizaban podas, o soportes individuales de caña brava. Actualmente, los productores de ñame usan soporte tipo barbacoa o individual con caña brava.

La necesidad de investigar aspectos que afecten el crecimiento y la producción de los cultivos asociados, el efecto de sombreado, la competencia de raíces, agua y relaciones específicas, son aspectos de manejo que debemos estudiar en este tipo de sistemas.

OBJETIVOS

GENERAL

- Evaluar el efecto del uso de soportes vivos de Erythrina berteroana y Gliricidia sepium sobre el crecimiento y producción del ñame Dioscorea alata cv "6322".

ESPECIFICOS

- Determinar y comparar el índice de crecimiento y la eficiencia fotosintética del ñame utilizando los diferentes tipos de soporte y su relación con el rendimiento del cultivo.
- Cuantificar la producción del cultivo, para evaluar el efecto del tratamiento sobre el rendimiento categorizado de tubérculos.
- Determinar la mejor combinación entre el cultivo y el tipo de soporte a utilizar, para aumentar la producción de Dioscorea alata.
- Determinar el manejo de poda óptimo para el crecimiento y la eficiencia de área foliar; y su efecto en el rendimiento categorizado de tubérculos.

METODOLOGIA

El experimento se localiza en el Campo Experimental La Montaña, CATIE, a una altitud de 602 msnm. Geográficamente está ubicado a 9°53' latitud norte y 83°39' longitud oeste.

De acuerdo a Holdridge (1982), el sitio corresponde a bosque muy húmedo premontano, con una temperatura media anual de 21.7°C y una precipitación de 2636.7 mm. La radiación solar promedio mensual es de 12.57/Kcal/cm², la humedad relativa media mensual corresponde al 88% y la evaporación total media mensual es de 95 mm (Estación Meteorológica del CATIE).

El suelo es de origen aluvial fluvio-lacustre y pertenece a la Serie Instituto Arcilloso, fase normal. Está clasificado como un Inceptisol, Typic Distropepts. El drenaje es pobre e imperfecto (drenado artificialmente con "zanjas"). Con una tabla de agua presente a una profundidad entre 0,40 y 1,39 m. La densidad aparente es baja, textura franco-arcillosa, fertilidad mediana a baja y con un pH ácido (5.1-5.6).

La topografía es plana, con pendientes que van de 0 a 3% con muy pocas piedras.

Los árboles se establecieron en el mes de abril de 1990, en un arreglo espacial (2.7 m entre callejones y 0.5 m entre árboles). El material de los soportes de Gliricidia sepium proviene de una cerca viva "no clonal"; para Erythrina berteroana se utilizó el clon "2674" de las colecciones del Proyecto AFN. En ambos casos se usaron tocones de 1.5 m de alto y de 4 a 8 cm de diámetro.

El cultivo Dioscorea alata cv "6322", fue sembrado en lomos, con un distanciamiento de 1.35 m. La distancia entre plantas es de 0.33 m (22.222 plantas/ha). Los propágulos utilizados eran secciones de tubérculos de 100 g, cortados dos semanas antes de la siembra.

Se realizó una fertilización general en todas las parcelas con N-P₂O₅-K₂O, con dos aplicaciones fraccionadas en 50-50-50 kg/ha al mes de la siembra y 50-0-50 al tercer mes después de la siembra.

El diseño experimental es de bloques completos al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. Cada bloque está separado por calles de 3 m. El área del experimento ocupa aproximadamente 3000 m². Las unidades experimentales son 5 x 8.1 m (40.5 m²). Cada una tiene 8 surcos de ñame de 5 m de largo (15 plantas por surco) y 4 hileras de árboles (10 árboles por hilera) con diferentes tratamientos de poda. La parcela útil para cuantificar el rendimiento del cultivo fue de 5.4 x 4 m (21.6 m²) evaluando 16 árboles y 48 plantas de ñame.

La unidad experimental para el análisis de crecimiento tuvo dos surcos para muestreos; aquí, previamente se eligieron al azar dos plantas por muestreo, que se realizaron a los 31, 65, 95, 131, 165 y 195 días después de la siembra. Las plantas muestreadas fueron separadas en sus componentes (tubérculos, tallos y hojas) para determinar peso seco, área foliar y calcular relaciones de estos índices de crecimiento y fisiológicos.

Los tratamientos considerados son:

1. E. berteriana con poda a la siembra del cultivo (E₁).
2. E. berteriana con poda a la siembra del cultivo y al 3er mes (E₂).
3. E. berteriana con poda a la siembra del cultivo, al 2^o y 4^o mes (E₃).
4. G. sepium con poda a la siembra del cultivo (G₁).
5. G. sepium con poda a la siembra del cultivo y al 3er mes (G₂).
6. G. sepium con poda a la siembra del cultivo, al 2^o y 4^o mes (G₃).
7. Sin soporte (S_g).
8. Soporte individual (1.35 x 0.5 m) (S_i).
9. Soporte tipo barbacoa (S_b).

Variables de crecimiento

Arbol

- Diámetro de copa
- Altura de la copa
- Número de brotes
- Biomasa de hojas y tallos.

Estas variables de crecimiento de los árboles se evaluaron en cada una de las podas, de acuerdo al tratamiento aplicado.

Cultivo

- Area foliar
- Peso seco de hojas
- Peso seco de tallos
- Peso seco de tubérculos
- Biomasa total de la parte aérea

El área foliar se midió cada 30 días a partir de la emergencia del cultivo. Se obtuvieron 30 discos foliares de área conocida, a los cuales se le determinó el peso seco.

Variables de cosecha

- Número y peso de tubérculos exportables
- Número y peso de tubérculos "semilla"
- Número y peso de tubérculos "desechables"

Los datos de producción se tomaron al momento de la cosecha, así como una muestra de biomasa aérea y de tubérculos por tratamiento. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, las medias con diferencias significativas, se les comparó con contrastes ortogonales.

El análisis económico se aplicó, utilizando la técnica de presupuesto parcial y análisis de beneficio neto marginal.

Para realizar el análisis de crecimiento se hicieron seis muestreos de plantas aleatorizadas en cada una de las unidades experimentales. En cada muestreo se colectó material fresco de dos plantas por parcela y muestreo. Las plantas muestreadas fueron cortadas por su base, evaluando primero los tubérculos y tres días después la parte aérea, distinguiendo la planta seleccionada a través de su marchitez. Con el material verde separado en pecíolos, hojas y tubérculos, se determinó el peso seco (72 horas a 70°C).

Se estimaron índices morfológicos, de crecimiento y agronómicos.

Morfológicos

- Índice de Área Foliar (IAF)
- Razón de Peso Foliar (RPF)
- Razón de Área Foliar (RAF)

Fisiológicos

- Índice de Crecimiento Relativo (ICR)
- Índice de Asimilación Neta (IAN)

Agronómicos

- Tasa de Producción de Materia Seca (TPMS)
- Eficiencia Fotosintética (EF)
- Índice de Cosecha (K)

Además, para el análisis económico se estimaron:

- Costos de establecimiento de los soportes vivos
- Costos de establecimiento de los soportes tipo barbacoa e individual
- Costos para el control de malezas
- Costo de las podas

Para estimar los beneficios se consideraron los precios de mercado del cultivo.

RESPONSABLES: Jorge Jiménez, Pedro Oñoro y Raquel Chavarría.

RESULTADOS

Durante el ciclo de crecimiento del ñame se pudieron distinguir cinco etapas: dormancia, brotación, crecimiento vegetativo, formación y llenado de tubérculos y senescencia (Fig. 1). El análisis de varianza, realizado para el área foliar, peso seco de hojas, tallos, tubérculos y biomasa total, detectó diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$) a los 161 días después de la siembra, momento en que las plantas alcanzaron el máximo crecimiento vegetativo.

Los contrastes entre tratamientos agrupados (Cuadro 1), indican que el desarrollo del área foliar fue diferente entre soportes vivos y muertos a los 70 y 161 días ($P < 0.01$ y $P < 0.50$, respectivamente), evidenciando la competencia de los primeros sobre el cultivo. También se observaron ventajas del soporte individual sobre el de barbacoa; sin embargo, en el siguiente muestreo (195 días), estas diferencias no fueron significativas. Tampoco se encontraron diferencias entre los tratamientos con soportes vivos.

A partir de 131 días se encontraron diferencias para el peso de hojas entre soportes vivos y soportes muertos. A los 161 días el soporte individual fue superior al barbacoa, y entre los soportes vivos Gliricidia sepium superó a Erythrina berteroana. La biomasa del tallo presentó un comportamiento similar a las hojas (Cuadro 1). Las ventajas de los tutores muertos son esperadas, especialmente en los primeros ciclos de este sistema, donde la fertilización al cultivo fue uniforme, es decir, se suministró al cultivo una fertilización básica. Por lo tanto, las ventajas que en este sistema de cultivo podría ofrecer el árbol serían evidentes en ciclos posteriores.

Las ventajas de Gliricidia ya han sido reportadas en este sistema de cultivo. Así lo hace saber Budelman (1990); quien atribuye la superioridad al tipo de ramificación y al constante movimiento de la copa, permitiendo infiltración de la luz, condición ventajosa para que el ñame se enrede en las ramas del árbol.

El índice de área foliar fue diferente entre tratamientos ($P < 0.05$) a los 161 días, momento en que el cultivo alcanzó el máximo (Fig. 2). El mayor índice (3.22), fue para el soporte individual. Este valor es normal para cultivos anuales; sin embargo, es menor al encontrado por Chapman (1965), en D. alata y a los encontrados por Jiménez (1987) en Dioscorea trifida. Los menores índices de área foliar (1.0) se obtuvieron con E. berteroana, mientras que G. sepium fue similar al testigo sin soporte (1.6). Estas reducciones significativas muestran la competencia que los soportes vivos ejercieron sobre el cultivo. En este sentido es necesario modificar el manejo de las podas, a fin de reducir la competencia y mejorar el índice de área foliar y la eficiencia fotosintética.

A los 161 días, E. berteroana mostró razón de área foliar mayor que los tratamientos con G. sepium, mientras que los soportes vivos superaron a los muertos. Esto implica que el sombreado además de afectar el área foliar, disminuye notablemente la acumulación de materia seca por área de hojas. Esta situación también está ligada a un retraso en los procesos de acumulación de fotosintatos. En ese mismo momento, la razón de peso foliar también fue mayor para los soportes vivos (0.247 g/g) sobre los soportes muertos (0.201 g/g), lo que indica que la presencia de árboles retrasa la translocación de asimilados a los tubérculos, y con ello la senescencia de la planta.

Los mayores índices de crecimiento relativo se obtuvieron entre 70 y 131 días después de la siembra. Estos incrementos coinciden con la etapa de rápido crecimiento vegetativo. Sin embargo, normalmente al final del ciclo existe otro incremento de este índice, que coincide con la etapa de llenado de tubérculos (Jiménez, 1987). El hecho de que este último incremento no se

haya dado se atribuye a una deficiente tuberización, que en este caso también incluye a los tratamientos con soportes muertos. El índice de asimilación neta también disminuyó al final del ciclo, lo cual confirma la deficiente acumulación de asimilados en la etapa de llenado de tubérculos.

Debido a que hubo muerte de plantas de ñame, para el análisis del rendimiento de tubérculos se utilizó el número de estas como covariable en el análisis de varianza. Los resultados obtenidos muestran que, entre los soportes vivos, G. sepium fue superior a E. berteroana, tanto en tubérculos exportables ($P < 0.05$) como tubérculos semilla ($P < 0.01$). Entre los soportes vivos, G. sepium con una poda fue el que alcanzó los mejores rendimientos (4.7 y 1.7 tm/ha, de tubérculos exportables y semilla, respectivamente), duplicando el rendimiento exportable obtenido con dos y tres podas. Ante esta situación no se descarta, que la labor de la aplicación de la segunda y tercera poda tuvieran efectos negativos para el cultivo. Los mayores rendimientos se alcanzaron con los soportes muertos. El soporte individual obtuvo 8.85 y 2.95 tm/ha y el soporte barbacoa 7.8 y 3.0 tm/ha de tubérculos exportables y semilla, respectivamente. En ambos casos el rendimiento exportable fue el doble del obtenido por el testigo sin soporte.

Los contrastes para el rendimiento total de tubérculos indican diferencia ($P < 0.05$) entre E. berteroana (3387 kg/ha) y G. sepium (6427 kg/ha). Este último también fue diferente de los soportes muertos (12800 kg/ha). El testigo sin soporte obtuvo 8264 kg/ha (Fig. 3). En general, los rendimientos obtenidos fueron bajos, inclusive comparados con los obtenidos en este mismo experimento durante el primer ciclo. Es difícil definir las causas de estos bajos rendimientos de tubérculos. La calidad del propágulo, la poca disponibilidad de agua en la etapa de brotación y los excesos de esta durante el crecimiento vegetativo podrían ser algunas de las causas del crecimiento deficiente y muerte de plantas, que redujo apreciablemente los rendimientos.

Evaluación Económica

En el Cuadro 2 se presenta el presupuesto parcial y la relación beneficio-costos para el rendimiento de ñame (utilizando únicamente el rendimiento de tubérculos exportables). El precio de venta utilizado por kilogramo de ñame fue de \$60.00.

Los mayores beneficios netos correspondieron al soporte barbacoa, seguido por el soporte individual y el soporte de G. sepium podado una sola vez. La superioridad del soporte barbacoa sobre el individual y el G. sepium con una poda fue de 10 y 39% respectivamente (Cuadro 2).

En términos de la relación beneficio-costos, G. sepium con una poda generó 27 colones por unidad invertida y el soporte barbacoa sobre el individual se atribuye a que el costo disminuyó debido a que los postes y el alambre galvanizado se les consideró una vida útil de dos años. Con manejo adecuado de podas, los soportes con G. sepium podrían constituirse en una alternativa rentable; esto sin embargo, requiere evaluarlos por varios años y observar el rendimiento del tubérculo y la sobrevivencia del soporte, además de consideraciones relativas a las necesidades y disponibilidad de mano de obra.

CONCLUSIONES

El crecimiento vegetativo acelerado se inició después de los 70 días, por lo tanto, debe darse especial atención al manejo de las podas durante este período. El mayor índice de área foliar y el mayor peso seco de la biomasa se alcanzó a los 161 días.

El ñame asociado con soportes vivos de Gliricidia sepium obtuvo resultados similares al testigo sin soporte y superó el crecimiento y rendimiento del ñame asociado con Erythrina berteroana.

Los soportes muertos permitieron mejor crecimiento y rendimiento del ñame que los soportes vivos, pero no mostraron diferencias entre ellos.

El uso de soportes vivos afectó la razón del peso y el área foliar, redujo la acumulación de fotosintatos en las hojas y retrasó el proceso de tuberización.

El uso de soportes vivos es factible, especialmente con G. sepium. Sin embargo, debe estudiarse más el manejo de las podas, de manera que se reduzca la competencia que ejerce el árbol sobre el cultivo.

LITERATURA CITADA

- BUDELMAN, A. 1987. The above-ground structural compatibility of Flemingia macrophylla, Gliricidia sepium and Leucaena leucocephala as live stakes for yams, Dioscorea alata. In G. sepium (Jacq.) Walp. Management and Improvement. Proceedings. Ed. by D. Withington, N. Glover & J. Brewbaker. NFTA. Special Publication 87-01. p. 82-89.
- _____.; PINNERS, E.C.M. 1987. The value of Cassia siamea and Gliricidia sepium as in situ support system in yam cultivation: experiences from a farm-based trial. In G. sepium (Jacq.) Walp. Management and Improvement. Proceedings. Ed. by D. Withington, N. Glover & J. Brewbaker. NFTA. Special Publication 87-01. p. 82-89.
- _____. 1990. Woody legumes as live support system in yam cultivation. 1. The tree-crop interface. Agroforestry System (Holanda) 10:47-59.
- CHAPMAN, T. 1965. Some investigation into factors limiting yields of the white Lisbon yam (Dioscorea alata) under Trinidad conditions. Tropical Agriculture (Trinidad) 42:145-151.
- FERGUSON, T.V. 1977. Tuber development in yams; physiological and agronomic implication. In International Symposium of Tropical Roots Crops (3rd, 1973, Nigeria). Proceedings. Ibadan, Nigeria, IITA. p. 72-77.
- HOLDRIDGE, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 206 p.
- INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. 1977. Yam agronomy. In Annual Report for 1976. Ibadan, Nigeria. p. 65-66.
- JIMENEZ, J.M. 1987. Interacciones entre la fertilización nitrogenada y el espaciamiento, y su efecto sobre el crecimiento y la producción del ñame (Dioscorea trifida). Tesis Ing. Agr. Heredia, C.R., Universidad Nacional, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. 108 p.
- _____.; RODRIGUEZ, W.G. y CALVO, G. 1986. Evaluación económica para el uso de soportes en ñame alado (Dioscorea alata). In CATIE. Proyecto Sistemas de Producción basados en Raíces Tropicales y Plátano. Informe narrativo final, 1982-1985. Turrialba, C.R. p. 27-43.

- JIMENEZ, J.M.; VIQUEZ, E.; KASS, D. & CHAVARRIA, R. 1991. Use of fast-growing nitrogen-fixing trees as living support for tropical yams (Dioscorea alata L.). In The Third International Symposium Windbreaks and Agroforestry. Proceedings (Resumen). Ridgetown, Canada. p. 251.
- MARTIN, F. 1976. Tropical yams and their potential; Part 3. Dioscorea alata. U.S. Department of Agriculture. Handbook No. 495. 40 p.
- PURSEGLOVE, J.W. 1971. Tropical crops: Monocotyledons. London, Logman. 607 p.

Cuadro 1. Cuadrados medios de análisis de contrastes para las variables e índices de crecimiento del ñame a los 70, 103, 131, 161 y 195 días después de la siembra. Turrialba, 1992.

| Contrastes | gl | P.S. hojas | P.S. tallos | P.S. tubérculos | P.S. total | IAF | RAF | RPF |
|------------------------------------|----|---------------|----------------|--------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| 70 días después de la siembra | | | | | | | | |
| E vs G | 1 | 0.26 ns | 0.04 ns | ----- | 0.10 ns | 0.0015 ns | 10248 ns | 0.0118 ns |
| E ¹ vs E ³ | 1 | 0.02 ns | 0.00 ns | ----- | 0.04 ns | 0.0001 ns | 713 ns | 0.0023 ns |
| E ² vs E ¹⁺³ | 1 | 0.73 ns | 0.06 ns | ----- | 1.20 ns | 0.0052 ns | 1181 ns | 0.0023 ns |
| G ¹ vs G ³ | 1 | 3.42 ns | 0.44 ns | ----- | 6.32 ns | 0.0302 ns | 14085 ns | 0.0316 ns |
| G ² vs G ¹⁺³ | 1 | 0.08 ns | 0.84 ns | ----- | 1.44 ns | 0.0000 ns | 57673 ns | 0.0168 ns |
| M vs V | 1 | 9.35 † | 1.72 ns | ----- | 19.10 ns | 0.0396 † | 658 ns | 0.0462 † |
| S vs C | 1 | 3.61 ns | 2.01 ns | ----- | 11.00 ns | 0.0337 ns | 298 ns | 0.0029 ns |
| I vs B | 1 | 7.75 † | 3.27 ns | ----- | 21.09 † | 0.0375 † | 325 ns | 0.0000 ns |
| 103 días después de la siembra | | | | | | | | |
| E vs G | 1 | 13.76 ns | 0.26 ns | 0.01 ns | 16.79 ns | 0.0043 ns | 398622 ns | 0.0079 ns |
| E ¹ vs E ³ | 1 | 4.74 ns | 5.53 ns | 0.08 ns | 23.22 ns | 0.0867 ns | 3217 ns | 0.0013 ns |
| E ² vs E ¹⁺³ | 1 | 0.85 ns | 1.52 ns | 0.01 ns | 5.11 ns | 0.0003 ns | 1560 ns | 0.0044 ns |
| G ¹ vs G ³ | 1 | 115.98 ns | 35.79 ns | 0.05 ns | 287.82 ns | 0.2985 ns | 256593 ns | 0.0007 ns |
| G ² vs G ¹⁺³ | 1 | 44.76 ns | 11.59 ns | 0.14 ns | 109.63 ns | 0.0184 ns | 356263 ns | 0.0019 ns |
| M vs V | 1 | 51.39 ns | 7.43 ns | 0.07 ns | 103.13 ns | 0.0017 ns | 3291 ns | 0.0066 ns |
| S vs C | 1 | 85.70 ns | 25.25 ns | 0.00 ns | 203.75 ns | 0.3490 ns | 200611 ns | 0.0003 ns |
| I vs B | 1 | 2.51 ns | 0.07 ns | 0.06 ns | 2.43 ns | 0.0043 ns | 9658 ns | 0.0011 ns |
| 131 días después de la siembra | | | | | | | | |
| E vs G | 1 | 190.04 ns | 75.17 ns | 408.91 † | 1821.35 ns | 1.9002 ns | 128282 ns | 0.0000 ns |
| E ¹ vs E ³ | 1 | 81.03 ns | 15.11 ns | 105.96 ns | 537.43 ns | 0.3758 ns | 696393 † | 0.0165 ns |
| E ² vs E ¹⁺³ | 1 | 0.05 ns | 3.05 ns | 8.65 ns | 24.06 ns | 0.0033 ns | 91640 ns | 0.0179 ns |
| G ¹ vs G ³ | 1 | 134.69 ns | 41.38 ns | 1.51 ns | 282.63 ns | 0.6293 ns | 3920 ns | 0.0009 ns |
| G ² vs G ¹⁺³ | 1 | 120.29 ns | 54.69 ns | 23.17 ns | 537.14 ns | 1.0483 ns | 23538 ns | 0.0000 ns |
| M vs V | 1 | 830.26 †† | 162.05 † | 8.01 ns | 1969.01 ns | 3.0445 ns | 61664 ns | 0.0680 † |
| S vs C | 1 | 46.13 ns | 14.22 ns | 3.60 ns | 155.28 ns | 0.2156 ns | 12436 ns | 0.0000 ns |
| I vs B | 1 | 111.04 ns | 37.11 ns | 6.50 ns | 198.25 ns | 0.8374 ns | 9417 ns | 0.0113 ns |
| 161 días después de la siembra | | | | | | | | |
| E vs G | 1 | 338.74 † | 119.64 ns | 4982.55 † | 9986.00 † | 1.5683 ns | 68358 † | 0.0021 ns |
| E ¹ vs E ³ | 1 | 0.90 ns | 1.83 ns | 631.72 ns | 611.45 ns | 0.1209 ns | 100904 †† | 0.0132 † |
| E ² vs E ¹⁺³ | 1 | 1.11 ns | 0.48 ns | 0.00 ns | 2.80 ns | 0.0863 ns | 16762 ns | 0.0000 ns |
| G ¹ vs G ³ | 1 | 7.20 ns | 0.42 ns | 1207.61 ns | 1450.18 ns | 0.0801 ns | 10166 ns | 0.0066 ns |
| G ² vs G ¹⁺³ | 1 | 16.17 ns | 4.54 ns | 60.47 ns | 2.64 ns | 0.1816 ns | 1803 ns | 0.0027 ns |
| M vs V | 1 | 319.04 †† | 799.23 †† | 29134.08 †† | 61065.44 †† | 12.3774 † | 130106 †† | 0.0129 † |
| S vs C | 1 | 20.16 ns | 1.62 ns | 1201.91 ns | 1634.66 ns | 0.0230 ns | 39337 ns | 0.0041 ns |
| I vs B | 1 | 367.07 † | 186.82 † | 8853.15 † | 16108.33 † | 1.9580 ns | 4939 ns | 0.0010 ns |
| 195 días después de la siembra | | | | | | | | |
| E vs G | 1 | 180.98 ns | 130.48 † | 28869.37 † | 37941.38 † | 0.6018 ns | 39180 †† | 0.0047 ns |
| E ¹ vs E ³ | 1 | 27.94 ns | 4.95 ns | 3833.60 ns | 4819.90 ns | 0.1098 ns | 143522 †† | 0.0263 †† |
| E ² vs E ¹⁺³ | 1 | 23.31 ns | 2.95 ns | 163.36 ns | 373.55 ns | 0.5307 ns | 29374 † | 0.0105 † |
| G ¹ vs G ³ | 1 | 7.83 ns | 4.64 ns | 7.95 ns | 4.55 ns | 0.0360 ns | 1716 ns | 0.0000 ns |
| G ² vs G ¹⁺³ | 1 | 2.09 ns | 5.46 ns | 5587.75 ns | 6167.54 ns | 0.2492 ns | 701 ns | 0.0003 ns |
| M vs V | 1 | 629.45 † | 298.89 † | 73816.98 †† | 98639.97 †† | 0.7124 ns | 14502 ns | 0.0002 ns |
| S vs C | 1 | 20.21 ns | 12.96 ns | 1654.30 ns | 2378.29 ns | 0.0000 ns | 330 ns | 0.0000 ns |
| I vs B | 1 | 62.19 ns | 114.46 ns | 50441.23 † | 59134.46 †† | 0.3478 ns | 1403 ns | 0.0027 ns |

ns = No significativo

† = Significativo al 5%

†† = Significativo al 1%

P.S. = Peso seco

IAF = Índice de área foliar

RAF = Razón de área foliar

RPF = Razón de peso foliar

Cuadro 2. Diferentes tipos de soportes para el cultivo de ñame.

| Trat. | Establec. de soportes | Podas | Costo variable total | Beneficio neto | B/C |
|----------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------|-------|
| E ¹ | - | 10000 | 10000 | 38600 | 3.80 |
| E ² | - | 10000 | 20000 | 30700 | 1.50 |
| E ³ | - | 10000 | 30000 | 74160 | 2.47 |
| G ¹ | - | 10000 | 10000 | 271940 | 27.00 |
| G ² | - | 10000 | 20000 | 141820 | 7.09 |
| G ³ | - | 10000 | 30000 | 151260 | 5.04 |
| S ⁱ | - | - | - | 222900 | - |
| S ⁱ | 128512 | - | 128512 | 402728 | 3.13 |
| S ^b | 20000 | - | 20000 | 447340 | 22.30 |

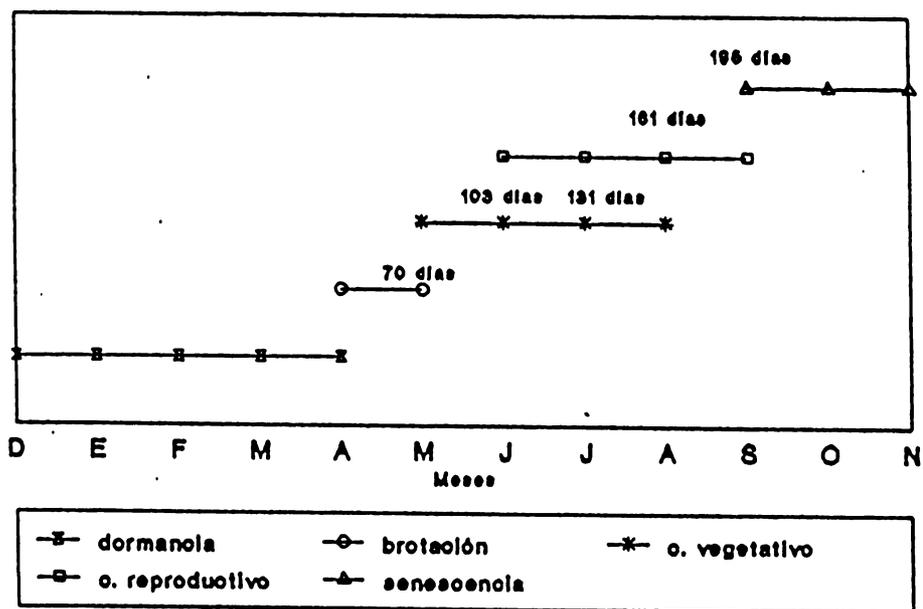


Fig. 1. Etapas de crecimiento del cultivo de ñame.

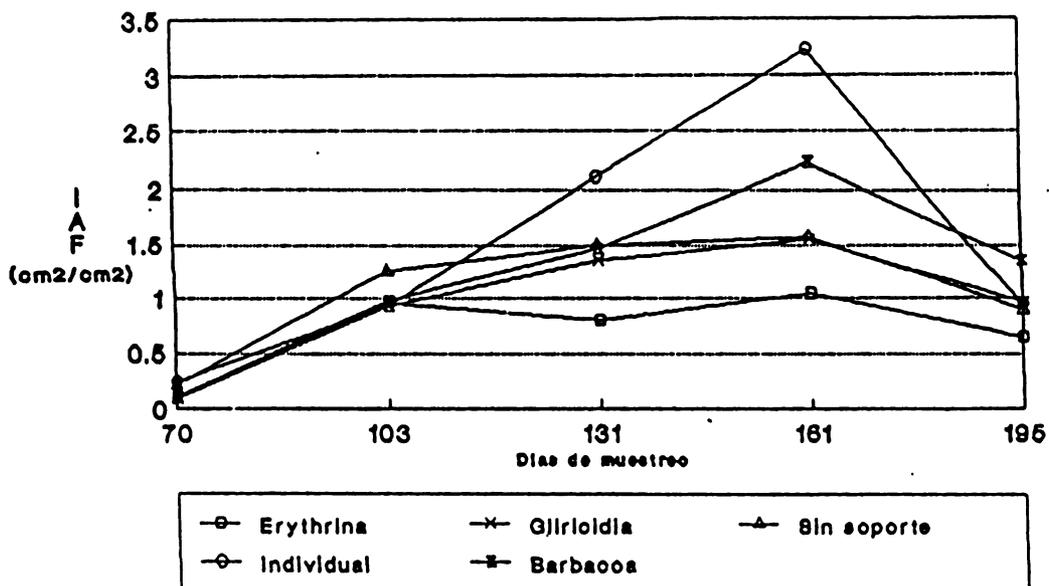


Fig. 2. Índice de área foliar del ñame durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.

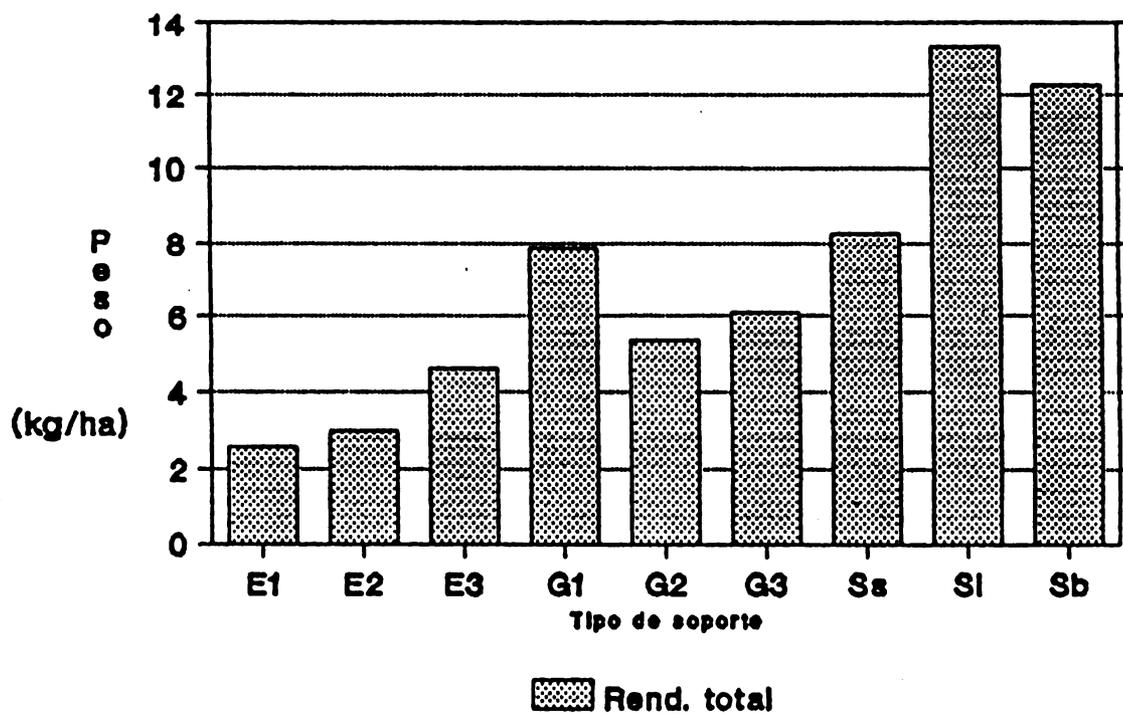


Fig. 3. Rendimiento total del ñame, según el tipo de soporte.

EVALUACION DE GENOTIPOS DE MAIZ Y FRIJOL EN UN CULTIVO EN CALLEJONES CON C. CALOTHYRSUS, E. POEPPIGIANA Y G. SEPIUM.

JUSTIFICACION

El asocio de árboles con cultivos tiene como objetivo optimizar la producción por unidad de área bajo el principio de rendimiento sostenido. Los cultivos en callejones han sido uno de los sistemas agroforestales que han generado mayor interés, especialmente como alternativa de producción en fincas de pequeños agricultores.

Durante décadas, fitomejoradores se han dado a la tarea de generar genotipos de cultivos alimenticios con mayor capacidad de producir alimento. Este propósito sin embargo se ha circunscrito a condiciones de total disponibilidad de radiación solar y una serie de entradas por concepto de insumos (fertilizante, herbicidas, insecticidas, etc.).

Conscientes de la importancia que el maíz y el frijol tienen en la dieta del pueblo centroamericano, en CATIE se ha venido trabajando con estos cultivos utilizando callejones de leguminosas arbóreas. En maíz se ha utilizado la variedad tuxpeño C-7 y en frijol el negro huasteco; sin embargo, se ha considerado la necesidad de incluir otros genotipos de estos cultivos a fin de establecer ventajas comparativas con los ya estudiados.

OBJETIVO

- Identificar genotipos de maíz y frijol que mejor se adapten a un sistema de cultivo en callejones con árboles leguminosos.

MATERIALES Y METODOS

Este experimento se estableció en la finca experimental La Montaña (lote 7), en CATIE, Turrialba. Los árboles de E. poeppigiana y G. sepium se establecieron en enero de 1991, utilizando acodos. Para E. poeppigiana se utilizó el clon 2708 y en G. sepium se empleó material de una cerca viva homogénea. El establecimiento de Calliandra calothyrsus se hizo también en enero, utilizando árboles de 0.5 m de alto. Todos los tratamientos con árboles se establecieron a 6x1 m. Las siembras de maíz se realizaron en mayo y las siembras de frijol en noviembre. El maíz utilizó un arreglo espacial de 0.8 x 0.5 m entre hileras y plantas, respectivamente. El primer surco se estableció a 0.6 m de la hilera de árboles, estableciéndose un total de siete surcos de maíz entre callejones. El arreglo espacial del frijol fue de 0.5 x 0.25 m entre hileras y plantas.

El surco más cercano a los árboles está a 0.4 m, estableciéndose 14 surcos entre los callejones de árboles. Utilizando dos plantas por golpe se alcanza una densidad de 187.000 plantas por ha.

El diseño experimental es parcelas divididas dentro de un bloque completo al azar con tres repeticiones. La parcela grande (16 x 24 m) corresponde al tratamiento árboles y la subparcela (6x3 m) a la variedad de maíz o frijol según corresponda.

El manejo agronómico no incluye fertilización alguna. Se hace aplicación de insecticida-nematicida a la siembra y durante el ciclo de cultivo, o aplicación de fungicidas cuando sea necesario.

Las variables a medir son:

ARBOL

Altura del árbol
 Altura del tocón
 Diámetro a 0.1 m
 Diámetro a 1 m
 Diámetro de copa
 Biomasa de hojas y ramas

MAIZ

Población a dos semanas después de la siembra
 Biomasa del cultivo
 Plantas cosechadas
 Número de mazorcas buenas
 Número de mazorcas malas
 Rendimiento de grano bueno (15% de humedad)
 Rendimiento de grano malo

FRIJOL

Población de plantas dos semanas después de la siembra
 Plantas cosechadas
 Biomasa del cultivo
 Vainas por planta (muestreo de n plantas)
 Granos por vaina (muestreo de n vainas)
 Rendimiento de grano (14% de humedad)

RESPONSABLES: Jorge Jiménez y Pedro Oñoro.

RESULTADOS

A a la fecha no existen resultados, pero la investigación se ha realizado conforme está consignado en el cronograma del Plan Operativo.

Existen datos que posteriormente serán analizados y publicados. Actualmente se está realizando una tesis de Maestría por un estudiante del CATIE.

CULTIVO EN CALLEJONES DE L. LEUCOCEPHALA Y G. SEPIUM CON MAIZ-FRIJOL Y MAIZ-SORGO, EN CONDICIONES DE BOSQUE SECO TROPICAL

UBICACION: Estación Experimental "Enrique Jiménez Núñez", MAG, Taboga, Cañas, Guanacaste.

JUSTIFICACION

Los cultivos en callejones han mostrado tener potencial como alternativa de producción sostenible y de bajos insumos. En Costa Rica se ha evaluado este sistema con resultados satisfactorios; sin embargo, estas investigaciones se han realizado solamente en condiciones de Bosque Húmedo Tropical, utilizando especies como Erythrina poeppigiana, Gliricidia sepium, y recientemente se ha introducido el uso de E. berteriana, E. fusca y Calliandra calothyrsus.

Por esta razón, el presente trabajo pretende evaluar este sistema en condiciones de Bosque Seco Tropical utilizando G. sepium y Leucaena leucocephala, en asocio con maíz en primera y frijol de postrera.

OBJETIVOS

- Evaluar la sostenibilidad del sistema de cultivo en callejones en condiciones de Bosque Seco Tropical, a través del aporte del material orgánico de la biomasa de L. leucocephala y G. sepium.
- Comparar la producción de los cultivos, con y sin árboles, para evaluar el efecto de éste en el sistema.
- Evaluar la respuesta económica del sistema.
- Contribuir en la capacitación de personal nacional, en el establecimiento, manejo y evaluación de cultivos en callejones.

METODOLOGIA

El ensayo se estableció en colaboración con el personal de la Estación Experimental del Ministerio de Agricultura y Ganadería en Guanacaste. La finca presenta las siguientes características: elevación 45 msnm; temperatura promedio 27°C, y una precipitación de 1700 mm, con un período seco de 5 a 6 meses.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con parcelas divididas con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos principales son:

1. Gliricidia a 3 x 1 m
2. Gliricidia a 6 x 1 m
3. Leucaena a 3 x 1 m
4. Leucaena a 6 x 1 m
5. Monocultivo sin fertilizar

En la parcela dividida (subparcela) se estudiaron dos sistemas de cultivo en relevo: maíz-frijol y maíz-sorgo (maíz en primera y frijol y sorgo de postrera). En el presente informe se incluye sólo una primera siembra de maíz.

Para la primera siembra, el terreno fue arado y rastreado. Los arbolitos se sembraron en agosto de 1991, después de la canícula, con un distanciamiento de 6 y 3 m entre filas de árboles y 1 m dentro de las mismas. Las plantas se obtuvieron en un vivero particular de la zona.

A la siembra de los cultivos se aplicó Furadán (15 kg/ha). El espaciamento a usar es de 0.4 m entre hileras y 0.2 m entre plantas para el frijol y 0.75 m y 0.5 m para el maíz. El sorgo se sembrará a chorro seguido en surcos espaciados a 0.5 m. Entre los árboles y la primera fila del cultivo se deja un espaciamento de 0.20 m para el frijol, 0.375 m para el maíz y 0.25 m para el sorgo. Posterior a su germinación, se hace un deshierbe manual y se ralea dejando dos plantas por golpe para el maíz y frijol. La siembra del maíz se hace al inicio de las lluvias (principios de junio), una vez que el maíz este maduro se dobla para que se seque en el campo, luego se cosecha para la siembra de frijol y sorgo los primeros días de octubre, que se sembrará inmediatamente después. La cosecha de los dos cultivos se hace al mismo tiempo (iniciando el verano). Las variedades a utilizar son: maíz (Diamante 8043), frijol (Chorotega) y sorgo (Eskameca).

A los cultivos se les evalúa:

Plantas cosechadas
Biomasa del cultivo (kg/ha)
Mazorcas buenas
Mazorcas malas
Rendimiento de grano (kg/ha)

La evaluación de crecimiento en los árboles (altura total, diámetro basal del tocón (a 0.1 m), número de brotes y diámetro de copa); y producción de biomasa total por parcela, se hará cada cuatro meses. La primera se hará una semana antes de la siembra de primera (finales de mayo), la segunda, después de doblar el maíz y la última a la cosecha de los cultivos. Las mediciones de crecimiento se hacen en todos los árboles de la parcela útil. Para la evaluación de biomasa se seleccionan 4 árboles al azar

por parcela y se separan en hojas y tallos para determinar porcentajes. De este material se saca una muestra de todo el experimento, de aproximadamente 500 gr para análisis de humedad y nutrientes. El resto de los árboles de la parcela útil se podan y se pesa la biomasa total por árbol. La poda se hace a 75 cm de altura.

Muestras de suelos por parcela son tomadas una vez al año, antes de la siembra de primera.

RESPONSABLES: Jorge Jiménez, Romeo Solano y Pedro Oñoro.

RESULTADOS

Los resultados para este experimento incluyen solamente una siembra de maíz, correspondiente a 1992. A la fecha los árboles no se han podado, por lo tanto, no se incluye esta información.

El análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 1, muestra diferencias significativas ($P < 0.06$) entre tratamientos para el rendimiento de grano y altamente significativas ($P < 0.01$) para la producción de biomasa (rastrojo).

El mayor rendimiento de grano (2689 kg/ha) se obtuvo con los callejones de G. sepium a 3x1 m, sin ser significativamente diferente con los de L. leucocephala a 6x1 m (Cuadro 2). El monocultivo sin fertilizar obtuvo los menores rendimientos; sin embargo, estos no fueron diferentes (Duncan al 5%) con los demás tratamientos excepto G. sepium a 3x1 m (Cuadro 2).

En cuanto a la producción de biomasa, el comportamiento fue similar, aunque para esta variable G. sepium a 3x1 m fue diferente a todos los demás y el monocultivo fue diferente a L. leucocephala a 3x1 m (Cuadro 2).

En general se encontró superioridad en los tratamientos con árboles, no obstante se observó cierta superioridad de G. sepium. La razón podría ser el mayor crecimiento de L. leucocephala, que obviamente daría mayor competencia al cultivo. Estos suelos tradicionalmente han sido utilizados para la producción de cultivos con el uso de fertilización; esta es probablemente la razón por la cual el monocultivo sin fertilizante obtuvo rendimientos inferiores.

Este trabajo, localizado en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez del Ministerio de Agricultura y Ganadería, ha tenido algunos inconvenientes para su manejo. La construcción de un canal de riego cercano al sitio experimental constituye una

desventaja, ya que la infiltración que se pudiera producir modificaría las condiciones secas en que se quiere evaluar el sistema. Sin duda alguna, esta condición favoreció en gran medida el crecimiento de los árboles durante la época seca. Otro inconveniente ha sido la presencia de animales salvajes que frecuentemente causan daño al cultivo. Ante esta situación, y de no corregirse estas anomalías, se está considerando la opción de abandonar este ensayo y plantar uno nuevo en otro sitio.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para el rendimiento de grano y la producción de biomasa de maíz. Cañas, 1992.

| Fuente variación | g.l. | Rendimiento grano (kg/ha) | Producción biomasa (kg/ha) |
|------------------|------|---------------------------|----------------------------|
| Repetición | 3 | 1654582 ns | 1885889 ns |
| Tratamiento | 4 | 2653869 ** | 7528509 * |
| Error | 8 | | |
| C.V. | | 48.2% | 21.97% |

* Diferencias significativas al 1%

** Diferencias significativas al 6%

ns No significativo

Cuadro 2. Prueba de Duncan para los promedios de rendimiento de grano y producción de biomasa de maíz. Cañas, 1992.

| Tratamiento | Rendimiento grano kg/ha | Producción biomasa kg/ha |
|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1. <u>G. sepium</u> 3x1 m | 2689 a | 5616 a |
| 2. <u>G. sepium</u> 6x1 m | 1238 b | 3271 b |
| 3. <u>L. leucocephala</u> 3x1 m | 1308 b | 2967 bc |
| 4. <u>L. leucocephala</u> 6x1 m | 1586 ab | 3329 b |
| 5. Monocultivo sin fertilización | 366 b | 1684 c |

Promedios seguidos por letras iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Duncan al 5%.

EFFECTO DE LA FERTILIZACION EN LA PRODUCCION DE CAFE CON Y SIN SOMBRA DE ERYTHRINA POEPPIGIANA.

UBICACION: Finca La Julia, Turrialba.

JUSTIFICACION

El café es uno de los productos de mayor importancia en la economía de Costa Rica. Esta actividad ha estado estrechamente ligada al manejo de la sombra en el cultivo; sin embargo, tecnologías de alta producción que no utilizan sombra, se han introducido con éxito en otros países y algunas fincas de Costa Rica. Estas tecnologías requieren de una gran cantidad de insumos para mantener su productividad, además conllevan al agotamiento del recurso suelo. Por otro lado, los precios fluctuantes del café, hacen poco rentable su implementación a los pequeños productores.

El pequeño productor de Costa Rica, ha utilizado especies arbóreas que poda periódicamente para favorecer al cultivo. Una de las más usadas es Erythrina poeppigiana. En sistemas de cultivos en callejones, esta especie ha mostrado un gran potencial por su capacidad de recircular nitrógeno, a través de las podas. También tiene una gran capacidad de rebrote y es fácil de podar.

El presente ensayo se estableció en colaboración con el Instituto del Café en Costa Rica (ICAFFE), y el propósito es conocer la contribución del árbol a la producción de grano y la interacción entre la fertilización química y la sombra de los árboles.

OBJETIVO

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

METODOLOGIA

El ensayo tiene un diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas con cinco repeticiones. Los tratamientos son parcelas de café con y sin sombra, subdivididas para aplicar las diferentes dosis de fertilizantes químicos, tal y como se describe a continuación:

TRATAMIENTOS

0 fertilizante
 330 kg/ha de 20-7-12 con Mg = 3 y Bo = 1.2
 660 kg/ha de 20-7-12 con Mg = 3 y Bo = 1.2
 990 kg/ha de 20-7-12 con Mg = 3 y Bo = 1.2
 1320 kg/ha de 20-7-12 con Mg = 3 y Bo = 1.2
 250 kg/ha de nitrógeno en la forma de NH_4NO_3

Las parcelas son de 6 x 7.60 m. El área total del experimento es de 5400 m². En las parcelas con sombra hay un árbol en cada esquina de la parcela (220 árboles ha⁻¹). Las mediciones de producción del café las realiza el ICAFE, mientras que las de producción del árbol le corresponde al Proyecto, luego se intercambia información por ambas partes.

El cafeto se encuentra plantado a 0.83 x 1.68 m (70.000 árboles/ha). La aplicación de los fertilizantes se hace en el comienzo de la época de las lluvias. En cada cosecha de café se anotan los rendimientos frescos.

El poró se poda dos veces al año y se pesa la biomasa total por parcela, también se cuenta el número de rebrotes por árbol, y se escogen 10 ramas al azar, para medirles la longitud y diámetro basal. Una muestra de aproximadamente 500 g de hojas y tallos es llevada al laboratorio para determinar el contenido de humedad y nutrientes.

RESPONSABLES: E. Jiménez, Y. Camacho y J. Jiménez.

FECHA DE INICIO: Marzo 11 de 1985 (Plantación Julio, 1982).

DURACION: 7 años.

RESULTADOS

Los análisis de varianza para cada una de las siete cosechas se encontraron diferencias significativas debidas al efecto positivo de la sombra en todas, excepto las de 1984-85 y 1988-89, mientras que el efecto de la fertilización fue significativo para todas las cosechas, excepto la de 1988-89. En cuatro cosechas se encontraron efectos significativos para la interacción Sombra*Fertilizante; esto indica una diferencia de respuesta del fertilizante dependiendo del efecto de la sombra. Los rendimientos promedio por cosecha con sombra son mayores que aquellos sin sombra en cuatro de las siete cosechas (Fig. 1).

El análisis combinado de las siete cosechas mostró diferencias altamente significativas entre cosechas. Es especialmente notable la brusca reducción de rendimientos del año

1984 al 1985 y de 1986 a 1987. Este tipo de comportamiento, en que se presenta una cosecha muy pobre después de una muy abundante, se observa con frecuencia en café. Esta variación resultó más marcada para el café sin sombra (Cuadro 1).

Al considerar los datos combinados de las siete cosechas, la producción media de café con sombra (17515 kg/ha/año) fue significativamente superior, al nivel del 1%, con relación a la producción sin sombra (15563 kg/ha/año).

Cuadro 1. Promedios de rendimiento, kg/ha de café cereza, con y sin sombra. La Julia, Turrialba, 1984-1990.

| Año | Sin Sombra | Con Sombra | Diferencia |
|------|------------|------------|------------|
| 1984 | 27113 | 24282 | - 2831 |
| 1985 | 8200 | 19784 | 11584 |
| 1986 | 20675 | 25158 | 4483 |
| 1987 | 9386 | 12440 | 3054 |
| 1988 | 12533 | 13138 | 605 |
| 1989 | 15303 | 13995 | - 1308 |
| 1990 | 15734 | 13811 | - 1923 |

Se encontró diferencia altamente significativa entre niveles de fertilización y para la interacción Sombra*Fertilizante, lo cual indica una respuesta diferente a la fertilización debido a la sombra. Los resultados anteriores del análisis combinado corroboran los obtenidos de los análisis individuales por cosecha. Al descomponer el efecto del fertilizante, por separado para los tratamientos con y sin sombra, se encontró un efecto altamente significativo para el componente lineal y no significativo para los demás componentes en el café con sombra; para el café a libre exposición también fue significativo el componente cuadrático (Cuadro 2).

Cuadro 2. Descomposición de los efectos de sombra y de la interacción Sombra*Fertilizante en contrastes ortogonales dentro de cada régimen de sombra.

| Contraste | GL | Cuadr. Medio | F | Pr > F |
|---------------------|----|--------------|--------|--------|
| LINEAL CON SOMBRA | 1 | 353825015 | 21.90 | 0.0001 |
| CUADRA CON SOMBRA | 1 | 39747509 | 2.46 | 0.1247 |
| CUBICO CON SOMBRA | 1 | 699090 | 0.04 | 0.8363 |
| CUARTICO CON SOMBRA | 1 | 21532071 | 1.33 | 0.2552 |
| LINEAL SIN SOMBRA | 1 | 1729858802 | 107.05 | 0.0001 |
| CUADRA SIN SOMBRA | 1 | 132340182 | 8.19 | 0.0067 |
| CUBICO SIN SOMBRA | 1 | 51473936 | 3.19 | 0.0819 |
| CUARTICO SIN SOMBRA | 1 | 9713345 | 0.60 | 0.4427 |

Las tendencias indican que la respuesta al fertilizante es mayor para el café sin sombra; este efecto es especialmente notable debido a que la producción sin fertilizante y sin sombra es mucho más baja que con sombra, lo cual indica un efecto positivo del árbol en el sistema. Cuando se emplearon 660 kg/ha del fertilizante completo con sombra se obtuvo el mismo rendimiento que con 1320 kg/ha sin sombra (Cuadro 3). Los rendimientos que se obtienen sin fertilizante bajo sombra solamente se alcanzan después de aplicar 660 kg/ha de fertilizante al café sin sombra.

Las diferencias entre los rendimientos con sombra y sin sombra, para dosis iguales de fertilizante, tienden a hacerse menores a medida que aumenta la dosis aplicada. En la Fig. 2 se observa que, a partir de los 660 kg/ha de fertilizante no hay aumento apreciable en la producción para el café con sombra, mientras que para el café sin sombra se mantiene una ligera tendencia a aumentar al llegar a los 1320 kg/ha.

Cuadro 3. Producción promedio, en kg/ha de café cereza, para dos regímenes de sombra y cinco niveles de fertilización. La Julia, Turrialba. 1984-1990.

| Nivel de fertiliz. | SOMBRA | | Diferencia |
|--------------------|--------|-------|------------|
| | Sin | Con | |
| 0 | 9137 | 14959 | 5822 |
| 330 | 14385 | 16216 | 1831 |
| 660 | 15731 | 18533 | 2802 |
| 990 | 17297 | 18406 | 1109 |
| 1320 | 18797 | 18992 | 195 |

No se encontró diferencia significativa para la interacción Sombra*Fertilización*Año; esto indica que la tendencia de la interacción Sombra*Fertilización no varía significativamente de un año a otro.

Los resultados anteriores indican la ventaja del sistema de café con sombra al considerar los rendimientos y tomando en cuenta los niveles de producción sin fertilización o con niveles bajo de fertilizante. Las ventajas de la sombra se expresan como:

a) mayor rendimiento promedio del café con sombra, considerando los diferentes niveles de fertilización;

b) los rendimientos más altos sin fertilización o con niveles bajos de fertilizante;

c) mayor estabilidad de los rendimientos por menores fluctuaciones entre años.

La tendencia de los rendimientos al aumentar la dosis de fertilizante se obtuvo al calcular, por separado, la regresión lineal y cuadrática para los tratamientos con y sin sombra. Para la relación entre rendimientos y dosis de fertilizante aplicado se obtuvo un ajuste muy satisfactorio para una función cuadrática tanto para café bajo sombra como a libre exposición.

Para el cultivo bajo sombra se obtuvo:

$$Y = 14821 + 6.50*X - 0.002615*X^2 \quad (r^2 = 0.95),$$

y para los rendimientos sin sombra:

$$Y = 9583 + 13.036*X - 0.004772*X^2 \quad (r^2 = 0.97),$$

donde Y es el rendimiento de café cereza, en kg/ha y X es la dosis de fertilizante aplicado.

La función cuadrática es más adecuada para representar la tendencia de los rendimientos en el café bajo sombra ya que el incremento de los rendimientos es casi nulo cuando la dosis de fertilizante pasa los 660 kg/ha; para el café sin sombra el ajuste de la función lineal es satisfactorio, pero es preferible el ajuste a una función cuadrática. La Fig. 2 muestra la tendencia de los rendimientos al variar la dosis de fertilizante aplicado.

Cuadro 4. Promedios de rendimiento de café cereza, en kg/ha/año, para cada nivel de fertilización en cada año, a la sombra y a plena exposición. La Julia, Turrialba, 1984-1990.

| Sombra Fert. | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | Promedio |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Sombra 1 | 19151.4 | 15015.7 | 21039.2 | 10776.0 | 13833.9 | 12066.3 | 12832.9 | 14959.3 |
| " 2 | 21984.3 | 18120.1 | 24702.3 | 11558.2 | 11839.2 | 12605.7 | 12705.0 | 16216.4 |
| " 3 | 25425.6 | 20806.8 | 28185.4 | 12523.8 | 13631.3 | 14765.0 | 14396.9 | 18533.5 |
| " 4 | 25903.4 | 24279.4 | 26796.3 | 11827.1 | 12408.4 | 14500.0 | 13127.9 | 18406.1 |
| " 5 | 27720.6 | 20639.7 | 27020.9 | 13009.4 | 13269.4 | 15143.6 | 15438.6 | 18991.7 |
| Promedio | 24037.1 | 19772.3 | 25548.8 | 11938.9 | 12996.4 | 13816.1 | 13700.3 | 17421.4 |
| Sol 1 | 17548.3 | 4430.8 | 10284.6 | 5275.2 | 9574.4 | 8770.0 | 8075.7 | 9137.0 |
| " 2 | 25699.7 | 7342.0 | 18616.2 | 7580.7 | 12591.6 | 14154.0 | 14707.6 | 14384.5 |
| " 3 | 26480.4 | 9182.8 | 21446.5 | 8930.0 | 12415.1 | 15039.2 | 16621.4 | 15730.8 |
| " 4 | 28545.7 | 8762.4 | 24799.0 | 11771.8 | 13014.1 | 16861.6 | 17323.8 | 17296.9 |
| " 5 | 32475.2 | 11383.8 | 26219.3 | 9456.9 | 14341.5 | 18752.0 | 18947.8 | 18796.6 |
| Promedio | 26149.9 | 8220.4 | 20273.1 | 8602.9 | 12387.3 | 14715.4 | 15135.3 | |

CONCLUSIONES

Los resultados indican que, en general y, a través de los años se puede esperar una mayor producción promedio de café sembrado bajo sombra en las condiciones de clima y manejo del presente trabajo.

Los rendimientos obtenidos bajo sombra sin fertilización o con dosis bajas de fertilizante son significativamente mayores que los que se obtienen sin sombra.

Las fluctuaciones de rendimiento entre cosechas son menores para el cultivo bajo sombra.

La respuesta a la fertilización es mucho más marcada para el cultivo sin sombra; esto se hace notorio en buena parte debido a los bajos rendimientos que se obtienen sin fertilización.

Teniendo en cuenta los costos de producción, la inestabilidad de los precios y las variaciones climáticas puede ser recomendable, en general, el cultivo del café bajo sombra regulada. Por otra parte, debe considerarse la ventaja de este sistema desde el punto de vista de la conservación de la fertilidad natural del suelo. Esta ventaja puede ser aún más importante en suelos de ladera, donde es mayor el riesgo de pérdida de suelos o lixiviación de nutrimentos cuando falta cobertura en la superficie.

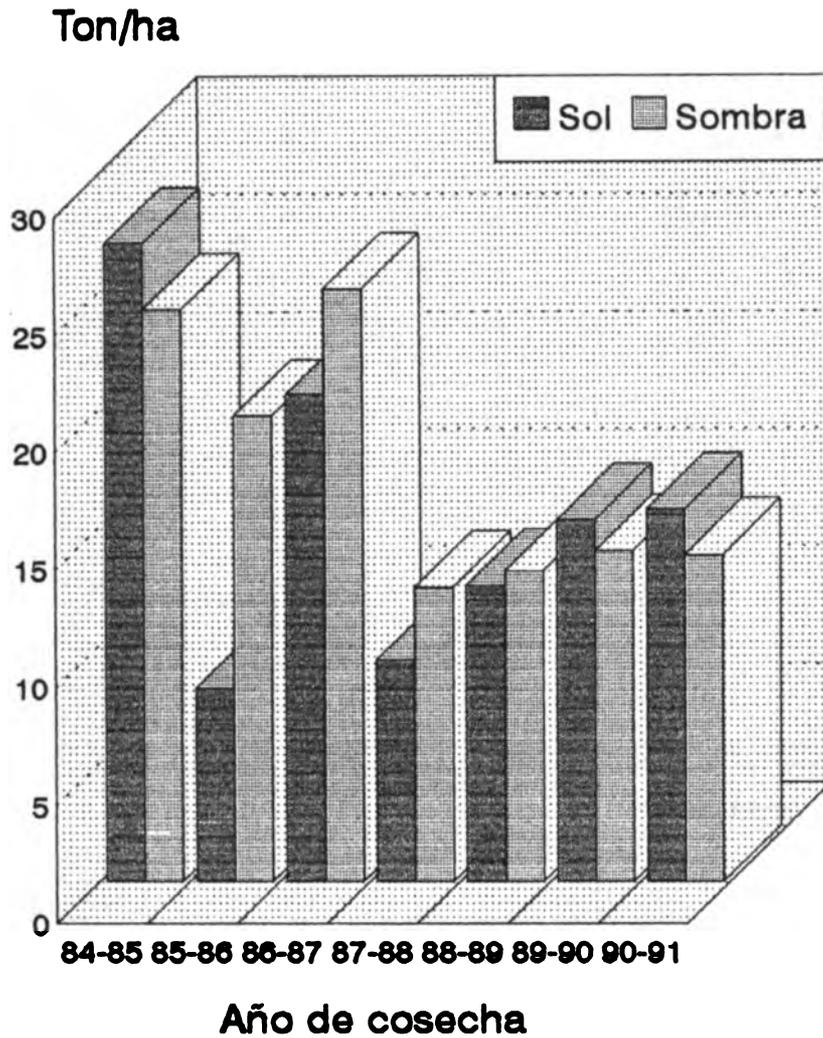


Figura 1. Rendimiento de café cereza al sol y bajo sombra regulada. La Julia, Turrialba, 1984-1991

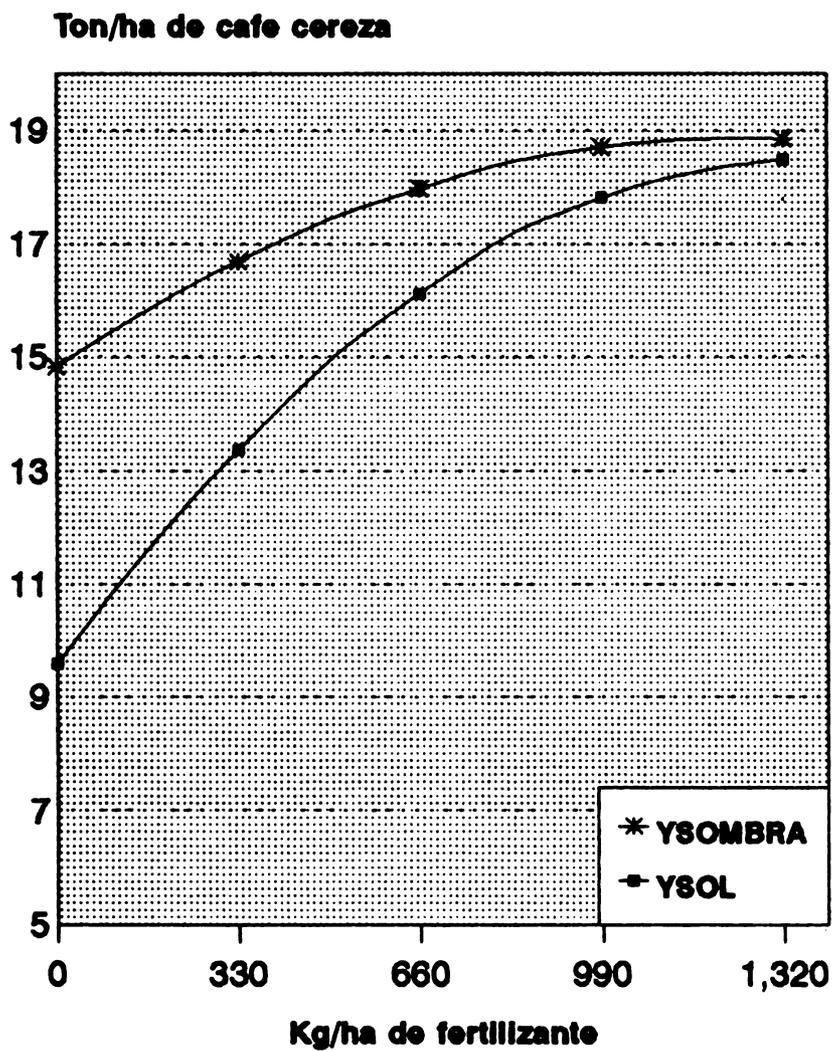


Figura 2. Respuesta del café a la fertilización bajo dos niveles sombra. La Julia, Turrialba, 1984-1991

CULTIVO EN CALLEJONES EN UN SISTEMA MAIZ - MAIZ UTILIZANDO Erythrina poeppigiana PLANTADO EN CUATRO ARREGLOS ESPACIALES

JUSTIFICACION

Los cultivos en callejones se han constituido en uno de los sistemas agroforestales con mayor potencial para utilizar con cultivos anuales alimenticios. En CATIE esta alternativa se ha estudiado por ocho años, obteniendo resultados satisfactorios. Con estas investigaciones se ha podido determinar la factibilidad de producir maíz en condiciones del trópico húmedo utilizando árboles en callejones, manejados con dos podas al año. Los resultados han mostrado la capacidad que tiene el sistema de mantener un rendimiento del grano y un aporte de biomasa del árbol satisfactorio.

Con el propósito de verificar la capacidad del sistema en un plazo mayor, se ha continuado con este experimento, uno de los más antiguos en la finca experimental del CATIE. Eventualmente, se podrán realizar otras investigaciones relacionadas con la actividad microbiana en este tipo de sistemas.

OBJETIVO

- Estudiar a largo plazo, el potencial de un cultivo en callejones de Erythrina poeppigiana plantado en cuatro arreglos espaciales, en un sistema de cultivo maíz-maíz.

MATERIALES Y METODOS

Localización

Desde 1985 el Proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno estableció en el CATIE un experimento, localizado en el Valle de San Lucas, con el propósito de estudiar el efecto del espaciamiento de los árboles sobre un cultivo de maíz en callejones. El objetivo principal fue determinar el mejor distanciamiento entre árboles de Erythrina poeppigiana dentro de las líneas de un cultivo en callejones, en un sistema de producción maíz/maíz.

El sitio experimental se ubica a 602 msnm, clasificado como Bosque muy húmedo premontano (Holdridge, 1978). El promedio de precipitación anual, para los últimos 42 años es de 2628 mm, distribuidos en 250 días de precipitación al año. La

precipitación durante febrero, marzo y abril puede ser menor de 100 mm, pero en el resto de los meses ésta es abundante. La temperatura promedio es de 21.5°C; con una radiación solar de 12.57/Kcal/cm², promedio mensual. La humedad relativa media anual es de 88% y la evaporación total media mensual es de 95 mm (CATIE).

El suelo es un Inceptisol, fase Instituto normal (Aguirre, 1971), de origen volcánico, con topografía plana, cuyos problemas de encharcamiento se han corregido satisfactoriamente por medio de drenajes.

Este suelo, clasificado como Typic humitropept, de textura franco arcillosa y con densidad aparente de 1.01 g/ml muestra baja saturación de bases por el método de acetato de amonio a pH 7 (Díaz-Romeu y Hunter, 1978) y un alto contenido de materia orgánica (Cuadro 3). El pH es de 5.5 y una capacidad de intercambio catiónico entre 40-50 cmol(+)/kg de suelo,

Diseño Experimental y Tratamientos

El experimento tiene un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Inicialmente constó de cinco tratamientos (Fig. 3):

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1. Distanciamiento | 6 x 1m |
| 2. Distanciamiento | 6 x 2m |
| 3. Distanciamiento | 6 x 3m |
| 4. Distanciamiento | 6 x 4m |
| 5. Control fertilizado | (100 kg/ha/año de 10-30-10) |

Posteriormente, se agregó un tratamiento control sin fertilizar, proveniente de dividir la parcela del tratamiento 5 en dos partes.

Las parcelas de cultivo en callejones constaron de cuatro hileras de cinco árboles de Erythrina poeppigiana cada una, lo que significó tener áreas diferentes en cada tratamiento.

El maíz se sembró entre los callejones de árboles a 0.5 m entre plantas y 0.5 m entre surcos. La hilera de maíz más próxima a los árboles se estableció a 0.75 m de éstos.

El cultivo de maíz recibió, en todas las parcelas una, aplicación basal de 50 kg/ha/cosecha de superfosfato triple a los 30 días después de la siembra. Además, el testigo con

fertilización (Tratamiento 5) recibió 50 kg/ha/cosecha de 10-30-10. En el último ciclo analizado los tratamientos con árboles no recibieron superfosfato triple y el testigo fertilizado recibió la aplicación de 100 kg/ha/cosecha de N y 60 de K.

Al final de cada cosecha se muestreó el cultivo para determinar su biomasa y su contenido de nutrimentos. Los árboles también fueron muestreados, separándose las hojas y tallos verdes de los tallos leñosos. El suelo se muestreó en cada cosecha a dos profundidades: 0-30 cm y 30-60 cm.

La evaluación del componente arbóreo se realizó en las dos hileras centrales. Los árboles extremos de cada parcela también son considerados bordes.

Las observaciones y evaluaciones de cultivo se realizaron en los diez surcos de maíz establecidos entre las dos hileras centrales de árboles. En cada siembra se establecieron dos o tres plantas por postura; dos semanas después de la siembra se raleó dejando una planta. A la cosecha, el número de plantas por surco fue variable, dependiendo del tratamiento.

Se hizo control de malezas utilizando un herbicida (Gramoxone o Roundup) previo a la siembra del maíz y una deshierba manual aproximadamente 30 días después de la siembra. Las plagas se combatieron con una aplicación de insecticida al suelo al momento de la siembra y otra cuando aparecían daños de insecto.

RESPONSABLES: Jorge Jiménez, Edgar Víquez y Romeo Solano.

RESULTADOS

Efecto del espaciamiento entre árboles sobre el rendimiento del maíz

Análisis por cosecha

Se analizaron los datos de 12 cosechas desde la 1 hasta la 13 (abril/86-abril/92), excluyendo la 10 (octubre/90) que se resembró y sufrió un fuerte ataque de Phyllophaga, y tuvo un clima desfavorable, en parte atribuible a lo tardío de la época de la segunda siembra.

En las tres primeras cosechas se había sembrado el maíz en cinco surcos a 1 m de distancia entre surcos y 50 cm entre golpes (dos plantas por golpe), mientras que en las siguientes se sembró a 50 cm en cuadro y las parcelas se cosecharon en 10 surcos paralelos a las hileras de árboles.

Se hizo un análisis de varianza del rendimiento de maíz, en kg/ha al 15% de humedad y del peso seco de plantas, para cada cosecha, considerando Bloques y Tratamientos como criterios de clasificación. En el Cuadro 1 se presentan los promedios de rendimiento de maíz por tratamientos y por cosecha.

En la primera cosecha se encontraron diferencias entre tratamientos, representadas especialmente por la diferencia entre el promedio de rendimientos en monocultivo (3763 kg/ha) y el rendimiento en callejones (2463 kg/ha). También se presentó un efecto lineal del espaciamiento: al aumentar el espaciamiento entre árboles aumenta el rendimiento del maíz; la diferencia entre el promedio de los dos espaciamientos mayores (3077.1 kg/ha) y los dos menores (1846.9 kg/ha) representa el 67% de estos últimos.

Cuadro 1. Promedio de rendimientos, en kg/ha, por tratamiento para cada una de las cosechas. CATIE. 1985-1992.

| Cosecha | T R A T A M I E N T O | | | | | | PROME- DIO |
|---------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|
| | 6x1 | 6x2 | 6x3 | 6x4 | C. F. | S. F. | |
| 1 | 1890.7 | 1803.2 | 3004.1 | 3150.1 | 3763.1 | ---- | 2722.23 |
| 2 | 2297.2 | 2420.4 | 3083.3 | 3036.2 | 3688.2 | ---- | 2905.04 |
| 3 | 1704.9 | 1417.4 | 1347.3 | 1978.1 | 2458.8 | ---- | 1781.29 |
| 4 | 3561.4 | 3278.1 | 3154.9 | 3508.4 | 3968.7 | ---- | 1578.00 |
| 5 | 713.9 | 768.7 | 756.8 | 962.9 | 1276.7 | ---- | 895.78 |
| 6 | 2475.7 | 2760.8 | 2590.0 | 2524.9 | 2430.2 | ---- | 2556.29 |
| 7 | 1976.1 | 2206.8 | 2246.2 | 2060.9 | 1604.8 | ---- | 2018.96 |
| 8 | 2051.3 | 2763.9 | 3049.1 | 2650.3 | 2649.8 | 1549.6 | 2452.31 |
| 9 | 2022.5 | 2729.3 | 2280.8 | 2477.1 | 1592.5 | 1412.1 | 2085.70 |
| 11 | 3309.4 | 3357.5 | 3132.4 | 3433.3 | 2590.4 | 1578.5 | 2900.24 |
| 12 | 376.0 | 850.2 | 546.1 | 1092.5 | 612.5 | 467.6 | 674.04 |
| 13 | 2331.7 | 3318.7 | 3273.9 | 3290.9 | 4304.5 | 1941.8 | 3076.89 |
| Prom. | 2107.32 | 2306.23 | 2372.06 | 2513.79 | 2578.34 | 1389.92 | |

En las cosechas 2 y 4 no se presentaron diferencias significativas entre espaciamientos. En las cosechas 3 y 5 el maíz sin árboles produjo significativamente más que en callejones. En la cosecha 3 la diferencia fue de 847 kg/ha (53%), en la 5 la diferencia fue de 467 kg/ha (58%).

En las cosechas 6, 7 y 8 no hubo diferencias significativas debidas al espaciamento entre árboles. En la cosecha 8 y siguientes se consideran dos tratamientos sin árboles (monocultivos): uno fertilizado y otro sin fertilizante, que no presentaron diferencias significativas entre sí ni con los otros tratamientos.

En la cosecha 9 se obtuvieron diferencias significativas entre el promedio de los monocultivos y el promedio de los tratamientos con árboles. Sin embargo, en este caso la diferencia fue a favor del cultivo en callejones. En la cosecha 11 se presentaron diferencias significativas al 1% entre los promedios de los tratamientos con árboles (3308.1 kg/ha) y los monocultivos (2084.4 kg/ha); también se detectaron diferencias significativas a favor del maíz en callejones cuando se comparó con el monocultivo fertilizado (2590.4 kg/ha). En estas dos cosechas no se encontraron diferencias entre los dos tratamientos en monocultivo.

En la cosecha 12 se detectaron diferencias significativas entre espaciamientos que corresponden en gran parte a efectos lineal y cúbico de los espaciamientos sobre el maíz en callejones. No se detectó diferencia significativa con el promedio del monocultivo, pero el espaciamiento de 6x4 fue significativamente superior al monocultivo sin fertilizante. Esta cosecha presentó rendimientos significativamente más bajos que el promedio, que se atribuye a un fuerte ataque de Phyllophaga. En la cosecha 13 no se encontraron diferencias entre los cultivos en callejones, pero sí entre los dos tratamientos sin árboles y entre el tratamiento a 6x4 y el monocultivo sin fertilizante. En esta cosecha se había aplicado una dosis de fertilizante mayor que en las cosechas anteriores, que responde mejor a las necesidades del cultivo. Esto explica las diferencias encontradas entre los monocultivos.

Se observa que en casi todas las cosechas el monocultivo sin fertilizante produjo significativamente menos que en callejones.

Analisis combinado

Se hizo un análisis combinado de los resultados por parcela, excluyendo la cosecha #10. También se hizo un análisis teniendo en cuenta la distancia de los surcos las hileras de árboles. Para esto se consideraron cinco posiciones de los surcos, que van desde los surcos vecinos a las hileras de árboles (surcos 1 y 10) hasta los más alejados y que están en el centro de cada callejón (surcos 5 y 6). De esta manera, las distancias de los surcos de maíz con relación a la hilera de árboles eran de: 0.75, 1.25, 1.75, 2.25 y 2.75 m.

El análisis combinado de rendimiento y peso de plantas por parcela no mostró diferencia significativa por efecto del espaciamiento de los árboles en los callejones (Cuadro 2). Tampoco se observó diferencia entre los tratamientos con árboles y el monocultivo con fertilizante; sin embargo, se presentó una diferencia altamente significativa entre el tratamiento sin árboles y sin fertilización (1389.92 kg/ha) con relación al promedio de los tratamientos con árboles (2324.85 kg/ha) y al promedio del monocultivo fertilizado, 2578.3 kg/ha (Fig. 1).

Al considerar el peso de la biomasa aérea se encontró diferencia altamente significativa entre el promedio de los tratamientos con árboles (2294.3 kg/ha) y el de aquellos sin árboles (3253.9 kg/ha). No se encontró diferencia entre los dos tratamientos sin árboles. Debe anotarse que el tratamiento 6x1 presentó una biomasa total mucho menor que la del resto de los tratamientos con árboles. (Una producción muy baja de hojas y cañas sin que se reduzca apreciablemente el rendimiento de grano).

Cuadro 2. Rendimiento de maíz y peso de plantas, en kg/ha, e índice de cosecha. Promedio de 12 cosechas. CATIE 1986-1992.

| Trata- miento | Rend. Grano (kg/ha) | Peso Plantas (kg/ha) | Indice de cosecha |
|------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| 6x1 | 2107.32 | 1740.65 | 54.8 |
| 6x2 | 2306.23 | 2353.96 | 49.5 |
| 6x3 | 2372.06 | 2676.07 | 47.0 |
| 6x4 | 2513.79 | 2406.47 | 51.1 |
| CON F | 2578.34 | 3476.74 | 42.6 |
| SIN F* | 1389.92 | 3031.05 | 31.4 |

* Para este tratamiento los datos corresponden a cinco cosechas.

La relación de biomasa total a rendimiento de grano (índice de cosecha) varió de 0.54 para el espaciado de 6x1 a 0.34 para el monocultivo sin fertilizante. Este índice es de 0.42 para el monocultivo con fertilizante. Esto hace suponer que quizá la cantidad de N que toma el maíz en los tratamientos con árboles y en el monocultivo es suficiente para el cultivo, pero en el monocultivo sin fertilización habría deficiencia de fósforo y otros elementos para la formación del grano, aún cuando la formación de follaje no sea afectada.

Se observó una gran variación del rendimiento promedio entre cosechas (Fig. 2). Gran parte de esa variación se puede atribuir a factores del clima, especialmente la cantidad y distribución de las lluvias; también, asociado a esto influyó el ataque de plagas como el de *Phyllophaga* que se presentó en forma muy intensa en las cosechas #10 y 12 y que normalmente causa daños en las siembras de junio. También pudieron haber algunas variaciones en el manejo y cuidado del cultivo que influyeron en alguna medida difícil de determinar. La cosecha 5 también resultó atípica en lo relacionado a la producción pero no hay información sobre los factores que pudieron afectarla.

La interacción significativa Tratamientos*Cosechas evidencia una diferencia de respuesta a los tratamientos entre cosechas. Gran parte de esa interacción se debe a diferencias, entre cosechas, en el contraste entre los tratamientos con árboles y los tratamientos sin árboles.

Efecto de la posición de los surcos sobre el rendimiento del maíz

Se efectuaron análisis de varianza para las cosechas 4 a 13 (en la que se habían cosechado 10 surcos de maíz por parcela), considerando solamente los tratamientos con árboles, con el fin de estudiar con más detenimiento el efecto de la distancia de los surcos de maíz con relación a la hilera de árboles. Se calcularon los efectos lineal, cuadrático y cúbico tanto para la distancia entre árboles como para la posición de los surcos en cada espaciamiento.

Cuando se analizó la distancia de los surcos de maíz a las hileras de árboles se encontraron diferencias significativas en algunas cosechas, así: en las cosechas 4, 7 y 9 los efectos lineal y cuadrático fueron significativos o altamente significativos; en la cosecha 5 el efecto lineal fue significativo y en la 6 lo fue el efecto cuadrático. En las cosechas 8, 11, 12 y 13 el efecto de la posición de los surcos no fue significativo. En el Cuadro 3 se presentan los promedios por cosecha para surcos a diferentes distancias de la hilera de árboles.

Cuadro 3. Promedios de rendimiento de maíz, en kg/ha por cosecha, para cada distancia de los surcos a la hilera de árboles más próxima. CATIE, 1986-1992.

| Cosecha | Distancia a la hilera de árboles más próxima | | | | |
|---------|--|--------|--------|--------|--------|
| | 0.75 m | 1.25 m | 1.75 m | 2.25 m | 2.75 m |
| 4 | 2261.1 | 3564.6 | 3669.0 | 4182.0 | 3201.9 |
| 5 | 588.1 | 470.0 | 805.4 | 1040.1 | 1099.1 |
| 6 | 2946.6 | 2425.8 | 2253.7 | 2570.5 | 2775.3 |
| 7 | 3118.4 | 2462.1 | 2253.7 | 2570.5 | 2775.3 |
| 8 | 2511.0 | 2642.3 | 2651.4 | 2493.9 | 2844.4 |
| 9 | 3071.7 | 2409.8 | 2102.2 | 2075.6 | 2277.7 |
| 11 | 3200.6 | 3635.2 | 3383.5 | 3011.3 | 3272.7 |
| 12 | 587.3 | 731.1 | 682.4 | 713.4 | 723.4 |
| 13 | 3276.3 | 3106.4 | 3103.2 | 2914.7 | 2868.2 |

En el análisis combinado, de las cosechas 4 a 13, excluyendo la 10) no se detectaron diferencias significativas del efecto de la posición de los surcos. Al calcular los componentes lineal, cuadrático y cúbico dentro de cada espaciamiento se encontró altamente significativo el efecto cuadrático para los callejones a 6x1 y el lineal y cuadrático en el espaciamiento 6x4. Los componentes lineal y cuadrático fueron significativos al 0.07 en el espaciamiento de 6x3.

Al examinar los promedios por posición en cada espaciamiento (Cuadro 4) se observa que a 6x1 el menor rendimiento se obtiene para surcos de maíz a 75 cm de la hilera de árboles (posición 1) y los mayores en los surcos a 1.25 y 1.75 m de las hileras de árboles (posiciones 2 y 3), para luego disminuir en los surcos más alejados de los árboles (2.25 y 2.75 m). En los tratamientos 6x3 y 6x4 los mayores rendimientos se obtuvieron para los surcos más cercanos a la hilera de árboles; este efecto es más notorio en el espaciamiento 6x4 donde el mayor rendimiento se obtuvo para los surcos a 75 cm de la hilera de árboles. En la Fig. 3 se presentan las curvas calculadas de las tendencias, donde se aprecia el efecto cúbico no muy marcado para el tratamiento 6x2.

Cuadro 4. Promedio de rendimientos de maíz, en kg/ha, de acuerdo a la distancia de los surcos con relación a la hilera de árboles. CATIE, Turrialba, 1986-1992.

| Trata- miento | Distancia a la hilera de árboles más próxima | | | | |
|------------------|--|---------|---------|---------|---------|
| | 0.75 m | 1.25 m | 1.75 m | 2.25 m | 2.75 m |
| 6x1 | 1894.65 | 2308.92 | 2393.30 | 2155.20 | 2045.29 |
| 6x2 | 2243.65 | 2601.61 | 2325.78 | 2551.78 | 2507.32 |
| 6x3 | 2592.81 | 2392.16 | 2124.63 | 2279.33 | 2290.10 |
| 6x4 | 2921.23 | 2312.67 | 2309.71 | 2276.55 | 2403.11 |

Lo anterior puede interpretarse como un efecto de competencia, probablemente por luz, contrapuesto a otros efectos que tienden a favorecer al cultivo (nutrimentos por ejemplo). Cuando las hileras de árboles forman una franja muy densa (p. ej. espaciamientos a 6x1 y 6x2), los surcos de maíz más cercanos a los árboles se ven afectados por la luz; con mayores espaciamientos de los árboles (6x3 y 6x4, por ejemplo) prevalecen, probablemente, factores que tienen que ver con disponibilidad de nutrimentos en surcos cercanos a las hileras de árboles. Esto significaría que hay una distancia del árbol a la cual se puede esperar el mejor comportamiento del cultivo, que corresponde a aquella en la cual se hace mayor la diferencia entre el efecto "benéfico" del árbol y el efecto negativo de la sombra.

Efecto del espaciamiento de los árboles y la posición de los surcos sobre el peso de las plantas (tallos y hojas)

Para el peso seco de las plantas (hojas y tallos) se encontraron diferencias altamente significativas entre cosechas, pero no entre los espaciamientos de árboles ni entre las posiciones de los surcos. La interacción Cosecha*Tratamiento fue significativa, pero no la interacción Cosecha*Surco. Tampoco se encontraron diferencias en la posición del surco en cada espaciamiento.

Producción de los árboles

Se analizó la producción de hojas y tallos por separado y en conjunto, expresadas como rendimiento por árbol y por hectárea, así como el diámetro del tallo y la longitud de la rama más horizontal y de la más vertical. En el Cuadro 5 se resumen los resultados de los análisis de varianza por poda para las 14 podas.

En las primeras tres podas no se encontró diferencias significativas en las producciones por árbol. Esto se explica porque los árboles todavía no habían crecido lo suficiente como para que se presentara efecto apreciable de competencia entre ellos.

Para el diámetro del tronco se encontraron diferencias significativas, al 0.05 ó al 0.01, de la poda 7 en adelante. No es de esperar diferencias en las primeras podas ya que el efecto de la distancia entre árboles toma tiempo en mostrarse y luego permanece en las podas subsiguientes. No se encontraron diferencias significativas entre distanciamientos para la longitud de la rama horizontal ni para la rama vertical más largas.

Cuadro 5. Resumen de resultados de las pruebas de significancia, en cada poda, para el efecto de la distancia entre árboles, en Erythrina poeppigiana. CATIE, 1986-1992.

| Poda | Hoja árbol | Tallo árbol | Total árbol | Hoja kg/ha | Tallo kg/ha | Biomasa kg/ha | Diam. árbol |
|------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|---------------|-------------|
| 1 | NS | NS | NS | * | NS | NS | NS |
| 2 | NS | NS | NS | ** | * | ** | NS |
| 3 | * | NS | NS | ** | NS | ** | NS |
| 4 | NS | NS | NS | ** | * | ** | NS |
| 5 | NS | NS | NS | ** | ** | ** | NS |
| 6 | NS | NS | NS | * | ** | ** | NS |
| 7 | * | NS | NS | ** | ** | ** | * |
| 8 | NS | NS | * | * | * | * | ** |
| 9 | * | NS | NS | ** | * | ** | * |
| 10 | ** | ** | * | ** | ** | ** | * |
| 11 | ** | * | ** | NS | NS | NS | ** |
| 12 | NS | * | * | NS | NS | NS | ** |
| 13 | NS | * | NS | NS | NS | NS | ** |
| 14 | * | * | * | * | NS | NS | ** |

En el Cuadro 8 se presentan los promedios de producción de materia seca de hojas y tallos por árbol y por hectárea por tratamiento en cada poda.

El análisis combinado para las 14 podas muestra diferencias significativas al 0.01 entre podas y entre tratamientos para el peso de hojas y tallos por árbol y por hectárea. La interacción Tratamiento*Poda no fue significativa, lo cual indica que la respuesta a los espaciamientos siguió la misma tendencia en todas las cosechas. También se detectaron diferencias entre podas para el diámetro de los árboles, que muestran una tendencia a mayor diámetro al aumentar la edad de los árboles.

Los rendimientos a través del tiempo (Cuadro 6) no indican una tendencia definida que se pueda atribuir al crecimiento de los árboles (p. ej. aumento en diámetro del tallo y extensión del sistema radical, que genera mayor capacidad de emisión de ramas y follaje). Es posible que haya alguna respuesta al clima, especialmente a la distribución de las lluvias.

Cuadro 6. Promedio de rendimientos de *Erythrina poeppigiana*, por cosecha, expresados en kg/árbol y en kg/ha.

| Poda | PRODUCCION POR ARBOL | | | PRODUCCION POR AREA (kg/ha) | | |
|------|----------------------|----------|---------|-----------------------------|----------|----------|
| | PSHojas | PSTallos | PSArbol | Hojas | Tallos | TOTAL |
| 1 | 0.6451 | 0.6358 | 1.2809 | 557.865 | 586.889 | 1144.753 |
| 2 | 1.5522 | 2.0537 | 3.6058 | 1222.833 | 1606.663 | 2829.496 |
| 3 | 3.6417 | 4.8065 | 8.4482 | 2893.209 | 3510.823 | 6404.032 |
| 4 | 1.8662 | 2.4470 | 4.3131 | 1481.640 | 1937.230 | 3418.870 |
| 5 | 1.1782 | 1.4571 | 2.6353 | 956.926 | 1142.450 | 2099.376 |
| 6 | 2.9646 | 3.9320 | 6.8966 | 2256.480 | 3083.810 | 5340.290 |
| 7 | 0.8585 | 0.5644 | 1.4229 | 703.783 | 463.880 | 1167.663 |
| 8 | 2.5596 | 1.5627 | 4.1223 | 2011.130 | 1247.156 | 3258.286 |
| 9 | 2.3329 | 2.8369 | 5.1698 | 1796.919 | 2198.297 | 3995.216 |
| 10 | 2.3608 | 3.6073 | 5.9681 | 1735.224 | 2648.595 | 4383.819 |
| 11 | 2.3942 | 3.6569 | 6.0511 | 1759.316 | 2779.135 | 4538.451 |
| 12 | 1.4690 | 1.2063 | 2.6753 | 1103.739 | 904.377 | 2008.116 |
| 13 | 3.5783 | 3.8255 | 7.4039 | 2676.749 | 2828.816 | 5505.565 |
| 14 | 2.3502 | 2.4820 | 4.8322 | 1768.374 | 1842.793 | 3611.167 |

Los promedios de producción por árbol y por tratamiento indican que a medida que aumenta el espaciamiento desde 6x1 hasta 6x3 se obtiene una mayor producción por árbol; al pasar de 6x3 a 6x4 la producción por árbol se reduce (Cuadro 7). En el análisis de varianza esto se evidencia por un efecto lineal altamente significativo y un efecto cuadrático significativo para el peso de hojas, de tallos y la suma de éstos por árbol (Fig. 4).

Para las producciones por hectárea se encontró un efecto lineal altamente significativo que indica una tendencia a reducir los rendimientos a medida que aumenta el espaciamiento entre árboles (Fig. 5). Esto significa que el aporte de materia orgánica al suelo fue mayor cuando los árboles estaban a menor distancia a lo largo de la hilera.

Cuadro 7. Producción de materia seca de *Erythrina poeppigiana*, para cuatro espaciamientos entre árboles.

| Trata- miento | PRODUCCION POR ARBOL | | | PRODUCCION POR AREA (kg/ha) | | |
|------------------|----------------------|--------|--------|-----------------------------|----------|----------|
| | Hojas | Tallos | Arbol | Hojas | Tallos | Total |
| 6x1 | 1.4442 | 1.6161 | 3.0581 | 2403.258 | 2693.553 | 5096.812 |
| 6x2 | 2.0383 | 2.4490 | 4.4873 | 1698.612 | 2040.842 | 3739.454 |
| 6x3 | 2.5646 | 3.1364 | 5.7010 | 1424.757 | 1742.457 | 3167.214 |
| 6x4 | 2.4555 | 2.8196 | 5.2751 | 1023.140 | 1174.838 | 2197.978 |

Cuadro 8. Peso seco de hojas y tallos de Erythrina poeppigiana, por árbol y por hectárea para cada espaciamiento y poda. CATIE, 1986-1992.

| PODA | TRAT | PSHOJAS | PSTALLO | PSARBOL | KHHOJAS | KHTALLO | BIOMASA |
|------|------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| 1 | 1 | 0.6254 | 0.7835 | 1.5006 | 1042.312 | 1305.817 | 2348.129 |
| 1 | 2 | 0.6524 | 0.5059 | 0.9172 | 543.703 | 421.546 | 965.248 |
| 1 | 3 | 0.7393 | 0.7041 | 0.8687 | 410.746 | 391.183 | 801.929 |
| 1 | 4 | 0.5633 | 0.5496 | 1.1045 | 234.697 | 229.010 | 463.706 |
| 2 | 1 | 1.1565 | 1.4824 | 2.6390 | 1927.529 | 2470.760 | 4398.289 |
| 2 | 2 | 1.4155 | 1.8454 | 3.2610 | 1179.618 | 1537.857 | 2717.475 |
| 2 | 3 | 1.9550 | 2.7588 | 4.7138 | 1086.091 | 1532.692 | 2618.783 |
| 2 | 4 | 1.7001 | 2.1375 | 3.8376 | 708.386 | 890.633 | 1599.020 |
| 3 | 1 | 2.8502 | 2.9432 | 5.7933 | 4750.310 | 4905.276 | 9655.586 |
| 3 | 2 | 3.3094 | 4.0535 | 7.3629 | 2757.827 | 3377.947 | 6135.775 |
| 3 | 3 | 4.0443 | 4.7845 | 8.8288 | 2246.862 | 2658.038 | 4904.900 |
| 3 | 4 | 4.3628 | 7.4449 | 11.8077 | 1817.839 | 3102.029 | 4919.868 |
| 4 | 1 | 1.3600 | 1.8085 | 3.1685 | 2266.644 | 3014.214 | 5280.858 |
| 4 | 2 | 2.0011 | 2.4438 | 4.4449 | 1667.598 | 2036.517 | 3704.115 |
| 4 | 3 | 2.0340 | 2.8203 | 4.8544 | 1130.020 | 1566.843 | 2696.863 |
| 4 | 4 | 2.0695 | 2.7152 | 4.7847 | 862.298 | 1131.345 | 1993.643 |
| 5 | 1 | 0.9664 | 0.9887 | 1.9552 | 1610.788 | 1647.899 | 2068.796 |
| 5 | 2 | 1.1303 | 1.5280 | 2.6583 | 941.950 | 1273.337 | 1096.259 |
| 5 | 3 | 1.3358 | 1.9632 | 3.2990 | 742.135 | 1090.649 | 563.379 |
| 5 | 4 | 1.3200 | 1.4323 | 2.7522 | 549.995 | 596.775 | 766.728 |
| 6 | 1 | 1.8214 | 2.7069 | 4.5283 | 3035.747 | 4511.493 | 7547.240 |
| 6 | 2 | 2.8296 | 3.9066 | 6.7362 | 2358.016 | 3255.500 | 5613.516 |
| 6 | 3 | 4.5500 | 5.5252 | 10.0752 | 2527.761 | 3069.568 | 5597.329 |
| 6 | 4 | 2.8406 | 3.8438 | 6.6844 | 1183.577 | 1601.600 | 2785.177 |
| 7 | 1 | 0.6679 | 0.4592 | 1.1271 | 1113.100 | 765.379 | 1878.479 |
| 7 | 2 | 1.0040 | 0.6093 | 1.6133 | 836.697 | 507.768 | 1244.465 |
| 7 | 3 | 0.8427 | 0.6605 | 1.5031 | 468.153 | 366.926 | 835.080 |
| 7 | 4 | 0.9424 | 0.5776 | 1.5201 | 392.685 | 240.683 | 633.368 |
| 8 | 1 | 1.7705 | 1.1058 | 2.8763 | 2950.887 | 1842.935 | 4793.821 |
| 8 | 2 | 2.8053 | 1.7195 | 4.5248 | 2337.790 | 1432.918 | 3770.708 |
| 8 | 3 | 2.7207 | 1.9936 | 4.7143 | 1511.492 | 1107.572 | 2619.064 |
| 8 | 4 | 3.0325 | 1.4944 | 4.5269 | 1263.520 | 622.668 | 1886.188 |
| 9 | 1 | 1.5219 | 1.8220 | 3.3440 | 2536.559 | 3036.726 | 5573.285 |
| 9 | 2 | 2.5006 | 3.1604 | 5.6610 | 2083.856 | 2633.676 | 4717.532 |
| 9 | 3 | 2.6350 | 3.4556 | 6.0906 | 1463.862 | 1919.777 | 3383.639 |
| 9 | 4 | 2.7004 | 2.9319 | 5.6322 | 1125.150 | 1221.607 | 2346.757 |
| 10 | 1 | 1.3763 | 1.7813 | 3.1575 | 2293.760 | 2968.785 | 5262.546 |
| 10 | 2 | 1.9431 | 3.9056 | 5.8487 | 1619.234 | 3254.658 | 4873.893 |
| 10 | 3 | 3.5146 | 5.2270 | 8.7416 | 1952.569 | 2903.902 | 4856.470 |
| 10 | 4 | 2.6374 | 3.5097 | 6.1471 | 1098.917 | 1462.376 | 2561.293 |
| 11 | 1 | 1.3422 | 2.2630 | 3.6052 | 2236.985 | 3771.629 | 6008.614 |
| 11 | 2 | 2.3174 | 3.7284 | 6.0459 | 1931.202 | 3107.017 | 5038.219 |
| 11 | 3 | 2.9438 | 4.1766 | 7.3615 | 1635.461 | 2454.257 | 4089.718 |
| 11 | 4 | 2.9800 | 4.2057 | 7.1856 | 1241.653 | 1752.367 | 2994.020 |
| 12 | 1 | 0.9293 | 0.7478 | 1.6772 | 1548.895 | 1246.360 | 2795.255 |
| 12 | 2 | 1.3143 | 1.0919 | 2.4051 | 1095.252 | 908.990 | 2004.242 |

| | | | | | | | |
|----|---|--------|--------|--------|----------|----------|----------|
| 12 | 3 | 1.6903 | 1.4516 | 3.1419 | 939.062 | 806.432 | 1745.494 |
| 12 | 4 | 1.9302 | 1.5244 | 3.4546 | 804.231 | 635.179 | 1439.409 |
| 13 | 1 | 2.2012 | 2.0601 | 4.2613 | 3668.630 | 3433.568 | 7102.199 |
| 13 | 2 | 3.2150 | 3.8354 | 7.0504 | 2679.180 | 3196.128 | 5875.308 |
| 13 | 3 | 4.3116 | 5.2325 | 9.5441 | 2395.322 | 2906.966 | 5302.289 |
| 13 | 4 | 4.6103 | 4.2282 | 8.8384 | 1920.956 | 1761.730 | 3682.686 |
| 14 | 1 | 1.4280 | 1.4761 | 2.9041 | 2380.053 | 2460.107 | 4840.160 |
| 14 | 2 | 2.1909 | 1.9967 | 4.1876 | 1825.781 | 1663.892 | 3489.672 |
| 14 | 3 | 2.8643 | 3.2980 | 6.1623 | 1591.273 | 1832.219 | 3423.492 |
| 14 | 4 | 2.8770 | 3.0867 | 5.9637 | 1198.759 | 1286.135 | 2484.894 |

Por concluir:

1. Efecto de precipitación y radiación sobre producción de cada poda.
2. Efecto de tiempo entre podas sobre producción de cada poda.
3. Cantidad de N, P y K en tejidos de árboles, por ha Vs.

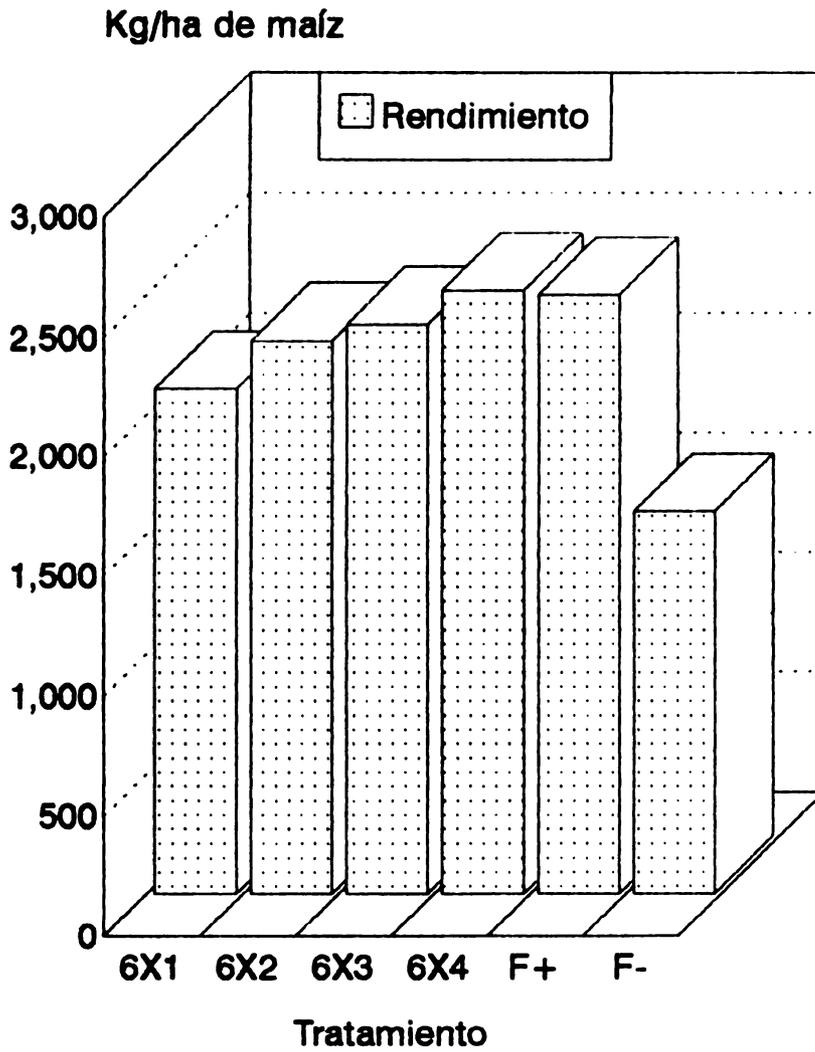


Figura 1. Rendimientos de maíz, en Kg/ha, por tratamiento. CATIE, 1986-1992.

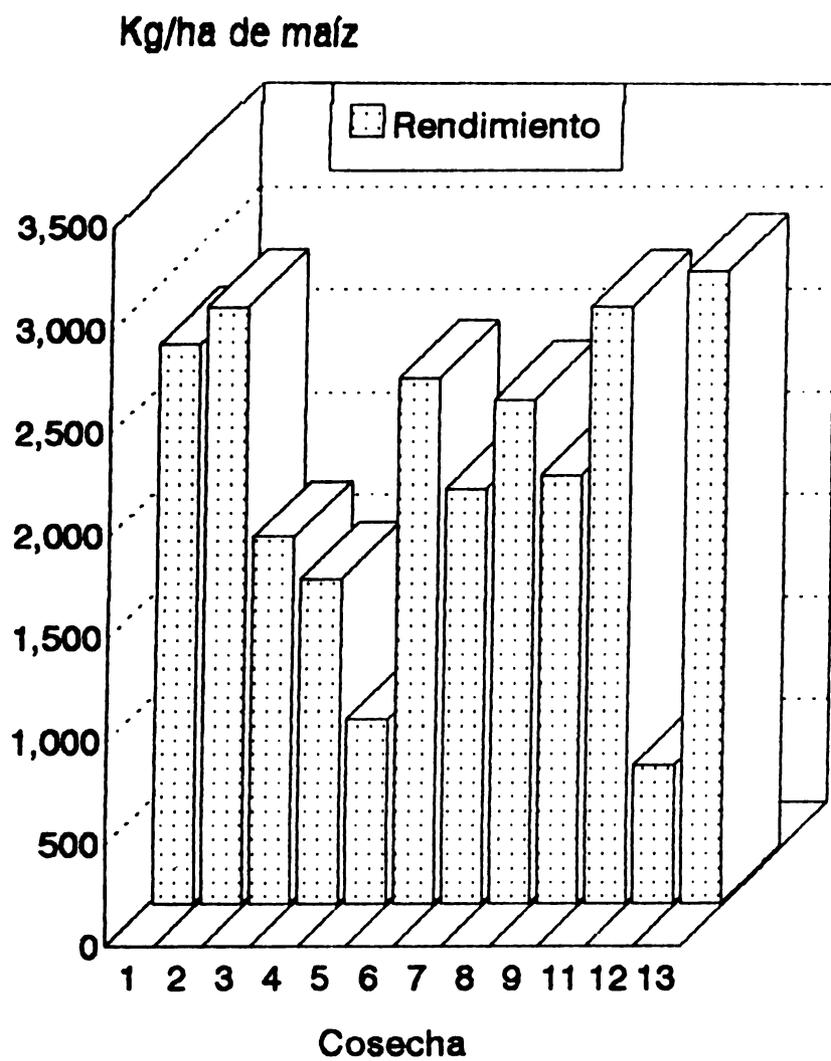


Figura 2. Rendimiento de doce cosechas de maíz, kg/ha, en cultivo en callejones. CATIE, 1986-1992.

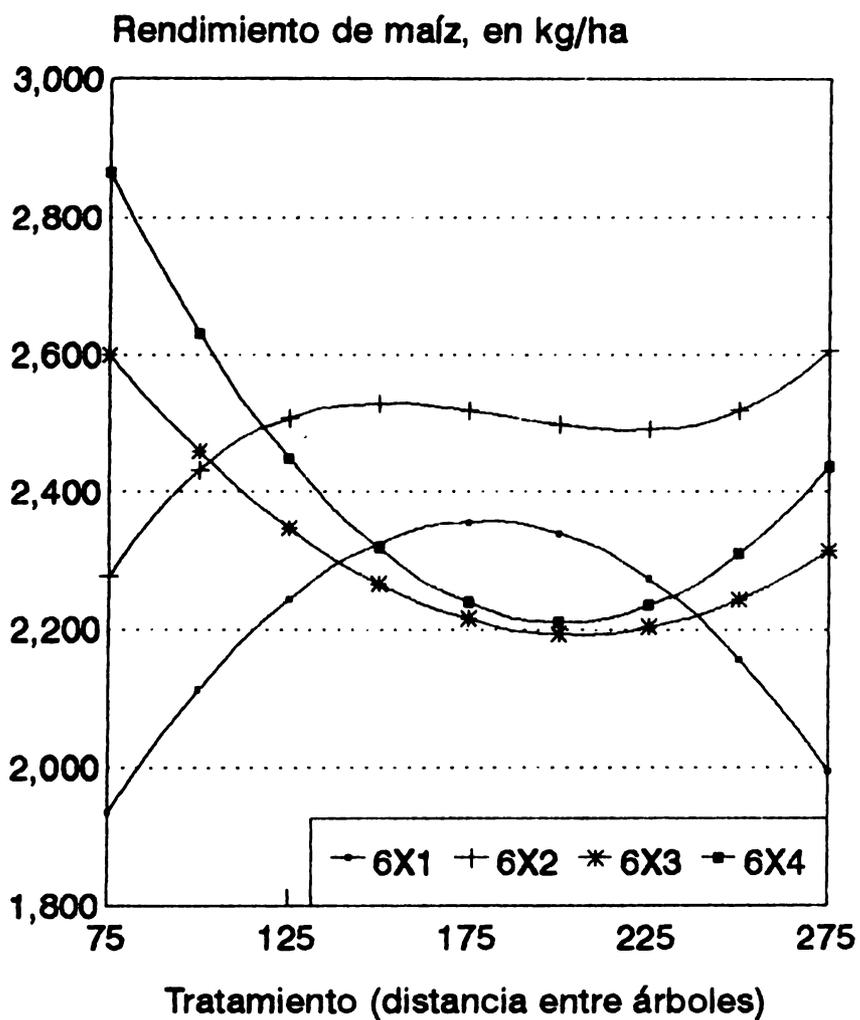


Figura 3. Rendimiento de surcos de maíz a diferentes distancias con relación a la hilera de árboles. CATIE, 1986-1992

Producción en kg/árbol

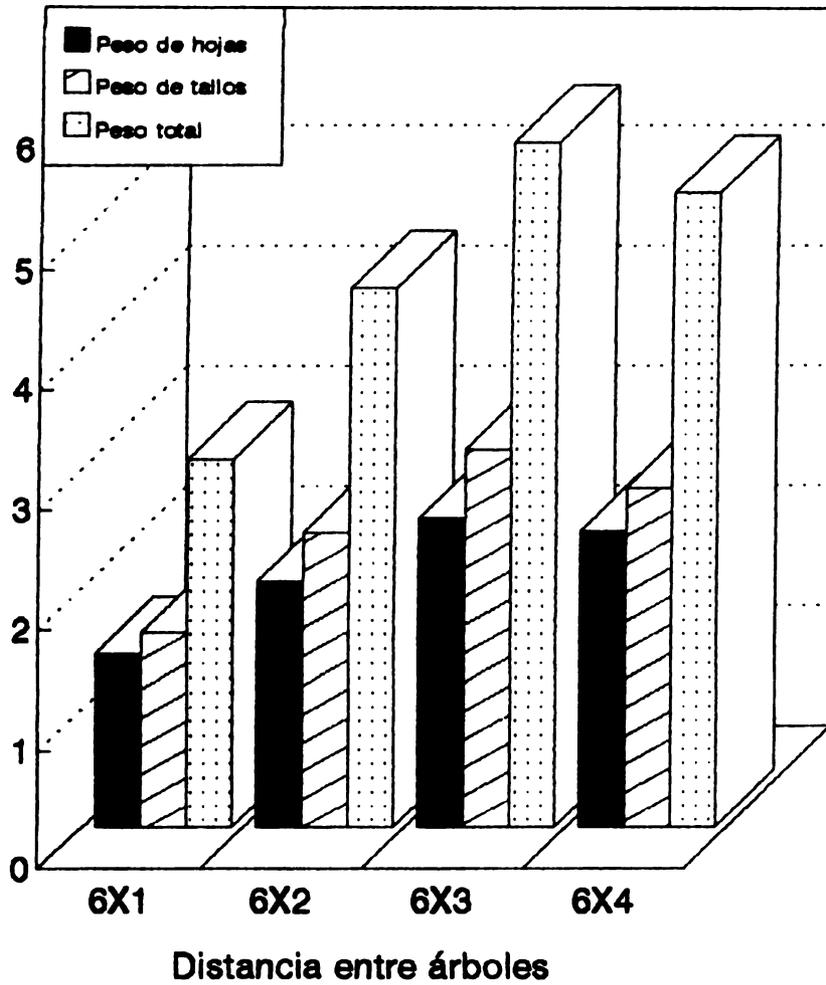


Figura 4. Producción de Erythrina por árbol para cuatro distancias entre árboles. CATIE, 1986-1992.

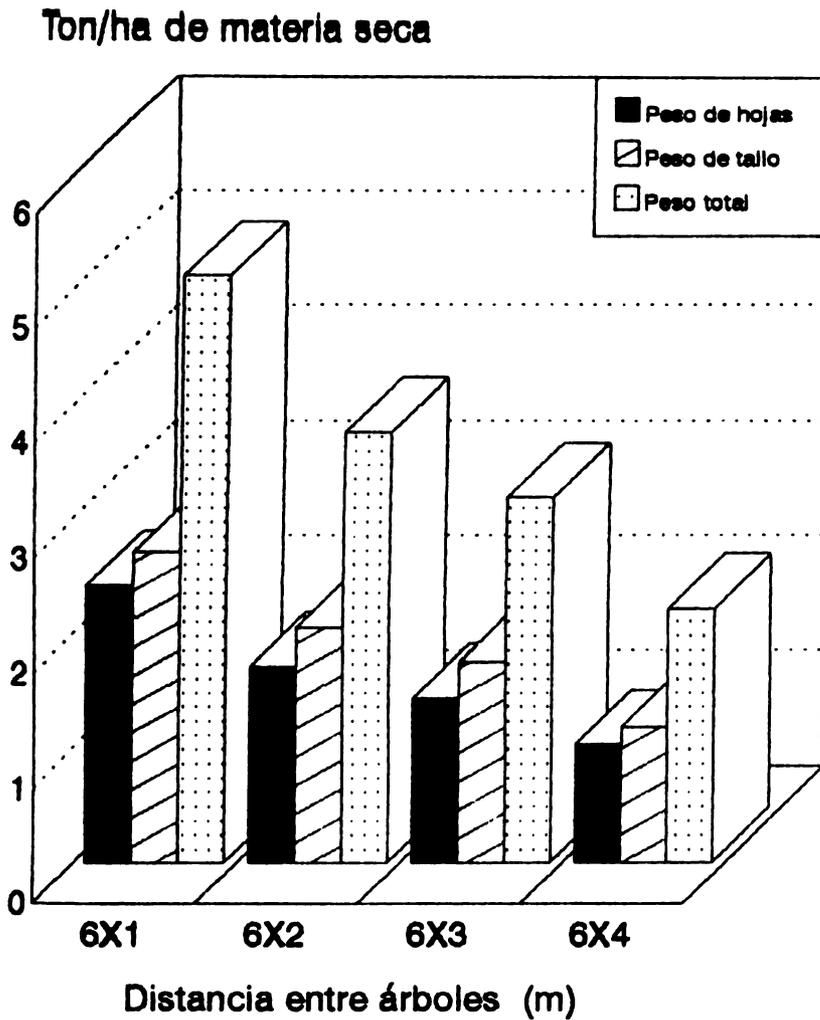


Figura 5. Producción de *Erythrina poeppigiana*, en kg/ha, para cuatro distancias entre árboles. CATIE, 1986-1992.

SISTEMAS SILVOPASTORILES

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PASTO ESTRELLA AFRICANA (Cynodon nlemfuensis) ASOCIADO A Gliricidia sepium Y Leucaena leucocephala EN CONDICIONES DE PASTOREO EN EL TROPICO SECO

JUSTIFICACION

La concepción teórica de un sistema silvopastoril está sustentada en un sistema de interacción dinámica entre los elementos que lo componen: el árbol, el pasto y el animal. La experiencia de investigación en este campo se ha concentrado hasta el presente en la investigación de las relaciones bilaterales entre el árbol y el animal, o entre el árbol y la pastura o entre la pastura y el animal, pero sin la visión integral de las interrelaciones tripartitas árbol-pasto-animal. Por otra parte, la mayor parte de las experiencias generadas en el CATIE en este campo, se han realizado en condiciones de trópico húmedo.

Con el presente trabajo se pretende evaluar el comportamiento del pasto estrella africana (Cynodon nlemfuensis), bajo la sombra de árboles de Gliricidia sepium y de Leucaena leucocephala, incluyendo un testigo sin árboles y bajo condiciones de pastoreo. Con este trabajo se evaluará la factibilidad de establecer árboles en pasturas, como respuesta a la necesidad de la aplicación de sistemas que suministren al pequeño productor tecnologías de bajos insumos que incrementen la productividad de sus sistemas y a la vez intervengan positivamente en la sostenibilidad de los mismos. Se pretende con estos sistemas que el árbol sea un elemento que juegue el importante papel de recirculador de elementos minerales importantes en los suelos, que favorezcan directamente la productividad de las pasturas, e indirectamente la productividad de los animales.

OBJETIVOS

- Evaluar la productividad, calidad nutricional y persistencia de la pastura bajo la sombra de árboles de Gliricidia y Leucaena, en condiciones de pastoreo.
- Evaluar el establecimiento y la productividad de los árboles de Gliricidia y Leucaena en condiciones de trópico seco, bajo el sistema de dos podas anuales (inicio y finalización del invierno), en cuanto a cantidad y calidad de biomasa aportada al suelo y leña producida.
- Evaluar la capacidad de carga de los diferentes tratamientos indirectamente a través de la disponibilidad de biomasa producida por las pasturas.

METODOLOGIA

El ensayo se estableció en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez del Ministerio de Agricultura, situada en el Cantón de Cañas, en la Provincia de Guanacaste.

Se tomó un área de 1.25 ha (100 x 125 m) de pasto estrella africana y se dividió en 15 parcelas de 30 x 25 m para alojar los tres tratamientos. Consecuentemente, el diseño correponderá a uno irrestrictamente al azar (DIA) con tres tratamientos y cinco repeticiones.

Los tratamientos son:

| | | |
|----------------|---|---|
| T ₁ | = | Pasto con árboles de Gliricidia a 6 x 5 m |
| T ₂ | = | Pasto con árboles de Leucaena a 6 x 5 m |
| T ₃ | = | Pasto sin árboles |

Para el establecimiento de los árboles de Gliricidia y Leucaena se usaron arbolitos comprados en la zona. Después del primer año de plantados los árboles, se iniciaron los pastoreos con una frecuencia adaptada a la especie (28 días), utilizando el concepto de carga instantánea para determinar la intensidad del pastoreo. Para ello se monitorea la disponibilidad de pasto y el concepto de manejo controlado para establecer la intensidad del pastoreo.

No hay divisiones con cercas de alambre entre los tratamientos, por lo que las mediciones de carga se harán indirectamente por la diferencia entre disponibilidad y residuo no consumido de la pastura.

La biomasa no leñosa, producto de la poda de los árboles se dejará en el sitio para que se incorpore al suelo, por lo que las podas deberán realizarse después de un pastoreo para que los animales no la consuman.

El ensayo tendrá una duración mínima de cinco años, y podrá utilizarse el análisis incluyendo observaciones en el tiempo para determinar el efecto de la presencia del árbol en el tiempo.

Las variables a medir son:

En el árbol:

Porcentaje de sobrevivencia
 Producción y calidad de biomasa total y comestible cada
 6 meses
 Producción de leña cada 6 meses

En el pasto:

Composición botánica al inicio y cada año
 Disponibilidad antes de cada pastoreo/tratamiento
 Residuo después de cada pastoreo/tratamiento
 Calidad del pasto consumido
 Capacidad de carga

En el suelo:

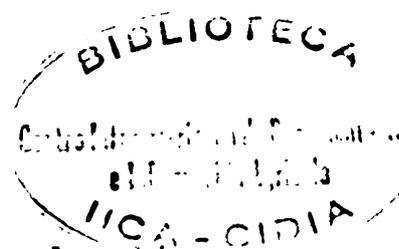
Determinación de fertilidad al inicio y cada año
 Determinación de compactación al inicio y cada año

MATERIALES

- 125 arbolitos de Gliricidia.
- 125 arbolitos de Leucaena.
- 400 m de cerca a 4 hilos por cada ha de pasto.
- Herramientas adecuadas para la siembra de los árboles y el establecimiento de las cercas.
- Marcos de hierro para las determinaciones de disponibilidad de forraje y composición botánica.
- Balanza para pesar muestras en el campo.
- Animales para realizar los pastoreos.

El experimento se inició con el establecimiento de los árboles y la construcción de las cercas para impedir la entrada del ganado, en el mes de setiembre de 1991. No se realizó ninguna poda de los mismos durante el primer año. Durante este lapso no se pastoreó el pastizal, pero este fue cortado de acuerdo a las necesidades de manejo de los mismos. Gliricidia presentó una alta mortalidad (58%), por lo cual se hizo una resiembra con acodos enraizados en agosto de 1992. Se tomaron los datos y muestras correspondientes de suelos, composición botánica, disponibilidad antes y después de cada corte y se evaluó su calidad nutricional. El pastoreo se inició a partir del momento adecuado después del comienzo de las lluvias de 1992.

RESPONSABLES: Romeo Solano y Edgar Víquez.



RESULTADOS

Al año de establecidos los árboles, se les hizo una poda de formación y se evaluó el crecimiento y la producción de biomasa (3a semana de setiembre, 1992).

Se hizo un primer pastoreo de nivelación del 25 al 28 de agosto de 1992, con 26 novillos de aproximadamente 2 años. En este no se evaluó la producción del pasto. Se presentó un mayor daño en los árboles de Leucaena. Un segundo pastoreo se realizó del 21 al 23 de setiembre de 1992. Tampoco se evaluó el pasto.

Con el tercer pastoreo, se dan inicio las mediciones en el pasto. Esto se realizó del 6 al 9 de noviembre y con 28 animales equivalentes a 29.75 u. animal para una carga de 2.5 u.a./ha/año. El consumo promedio fue equivalente al 21% de la disponibilidad, por lo que para futuros pastoreos se nivelará la carga animal o se aumentará el período de pastoreo. El pasto se muestreó un día antes y después del pastoreo, y se separó en gramíneas y hoja ancha. También se pesó la boñiga y se anotó la frecuencia del salivazo (Aeneolamia spp.) en cada subparcela de muestreo. Los resultados de este pastoreo se presentan en el Cuadro 1.

No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos antes del pastoreo en cuanto a producción de pasto. Se encontraron diferencias altamente significativas en peso seco de plantas de hoja ancha entre tratamientos; el testigo mostró un promedio significativamente menor que las parcelas con árboles (713, 550 y 292 kg/ha de materia seca para Leucaena, Gliricidia y testigo, respectivamente).

Después del pastoreo se encontraron diferencias significativas en el peso seco del pasto debidas a la comparación entre el testigo, que mostró los mayores valores (7430 kg/ha) en comparación con las parcelas con árboles (6267 y 5903 kg/ha para Gliricidia y Leucaena, respectivamente).

Se encontraron diferencias significativas en el consumo de pasto entre el promedio de las parcelas con sombra de leucaena y el testigo (prueba de Duncan) y entre el promedio de las parcelas con árboles y el testigo (2337.7 vs 474.6 kg/ha).

Teniendo en cuenta que antes del pastoreo el promedio de peso de pasto sin árboles, es menor que el de los tratamientos con árboles y que el consumo en las parcelas testigo es significativamente menor que en los tratamientos con árboles, se concluye que hay una ventaja notable en los tratamientos con árboles.

Teniendo en cuenta los coeficientes de variación (Cuadro 1) y las varianzas entre muestras y entre parcelas, es recomendable aumentar el número de muestras por parcela, especialmente para la estimación de hoja ancha.. Esto se debe a que al calcular el pasto consumido se está tomando la diferencia entre dos promedios de muestras y la varianza esperada es igual a la suma de las varianzas de "antes" y "después".

En el Cuadro 2 se presentan los valores de digestibilidad in vitro, proteína cruda, porcentaje de fibra detergente ácido y porcentaje de materia seca para el pasto y hoja ancha. Se puede apreciar que la hoja ancha (Desmodium spp.) presenta valores mayores de digestibilidad en un 40% con respecto al pasto, y de un 269% superior en contenido de proteína cruda. El porcentaje de materia seca se considera alto para el pasto (promedio de 42.4%) y normal para hoja ancha (aproximadamente 26%).

Cuadro 1: Promedios y diferencias entre tratamientos según la prueba de Duncan, para los resultados del muestreo antes y después del primer pastoreo. Noviembre, 1992. (peso en base seca).

| Tratamiento | muestreo antes pastoreo | | | muestreo después pastoreo | | | consumo | |
|-------------|-------------------------|------------------|-------------------|---------------------------|------------------|----------------|---------------|------------------|
| | pasto (kg/ha) | h. ancha (kg/ha) | frecuen. salivazo | pasto (kg/ha) | h. ancha (kg/ha) | boñiga (kg/ha) | pasto (kg/ha) | h. ancha (kg/ha) |
| Gliricidia | 8490.5 A | 550.1 AB | 1.50 A | 6266.7 AB | 597.2 A | 103.42 A | 2087.9 AB | -47.1 A |
| Leucaena | 8354.6 A | 712.8 A | 1.55 A | 5903.0 B | 589.5 A | 43.59 A | 2587.5 A | 123.4 A |
| Testigo | 7904.4 A | 292.3 B | 1.90 A | 7429.9 A | 509.3 A | 48.98 A | 474.6 B | -217.1 A |
| C.V. | 23.45 | 56.98 | | 25.41 | 66.11 | | | |

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes

Cuadro 2: Resultados del análisis de calidad de biomasa en el pasto. Primer muestreo, Noviembre 1992. Cañas, Guanacaste.

| Tratamiento | componente biomasa | DIVMS % | P.C. % | F.D.A. % | M.S. % |
|-------------|--------------------|---------|--------|----------|--------|
| Gliricidia | pasto | 33.6 | 5.4 | 47.12 | 43.4 |
| | H. ancha | 48.8 | 20.2 | 37.93 | 26.2 |
| Leucaena | pasto | 38.7 | 4.3 | 44.78 | 41.0 |
| | H. ancha | 51.9 | 16.6 | 37.92 | 27.3 |
| Testigo | pasto | 40.5 | 4.8 | 42.71 | 42.8 |
| | H. ancha | 57.6 | 16.7 | 34.88 | 24.5 |

DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca

P.C. = Proteína cruda

F.D.A. = Fibra detergente ácido

M.S. = Materia seca

LABORATORIO DE SUELOS

Responsable: Roberto Díaz-Romeu

EL LABORATORIO DE SUELOS COMO APOYO A LA INVESTIGACION
AGROFORESTAL DEL PROYECTO SAREC/CATIE/NICARAGUA

INVESTIGACION EN METODOLOGIAS ANALITICAS EN SUELOS Y TEJIDOS
VEGETALES

SUELOS

El Laboratorio de Suelos ha realizado determinaciones de retención de fósforo en diferentes suelos y usando diferentes metodologías, con el objetivo de encontrar una metodología que se adapte lo mejor posible a análisis rutinarios de laboratorio. Una de estas metodologías es la de Isotermas de Adsorción descrita por Fox y Kamprath (1970), la cual consiste en agregar cantidades crecientes de fósforo, incubar por seis días a temperatura constante de 25°C con agitación dos veces por día por 30 minutos y medir al final del período de incubación el fósforo remanente en la solución. Se calcula posteriormente el fósforo adsorbido y el porcentaje de retención del elemento. Otra metodología es la de Carolina del Norte, descrita por Waugh y Fitts (1968) la cual consiste en agregar cantidades crecientes de fósforo al suelo, dejar la muestra en reposo durante 4 a 7 días para incubación y secamiento y luego extraer el fósforo disponible en el suelo por el método rutinario utilizado en el laboratorio.

La tercera metodología con la que se ha trabajado es la descrita por Saunders (1965), Blackemore *et al* (1987), y el International Soil Reference and Information Centre de Holanda (1992). Esta metodología, conocida como método de Nueva Zelanda, consiste en agregar una cantidad de fósforo al suelo (1000 mg PL^{-1}), agitar en un agitador horizontal por 16 horas continuas, y determinar el fósforo remanente en solución. Con base en los resultados se calcula el porcentaje de retención del elemento.

En el Cuadro 1, se presentan los datos donde se observa la relación que existe entre la retención de fósforo determinada por el método de isotermas de adsorción y el de Carolina del Norte. En el Cuadro 2, se presentan los datos donde se observa esta misma relación pero entre los métodos de isotermas de adsorción y el método de Nueva Zelanda.

Cuadro 1. Retención de fósforo por los métodos de Isotermas de adsorción y Carolina del Norte.

| Suelo | Porcentaje de Retención de Fósforo Isotermas | Carolina del Norte |
|-------|---|--------------------|
| S-09 | 99.5 | 84.8 |
| S-07 | 98.6 | 84.4 |
| G-17 | 94.3 | 91.1 |
| O-21 | 68.0 | 85.9 |
| M-22 | 54.0 | 60.8 |
| O-25 | 79.8 | 83.2 |
| T-26 | 48.5 | 65.5 |
| M-27 | 84.3 | 69.1 |
| O-29 | 52.6 | 64.9 |
| S-31 | 99.7 | 92.4 |
| S-32 | 99.8 | 84.8 |
| U-33 | 88.5 | 82.8 |
| U-34 | 89.0 | 68.7 |
| L-35 | 59.6 | 71.6 |
| LC-38 | 61.8 | 91.8 |
| LC-39 | 67.8 | 70.8 |
| SC-40 | 91.1 | 96.0 |
| G-16 | 96.4 | 82.8 |
| SC-42 | 75.8 | 77.5 |
| SC-45 | 72.6 | 73.4 |
| T-11 | 78.7 | 77.8 |

Ecuación de Regresión: $Y_{CN} = 49.241 + 0.377 X_I$

$$r^2 = 0.403$$

$$r = 0.635^{**}$$

Cuadro 2. Retención de fósforo por los métodos de Isotermas de adsorción y Nueva Zelanda.

| Suelo | Porcentaje de Retención de Fósforo Isotermas | Nueva Zelanda |
|-------|---|---------------|
| S-02 | 85.9 | 62.0 |
| M-06 | 72.5 | 33.7 |
| G-16 | 96.4 | 70.0 |
| S-20 | 90.0 | 70.9 |
| O-21 | 68.0 | 31.6 |
| T-24 | 53.7 | 29.3 |
| T-26 | 48.5 | 20.4 |
| M-27 | 84.3 | 44.8 |
| S-30 | 94.6 | 70.9 |
| S-32 | 99.8 | 76.6 |
| LC-38 | 61.8 | 42.3 |
| LC-39 | 67.8 | 38.7 |

$$\text{Ecuación de regresión: } Y_{NZ} = (-32.669) + 1.063 X_I$$

$$r^2 = 0.870$$

$$r = 0.933***$$

De acuerdo a los resultados del Cuadro 1, se puede indicar que no existe una buena correlación entre estos dos métodos de determinación de retención de fósforo. Es interesante observar que los suelos que son bajos fijadores presentan valores menores con el método de isotermas que con el método de Carolina del Norte, mientras que con valores altos de fijación ocurre lo contrario. Se considera que debe tomarse en cuenta el mecanismo de los métodos, ya que en el caso de las isotermas, el suelo permanece húmedo todo el tiempo, mientras que en el caso del método de Carolina del Norte, se produce inicialmente un humedecimiento del suelo y posteriormente se lleva a sequedad lo cual puede afectar los resultados del fósforo extraído. Se ha observado en el laboratorio al realizar curvas de retención, que el tratamiento humedecido solo con agua destilada presenta en algunos suelos valores más bajos que el análisis original del suelo. Este es un aspecto que deberá estudiarse con mayor detalle. Se ha encontrado también que la variabilidad de los datos obtenidos con el método de Carolina del Norte es menor que la obtenida con el método de las isotermas. Podría decirse que el uso del método de las isotermas está limitado a laboratorios de investigación debido a que el tiempo de incubación de 6 días requerido y la precisión necesaria para determinar cantidades muy bajas

de fósforo (menos de 1 ppm) previene su uso rutinario en laboratorios que se dedican a análisis con fines de recomendaciones de fertilizantes y enmiendas. En el caso del método de Carolina del Norte, se podrían realizar estudios para determinar el efecto de secamiento por períodos diferentes desde 4 hasta 7 días, para determinar cuál sería el período adecuado de secamiento en suelos con diferentes características físico-químicas.

Los datos del Cuadro 2 muestran que existe buena correlación entre los métodos de isoterma y el de Nueva Zelanda. Los datos obtenidos por este último método son más bajos que los obtenidos por el de isoterma. Esto se explica por el hecho de que el tiempo de contacto o agitación en el método de Nueva Zelanda es de 16 horas, el cual es un período mucho menor al de 6 días determinado por Fox y Kamprath (1970), para alcanzar el equilibrio en el método de isoterma.

Se considera que este método es más viable a utilizar en análisis de rutina en un laboratorio de análisis de suelos, debido a que es más fácil de realizar, requiere menos tiempo, y se pueden hacer determinaciones en un número alto de suelos a la vez. Se pueden realizar investigaciones combinando el método de Carolina del Norte con el de Nueva Zelanda, de manera de obtener el porcentaje de fijación de fósforo en el suelo y determinar la cantidad de fósforo que se necesitaría agregar a un suelo para obtener 0.2 ppm del elemento en solución (requerimiento externo), el cual se considera como suficiente para obtener buenos rendimientos en un gran número de cultivos. Hay cultivos que requieren una cantidad mayor (lechuga, por ejemplo: 0.4 ppm), pero existen otros con requerimiento externo de fósforo menor como el camote (0.10 ppm), sorgo a la madurez (0.05 ppm), arroz inundado al inicio del crecimiento (0.10 ppm), repollo a la madurez (0.04 ppm), etc. Los requerimientos externos generalmente son más altos en las etapas tempranas del crecimiento y disminuyen con la madurez.

Debido al menor tiempo de contacto con el suelo, las cantidades de fósforo en solución se espera que sean mayores en el método de Nueva Zelanda que en el método de isoterma y por lo tanto, las cantidades a determinar presentaran menor problema de detección. Se debe tener en cuenta para este tipo de investigación que las cantidades de fósforo fijado por los suelos dependen de varios factores entre los que se pueden mencionar: la mineralogía de arcillas, contenido de arcilla, contenido de coloides amorfos a rayos X, aluminio intercambiable y materia orgánica, por lo cual la caracterización de los suelos con los que se trabaje debe ser lo más completa posible.

LITERATURA CITADA

- BLACKEMORE, L.C.; SEARLE, P.L.; DALY, B.K. 1987. Methods for chemical analysis of soil. New Zealand Soil Bureau. Scientific Report No. 80. 103 p.
- FOX, R.L. and KAMPRATH, E. J. 1970. Phosphorus sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Science Society of America Proceedings (EE.UU.) 34:902-907.
- INTERNATIONAL SOIL REFERENCE AND INFORMATION CENTRE (ISRIC). 1992. Procedures for soil analysis. L.P. van Reeuwijk, Ed. Third edition. Wageningen, The Netherlands.
- SAUNDERS, V.M.H. 1965. Phosphate retention by New Zealand soils and its relationships to free sesquioxides, organic matter and other soil properties. NZ Journal of Agric. Research 8:30-57.
- WAUGH, D.L. y FITTS, J. W. 1966. Estudios de interpretación de análisis de suelos; laboratorio y macetas. Bol. Tech. No. 3, Univ. Carolina del Norte, Raleigh, N.C.

Tejidos Vegetales

Se trabajó con tres métodos de análisis para la determinación de nitrógeno, fósforo y potasio en tejidos vegetales. Para la determinación de nitrógeno se compararon el método semimicro Kjeldahl (Kj) (Müller, 1961), cuya solución digestora está compuesta de ácido sulfúrico, sulfato de potasio, selenito de sodio, sulfato de cobre y óxido de mercurio, y la mezcla sulfo selénica (SS), cuya solución digestora está compuesta de ácido sulfúrico y selenio, sulfato de cobre y sulfato ferroso. En el caso del método semimicro Kjeldahl, se analiza la muestra únicamente, y en forma individual, para nitrógeno. En el caso de la mezcla sulfo selénica, una vez terminada la digestión se lleva a volumen y se toma una alícuota para determinar el nitrógeno. El fósforo y potasio también se determinan en alícuotas separadas de esta solución. Para la determinación de fósforo y potasio, en el Laboratorio de Suelos se utiliza una mezcla digestora compuesta por ácido nítrico y ácido perclórico en una relación de 5:1 (Johnson y Ulrich, 1967; Bateman, 1970). La metodología para el uso de la mezcla sulfo selénica fue proporcionada por el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua. El material vegetal utilizado en el trabajo fueron muestras de Leucaena leucocephala y Gliricidia sepium (Jack.) Walp. provenientes de un ensayo que el Proyecto SAREC tiene en Nicaragua.

Los resultados, presentados en el Cuadro 3, muestran que los valores obtenidos para los tres elementos son muy similares habiéndose encontrado correlaciones muy altas. En el caso del nitrógeno y el fósforo, los resultados obtenidos con la mezcla sulfo selénica son ligeramente más altos en la mayoría de las muestras, mientras que en el caso del potasio ocurre lo contrario. Las regresiones realizadas mostraron los siguientes resultados:

Nitrógeno:

$$Y_{ss} = 0.207 + 0.906 X_{KJ} ; \bar{X}_{KJ} = 1.989\% ; \bar{Y}_{ss} = 2.010\%$$

$$r = 0.993*** ; r^2 = 0.987.$$

Fósforo:

$$Y_{ss} = 0.00562 + 1.186 X_{NP} ; \bar{X}_{NP} = 0.126\% ; \bar{Y}_{ss} = 0.155\%$$

$$r = 0.971*** ; r^2 = 0.943.$$

Potasio:

$$Y_{ss} = 0.266 + 0.776 X_{NP} ; \bar{X}_{NP} = 1.458\% ; \bar{Y}_{ss} = 1.398$$

$$r = 0.976*** ; r^2 = 0.953.$$

Cuadro 3. Análisis de nitrógeno, fósforo y potasio en tejido vegetal utilizando tres métodos de digestión húmeda.

| M U E S T R A* | Métodos de Digestión Húmeda | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| | Semimicro Kjeldahl | Sulfo Selénica | Nítrico Perclórica | Sulfo Selénica | Nítrico Perclórica | Sulfo Selénica | Sulfo Selénica | Sulfo Selénica |
| | % N | % N | % P | % K | % P | % K | % P | % K |
| BI-7.5 L.L. SP:3 | 3.67 | 3.70 | 0.20 | 2.15 | 0.24 | 1.77 | 0.24 | 1.77 |
| BI-7.5 L.L. SP:3 | 0.65 | 0.94 | 0.03 | 0.53 | 0.08 | 0.68 | 0.08 | 0.68 |
| BII-7.5 L.L. SP:3 | 0.83 | 0.87 | 0.08 | 1.17 | 0.06 | 1.11 | 0.06 | 1.11 |
| BII-7.5 L.L. SP:2 | 0.58 | 0.60 | 0.04 | 0.57 | 0.03 | 0.51 | 0.03 | 0.51 |
| BI - G.S. 7.5-1 | 3.36 | 2.96 | 0.19 | 2.64 | 0.22 | 2.25 | 0.22 | 2.25 |
| BI - G.S. 7.5-1 | 0.59 | 0.81 | 0.03 | 0.65 | 0.05 | 0.97 | 0.05 | 0.97 |
| BI - G.S. 7.5-2 | 2.90 | 3.02 | 0.20 | 2.62 | 0.24 | 2.42 | 0.24 | 2.42 |
| BII - G.S. 7.5-2 | 0.67 | 0.81 | 0.12 | 1.00 | 0.15 | 1.04 | 0.15 | 1.04 |
| BIII-3.75.L.L. SP:3 | 3.28 | 3.16 | 0.17 | 1.58 | 0.22 | 1.70 | 0.22 | 1.70 |
| BIII-3.75.L.L. SP:3 | 3.36 | 3.23 | 0.20 | 1.67 | 0.26 | 1.53 | 0.26 | 1.53 |

L.L. = Leucaena leucocephala

G.S. = Gliricidia sepium (Jack.) Walp.

A pesar de que se han obtenido resultados similares, se debe tener cuidado en las diferencias que existen entre una y otra solución digestora, especialmente con los contenidos de fósforo, ya que pequeñas diferencias de este elemento, pueden colocar una muestra en dos categorías diferentes (bajo a medio; medio a alto o adecuado). Debido a esto es recomendable, cuando se presentan este tipo de resultados, indicar la metodología de análisis utilizada. Este trabajo deberá continuarse utilizando una mayor variedad de tejidos vegetales que incluya diferentes cultivos, así como materiales de diferente contenido de elementos, desde bajo hasta alto. Se recomienda al continuar este trabajo, que se incluyan otros elementos como calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc. El azufre obviamente no puede analizarse al utilizar ácido sulfúrico en la mezcla. Además de las digestiones húmedas, deberá incluirse la digestión seca por ceniza, ya que muchos laboratorios la prefieren para no utilizar ácidos concentrados, especialmente el ácido perclórico, por los riesgos que se pueden presentar si no se maneja cuidadosamente y en forma adecuada.

LITERATURA CITADA

BATEMAN, J.V. 1970. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. México, Herrera. p. 289-291.

JOHNSON, C.M.; ULRICH, A. 1967. Analytical methods for use in plant analysis. California Experimental Station. Bulletin No. 4. 22 p.

MULLER, L. 1961. Un aparato Micro-Kjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. Turrialba (C. R.) 11(1):17-25.

EL LABORATORIO DE SUELOS COMO UNIDAD DE APOYO INSTITUCIONAL

El Laboratorio de Suelos es una Unidad de Apoyo Institucional que realiza análisis físico-químicos de suelos y análisis químicos de tejidos vegetales, aguas, enmiendas, y abonos orgánicos como apoyo a trabajos de investigación que realizan técnicos de diferentes proyectos del CATIE, estudiantes de posgrado, trabajos de estudiantes en adiestramiento en servicio y muestras que envían otras instituciones y agricultores particulares.

El aporte del Proyecto AFN-SAREC ha sido determinante para llevar a cabo el trabajo del Laboratorio de Suelos. El aporte del Proyecto ha consistido en insumos de laboratorio, como reactivos, cristalería y materiales, equipo de aire acondicionado, equipo de cómputo, mantenimiento, tanto de la planta física como de equipo de laboratorio, personal, materiales para trabajo de oficina y campo, transporte, etc.

Durante el período 1990 a 1992, se analizaron 21.516 muestras con un total de 129.839 determinaciones. En el cuadro adjunto se presentan los datos correspondientes. Se puede observar que durante este período el mayor número de muestras (84,3%) correspondió al Proyecto de Árboles Fijadores de Nitrógeno.

| Año | S U E L O S | | | | | |
|----------|--|------|--------------------|---|-------|------|
| | Muestras Proyecto AFN SAREC-CIID | | Otros Proyectos | Determinaciones Proyecto AFN SAREC-CIID Otros Proyectos | | |
| 1990 | 3251 | | 473 | 12156 4982 | | |
| 1991 | 3344 | | 979 | 13693 9790 | | |
| | Proyecto AFN | | | Proyecto AFN | | |
| 1992 | SAREC | CIID | | SAREC | CIID | |
| | 302 | 551 | 1095 | 2718 | 4959 | 9855 |
| Subtotal | 7448 | | 2547 | 33526 24627 | | |
| TOTAL | 9995 | | | 58153 | | |
| ----- | | | | | | |
| | T E J I D O | | | V E G E T A L | | |
| 1990 | 3701 | | 253 | 21865 1652 | | |
| 1991 | 2654 | | 450 | 11620 4360 | | |
| | Proyecto AFN | | | Proyecto AFN | | |
| 1992 | SAREC | CIID | | SAREC | CIID | |
| | 255 | 3779 | 439 | 1785 | 26453 | 3951 |
| Subtotal | 10389 | | 1142 | 61723 9963 | | |
| TOTAL | 11531 | | | 71686 | | |

LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL

Responsable: Gerardo Rodriguez

INVESTIGACIONES

1. Desarrollo de una metodología de análisis de alcaloides totales en el género *Erythrina* spp. por espectroscopía ultravioleta (UV).

JUSTIFICACION

Existe una serie de compuestos químicos producto del metabolismo no esencial de las plantas (metabolitos secundarios) que se encuentran en una gran variedad de especies forrajeras. Estos metabolitos podrían estar relacionados con problemas tales como: la toxicidad potencial de algunas plantas forrajeras, deficiencias inducidas y efectos adversos sobre la respuesta animal, cuando estas son consumidas.

El poró, una papilionácea perteneciente al género *Erythrina* que esta distribuída ampliamente en las zonas tropicales y subtropicales, es empleada en Costa Rica como árbol de sombra en los cafetales y cacaotales, en cercas vivas y en años recientes, como follaje en la alimentación tanto de cabras como bovinos.

Todas las especies de *Erythrina* examinadas hasta el momento han mostrado la presencia de alcaloides. Los extractos de semilla con altas concentraciones de estos metabolitos, denotan un efecto de parálisis selectiva del nervio motor de músculos de animales como el ratón, conejo, etc.

OBJETIVO

- Establecer una metodología de análisis de alcaloides totales que sea sencilla, rápida y de bajo costo, pero tan precisa como otros métodos convencionales, para ser utilizada en la selección de clones del género *Erythrina*.

MATERIALES Y METODOS

Desarrollo metodológico

a) Extracción: En esta etapa se midieron variables como el tiempo de calentamiento en baño maría a 50 °C, el número de extracciones con cloroformo alcalino, la concentración de hidróxido de sodio y el tiempo de agitación de la muestra.

b) Purificación: Después de la extracción, se procedió a purificar el extracto a fin de obtener solamente los compuestos de interés, los alcaloides. Para esto se empleó una columna formada por un relleno de sílica gel dentro del cartucho como soporte de una jeringa desechable de 5 ml. Se realizaron una serie de lavados con disolventes y mezclas de estos, hasta eliminar todas las impurezas.

c) Análisis: La determinación se realizó empleando la técnica de espectroscopía ultravioleta (UV); sin embargo, para comprobar la eficiencia de la columna, fue de gran ayuda el uso de la técnica de cromatografía líquida de alta presión (HPLC).

Evaluación de la precisión y diferencias del método según el tratamiento de muestra empleado

Selección del material experimental

El material de Erythrina a utilizar para evaluar la precisión, proviene del archivo clonal del CATIE, establecido por el Proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno en 1987.

Preparación de la muestra

- a) Secado al horno por 48 horas a 60 °C.
- b) Secado por liofilización.
- c) Muestra fresca.

Diseño experimental

El experimento se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar y luego se evaluó la confiabilidad de los mismos mediante el cálculo del coeficiente de correlación intraclase.

Para verificar si hubo diferencia entre los métodos de preparación de muestra, se empleó un diseño de bloques al azar en donde los individuos fueron los bloques y los diferentes métodos de secado, los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Extracción

Los resultados indican que la extracción de los alcaloides mejora con el calentamiento o al tratar la muestra con un homogenizador de tejido. En la Figura 1 se puede observar que la cantidad de alcaloides extraídos al emplear hidróxido de sodio es mas del doble que la cantidad extraída al no utilizar la base, lo cual indica que la cantidad de alcaloides ligados es superior a la de los libres.

Con la concentración de 0.1 % de NaOH se obtuvo la máxima extracción de alcaloides totales, concentraciones superiores a este nivel no resultan en incrementos en el nivel de extracción.

En cuanto al tiempo de calentamiento, en la Figura 2 se puede ver que hasta después de una hora, se logra estabilizar la cantidad de alcaloides extraídos.

Purificación

La columna desechable de sílica gel fue empleada para la purificación de los alcaloides, empleando para ello hexano para bajar la polaridad del extracto anterior y permitir que los alcaloides permanecieran en la columna y así poder eliminar con lavados, las impurezas. Los contaminantes fueron eluidos de la columna con 5 ml de éter etílico, 5 ml de una mezcla éter etílico:acetona (75:25) y finalmente los alcaloides fueron liberados de la columna empleando 10 ml de una mezcla de acetona:metanol (95:5). El porcentaje de recuperación de la columna fue del 88 %.

Análisis

La elección de la longitud de onda (245 y 236 nm) en la cuantificación de alcaloides por el método de espectroscopía UV y HPLC, fueron determinados corriendo un espectro UV de 200 a 300 nm de los alcaloides totales puros en diferentes disolventes, los resultados de los análisis fueron reportados como absorbancia por gramo de muestra seca (A/g MS) (Fig. 3).

Con base en los resultados obtenidos, se llegó a establecer una metodología de extracción (hidrólisis) y análisis de alcaloides totales en hojas de poró que se resume en la Figura 4.

Efecto del tratamiento de la muestra sobre la precisión en las determinaciones de alcaloides totales

En la Figura 5 y Cuadro 1 se puede apreciar la variación en el contenido de alcaloides totales entre los clones seleccionados para la evaluación del método desarrollado en el presente estudio, así como el efecto del tratamiento de la muestra luego de su recolección en el campo. Se puede notar que los valores más altos corresponden al clon 2652 el cual es identificado como E. berteriana y el valor mas bajo corresponde al clon 2650, el cual se identifica como E. costarricensis.

Dependiendo del proceso de secado de la muestra, se notan grandes diferencias cuantitativas mas que cualitativas. Las bajas concentraciones, determinadas cuando se utiliza el secado al horno, se atribuyen a pérdidas por volatilización, reacciones enzimáticas catalizadas por la temperatura del horno, procesos de oxidación de los alcaloides fenólicos a quinonas y finalmente a polimeración irreversible con otros componentes de la planta.

En el Cuadro 2 se muestran los coeficientes de correlación intraclase (r_i) según el tratamiento de secado aplicado. Estos valores dan una idea de cuán repetibles son los resultados obtenidos empleando el método propuesto. El máximo valor esperado es 1.0, el cual representa la máxima precisión posible para el análisis.

El tratamiento de secado al horno corresponde al valor más alto, seguido del liofilizado y por último el tratamiento en fresco.

Entre los dos primeros métodos no hay diferencia en cuanto a precisión, pero si para el último tratamiento y esto es atribuible a que la muestra fresca es difícil de manejar por la alta variación en el contenido de humedad de una repetición a otra y a la imposibilidad de analizar todas las muestras al mismo tiempo.

Cuadro 1. Concentración (A/g MS) de alcaloides totales presentes en las hojas de seis individuos del género *Erythrina*.

| Individuo | Especie | Tratamiento | Alcaloides* |
|-----------|--------------------------|-------------|-------------|
| 2652 | <u>E. berteroana</u> | Horno | 4.071 |
| | | Liofilizado | 7.078 |
| | | Fresco | 3.593 |
| 2674 | <u>E. berteroana</u> | Horno | 1.551 |
| | | Liofilizado | 3.499 |
| | | Fresco | 1.780 |
| 2667 | <u>E. berteroana</u> | Horno | 1.865 |
| | | Liofilizado | 3.214 |
| | | Fresco | 1.833 |
| 2708 | <u>E. poeppigiana</u> | Horno | 1.571 |
| | | Liofilizado | 2.366 |
| | | Fresco | 1.414 |
| 2689 | <u>E. berteroana</u> | Horno | 1.680 |
| | | Liofilizado | 2.067 |
| | | Fresco | 1.336 |
| 2750 | <u>E. costarricensis</u> | Horno | 1.089 |
| | | Liofilizado | 1.784 |
| | | Fresco | 0.843 |

* Es el promedio de ocho repeticiones.

Cuadro 2. Coeficiente de correlación intraclase (r_i) para las determinaciones de alcaloides totales en muestras de poró sometidas a diferentes tratamientos.

| Tratamiento | Coef. corr. (r_i) | C.V. |
|-------------|-----------------------|------|
| Horno | 0.99 | 4.0 |
| Liofilizado | 0.98 | 7.6 |
| Fresco | 0.93 | 14.6 |

CONCLUSIONES

1. El tiempo de hidrólisis-extracción, el método de secado empleado y el uso de hidróxido de sodio, influyen en la cantidad de alcaloides totales extraídos en hojas de Erythrina.
2. El método de secado al horno es el mas adecuado en cuanto a precisión, costo de equipo y secado, aunque el método liofilizado es el que extrae la mayor cantidad de alcaloides.
3. La técnica de espectroscopía ultravioleta (UV) puede ser usada para el análisis de alcaloides totales en hojas de poró, reportando los resultados como absorbancia por gramo de muestra seca (A/g MS).
4. El método propuesto en esta investigación tiene ventajas con respecto a los métodos reportados en la literatura, como: bajo costo del equipo empleado, corta duración del análisis y no requiere de alcaloides puros como patrones.

RECOMENDACIONES

1. A pesar de la alta correlación entre los métodos establecidos y el propuesto en esta investigación, sería conveniente analizar un número mayor de individuos y especies del género *Erythrina* para asegurar la confiabilidad de los resultados obtenidos en este trabajo.
2. Para determinar con exactitud la escogencia del tratamiento de la muestra, es necesario evaluar los secados al horno y fresco por el método ácido-base y correlacionarlos con los resultados obtenidos en esta investigación.
3. El método propuesto puede utilizarse para la selección de clones de *Erythrina* de alto potencial alimenticio por sus bajos contenidos de alcaloides en sus hojas.
4. Es necesario estudiar el efecto ambiental en el contenido de alcaloides totales en las hojas de poró, con el propósito de ampliar o reducir el área de distribución de los materiales seleccionados.
5. El método propuesto puede ser empleado en el análisis de los alcaloides en el rumen, orina, heces y leche, con el propósito de determinar si existe eliminación o acumulación de estos compuestos luego de ser consumidos por los animales.

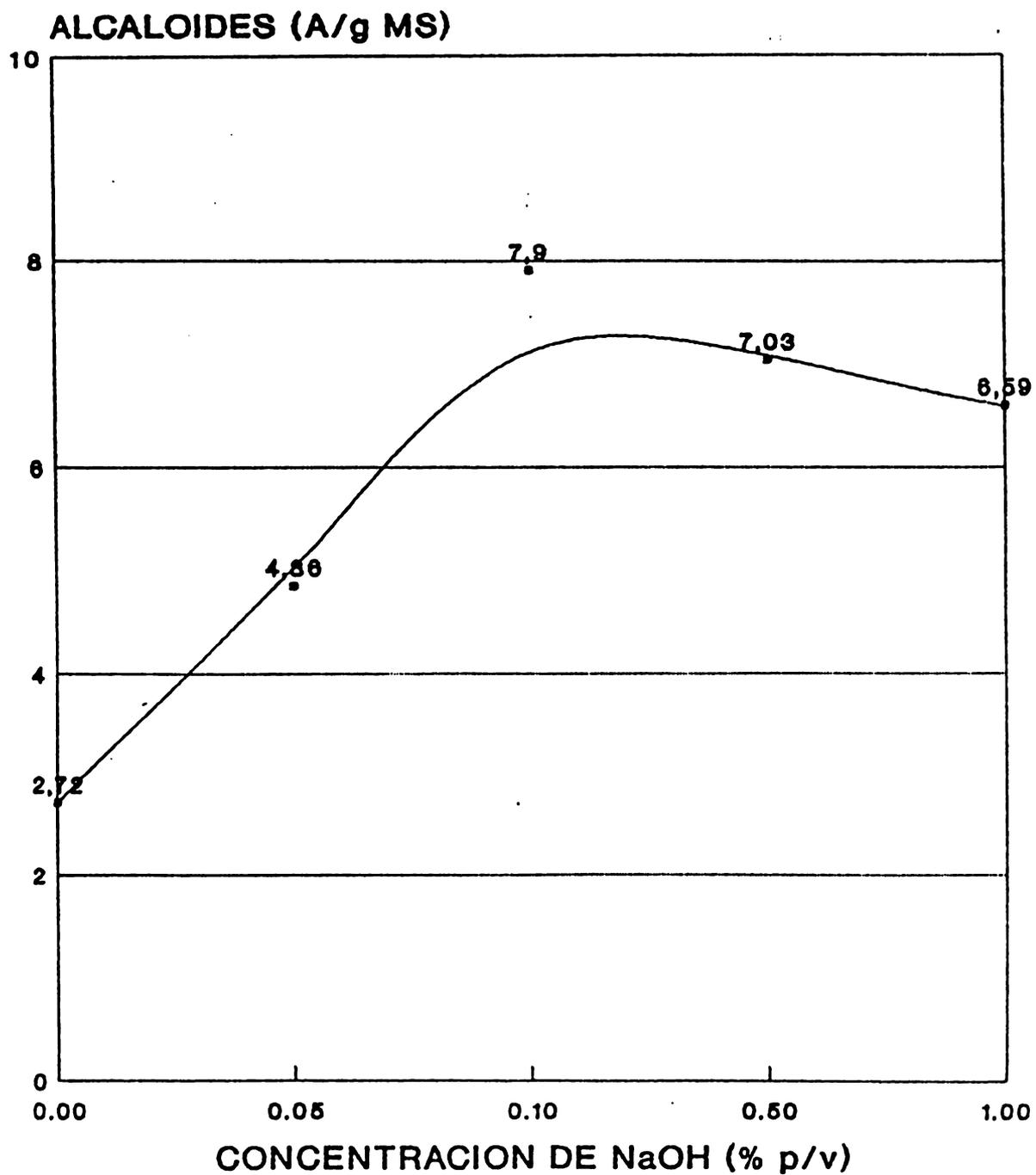


Figura 1. Efecto de la concentración de hidróxido de sodio sobre la cantidad de alcaloides extraídos.

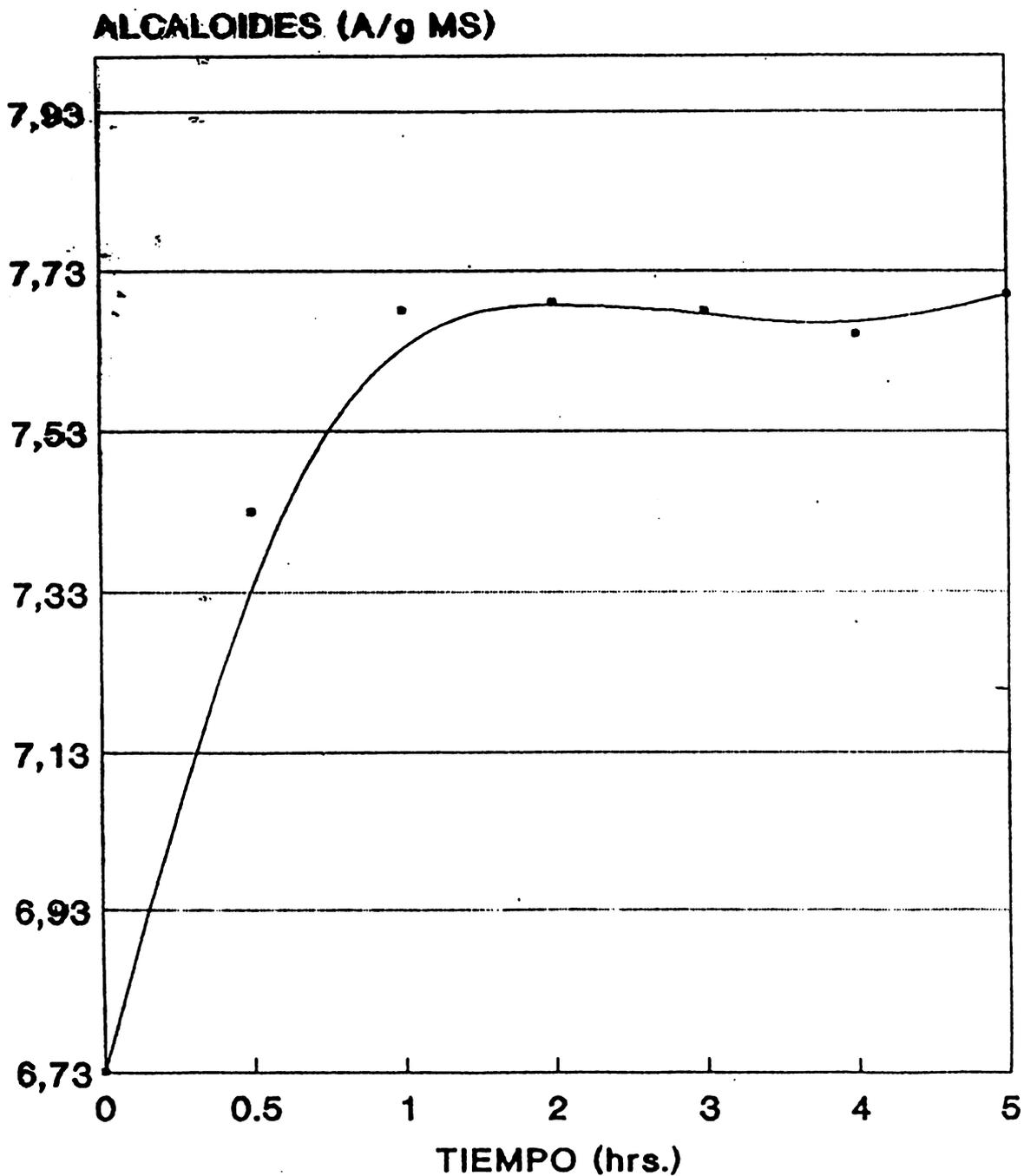


Figura 2. Efecto del tiempo de calentamiento de la muestra a baño maría sobre la cantidad de alcaloides totales extraídos.

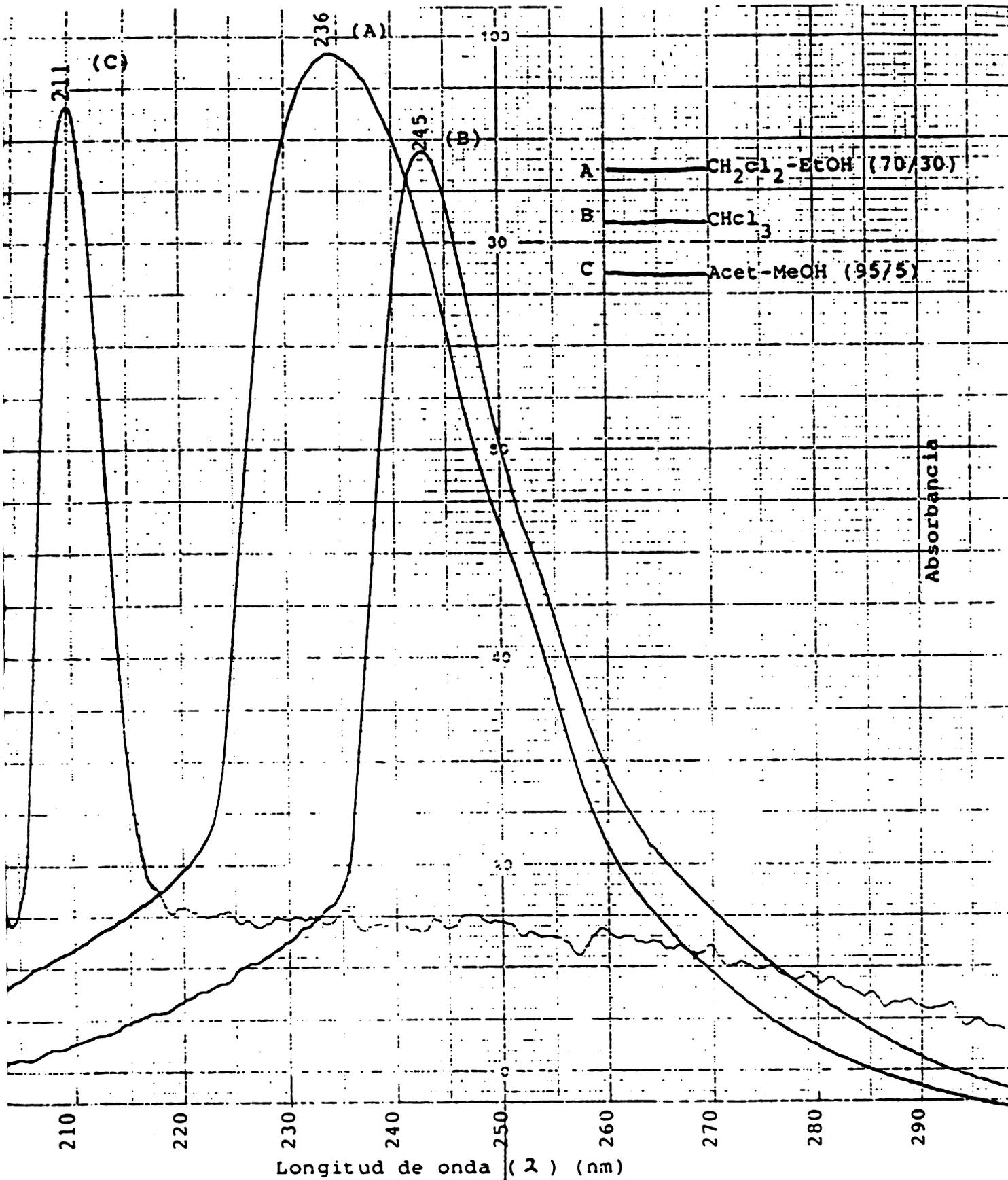


Figura 3. Espectro de absorción ultravioleta (UV) del extracto de alcaloides totales de poró en diferentes disolventes.

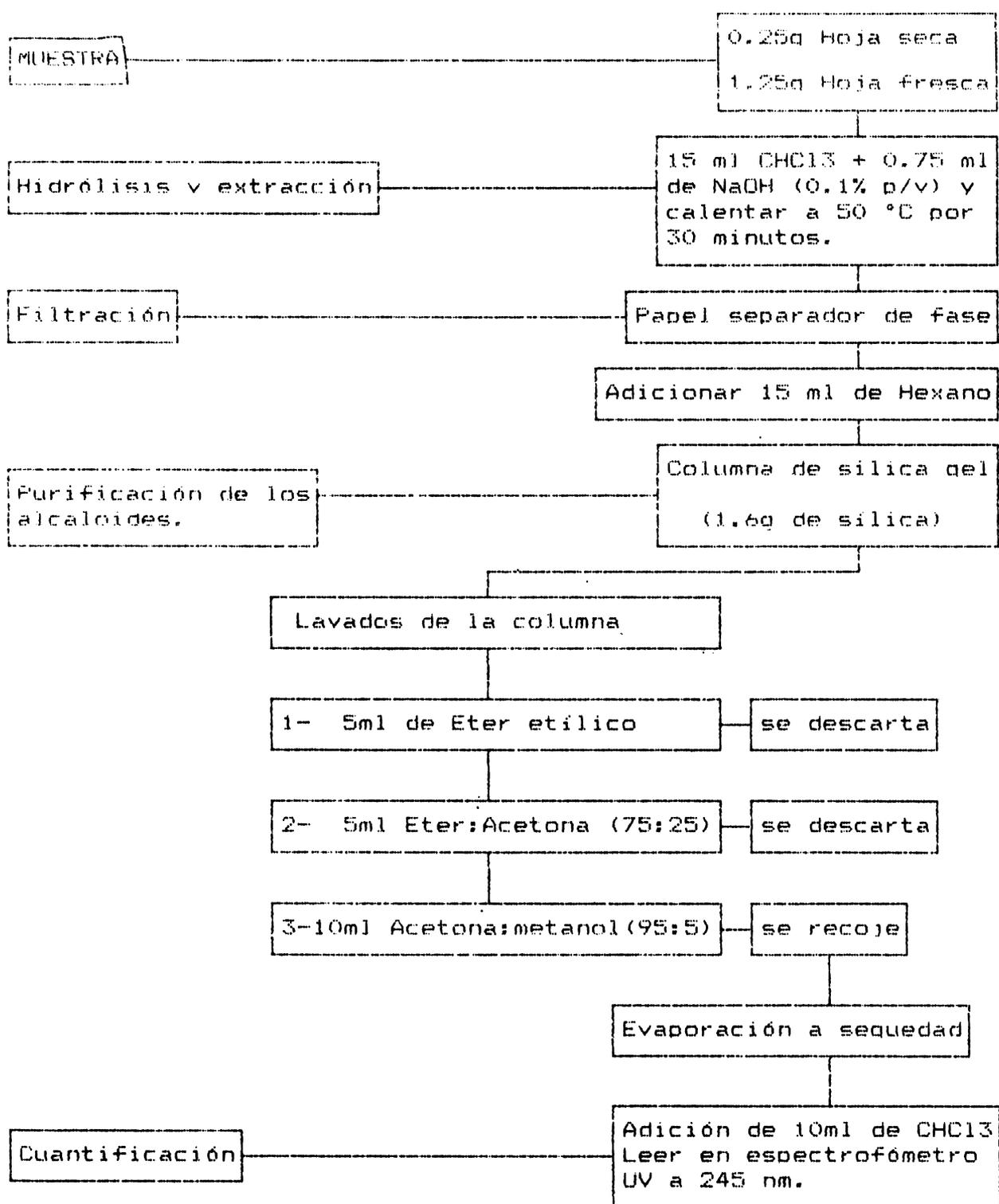


Figura 4. Esquema del procedimiento propuesto en esta investigación para el análisis de alcaloides totales en poró.

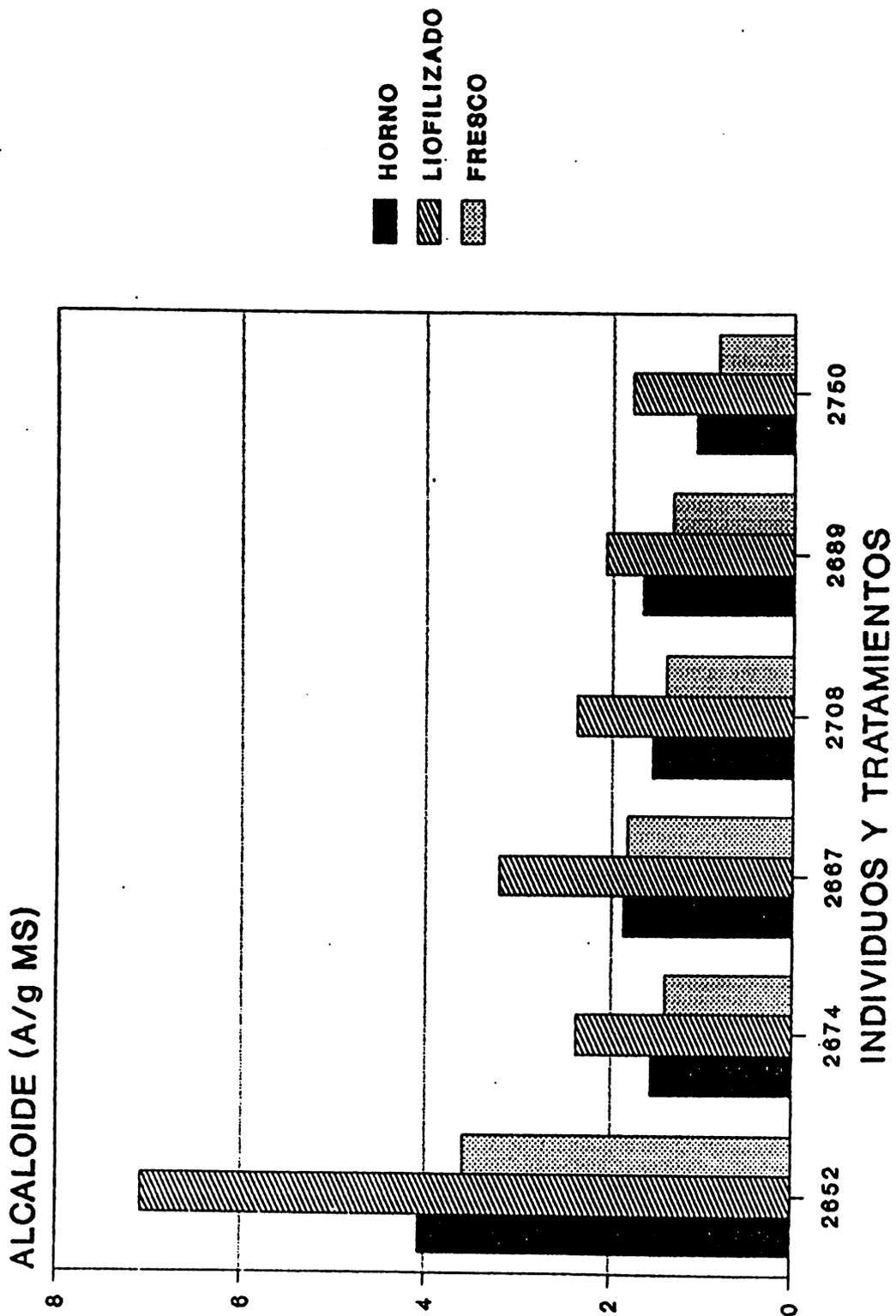


Figura 5. Concentración de alcaloides totales en seis clones del género *Erythrina* spp a diferentes tratamientos de secado de la muestra.

2. Desarrollo de una metodología de extracción y cuantificación de cumarina, ácido orto cumárico y ácido melilótico en hojas de madero negro (Gliricidia sepium) por cromatografía líquida de alta presión (HPLC)

JUSTIFICACION

En los sistemas agrícolas tradicionales, las especies arbóreas han jugado siempre un papel importante en el mantenimiento de la producción.

El madero negro (Gliricidia sepium) por su multiplicidad de usos, su fácil propagación y amplia adaptación ha sido uno de los preferidos por nuestros agricultores los cuales obtienen de él, desde abono y sombra para sus cultivos, hasta madera y forraje para sus animales.

Numerosos investigadores han especulado acerca de la existencia de sustancias tóxicas o alelopáticas en las hojas del madero negro, toda vez que se reportan bajos consumos y problemas de salud en animales alimentados con esta leguminosa.

Pocos han sido los trabajos tendientes a establecer la identidad y la naturaleza de estos metabolitos. Se logró aislar e identificar en hojas de gliricidia, cumarina, ácido orto cumárico (ácido trans 2-hidroxicinámico) y ácido melilótico, compuestos relacionados metabólicamente y que además son catalogados dentro de las sustancias que causan aversión al consumo, síntomas de intoxicación en animales, inhibición de la germinación de semillas y supresión del crecimiento de plántulas y microorganismos.

El establecimiento de metodologías de extracción y cuantificación de compuestos secundarios en plantas, constituye la base de futuras investigaciones. Metodologías adecuadas pueden llevar al descubrimiento de materiales de gran potencial, por su alto o bajo contenido de aleloquímicos.

Debido a que no existen métodos modernos de extracción y cuantificación de cumarina, ácido o-cumárico y ácido melilótico juntos en madero negro y en general a la escasa información sobre estos metabolitos en gliricidia, se realizó el presente trabajo.

OBJETIVO

- Establecer un método confiable de extracción y cuantificación de cumarina, ácido o-cumárico y ácido melilótico en hojas de madero negro que permita la selección de clones de alto potencial por su alto o bajo contenido de aleloquímicos.

MATERIALES Y METODOS

Desarrollo metodológico

a) Obtención de los patrones

De los tres compuestos en estudio, únicamente el ácido melilótico no pudo ser adquirido en el mercado por lo que debió ser sintetizado a partir de la hidrólisis del compuesto dihidroocumarina. Para esto se mantuvo 10 g de dihidroocumarina en reflujo con 50 ml de hidróxido de sodio 2 M por 30 minutos. Transcurrido este tiempo, se acidificó la mezcla con HCl al 50% hasta la aparición de un precipitado de color blanco. El precipitado fue filtrado y recristalizado repetidas veces hasta lograr que el compuesto presentara un punto de fusión entre 86-88 °C, característico del ácido melilótico en forma pura. Además se le realizó un espectro de absorción infrarrojo y se comprobó su similitud con el reportado en la literatura.

b) Extracción

En esta etapa se hicieron pruebas para determinar el tiempo de calentamiento de la muestra con HCl en baño maría, el número de hidrólisis y el número de extracciones con éter etílico de los compuestos libres y liberados.

c) Análisis

Para la determinación de los compuestos se empleó el método de Cromatografía Líquida de Alta Presión con una mezcla de arrastre compuesta de acetonitrilo y buffer fosfato en un flujo de 3 ml/minuto. El cromatograma dura aproximadamente 14 minutos (Fig.1).

Evaluación de la precisión y diferencias del método según el tratamiento de muestra empleado

Selección del material experimental

Los árboles de *G. sepium* utilizados provinieron del "Banco de Procedencias", establecido en septiembre de 1987 por el Proyecto Árboles Fijadores de Nitrógeno del CATIE en conjunto con el MAG.

La unidad experimental constó del follaje de 6 individuos provenientes de países centroamericanos e identificados con los números: 1105, 1180, 1571, 1324, 1312, y 1555.

Estos individuos fueron escogidos por sus características promisorias de adaptación y producción de biomasa total y comestible.

Preparación de la muestra

- a) Secado al horno por 48 horas a 60 °C.
- b) Secado por liofilización.
- c) Muestra fresca.

Diseño experimental

El experimento se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar aplicado independientemente a cada tratamiento y luego se evaluó la confiabilidad de los mismos mediante el cálculo del coeficiente de correlación intraclase.

Para verificar si hubo diferencia entre los métodos de preparación de muestra, se empleó un diseño de bloques al azar en donde los individuos fueron los bloques y los diferentes métodos de secado, los tratamientos.

RESULTADO Y DISCUSION

Extracción

Los resultados obtenidos en pruebas preliminares (Cuadro 1) muestran que conforme se aumenta el tiempo de hidrólisis de la muestra en baño maría de 15 a 30 minutos, se aumenta sustancialmente la cantidad de compuestos extraídos con éter etílico no ocurriendo lo mismo si se prolonga hasta 45 minutos el calentamiento de la muestra en HCl.

Las cantidades extraídas también varían dependiendo del número de extracciones tanto inorgánicas (hidrólisis con HCl) como orgánicas (éter etílico) que se le hagan a la muestra. Para todos los tiempos de calentamientos empleados, con 3 hidrólisis con HCl y/o con 3 extracciones con éter etílico, los porcentajes de compuestos extraídos superan el 90%. De 4 extracciones realizadas con HCl para un tiempo de calentamiento de 30 minutos, un 97.6% de los metabolitos en estudio son obtenidos con 3 extracciones, mientras que con éter etílico (con igual número de extracciones) un 94.0% del total de metabolitos son cuantificados. Con una cuarta extracción con HCl o con éter, no se logra obtener cantidades importantes de los compuestos de interés.

CUADRO 1. Lecturas de absorbancia* en muestras foliares de 0.25 g de madero negro para diferentes tiempos de hidrólisis con HCl en baño maría y diferentes números de extracciones inorgánicas (HCl) y orgánicas (éter).

| Hidrólisis con HCl (20%) | Extracciones con éter etílico | Tiempo (min.) y porcentajes acumulados de absorbancia | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|---|-------|-------|-------|--------|-------|
| | | 15' | % | 30' | % | 45' | % |
| 1 ^º | 4 | 1.876 | 61.9 | 7.372 | 76.1 | 7.384 | 73.7 |
| 2 ^{da} | 4 | 0.708 | 85.3 | 1.552 | 92.2 | 1.772 | 91.4 |
| 3 ^{era} | 4 | 0.304 | 95.3 | 0.532 | 97.6 | 0.736 | 98.8 |
| 4 ^{ta} | 4 | 0.142 | 100.0 | 0.228 | 100.0 | 0.120 | 100.0 |
| Total | | 3.030 | | 9.684 | | 10.012 | |
| 4 | 1 ^º | 1.056 | 53.1 | 3.528 | 70.0 | 3.614 | 67.8 |
| 4 | 2 ^{da} | 0.504 | 78.4 | 0.704 | 83.9 | 0.859 | 83.9 |
| 4 | 3 ^{era} | 0.296 | 93.3 | 0.508 | 94.0 | 0.556 | 94.3 |
| 4 | 4 ^{ta} | 0.134 | 100.0 | 0.301 | 100.0 | 0.302 | 100.0 |
| Total | | 1.990 | | 5.041 | | 5.331 | |

* Medida a una longitud de onda de 270 nm y reportada como absorbancia, Promedio de 4 repeticiones.

Análisis

Para la cuantificación de los compuestos, se utilizó un cromatógrafo líquido de alta presión (HPLC) marca Perkin Elmer modelo Series 4 con un programador de gradiente e integrador marca Perkin Elmer modelo 3700 Data Station y un detector de longitud de onda variable uv/visible LC-95 de la misma marca. Además de una columna 250 x 4.6 mm I.D., rellena con C-18 (sílica gel enlazada con grupos octadecil), con partículas de 5 μm de diámetro y su correspondiente precolumna.

Metodología propuesta para la extracción y cuantificación de cumarina, ácido o-cumárico y ácido melilótico en hojas de madero negro

Muestra de 0.25 g de hoja seca ó 1.25 g de material fresco de madero negro molido a 1 mm es colocada en un erlenmeyer de 50 ml. Se le adiciona 25 ml de HCl al 20% y se calienta por 30 minutos en baño maría, agitando la muestra cada 5 minutos. La suspensión enfriada a temperatura ambiente es filtrada a través de algodón y la muestra es nuevamente depositada con una pinza en el erlenmeyer de 50 ml para una segunda extracción con HCl (en total se realizan 3 hidrólisis juntando los filtrados en un erlenmeyer de 125 ml). Los filtrados son enfriados a 5°C por 30 minutos y luego son colocados en un embudo separador de 250 ml donde se adicionan 50 ml de éter etílico. La fase superior es separada con la ayuda de una jeringa luego de una intensa agitación y colocada en un balón esmerilado de 250 ml. Se adicionan nuevamente 50 ml de éter y se repite la extracción orgánica (en total se realizan 3 extracciones orgánicas). Los extractos etéreos son evaporados en un evaporador rotatorio a 40°C hasta sequedad y el residuo es trasvasado cuantitativamente, con una pipeta pasteur, a un balón de 10 ml donde se afora la muestra con una mezcla de 1:1 (v/v) de éter etílico y acetonitrilo. La muestra así preparada es luego inyectada en el Cromatógrafo Líquido de Alta Presión (Fig. 2).

Efecto de los tratamientos

De los seis individuos evaluados (1105, 1180, 1312, 1324, 1555, 1571), tres (1312, 1324 y 1571) presentaron alta concentración de cumarina, ácido o-cumárico y ácido melilótico en sus hojas, a diferencia de los otros tres, los cuales mostraron baja concentración de cumarina y ácido o-cumárico y muy bajos contenidos de ácido melilótico que no pudieron ser cuantificados.

Los tratamientos de secado en estudio afectan la cantidad de compuestos extraídos y cuantificados. En forma general, podemos decir, que los métodos de secado utilizados, disminuyen la concentración de cumarina y aumentan la del ácido melilótico. En cuanto al ácido o-cumárico no existen diferencias significativas en las cantidades analizadas cualquiera que sea el tratamiento aplicado a la muestra (Cuadros 4 a 8, Fig. 3 y 4).

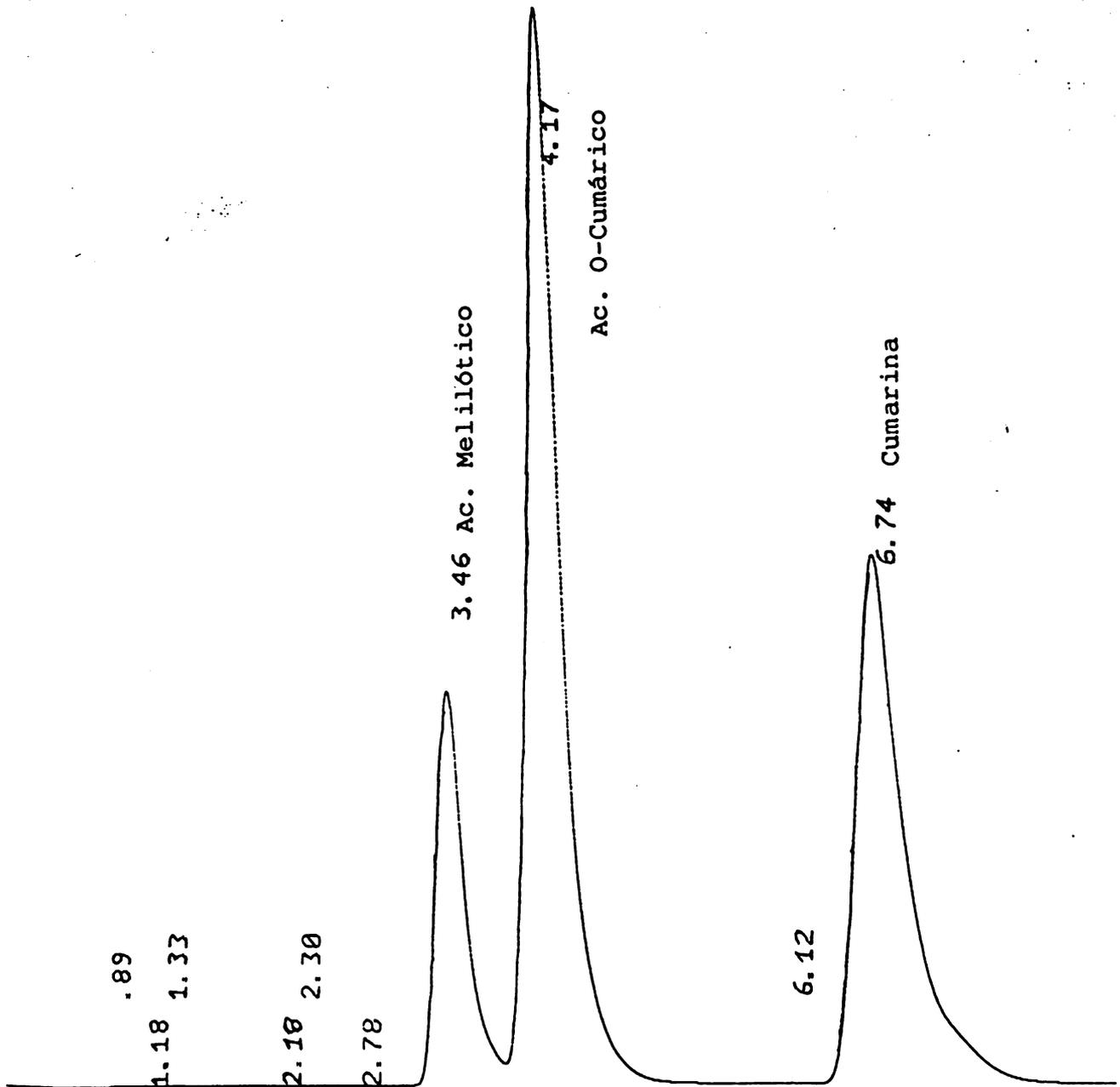


Figura 1. Cromatograma en HPLC de los compuestos cumarina, ácido o-cumárico y ácido melilótico.

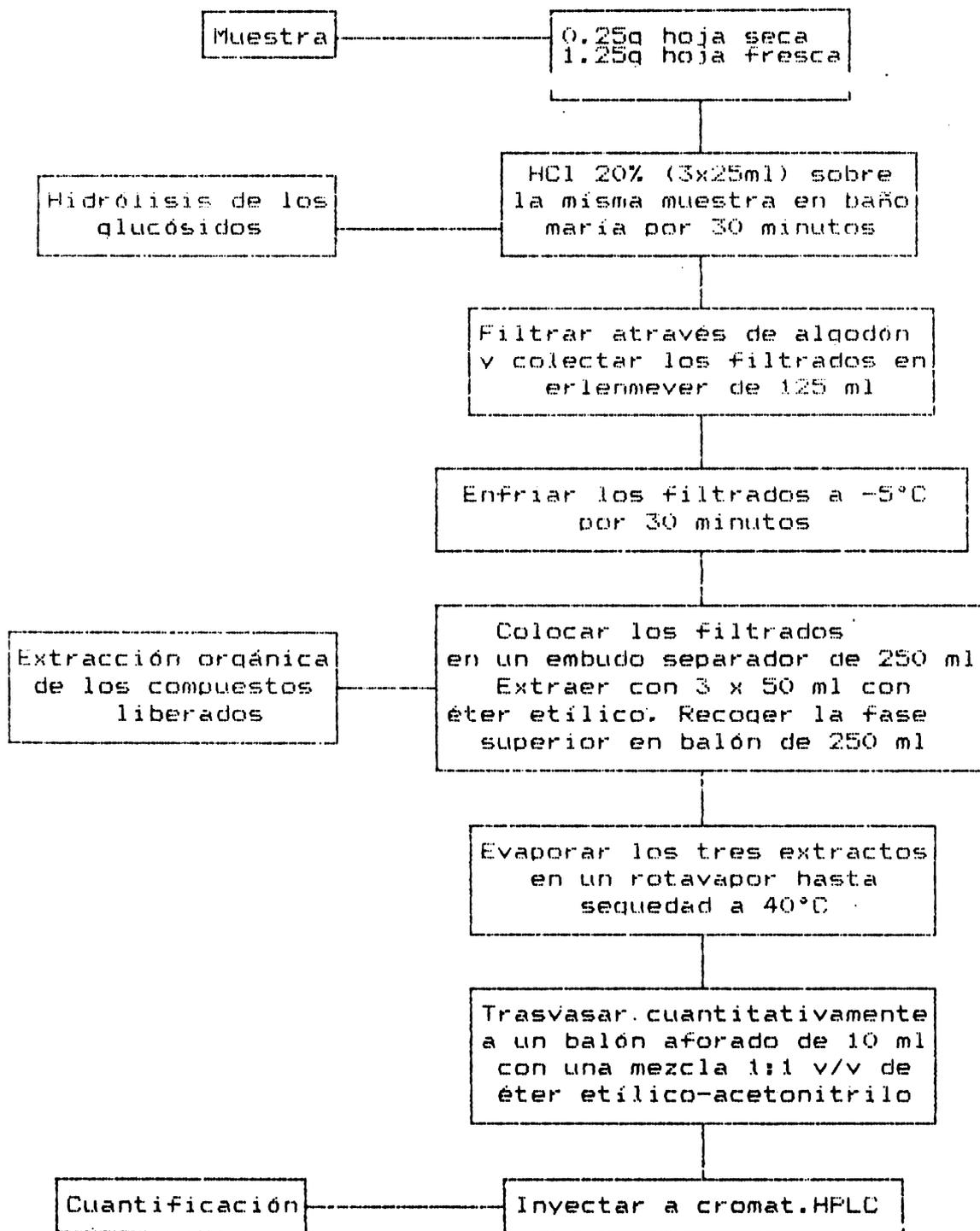


Fig. 2. Esquema del tratamiento de la muestra de madero negro en la cuantificación de cumarina, ácido o-cumárico y ácido melilótico.

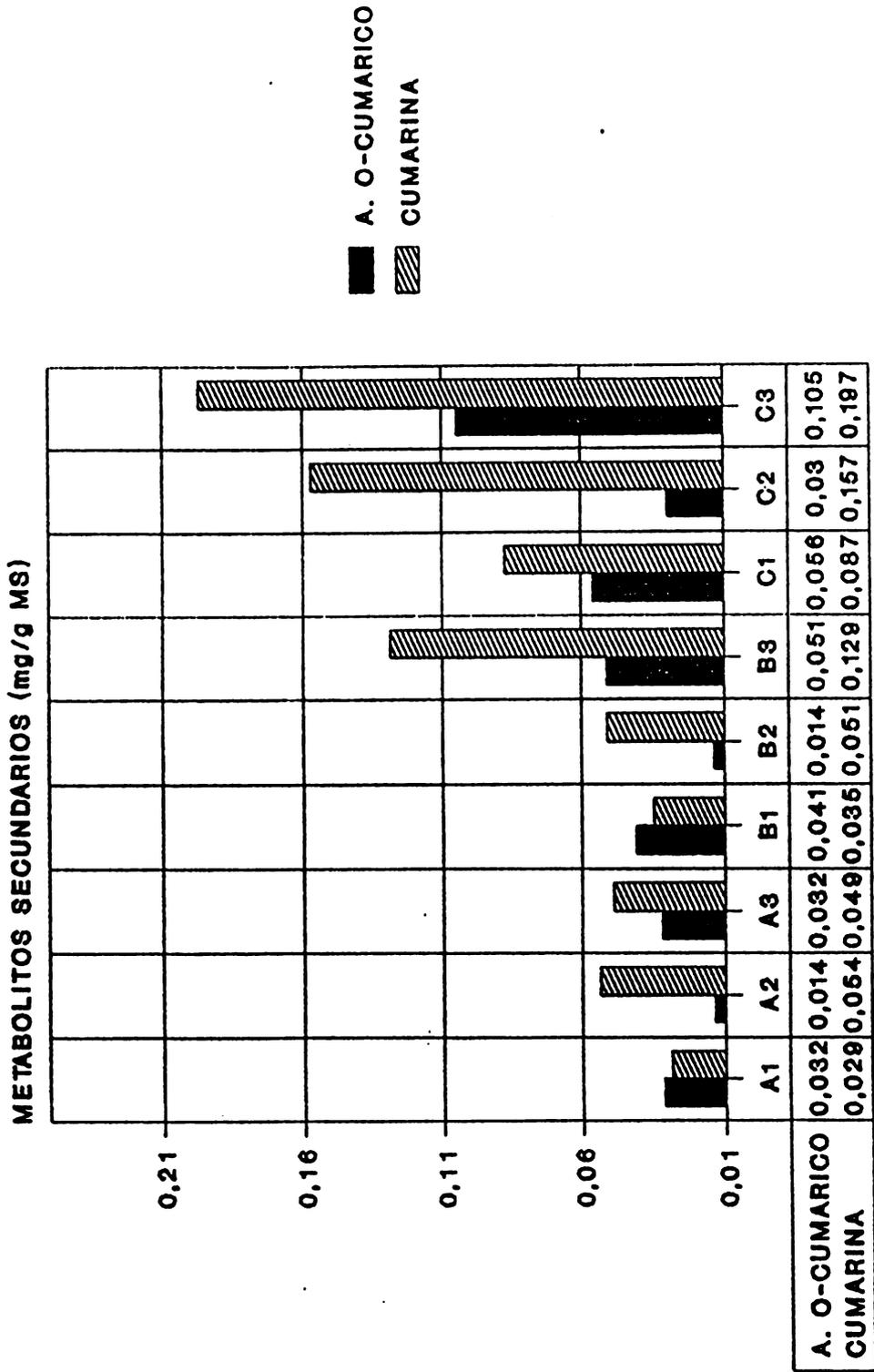
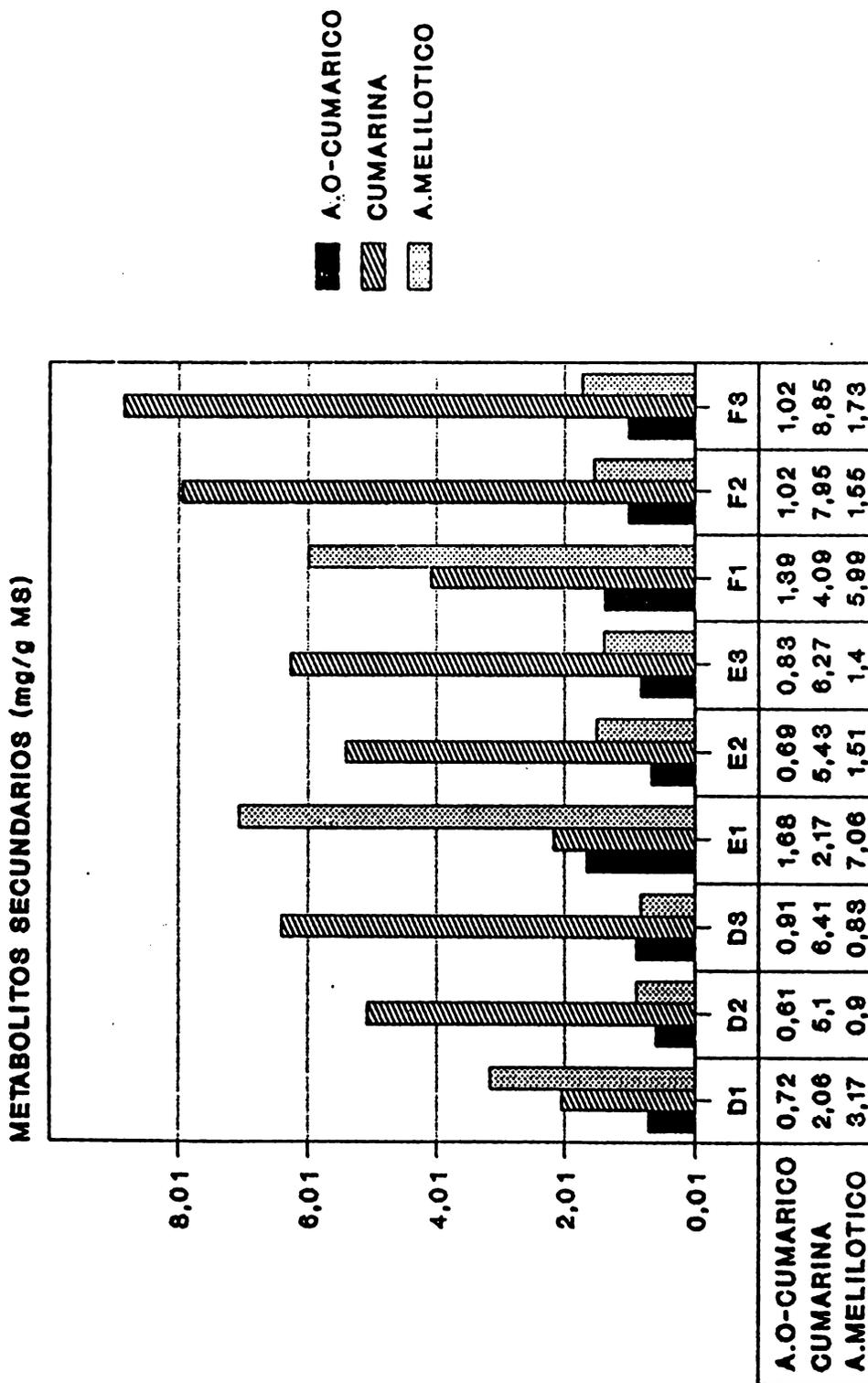


Figura 3. Concentración (mg/de MS) de cumarina y ácido ortocumarico cuantificados por HPLC en muestras foliares en tres individuos de madero negro



D - 1324, E - 1671, F - 1312

1 - HORNO, 2 - LIOFI, 3 - FRESCO

Figura 4. Concentración (mg/g de MS) de cumarina, ácido ortocumárico y ácido melilótico cuantificados por HPLC en muestras foliares de tres individuos de madero negro.

Precisión

Los diferentes tratamientos analizados afectan la precisión de las cantidades cuantificadas. El tratamiento liofilizado es en promedio el que provee una mayor precisión para la cuantificación de los tres compuestos, seguido del tratamiento fresco. El tratamiento al horno, si bien es cierto, se muestra muy preciso para la determinación de la cumarina y del ácido melilótico, influye en forma negativa en la repetibilidad de los análisis del ácido o-cumárico (Cuadro 2 y 3).

Cuadro 2. Concentración (mg/g Ms)* de cumarina, ácido o-cumárico y ácido melilótico presentes en las hojas de seis individuos de madero negro.

| Individuo | Trat. ** | A.o-cumárico | Cumarina | A.melilótico |
|-----------|-------------|--------------|----------|--------------|
| 1105 | H | 0.032 | 0.029 | 0.000 |
| | L | 0.014 | 0.054 | 0.000 |
| | F | 0.032 | 0.049 | 0.000 |
| 1180 | H | 0.056 | 0.087 | 0.000 |
| | L | 0.030 | 0.157 | 0.000 |
| | F | 0.105 | 0.197 | 0.000 |
| 1555 | H | 0.041 | 0.035 | 0.000 |
| | L | 0.014 | 0.051 | 0.000 |
| | F | 0.051 | 0.129 | 0.000 |
| 1312 | H | 1.391 | 4.088 | 5.990 |
| | L | 1.024 | 7.948 | 1.555 |
| | F | 1.020 | 8.855 | 1.726 |
| 1324 | H | 0.718 | 2.065 | 3.167 |
| | L | 0.610 | 5.101 | 0.900 |
| | F | 0.912 | 6.406 | 0.831 |
| 1571 | H | 1.677 | 2.166 | 7.063 |
| | L | 0.692 | 5.429 | 1.515 |
| | F | 0.828 | 6.266 | 1.403 |

* Es el promedio de ocho repeticiones.

** H= Tratamiento al horno, L= tratamiento liofilizado y F=tratamiento fresco.

Cuadro 3. Coeficiente de correlación intraclase (r_i) de los diferentes tratamientos aplicados al follaje de madero negro.

| Tratamiento | A. O-cumárico | Cumarina | A. melilótico |
|-------------|---------------|----------|---------------|
| HORNO | 0.75 | 0.99 | 0.98 |
| LIOFILIZADO | 0.94 | 0.98 | 0.95 |
| FRESCO | 0.92 | 1.00 | 0.90 |

Cuadro 4. Análisis de varianza de los seis individuos de madero negro utilizados en la cuantificación de ácido melilótico.

| Fuente de variación | GL | CM | F | Pr > F |
|----------------------|-----|-------|------------|--------|
| Individuo | 5 | 59.91 | 548.18 | 0.0001 |
| Tratamiento | 2 | 66.75 | 4.09 | 0.0505 |
| Indiv. x tratamiento | 10 | 16.33 | 149.44 | 0.0001 |
| Error | 126 | 0.11 | | |
| Total | 143 | | C.V. 24.64 | |

Cuadro 5. Análisis de varianza de los seis individuos de madero negro utilizados en la cuantificación de ácido o-cumárico.

| Fuente de variación | GL | CM | F | Pr > F |
|----------------------|-----|------|------------|--------|
| Individuo | 5 | 6.85 | 100.70 | 0.0001 |
| Tratamiento | 2 | 0.80 | 1.96 | 0.1920 |
| Indiv. x tratamiento | 10 | 0.41 | 6.01 | 0.0001 |
| Error | 126 | 0.07 | | |
| Total | 143 | | C.V. 50.77 | |

Cuadro 6. Análisis de varianza de los seis individuos de madero negro utilizados en la cuantificación de cumarina.

| Fuente de variación | GL | CM | F | Pr> F |
|----------------------|-----|--------|------------|--------|
| Individuo | 5 | 219.20 | 2313.45 | 0.0001 |
| Tratamiento | 2 | 65.74 | 5.23 | 0.0278 |
| Indiv. x tratamiento | 10 | 12.56 | 132.55 | 0.0001 |
| Error | 126 | 0.09 | | |
| Total | 143 | | C.V. 11.28 | |

Cuadro 7. Prueba de rango múltiple de Duncan para la variable, ácido melilòtico.

| Tratamiento | Promedio | Agrupamiento Duncan |
|-------------|----------|---------------------|
| Horno | 2.703 | A |
| Liofilizado | 0.662 | B |
| Fresco | 0.660 | B |

Cuadro 8. Prueba de rango múltiple de Duncan para la variable, cumarina.

| Tratamiento | Promedio | Agrupamiento Duncan |
|-------------|----------|---------------------|
| Fresco | 3.650 | A |
| Liofilizado | 3.123 | A |
| Horno | 1.412 | B |

CONCLUSIONES

- Existen en las hojas de madero negro, cumarina, ácido melilótico y ácido o-cumárico (ácido trans 2-hidroxicinámico), compuestos de reconocidas propiedades alelopáticas y que ocasionan además disminuciones de consumo y problemas de salud en animales.
- Por cromatografía líquida de alta presión (HPLC), es posible separar y cuantificar estos metabolitos secundarios de muestras foliares de madero negro.
- Las cantidades extraídas y cuantificadas por HPLC de cumarina, ácido melilótico y ácido o-cumárico en muestras de madero negro, varían dependiendo de factores como el individuo a que esta pertenece, el tratamiento de secado empleado, el tiempo de hidrólisis en baño maría y el número de hidrolizaciones con HCl y de extracciones orgánicas realizadas.
- Un tiempo de hidrólisis de la muestra en HCl por 30 minutos acompañado de 3 hidrólisis y 3 extracciones de los compuestos con éter etílico, a la vez que aseguran porcentajes de extracción altos, disminuyen el tiempo de análisis de la muestra y el costo en reactivos.
- Las cantidades extraídas y cuantificadas varían entre individuos. Algunos presentan baja concentración de cumarina, ácido o-cumárico y ácido melilótico, en tanto otros por el contrario, cuentan con altas concentraciones en sus hojas de estos tres metabolitos.
- El tratamiento de secado de la muestra influye significativamente en las cantidades de cumarina y ácido melilótico cuantificadas no siendo así para el ácido o-cumárico. El secado disminuye la concentración de cumarina en la muestra y aumenta la del ácido melilótico.
- Los diferentes tratamientos evaluados afectan la precisión de los datos obtenidos por HPLC en cuanto a la concentración de los compuestos. Los tratamientos liofilizado y fresco generan datos muy precisos en las lecturas del cromatógrafo no ocurriendo lo mismo con el tratamiento al horno.
- Para la escogencia de un determinado método de extracción y cuantificación de compuestos relacionados en plantas, es necesario tener en cuenta, además de la precisión de los datos que este genera y del costo y disponibilidad de los equipos y reactivos que supone, los posibles cambios químicos o físicos que ocurren en los compuestos durante el procesamiento de la muestra y la variación que esto tenga de la realidad.

- En la cuantificación de cumarina, ácido o-cumárico y ácido melilótico en hojas de madero negro, el tratamiento de la muestra con nitrógeno líquido ofrece una aproximación mayor a la realidad, lo que debe ser tomado muy en cuenta, sobre todo si se analizan los grandes cambios ocurridos en la concentración de cumarina y ácido melilótico por efecto del tratamiento de secado empleado. De esta forma, hasta no dilucidar los fenómenos que originan estos cambios y su magnitud, el tratamiento fresco debe ser empleado para la cuantificación por HPLC de estos metabolitos relacionados.

RECOMENDACIONES

1. Esclarecer y/o mejorar los siguientes aspectos en el método de extracción y cuantificación de cumarina, ácido o-cumárico y ácido melilótico desarrollado en esta investigación.

- Establecer la eficiencia de la hidrólisis con HCl y determinar la concentración óptima de los reactivos y la relación muestra/volumen de reactivo.

- Variar los disolventes empleados en la cuantificación por HPLC, con el propósito de separar aún mas los tiempos de retención entre el ácido ferúlico y el ácido melilótico, pues se ha visto que cuando la concentración del ácido melilótico es baja y la del ácido ferúlico es alta, no es posible cuantificar al primero.

- Encontrar sustitutos del acetonitrilo en la cuantificación por HPLC debido a su alto costo y toxicidad.

2. Establecer mediante el desarrollo de una metodología de extracción y cuantificación, la cantidad de cumarina, ácido o-cumárico y ácido melilótico presentes en forma libre en las hojas de madero negro. Para ello se deberá esclarecer los siguientes aspectos:

- Encontrar un manejo adecuado de la muestra a fin de evitar posibles hidrólisis enzimáticas de los compuestos ligados.

- Determinar en que grado el método de secado de la muestra afecta la cantidad de compuestos libres.

- Determinar si el agua caliente es un medio adecuado para la extracción de compuestos libres.

- Determinar si realmente el éter es un buen extractor de los compuestos libres y liberados por hidrólisis.

3. Evaluación del consumo de follaje fresco y ensilado de madero negro (Gliricidia sepium), en cabras alimentadas con King Grass (Pennisetum purpureum x P. typhpoides) y Banano verde (Musa sapientum).

JUSTIFICACION

La abundante producción de forraje durante la época lluviosa y la baja disponibilidad de éstos durante la época seca, es una característica muy evidente de sistemas de producción ganadera del trópico seco. En la época seca, la baja disponibilidad de forraje y el pobre contenido de proteína cruda de los alimentos afectan significativamente la nutrición de los rumiantes, de ahí surge la necesidad de investigar alternativas de conservación de forrajes para los momentos de sequía. Los ensilajes de leguminosas como poró y madero negro, por su alto contenido de proteína y cantidad de biomasa comestible, pueden ser una alternativa viable para la conservación y almacenamiento durante las épocas críticas.

El madero negro (G. sepium), es un árbol leguminoso de amplia distribución en el trópico, el follaje ha sido utilizado como material comestible en diversos sistemas de alimentación animal. Presenta una alta producción de hojas durante el período lluvioso, pero pierde éstas en la época seca, por lo que su conservación como ensilaje puede ser una alternativa para el mejor aprovechamiento de este recurso.

Un 30 % del consumo total de materia seca es suficiente para proveer el nitrógeno a la fermentación ruminal, aunque algunos metabolitos secundarios podrían proteger la proteína de la fermentación ruminal, favoreciendo su utilización a nivel de intestino delgado.

OBJETIVO

- Evaluar el consumo de materia seca (M.S.), proteína cruda (P.C.) y energía digestible (E.D.), proveniente de follaje fresco y ensilado de madero negro y determinar la composición químico-nutricional de ambos alimentos.

MATERIALES Y METODOS

Se evaluó el consumo de material fresco (de seis meses de edad) y ensilado (de seis meses de conservado) de madero negro en cabras de la raza TOGGENBUR. Se suministró un kilogramo de banano y tres de king grass por cabra al día. Se formaron dos grupos de cuatro cabras que recibieron los dos tratamientos (material fresco y ensilado) en dos períodos de 21 días, con una etapa de acostumbramiento de 14 días y una fase de medición de 7 días. Se registró diariamente el alimento ofrecido y rechazado por cada una de las cabras. El forraje de madero negro se ofreció ad libitum, mientras que el king grass y el banano fue ofrecido cada 24 horas.

Al material ofrecido y rechazado se le realizaron pruebas para determinar pH, amonio y ácidos grasos volátiles. Se emplearon los métodos de Kjeldahl, potenciómetro, destilación de micro-Kjeldahl y un método de cromatografía de gas utilizando un estándar externo. La digestibilidad fue determinada por el método DIVMS de Tilley y Terry.

RESULTADOS Y DISCUSION

No se encontró diferencias significativas para el consumo de M.S., M.S.D., P.C., y E.D., contenidos en ambos alimentos lo que puede deberse a la buena calidad del material ensilado (que presenta un contenido de M.S. superior al del madero fresco y cantidades de P.C. y E.D. muy similares).

Con respecto a la DIVMS que presenta el follaje en forma fresca es similar a la reportada en la literatura, no así en cuanto a la composición química del ensilaje. La adición de melaza al ensilaje tiende a mantener la calidad nutritiva del material original principalmente para el contenido de proteína (23.9%) y materia seca (24.8%).

Las formas de secado empleadas (estufa y liofilización), no afectan los valores de DIVMS y composición química de las muestras lo que indica el poco contenido de Nitrógeno amoniacal y el reducido efecto del calor sobre estas variables.

CONCLUSION

Para cabras, la conservación de materiales de madero negro por ensilaje, es una alternativa que puede contribuir a mejorar la utilización de este recurso toda vez que no supone cambios marcados en el consumo y en la calidad del forraje de esta especie leguminosa.

4. Análisis químico-nutricional de algunas especies forrajeras promisorias bajo diferentes métodos de secado.

JUSTIFICACION

El análisis de fibra del forraje empleando el método de detergentes es ampliamente usado en la determinación del valor nutritivo de pastos y forrajes en la dieta de mamíferos herbívoros.

Fenoles solubles y taninos pueden bajar el valor nutritivo por efecto tóxico sobre el animal a través de la inhibición de enzimas y bloqueo del sustrato en el tracto digestivo. Las proantocianidinas (taninos condensados) se encuentran en las hojas de leguminosas y otras especies de plantas, pero sus efectos sobre el valor nutritivo no han sido suficientemente estudiados.

Las proantocianidinas insolubles pueden estar involucradas en defensa de la planta, asociadas con enzimas y proteínas insolubles y asociadas negativamente con digestibilidad y aceptabilidad.

OBJETIVO

- Evaluar química y nutricionalmente algunas especies forrajeras promisorias bajo diferentes métodos de secado.

MATERIALES Y METODOS

Material experimental

En este experimento se evaluaron diferentes especies de leguminosas y otra especie que es el guacimo (Guazuma ulmifolia). En el Cuadro 1 se detallan las especies, clones y la edad de rebrote de cada especie.

Cuadro 1. Material en estudio.

| ESPECIE | CLON | EDAD |
|---------------------------------|------|---------|
| LEGUMINOSAS | | |
| <u>Gliricidia sepium</u> | 1105 | 3 meses |
| | 1108 | 3 meses |
| | 1312 | 3 meses |
| | 1324 | 3 meses |
| | 1555 | 3 meses |
| | 1571 | 3 meses |
| <u>Acacia angustissima</u> | | 4 meses |
| <u>Albizia sp.</u> | | 4 meses |
| <u>Albizia falcataria</u> | | 4 meses |
| <u>Arachis pintoi</u> | | 4 meses |
| <u>Calliandria callothyrsus</u> | | 4 meses |
| <u>Centrocema macrocarpum</u> | | 4 meses |
| <u>Desmodium sp.</u> | | 4 meses |
| <u>Desmodium ovalifolium</u> | | 4 meses |
| <u>Difiza sp.</u> | | 4 meses |
| <u>Inga sp.</u> | | 4 meses |
| <u>Inga densiflora</u> | | 4 meses |
| <u>Inga edulis</u> | | 4 meses |
| <u>Inga spectabilis</u> | | 4 meses |
| <u>Stylosantes sp.</u> | | 4 meses |
| OTRAS | | |
| <u>Guazuma ulmifolia</u> | | 4 meses |

Métodos de secado

Se utilizaron tres métodos de secado en la preparación de las muestras, estos consistieron en:

- Secado al horno por 48 horas a 60 °C.
- Secado por liofilización.
- Muestra fresca.

RESULTADOS PRELIMINARES

Análisis químico-nutricional de algunas especies forrajeras promisorias bajo diferentes métodos de secado.

| MUESTRA I.D. | Método secado | DIVMS* % | PCel* % | PC-residuo de Pared celular | Proanto- cianidinas A/g MS |
|--------------------------------|------------------|-------------|------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| <u>Gliricidia sepium</u> | | | | | |
| 1105 | 60C | 55.50 | 51.22 | 18.84 | 41.30 |
| 1105 | F | 56.08 | 58.89 | 19.03 | 63.93 |
| 1105 | LIOF | 57.84 | 49.21 | 17.97 | 29.62 |
| 1108 | 60C | 59.50 | 51.27 | 14.89 | 11.03 |
| 1108 | F | 62.01 | 53.20 | 16.86 | 66.33 |
| 1108 | LIOF | 55.94 | 46.69 | 16.63 | 70.00 |
| 1312 | 60C | 58.45 | 48.60 | 17.19 | 45.53 |
| 1312 | F | 60.09 | 54.55 | 16.40 | 100.38 |
| 1312 | LIOF | 59.59 | 44.83 | 14.67 | 68.58 |
| 1324 | 60C | 60.91 | 47.58 | 19.65 | 27.30 |
| 1324 | F | 57.33 | 62.16 | 17.96 | 133.27 |
| 1324 | LIOF | 57.33 | 51.50 | 17.62 | 123.98 |
| 1555 | 60C | 58.80 | 45.95 | 16.62 | 22.65 |
| 1555 | F | 59.52 | 53.10 | 17.87 | 16.46 |
| 1555 | LIOF | 60.65 | 43.60 | 17.66 | 38.94 |
| 1571 | 60C | 59.41 | 47.81 | 17.33 | 17.50 |
| 1571 | F | 60.98 | 51.89 | 17.85 | 27.54 |
| 1571 | LIOF | 59.18 | 46.42 | 19.00 | 34.73 |
| <u>Acacia angustissima</u> | 60C | 37.11 | 46.28 | 15.74 | 9.91 |
| <u>Acacia angustissima</u> | LIOF | 41.56 | 25.19 | 10.31 | 4.43 |
| <u>Albizia sp.</u> | 60C | 45.37 | 53.73 | 21.88 | 5.56 |
| <u>Albizia sp.</u> | LIOF | 37.34 | 41.47 | 6.70 | 276.64 |
| <u>Arachis pintoi</u> | 60C | 70.02 | 39.29 | 14.25 | 8.44 |
| <u>Arachis pintoi</u> | LIOF | 68.20 | 41.33 | 17.97 | 13.78 |
| <u>Albizia falcataria</u> | 60C | 38.76 | 41.24 | 19.17 | 12.68 |
| <u>Albizia falcataria</u> | LIOF | 47.92 | 33.88 | 16.17 | 17.97 |
| <u>Calliandra callothyrsus</u> | 60C | 27.64 | 34.15 | 22.66 | 11.62 |
| <u>Calliandra callothyrsus</u> | LIOF | 31.54 | 29.45 | 16.96 | 2.69 |

Continuación

| | | | | | |
|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| <u>Centrocema macrocarpum</u> | 60C | 54.36 | 43.94 | 8.93 | 3.27 |
| <u>Centrocema macrocarpum</u> | LIOF | 65.53 | 34.59 | 4.82 | 1.93 |
| <u>Desmodium ovalifolium</u> | 60C | 45.54 | 59.24 | 11.58 | 33.46 |
| <u>Desmodium ovalifolium</u> | LIOF | 50.04 | 52.77 | 7.00 | 46.29 |
| <u>Desmodium sp.</u> | 60C | 46.39 | 60.09 | 7.66 | 32.61 |
| <u>Desmodium sp.</u> | LIOF | 47.59 | 54.04 | 6.39 | 50.45 |
| <u>Difiza sp.</u> | LIOF | 56.62 | 42.75 | 11.21 | 14.02 |
| <u>Difiza sp.</u> | 60C | 72.56 | 51.88 | 6.30 | 15.14 |
| <u>Guazuma ulmifolia</u> | 60C | 66.27 | 37.87 | 12.92 | 27.34 |
| <u>Guazuma ulmifolia</u> | LIOF | 66.64 | 41.01 | 21.26 | 25.64 |
| <u>Inga densiflora</u> | 60C | 22.82 | 65.99 | 15.09 | 61.33 |
| <u>Inga densiflora</u> | LIOF | 24.59 | 62.48 | 14.93 | 23.06 |
| <u>Inga edulis</u> | 60C | 23.91 | 70.10 | 18.68 | 9.76 |
| <u>Inga edulis</u> | LIOF | 31.05 | 57.04 | 17.62 | 30.90 |
| <u>Inga sp.</u> | 60C | 24.45 | 68.34 | 17.74 | 50.58 |
| <u>Inga sp.</u> | LIOF | 27.57 | 60.35 | 19.34 | 84.91 |
| <u>Inga spectabilis</u> | 60C | 10.08 | 64.63 | 12.24 | 48.91 |
| <u>Inga spectabilis</u> | LIOF | 9.36 | 60.09 | 11.73 | 34.52 |
| <u>Stylosantes sp.</u> | 60C | 61.78 | 49.65 | 8.93 | 11.72 |
| <u>Stylosantes sp.</u> | LIOF | 57.48 | 50.67 | 12.81 | 14.20 |

* DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca

PCel = Pared celular

A/gMS = Absorbancia por gramo de muestra seca

Método de secado:

60C = secado al horno (60 C)

F = muestra fresca

LIOF = muestra liofilizada

Esta investigación seguirá en 1993, juntamente con desarrollos metodológicos de análisis de taninos condensados.

CAPACITACION

Durante el año que cubre el presente informe, se realizaron las siguientes capacitaciones, tanto en el CATIE, como en Nicaragua:

Estudiantes de Maestría (terminarán en enero de 1993)

María Engracia Detrinidad (IRENA)
Georgina Orozco (UNA)
Suyen González (UCA)

Estudiantes de Maestría (terminarán a finales de 1993)

Alejandro Mejía (UCA)
Roberto Obando (IRENA)
Claudio Calero (UNA)

Curso (de Posgrado) sobre Sistemas Agroforestales I (Abril 6-Junio 26, 1992)

| | |
|---------------------|------------------------|
| Julio Aguilar M. | Luis Meléndez |
| Jorge Araujo S. | Eliás de Melo M. |
| Jorge Cancino C. | Fernando Muñoz |
| Ernesto Celada | Silvia Rebottaro |
| María Goncalves | Octavio Sánchez E. |
| José G. Jiménez | Alex Tineo L. |
| Arturo Limón L. | David Urriola |
| Diómedes Londoño M. | Oscar Valenzuela |
| Lidia Mainardi G. | Gerardo Zenón López T. |

Curso Corto en Manejo de Bosques Tropicales y Silvicultura

Alfonso Castillo (UCA)
Armando Castañeda (UCA)

Taller sobre Análisis de Datos

Tesistas de ECFOR y UCA

| | |
|------------------------|------------------|
| Violeta Hallenslevens | Fátima Calero |
| Rodolfo Ramírez | Pablo Herosluga |
| Auxiliadora López | Alfonso Castillo |
| Mario Téllez | Martha Alvarez |
| Marta Gigliola Tercero | |

Taller de Análisis Estadístico de Datos (Proyecto UCA/SAREC)

| | |
|------------------|------------------|
| Gerardo Martínez | Alfonso Castillo |
| Manuela González | Pablo Herosluga |

Capacitación en Análisis de Datos

Tesisistas UNA-SAF

Javier López
 Georgina Orozco
 Jerónimo Jiménez
 Fátima Calero
 Martha Alvarez

Lisette Rodríguez
 Nohemí López
 Edwin Castillo
 Jaime Gutiérrez
 Masirelly González

Tesisistas UNA-Chacocente

Mariano Ríos
 Oscar Zapata
 Mario Mayorquín
 Marta Méndez
 Carmen Carrillo
 Mayra Chacón
 Ramón Altamirano
 Wilfredo López
 Bladimir Salinas
 Jorge Neyra
 Helen Pavón

Rodolfo Ramírez
 Violeta Hallesleven
 Mario Téllez
 Rigoberto López
 Pilar Bohorquez
 Marta Tercero
 Auxiliadora López
 Rosa Navarrette
 Gertrudis Urrutia
 Armando Martínez

Tesisistas UCA

Alfonso Castillo
 Nohemí Lanuza
 María Isabel

Curso sobre "Técnicas de Laboratorio de Nutrición Animal"
 (julio a setiembre, 1992) a tres estudiantes de posgrado del
 CATIE, del Area de Ganadería Tropical:

David Urriola (Panamá)
 Gerardo Zenón (México)
 Carlos Mercado (Nicaragua)

Entrenamiento en Servicio sobre las técnicas más modernas de
 análisis de pastos y forrajes:

| | |
|----------------------------------|-----------------------|
| Damaris Mendieta (Nicaragua) | Uta Stehle (Alemania) |
| Marciane Maia da Silva (Brasil) | Jorg Witte (Alemania) |
| Genara Batista (Rep. Dominicana) | Herberth Rojas (C.R.) |
| Pedro Alirio (Colombia) | |

Apoyo a tesis de Maestría y Licenciatura

Suyen González (Nicaragua)
Roldán Corrales (Nicaragua)
Guillermo Jiménez (México)

Manuel Márquez (Guat.)
Gerardo Rodríguez (C.R.)
Alejandro Martínez (Nic.)

Luis Diego Delgado (Costa Rica)