

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO Y CAPACITACIÓN

Evaluación del crecimiento y producción del ñame alado (Dioscorea alata cv "6322") utilizando soportes vivos de poró (Erythrina berteroana Urban) y madero negro (Gliricidia sepium Jacq) Walp.

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

MAGISTER SCIENTIAE

POR:

MARIA RAQUEL CHAVARRIA SACASA

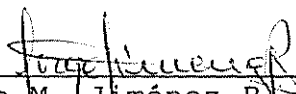
Turrialba, Costa Rica


1991


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

MAGISTER SCIENTIAE

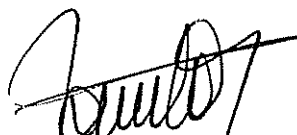
COMITE ASESOR:

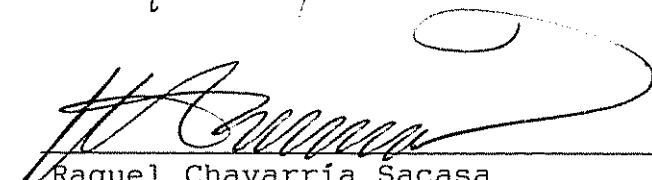
  
\_\_\_\_\_  
Jorge M. Jiménez B., M.Sc.  
Profesor Consejero

  
\_\_\_\_\_  
Pedro R. Oñoro C., Ph.D.  
Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Edgar Viquez L., M.Sc.  
Miembro del Comité

\_\_\_\_\_  
Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Ramón Lastra, Ph.D.  
Coordinador Programa Posgrado

  
\_\_\_\_\_  
Raquel Chavarria Sacasa  
Candidato

## DEDICATORIA

A Nuestro Señor:

Salmo 104

¡ Eres grande, oh Señor, mi Dios !. Tú haces brotar el pasto del ganado y las plantas que sirven de alimento a los hombres, para que de la tierra obtengan su limento, vino que da contento al corazón, aceite para darle brillo al rostro y pan que da vigor a todo el cuerpo. Dios cuida bien los árboles, los cedros que en el Líbano plantó; allí anidan los pájaros y habitan en su copa las cigueñas; ¡Que la gloria de Dios dure por siempre y se alegre en sus obras el Señor!; Alma mía, bendice tú al Señor!

A mis queridos padres: Julio César y Vilma Ruth que sembraron en mí, la semilla de la superación.

A mis adorados hijos : Ruth Edith, Franklin Giovanni y Maria Daniela, trébol de inspiración, que con su existencia han fortalecido mi deseo de seguir adelante.

A Franklin, mi esposo: Por su comprensión y ayuda, en esta batalla intelectual.

A mis hermanos : Sandra, Carolina, Julio, Jorge, Patricia, Guisela y Silvia, por su decidida colaboración durante estos años.

A mis abuelas : Julia y Clara, por el cariño que me han brindado.

A mis sobrinos : Harold, Arlen, Ma. Concepción, Manuel, Américó, Vilma, César y Francisco.

A Nicaragua : mi amada patria.

## AGRADECIMIENTO

A M.Sc. Jorge Jiménez Burgos, profesor consejero principal, por sus buenos consejos y apoyo moral durante la ejecución del trabajo.

A los miembros del comité de tesis, Dr. Pedro Oñoro, quien me ayudó a realizar los análisis estadísticos y por su comprensión; M.Sc. Edgar Viquez por el compañerismo y cooperación brindada;

Al Dr. Germán Sánchez por la confianza que depositó en mí para realizar este trabajo y por haber participado como miembro de mi comité de tesis.

Al Instituto de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA) a través del Ing. Miguel Reyes, por darme el apoyo para la superación personal.

A la Autoridad Sueca para la Cooperación en la Investigación de los Países en Desarrollo (SAREC) por haber financiado mis estudios y al Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) por dejarme utilizar su ensayo.

A mis amigas, M.Sc. Irma Hernández, por su valiosa ayuda en la elaboración del análisis económico y Dra. Ma. Julia Mazzarino por la interpretación de los análisis de suelo.

A todo el personal técnico, administrativo y de campo del Proyecto AFN/SAREC-CIID, por el apoyo brindado.

A mi compañero de promoción M.Sc. Alberto Camero, a Ariadne Jiménez y Dr. Donald Kass, quienes desinteresadamente colaboraron conmigo.

A los obreros de campo Vidal Soto y Eduardo Torres por su colaboración en los trabajos de muestreo de plantas y poda de los árboles.

A mis queridos ahijados y amigos, Marisol Diaz y Eddie Romero, por su valiosa amistad durante estos dos años de la maestría.

## BIOGRAFIA

La autora nació el 26 de Octubre, en el puerto lacustre de San Miguelito, Rio San Juan, Nicaragua.

Realizó estudios pre-universitarios en el Colegio Madre del Divino Pastor, en donde obtuvo el título de Bachiller en Ciencias y Letras, en 1972.

En 1973, ingresa en la Universidad Centroamericana (UCA), donde alcanzó el título de Licenciada en Biología y Recursos Naturales en Julio de 1978.

En Octubre de 1979 inicia sus labores en el IRENÁ (Instituto de Recursos Naturales y del Ambiente), hasta septiembre de 1989, fecha en la que ingresa al Programa de Estudios de Posgrado y Capacitación del CATIE, y el 16 de Enero de 1992 obtuvo el grado de Magister Scientiae en la especialidad de Agroforestería.

## INDICE GENERAL

Página

HOJA DE APROBACION.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
BIOGRAFIA.....	v
INDICE.....	vi
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	x
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
LISTA DE ANEXOS.....	xvii
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Las raices y tubérculos.....	4
2.1.1 El género <u>Dioscorea</u> spp.....	5
2.1.2 Crecimiento del cultivo.....	6
2.1.3 <u>Dioscorea alata</u> .....	9
2.2 <u>Gliciridia sepium</u> .....	10
2.3 <u>Erythrina berteroana</u> .....	11
2.4 Uso de árboles en sistemas de cultivo.....	12
3. MATERIALES Y METODOS.....	17
3.1 Ubicación.....	17
3.2 Clima.....	17
3.3 Suelo.....	18
3.4 Diseño experimental y tratamientos.....	20
3.5 Análisis de crecimiento.....	23
3.5.1 Indices de crecimiento.....	23
3.5.1.1 Indices morfológicos.....	24
3.5.1.2 Indices fisiológicos.....	24
3.5.2 Rendimiento de tubérculos.....	26
3.5.2.1 Indices agronómicos.....	26
3.6 Crecimiento de los árboles.....	27
3.6.1 Variables de crecimiento y rendimiento....	27
3.7 Análisis estadístico.....	27
3.8 Evaluación económica.....	28

4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	30
4.1 Crecimiento del ñame.....	30
4.1.1 Efecto del tipo de soporte.....	30
4.1.1.1 Area foliar.....	33
4.1.1.2 Peso seco de hojas y tallos.....	35
4.1.1.3 Tubérculos.....	38
4.1.1.4 Biomasa total.....	41
4.1.2 Indices de crecimiento morfológicos y fisiológicos.....	42
4.1.2.1 Índice de área foliar (IAF).....	42
4.1.2.2 Razón de área foliar (RAF).....	47
4.1.2.3 Razón de peso foliar (RPF).....	48
4.1.2.4 Índice de crecimiento de relativo (ICR).....	50
4.1.2.5 Índice de asimilación neta (IAN).....	52
4.1.2.6 Tasa de producción de materia seca (TPMS).....	52
4.2 Análisis combinado de las épocas.....	54
4.2.1 Crecimiento del cultivo.....	54
4.2.1.1 Incremento en Area Foliar.....	56
4.2.1.2 Incremento de peso seco en hojas y tallos.....	58
4.2.1.3 Tubérculos.....	58
4.2.1.4 Biomasa total.....	61
4.2.2 Indices de crecimiento.....	63
4.2.2.1 Índice de área foliar.....	64
4.2.2.2 Razón de área foliar.....	66
4.2.2.3 Razón de peso foliar.....	66
4.3 Rendimiento de tubérculos.....	67
4.3.1 Número y peso de tubérculos exportables...67	
4.3.2 Número y peso de tubérculos de semilla	73
4.3.3 Número y peso de tubérculos de desecho....74	
4.4 Producción de biomasa del cultivo.....	76
4.4.1 Biomasa aérea.....	76
4.4.2 Rendimiento total de tubérculos.....	78
4.4.3 Biomasa total.....	81
4.4.4 Índice de cosecha.....	82
4.5 Crecimiento y producción de biomasa de soportes vivos.....	83
4.5.1 Crecimiento.....	83
4.5.2 Producción de biomasa de los árboles.....	87
4.6 Evaluación económica.....	89
5. CONCLUSIONES.....	93
6. RECOMENDACIONES.....	95
7. LITERATURA CONSULTADA.....	97
8. ANEXOS.....	104

## RESUMEN

CHAVARRIA S., M.R. 1991. Evaluación del crecimiento y producción del ñame alado (Dioscorea alata cv "6322") utilizando soportes vivos de poró (Erythrina berteroana Urban) y madero negro (Gliricidia sepium Jacq) Walp. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R. Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. CATIE.

Palabras claves: Soportes vivos, soportes muertos, tubérculos, Dioscorea alata, Erythrina berteroana y Gliricidia sepium, área foliar, crecimiento.

El ñame ha sido cultivado tradicionalmente utilizando soportes muertos (caña brava, barbacoa) con el propósito de obtener un mejor crecimiento y rendimiento del cultivo. No obstante, los costos de producción son elevados, sobre todo cuando los materiales para su construcción son escasos. Las especies arbóreas leguminosas, constituyen una opción de soportes vivos, que brindan además otros beneficios para mantener el sistema.

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental "La Montaña" en el CATIE. Se evaluó el crecimiento y producción del ñame utilizando soportes vivos de E. berteroana y G. sepium. Se probaron 9 tratamientos: Tres manejos de poda para cada especie de árbol (poda a la siembra, poda a la siembra y al tercer mes, poda a la siembra, al segundo y cuarto mes después de la siembra), sin soporte, soporte de caña brava y soporte barbacoa.

En el análisis de crecimiento, las comparaciones entre los soportes vivos de E. berteroana y G. sepium, encontraron diferencias ( $p < 0.05$ ) a los 161 días a favor de G. sepium, para el peso seco de hojas, tallos y tubérculos. Entre soportes muertos y vivos las diferencias fueron ( $p < 0.01$ ) en favor de los primeros, durante la misma época y para las mismas variables, incluyendo además el área foliar. Con respecto a los índices de crecimiento, la comparación entre soportes muertos y vivos, determinó diferencias para el índice de área foliar ( $p < 0.05$ ), la razón de peso foliar ( $p < 0.05$ ) y la razón de área foliar ( $p < 0.01$ ), a los 161 días.



En el rendimiento de tubérculos, los contrastes entre E. berteroana y G. sepium, presentaron diferencias ( $p < 0.01$ ) para el número de tubérculos exportables y peso de semilla; y al 5% para el peso de tubérculos exportables y el número de semilla. Entre soportes muertos y vivos se obtuvieron diferencias en número de tubérculos exportables ( $p < 0.05$ ) en peso de tubérculos exportables, semilla y desecho ( $p < 0.01$ ).

El análisis económico, encontró que los mayores beneficios netos correspondieron al soporte Barbacoa, seguido por el soporte Individual y el soporte de G. sepium con una poda, con una diferencia de 10 y 39% respectivamente. Sin embargo en términos de relación beneficio-costos el soporte G. sepium con una poda generó 27 colones por unidad invertida y el soporte Barbacoa 22.3 colones.

Se concluye que el crecimiento y rendimiento del ñame es superior utilizando soportes muertos. Sin embargo, entre los soportes vivos, el comportamiento del cultivo con soporte de G. sepium es prometedor.

## SUMMARY

CHAVARRIA S., M.R. 1991. Evaluation of growth and yield of winged yam (Dioscorea alata cv "6322") using living supports of poró (Erythrina berteroana Urban) and madero negro (Gliricidia sepium Jacq.) Walp. Mag. Sc. Thesis, Turrialba, C.R. CATIE Master Program on Agricultural Sciences and Natural Resources.

Key words: living supports, non-living supports, tubers, Dioscorea alata cv "6322," Erythrina berteroana and Gliricidia sepium, leaf area, growth.

Tropical yam has been traditionally planted using non-living supports (cane, wires and strings, and makeshift) to obtain improved crop growth and yield. However, production costs are high, especially if the material used is scarce. Leguminous tree species constitute an alternative as living supports, which may provide other benefits to the system.

The present research work was carried out at "La Montaña" Experimental Field, CATIE. Yam growth and yield was evaluated using living supports of E. berteroana and G. sepium. Nine treatments were tested: three pruning managements for each tree species (at planting; at planting and three months later; at planting and two and four months later) for a total of six treatments, without support, support using cane, and support with wires and strings.

For growth analysis, living supports of E. berteroana and G. sepium produced significantly ( $p < 0.05$ ) more dry weight of stems, leaves, and tubers of yams at 161 days than supports of E. berteroana. Non-living supports were significantly ( $p < 0.01$ ) superior to living supports for the same period of time and for the same variables, as well as for leaf area. With respect to growth indexes, living supports produced significantly higher values ( $p < 0.05$ ) for leaf area index and leaf weight, and highly significant differences ( $p < 0.01$ ) for leaf area at 161 days.

For tuber yield, contrasts between E. berteroana and G. sepium, presented differences ( $p < 0.01$ ) for number of exportable tubers, and seed weight; and ( $p < 0.05$ ) for weight of exportable tubers and number of seed. Between non-living and living supports, the significant differences were obtained for number of exportable tubers ( $p < 0.05$ ), and for weight of exportable, seed and rejected tubers ( $p < 0.01$ ).

An economics analysis showed that the greatest return was obtained with wires and strings followed by the individual cane supports and living supports of G. sepium pruned only at planting. The latter two treatments gave returns of 10 and 39 percent respectively less than the wires. Nevertheless, in terms of cost/benefit ratios, the G. sepium support returned 27 colones per colon invested as against 22.3 colones for the strings and wires.

One would conclude that although yam yields are higher with non-living supports, the cost benefit ratio is greater with living G. sepium supports.

## LISTA DE CUADROS

Página

Cuadro 1.	Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de crecimiento del ñame a los 70, 103, 131, 161 y 195 días después de la siembra.....	32
Cuadro 2.	Cuadrados medios del análisis de contrastes para las variables de crecimiento del ñame a los 70, 103, 131, 161 y 195 días después de la siembra.....	34
Cuadro 3.	Cuadrados medios del análisis de varianza para los índices de crecimiento del ñame del ñame a los 70, 103, 131, 161 y 195 días después de la siembra.....	43
Cuadro 4.	Cuadrados medios del análisis de contrastes para los índices de crecimiento del ñame a los 70, 103, 131, 161 y 195 días después de la siembra.....	45
Cuadro 5.	Índices de crecimiento relativo (ICR), asimilación neta (IAN) y tasa de producción de materia seca (TPMS) del ñame durante el ciclo de cultivo.....	51
Cuadro 6.	Cuadrados medios del análisis de varianza combinando las épocas, para las variables e índices de crecimiento del ñame.....	55
Cuadro 7.	Cuadrados medios del análisis de contrastes combinando las épocas, para las variables e índices de crecimiento del ñame.....	55
Cuadro 8.	Cuadrados medios de los contrastes para las funciones lineal, cuadrática y cúbica de las variables e índices crecimiento del ñame.....	55
Cuadro 9.	Análisis de varianza utilizando la covariable número de plantas, para las variables de rendimiento número y peso de tubérculos exportables, semilla y desecho.....	68
Cuadro 10.	Cuadrados medios de los contrastes para las variables de rendimiento número y peso de tubérculos exportables, semilla y desecho....	68

Cuadro 11. Medias ajustadas por número de plantas para las variables de rendimiento del ñame.....	72
Cuadro 12. Cuadrados medios del análisis de varianza utilizando como covariable número de plantas para las variables de rendimiento del ñame...	72
Cuadro 13. Cuadrados medios de los contrastes para las variables de rendimiento.....	77
Cuadro 14. Medias ajustadas por número de plantas para variables de rendimiento del ñame.....	77
Cuadro 15. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de crecimiento de los árboles.....	84
Cuadro 16. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de rendimiento de los árboles.....	84
Cuadro 17. Presupuesto parcial <sup>1/</sup> de diferentes tipos de soportes para el cultivo de ñame en el primer ciclo de producción (colones/ha).....	90
Cuadro 18. Presupuesto parcial <sup>1/</sup> de diferentes tipos de soportes para el cultivo de ñame para el segundo ciclo de producción,(colones/ha)....	90

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Fig. 1. Medias mensuales de precipitación y brillo solar, durante el ciclo de cultivo del ñame. CATIE, 1991.....	19
Fig. 2. Medias mensuales de radiación solar y temperatura, durante el ciclo de cultivo del ñame. CATIE, 1991.....	19
Fig. 3. Distribución de los tratamientos en el campo.....	22
Fig. 4. Detalle de la parcela experimental y subparcela para el análisis de crecimiento y rendimiento.....	25
Fig. 5. Etapas de crecimiento del cultivo de ñame.....	31
Fig. 6. Desarrollo del área foliar del ñame durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.....	31
Fig. 7. Crecimiento de la biomasa de hojas del ñame durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.....	37
Fig. 8. Crecimiento de la biomasa de tallos del ñame durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.....	37
Fig. 9. Crecimiento de la biomasa de tubérculos del ñame durante el ciclo del cultivo, según el tipo de soporte.....	40
Fig. 10. Crecimiento de la biomasa total del ñame, durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.....	40
Fig. 11. Índice de área foliar del ñame durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.....	46
Fig. 12. Razón de área foliar del ñame durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.....	46
Fig. 13. Razón de peso foliar del ñame durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.....	49
Fig. 14. Índice de crecimiento relativo del ñame, durante el ciclo de cultivo, según el	

Fig. 31. Altura de la copa de los soportes vivos al final del ciclo de cultivo del ñame.....	86
Fig. 32. Diámetro a la altura del pecho de los soportes vivos.....	86
Fig. 33. Diámetro de la copa de los soportes vivos.....	88
Fig. 34. Rendimiento total de biomasa de los soportes vivos durante el ciclo de cultivo del ñame.....	89

Fig. 15. Índice de asimilación neta del ñame, durante el ciclo del cultivo, según el tipo de soporte.....	53
Fig. 16. Tasa de producción de materia seca del ñame, durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.....	53
Fig. 17. Comparación del área foliar total del ñame, según el tipo de soporte.....	57
Fig. 18. Tendencia del desarrollo del área foliar total del ñame durante el ciclo de cultivo.....	57
Fig. 19. Comparación de la biomasa total de hojas del ñame, según el tipo de soporte.....	59
Fig. 20. Comparación de la biomasa total de tallos del ñame, según el tipo de soporte.....	59
Fig. 21. Tendencia del crecimiento de las hojas y tallos del ñame, durante el ciclo de cultivo.....	60
Fig. 22. Comparación de la biomasa total de tubérculos del ñame, según el tipo de soporte.....	60
Fig. 23. Tendencia del crecimiento de la biomasa total y de los tuberculos del ñame, durante el ciclo de cultivo.....	62
Fig. 24. Comparación de la biomasa del ñame total, según el tipo de soporte.....	62
Fig. 25. Índice de área foliar total del ñame, según el tipo de soporte.....	65
Fig. 26. Razón de área foliar total del ñame, según el tipo de soporte.....	65
Fig. 27. Número de tubérculos del ñame por categoría, según el tipo de soporte.....	69
Fig. 28. Peso de tubérculos del ñame por categoría, según el tipo de soporte.....	69
Fig. 29. Rendimiento total del ñame según el tipo de soporte.....	79
Fig. 30. Número de brotes de los soportes vivos.....	79



## LISTA DE ANEXOS

	Página
Cuadro 1A. Resumen de datos meteorológicos mensuales para el año 1991. Estación meteorológica de La Montaña.....	105
Cuadro 2A. Análisis químico del suelo del ensayo de ñame con soportes vivos en La Montaña.....	105
Cuadro 3A. Costos detallados del establecimiento de soportes.....	105
Cuadro 4A. Promedios de las variables de crecimiento del ñame durante el ciclo de cultivo.....	106
Cuadro 5A. Determinación del contenido de materia seca de las variables de rendimiento de los árboles.....	107
Cuadro 6A. Promedios del índice de área foliar (IAF), razón de área foliar (RAF) y razón de peso foliar (RPF) del ñame durante el ciclo de cultivo.....	107
Cuadro 7A. Promedios de las variables de crecimiento de los árboles.....	108
Cuadro 8A. Promedios de las variables e índices de crecimiento del ñame en el análisis combinado.....	108
Cuadro 9A. Análisis combinado de las 5 épocas de crecimiento del ñame para las variables de área foliar, peso seco de hojas, peso seco de tallos, peso seco de tubérculos y peso total.....	109
Cuadro 10A. Promedios de las variables de número y peso de tubérculos exportables, semilla y desecho.....	109
Cuadro 11A. Promedios de las variables de rendimiento del ñame.....	109

## 1. INTRODUCCION

Las prácticas culturales recomendadas para el éxito de un cultivo están dirigidas a conseguir un mejor crecimiento y producción de las plantas. Para obtener altos rendimientos y beneficios económicos de los cultivos alimenticios, el agricultor recurre al uso de insumos y prácticas, que no siempre responden a las exigencias de éstos.

El ñame (Dioscorea spp), requiere del uso de tutores, que le permiten a la planta una mayor duración y mejor distribución del área foliar, disminuyendo el autosombreo y reduciendo la incidencia de enfermedades del follaje. Además, se obtiene un mayor índice de área foliar y mejor eficiencia fotosintética (Onwueme, 1978; Purseglove, 1971). Según Martin (1976), el uso de soportes puede significar incrementos entre un 60 -70% del rendimiento de tubérculos.

En Costa Rica, el ñame (Dioscorea spp) es uno de los cultivos no tradicionales con mayor auge en la zona Atlántica. Para su cultivo se utilizan soportes individuales de caña brava y soporte barbacoa. Sin embargo, su uso representa entre 30 y 40% de los costos de producción. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar alternativas

tecnológicas que reduciendo los costos de producción del cultivo, aumenten el beneficio neto del agricultor (Jiménez, Rodríguez y Calvo, 1986).

Algunos sistemas agroforestales han asociado tubérculos y raíces tropicales, como ñame (Dioscorea spp.), yuca (Manihot sp.) y malanga (Colocasia esculenta) con especies arbóreas como Gliricidia sepium, Calliandra calothyrsus, Leucaena leucocephala, Cassia spectabilis, Sesbania sesban y Gmelina arborea, (IITA, 1984; Kass, 1985).

Existen numerosas investigaciones sobre el manejo de estos cultivos y se investiga el potencial de especies arbóreas leguminosas; sin embargo, se sabe poco sobre el comportamiento de estos cultivos y árboles en asociaciones agroforestales. Es necesario entonces, investigar aspectos que afecten el crecimiento y la producción de los cultivos asociados, tales como el efecto de sombreamiento, la competencia de raíces, agua y relaciones específicas (OTS/CATIE, 1986). Con base en lo anterior, se realizó esta investigación con los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto del uso de soportes vivos de Erythrina berteroana y Gliricidia sepium sobre el

crecimiento y producción del ñame alado Dioscorea alata cv "6322".

- 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.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Las raices y tubérculos.

Las raices y tubérculos comestibles son una importante fuente de alimento para millones de personas en el trópico húmedo y sub-húmedo (IITA, 1986). La cosecha global para 1989 alcanzó los 47 millones de toneladas y se cultivaron un total de 18, 14, 9, 2 y 1 millones de ha. de papas, yuca, camote, ñame y quequisque respectivamente (FAO, 1989). Las proyecciones para el año 2000 (cosecha global), indican que la producción mundial puede llegar a ser de 70 millones de toneladas (Chandra, 1988). La mayoría de la producción se consume dentro de los países productores China, Nigeria y Brasil (Chandra, 1988).

En el Trópico Húmedo Bajo, la producción de granos es difícil, debido a que las condiciones climáticas no son propicias para estos cultivos. Sin embargo, las raices y tubérculos tropicales están adaptados a estos climas. En Costa Rica, las regiones húmedas representan el 43% del área total del país, donde habita el 24% de la población, que tiende a aumentar por la inmigración proveniente del Valle Central y el Pacífico (Jiménez, Rodríguez y Rodríguez, 1985).

### 2.1.1. El género Dioscorea spp.

Los ñames pertenecen al género Dioscorea, familia Dioscoreacea. Producen tubérculos que son económicamente importantes y que contienen de 20 a 30 % de almidones y de 5 a 13 % de proteínas (Cáceres, 1980). Este cultivo es un prestigioso componente de la dieta de Africa Occidental y su afición tiende a ser superior a todos los otros cultivos de raíces y tubérculos (Horton, Lynam y Knischeer, 1983). Su origen se establece en tres regiones tropicales: el Sudeste Asiático (Dioscorea alata, D. esculenta, D. bulbifera, D. opposita, y D. japonica), el Oeste Africano (D. rotundata, D. cayenensis, D. dumetorum) y D. trifida la única especie de origen americano, específicamente de la Cuenca del Amazonas (Montaldo, 1972).

Las especies comestibles más cultivadas en América son D. alata, D. cayenensis, D. rotundata y D. trifida. En Puerto Rico el ñame crece en áreas húmedas montañosas. Debido a sus altos requerimientos de mano de obra para el establecimiento de estacas y la cosecha, gran parte del ñame es producido en fincas pequeñas (de una a tres ha) como una operación familiar. El agricultor generalmente vende el ñame

de mejor calidad y usa los de baja calidad o menor tamaño para la siembra (Mignucci, Kok, et al, 1983).

El ñame (Dioscorea spp), es uno de los principales componentes en la alimentación a base de carbohidratos para un gran número de personas que vive en los trópicos del Oeste Africano, Sureste de Asia, Islas del Pacífico, y la Cuenca del Caribe (Kay, 1973; Onwueme, 1978). Nigeria domina la producción mundial de ñame con 72,6% (Chandra, 1988). En tiempos de escasez, las especies silvestres de ñame son algunas veces usadas para aliviar el hambre. Además, existen algunas otras Dioscoreas que contienen compuestos orgánicos, usados para producir esteroides químicos en la industria farmacéutica (Kay, 1973; Onwueme, 1978).

En Centroamérica el ñame es poco cultivado. Panamá y Costa Rica son los países con mayor producción, aunque en Costa Rica se exporta casi toda la cosecha.

#### 2.1.2 Crecimiento del cultivo.

Los tubérculos tropicales exhiben una considerable variación natural en su período de crecimiento. Existe poca información con respecto al ciclo de crecimiento del género Dioscorea. El ciclo del cultivo, que es bastante rígido y

difícil de modificar, se divide en las siguientes etapas: dormancia, brotación, crecimiento vegetativo, crecimiento reproductivo, producción de tubérculos y senescencia (Jiménez, 1988). En Dioscorea alata la tuberización se inicia a partir de la semana 13 y de la semana 19 a 32 se produce la acumulación de materia seca en los tubérculos en forma casi lineal (Ferguson, 1977). Dioscorea alata es ampliamente cultivado en las Indias Occidentales, generalmente sembrado en Mayo o Junio y cosechado a finales de Diciembre o Enero, período que coincide con la estación lluviosa (Campbell, Chukwueke, Teriba, Ho-A-shu, 1962)

Jiménez (1987), determinó tres etapas de crecimiento en D. trifida, de los 0 a 80 días con crecimiento lento de hojas tallos y tubérculos, a 160 días (crecimiento acelerado de hojas y tallos más pecíolos) y al final del ciclo (llenado de tubérculos). Estas dos últimas etapas mostraron mayor eficiencia fotosintética.

Se conoce poco acerca de la dinámica del índice de cosecha en la producción de ñame. Los resultados publicados hasta ahora sobre índices de cosechas que se han estimado en ñame, indican que el mejoramiento en la producción de tubérculos resulta de la manipulación cultural y genética



que proporcionalmente reduce el tamaño de los brotes en relación al rendimiento de tubérculos (Akoroda, 1986).

En consecuencia se necesita mayor investigación para describir las relaciones funcionales entre las partes de la planta para considerar la fotoasimilación por partes. Algunas determinaciones basadas en peso seco para el ñame blanco son: 6% raíces, 16% tallos, 26% hojas y 52% tubérculos; que en peso fresco corresponde a 9% raíces, 42% brotes y 49% tubérculos. La variación en la estimación del índice de cosecha, indica que el mejoramiento en el rendimiento de tubérculos puede ser alcanzado en períodos largos de crecimiento (Akoroda, 1986).

En un experimento que se utilizaron tres tamaños de bulbos aéreos en vez de secciones de tubérculos: pequeño (menos 50 g), medio (50-100 g) y grande (más de 100 g), se obtuvo rendimientos de 1308, 1475 y 962 (g/planta) respectivamente. Estos rendimientos no fueron estadísticamente diferentes, sin embargo los bulbos de menor tamaño obtuvieron mayor producción que los grandes. Este resultado es contrario a lo comúnmente encontrado, que los bulbos grandes rinden más (Onwueme, 1978). Esto se puede deber a que estos últimos resulten mayores productores de tubérculos, con una posible reducción en la cantidad de

fotosintátos que se almacenan en el tubérculo. Sin embargo, ninguno de estos resultados parecen sugerir que los bulbos pequeños tengan igual funcionamiento al de los grandes, cuando son usados para la propagación de tubérculos (Onwueme, 1988).

### 2.1.3. Dioscorea alata.

La especie que tradicionalmente se ha cultivado en Costa Rica, es Dioscorea alata. El cultivar de mayor utilización ha sido el "antillano" y su producto se destina para la exportación. Este cultivar es de rápido crecimiento, con tubérculos cilíndricos, lisos y pulpa blanca. Su ciclo vegetativo oscila entre siete y ocho meses dependiendo del grado de dormancia del propágulo (Jiménez, 1988). Sin embargo, durante el último año el cultivar "6322" (introducido a Costa Rica por el CATIE, procedente de Puerto Rico con el nombre de SEA 90 y es conocido en Africa como "Kabusha") sustituye al antillano. Este último cultivar es de crecimiento más lento que el cultivar "antillano". Sus hojas son más pequeñas y sus tallos son más delgados. Los tubérculos que produce son de forma cilíndrica, lisos, pulpa blanca amarillenta y de buen peso. Su rendimiento de tubérculos exportables es mayor que el "antillano", además es tolerante a la antracnosis (Colletotrichum spp.),

principal enfermedad en la zona (Jiménez, 1988). En un estudio de once cultivares promisorios, se encontró que el cultivar "6322" produjo hasta 38 TM/ha de tubérculos de buena forma y tamaño. (Meneses, Herrera y Palencia, 1983)

El ñame para su crecimiento requiere de 1000 a 1500 mm de lluvia bien distribuidos, con temperaturas diurnas altas, entre 25 a 30 °C. Prefiere suelos fértiles, profundos bien drenados o aluviones con texturas livianas y buen contenido de materia orgánica, lo que permite una buena aireación del suelo y disponibilidad de materia orgánica (Jiménez, 1988) .

## 2.2. Gliricidia sepium.

Esta especie pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Fabaceae. Es un árbol de porte medio, puede alcanzar alturas de 10 a 15 m y diámetros de 20 a 53 cm, las hojas son compuestas, flores blancas o rosadas, con una vaina como fruto (Mora, 1983; Jon Llap, 1989; Salazar, 1986 y Glover, 1986). Su ámbito de distribución actual se extiende desde México hasta Panamá. Como la especie ha sido usada, cultivada y transportada por el hombre, su rango verdadero de distribución natural es incierto. Ha sido introducida en América del Sur, Asia, Africa y las Antillas (Hughes, 1987).

Puede ser utilizada en asocio con cultivos anuales alimenticios (cultivo en callejones) como fuente de nitrógeno (Kass, 1987; Martínez, 1984), en cercas vivas para producción de biomasa y postes (Beliard, 1986), como guías para pimienta (Seiber, 1987), con ñame (Budelman, 1987) en sistemas silvopastoriles para recuperación de pastizales degradados (Wiersum, 1987) y para producción de leña. (CATIE, 1986).

### 2.3. Erythrina berteroana.

Erythrina berteroana se encuentra en elevaciones variadas con clima de secos a muy húmedos. Se distribuye desde el Sur de México hasta Panamá y Colombia. Hace mucho tiempo se introdujo en Cuba, Haití y Puerto Rico; se ha plantado al Sur de Florida, Islas Virgenes y en la zona tropical del viejo mundo (Holdridge y Poveda, 1975; Mora, 1984).

Mora (1984), señala que E. berteroana es una especie fácil de propagar, por estacones de 1.5 a 2.5 m de largo y diámetros que oscilan de 5 a 15 cm. Sin embargo es atacada por insectos defoliadores por lo que es poco usada como soporte. El mayor uso es en cercos vivos; parte del material de la poda (hoja y tallos jóvenes) es un alimento rico en

proteínas para animales domésticos. Las semillas son venenosas, pero se pueden usar en artesanía.

#### 2.4. Uso de árboles en sistemas de cultivo.

Esta práctica consiste en el asocio de arboles o arbustos (generalmente fijadores de nitrógeno) intercalados en franjas con cultivos anuales. La presencia de árboles aumenta el ciclaje de nutrimentos y la diversidad de especies de flora y fauna microbiana. El reciclaje de nutrimentos entre las plantas y el suelo contribuye a mantener la productividad; también los árboles protegen al suelo de los efectos del sol, el viento y las lluvias que caracterizan las zonas tropicales (OTS/CATIE, 1986). Entre los inconvenientes de este asocio está la competencia por luz, la cual se puede modificar a través del manejo de podas y la competencia por agua y nutrimentos.

Para reducir la interferencia luminica, especies como Gliricidia sepium, pueden podarse totalmente o en forma parcial eliminando hojas y ramas tiernas. Gliricidia sepium, en asociación con maíz, a 2 m entre surcos, puede producir 4.748 kg/ha en corta total y 1.538 kg/ha en poda (de materia seca) y una contribución de 233 kg/ha de N (IITA 1981). Además de la corta total y la poda, la caída de hojas

también es importante. En un periodo de 16 semanas, Gliricidia sepium puede acumular hasta 550 kg/ha de materia seca proveniente de hojas caídas (IITA 1981).

En investigaciones realizadas en Nigeria sobre asociación Ñame-Gmelina arborea, se ha encontrado que espaciamientos del árbol a 2.5 x 2.5 y ñame a 1 x 1 m, alcanzan un rendimiento óptimo de ambas especies (Agbede, 1985).

El uso de soportes vivos en ñame es una práctica utilizada por muchos productores en Africa. Esta ha sido una alternativa cuando los costos de otros materiales no están al alcance del agricultor. También se ha observado el asociación de ñame con cultivos (maíz, yuca, gandul) y con especies arbóreas como Gmelina y Leucaena ( IITA, 1979).

En Nigeria, la labor más costosa en la producción de ñame es la construcción de lomos y los soportes, especialmente en la sabana de Guinea donde las estacas son escasas (IITA, 1983).

Algunos autores han mencionado la posibilidad de asociar ñame con especies leñosas en sistemas de cultivos en callejones, pero los únicos resultados son presentados por

Budelman (1987) y Budelman y Pinnars (1987) citado por Kass y Jiménez (1989).

Budelman (1987), en la Costa de Marfil, estudió la producción de ñame sin tutores y con tutores vivos de Leucaena leucocephala, Flemingia macrophylla y Gliricidia sepium. Encontró que el uso de soportes vivos de Gliricidia sepium para el cultivo de ñame es una alternativa viable. Explica que el mejor comportamiento del ñame con Gliricidia sepium se debe a la posición de las ramas de esta especie, la cual permite una mejor penetración de la luz en el cultivo.

Budelman y Pinnars (1987) reportan los resultados de un estudio utilizando tutores vivos de Gliricidia sepium y Cassia siamea, donde durante dos años consecutivos los rendimientos del ñame fueron iguales a los obtenidos con métodos convencionales de soporte.

En un experimento conducido en Kerala, India, se evaluó la productividad de Dioscorea alata plantado con una densidad de 6600 pl/ha (1 x 1 m), en callejones de cocoteros (Cocos nucifera) plantados a 7.5 x 7.5 (180 plantas/ha), intercalados con dos hileras de Eucalyptus tereticornis, Leucaena leucocephala, Gliricidia maculata y Ailanthus

tryphysa, plantados a 2.1 x 2.1 (1300 arb/ha). La producción del cultivo no fue significativamente diferente cuando creció solo o asociado, excepto que cuando creció con Ailanthus, la producción de tubérculos se redujo hasta en un 30% (4.5 ton/ha) (Bindu, Ashokan, Achutan, 1988)

En un ensayo donde se probó el asoció de maiz con ñame y ñame sin soporte, el primero sufrió reducción en su rendimiento (967 kg/ha), sin embargo el ñame no fue afectado por el intercultivo, alcanzando un rendimiento de 6112 kg/ha. Tampoco se encontró diferencias estadísticas entre el rendimiento del ñame con maiz y creciendo solo (5663 kg/ha) (Onwueme, 1988).

El IITA (1976) ha investigado la asociación del ñame con yuca, maiz y con camote. Se determinó que después del monocultivo sin soporte (15.83 kg/ha), la asociación de ñame más yuca fue la que produjo el mayor rendimiento (7.49 kg/ha). Siendo los menores rendimientos para las asociaciones ñame con maiz (5.51 kg/ha) y ñame con camote (5.77 kg/ha).

En CATIE, se evaluó el efecto de la época de siembra y del uso de soporte en ñame asociado con yuca. Los resultados obtenidos indicaron que la mejor época para sembrar ñame es



mayo y que el ñame asociado con yuca en mayo, demostró ser una buena alternativa, ya que se obtienen rendimientos aceptables de ambos cultivos (Morales y Rodríguez, 1983).

Hasta ahora se ha evidenciado que el cultivo de ñame mejora el rendimiento y la calidad cuando se utilizan soportes, con incrementos de 60 a 80% (Jiménez, 1988). La necesidad de soporte cuando ñame es propagado a partir de mini-semillas, parece crítica debido a las pequeñas y delicadas plantas que se producen. En un estudio cuyo propósito fue determinar el efecto de las estacas (altura y el tipo de estacas muertas) sobre el rendimiento del ñame propagado a partir de mini-semilla, Enyinnaya (1982), mostró que el uso de soportes: a) incrementó el rendimiento de tubérculos; b) Altura de soportes superiores a un metro de alto no incrementan el rendimiento y c) el número de brotes creciendo en una sola estaca no afecta el rendimiento significativamente.

### 3. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1. Ubicación.

El experimento se localizó en el Campo Experimental La Montaña, CATIE, en Turrialba, Costa Rica, con una altitud de 602 msnm. El sitio se ubica a 9°53' latitud norte y 83°39' longitud oeste.

#### 3.2. Clima.

El sitio pertenece a la zona de vida Bosque muy húmedo-Premontano (bmh-P)( Holdridge 1978), con una temperatura media anual de 21.7 °C y una precipitación de 2636.7 mm/año. La radiación solar promedio mensual es de 12.57/Kcal/cm<sup>2</sup>, la humedad relativa media mensual es de 88% y la evaporación total media mensual es de 95 mm (Estación Meteorológica del CATIE).

Los datos meteorológicos correspondientes al ciclo del cultivo aparecen en el Cuadro 1A. En la Figura 1 se muestran las variaciones de la precipitación mensual y brillo solar registrados en el área del ensayo. Los meses de junio y agosto se destacan como los más lluviosos, mientras que marzo fue el mes con más brillo solar total con 226.1 horas.

La Figura 2, presenta la temperatura durante el ciclo del cultivo. La media mensual fue de 22.04 °C. La radiación solar total mensual llegó a alcanzar 685.9 MJ/m<sup>2</sup> en el mes de marzo y bajó a 428.2 MJ/m<sup>2</sup> en el mes de agosto.

### 3.3. Suelo.

Pertenece a la Serie Instituto Arcilloso, fase normal, Orden Inceptisol, (Typic Distropepts). Es de origen aluvial fluvio-lacustre, de drenaje pobre e imperfecto (drenado artificialmente con "zanjas"). La densidad aparente es baja (1.1 g/cm<sup>3</sup>), 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 poca cantidad de piedras, lo cual no dificulta el laboreo de esta tierras (Aguirre, 1971).

Los resultados del análisis químico del suelo, con respecto a los obtenidos en el primer ciclo de cultivo, indican que hay una disminución de las bases, así como del nivel de acidez extraíble, bajando el porcentaje de saturación ácida de 15.43% a 13.18% y aumentando el pH de 4.9 a 5.2. Este comportamiento indica que hay acomplejamiento de Al y H en la materia orgánica de las podas (Cuadro 2A). Sin embargo, en el suelo de los

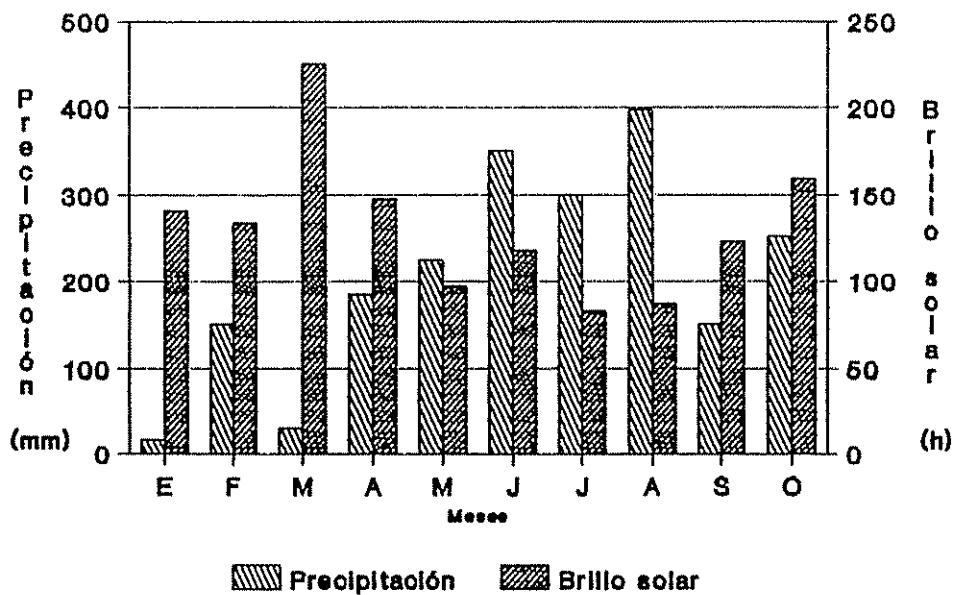


Fig. 1: Medias mensuales de precipitación y brillo solar, durante el ciclo de cultivo del flame. CATIE, 1991.

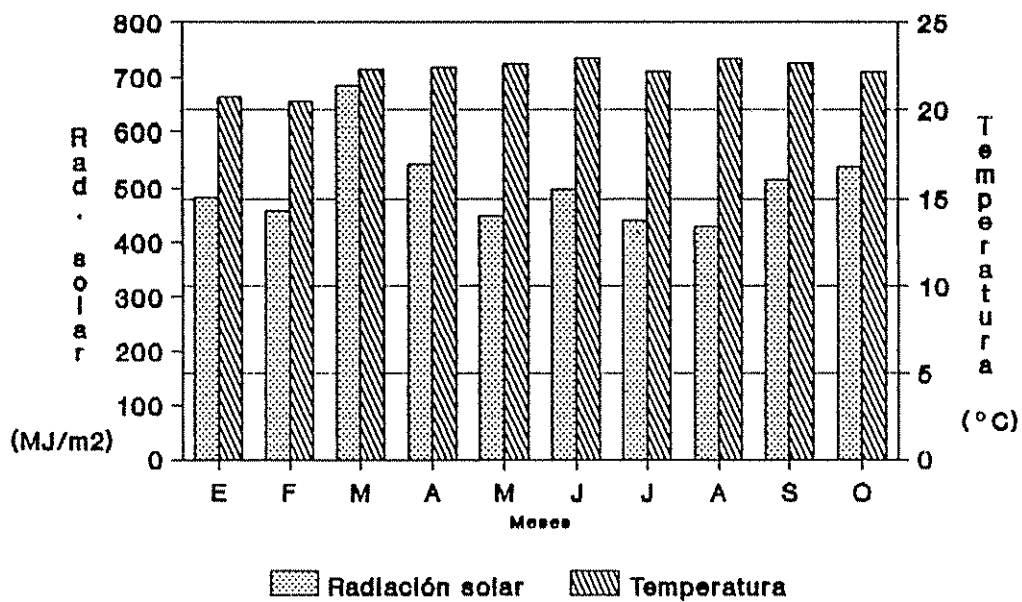


Fig. 2: Medias mensuales de radiación solar y temperatura, durante el ciclo de cultivo del flame. CATIE, 1991.

tratamientos con soportes tradicionales, aunque no hay aporte de material producido por las podas, también están ocurriendo estos cambios. Es posible atribuir este efecto a la forma de preparación del terreno, ya que se están incorporando los residuos producidos por las malezas y los restos de ñame, acelerando la descomposición de la materia orgánica y el proceso de humificación.

#### 3.4. Diseño Experimental y Tratamientos.

El diseño utilizado fue en Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones (Figura 3). Los tratamientos son:

1. E. berteroana ( $E_1$ ) con poda a la siembra del cultivo.
2. E. berteroana ( $E_2$ ) con poda a la siembra del cultivo y al 3o. mes.
3. E. berteroana ( $E_3$ ) con poda a la siembra del cultivo, al 2o. y 4o. mes.
4. G. sepium ( $G_1$ ) con poda a la siembra del cultivo.
5. G. sepium ( $G_2$ ) con poda a la siembra del cultivo y al 3o. mes.

6. G. sepium (G<sub>3</sub>) con poda a la siembra del cultivo, al  
2o. y 4o. mes.

7. Sin soporte (S<sub>0</sub>).

8. Soporte Individual (S<sub>1</sub>) (1.35 x 0.5 m).

9. Soporte Barbacoa (S<sub>2</sub>).

Los árboles se establecieron en el mes de abril de 1990. 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 estacas de 1.5 m de alto y de 4 a 8 cm de diámetro.

El ñame (Dioscorea alata cv "6322"), fue sembrado en lomos, con un distanciamiento de 1.35 m. La distancia entre plantas es de 0.33 m (22,447 plantas/ha). Los propágulos utilizados eran secciones de tubérculos de 75 a 125 g (con una media de 107 g) preparados dos semanas antes de la siembra.

En este sitio se había realizado una siembra anterior en el mes de mayo de 1990 y la cosecha en el mes de diciembre del mismo año (Jiménez, Kass, Viquez y Chavarría, 1990). Esta segunda siembra se estableció en marzo y se cosechó en octubre de 1991.

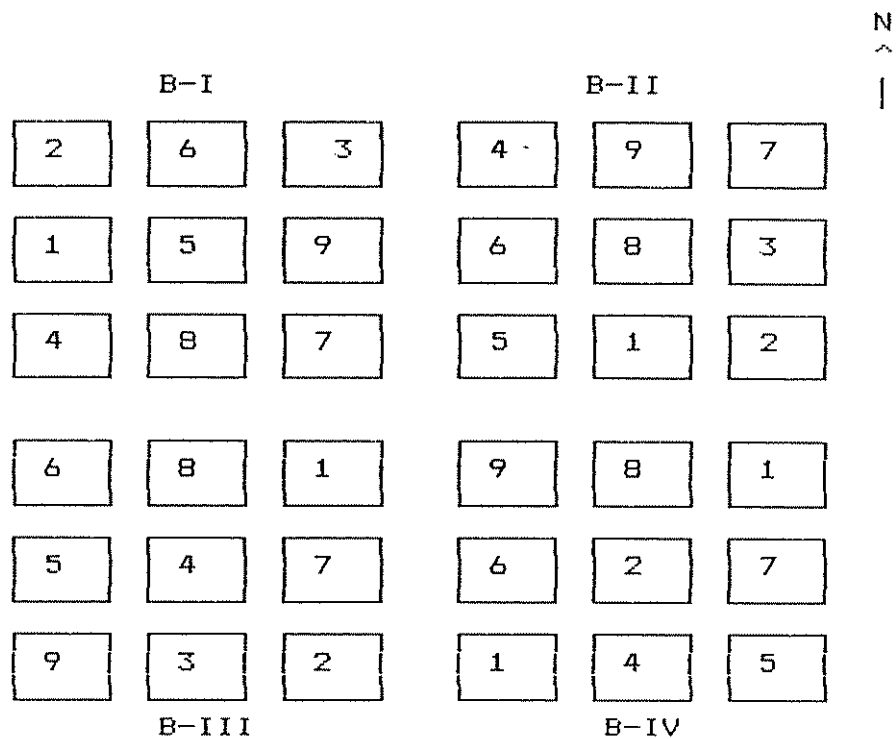


Figura 3. Distribución de los tratamientos en el campo.

Se realizó una fertilización general en todas las parcelas con 100, 50 y 100 Kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente, fraccionadas en 2 aplicaciones de 50, 50, 50 kg/ha al mes de la siembra y 50, 0, 50 kh/ha al tercer

mes después de la siembra. El control de malezas en las calles y bordes se realizó con Roundup y Gramoxone; en los lomos manualmente con azada y machete.

### 3.5. Análisis de crecimiento.

Para realizar el análisis de crecimiento se efectuaron cinco muestreos de plantas previamente aleatorizadas e identificadas en las parcelas de crecimiento (Figura 4). En cada muestreo se colectó material fresco de dos plantas por parcela. El material verde se pesó, separado en hojas, tallos y tubérculos, con una balanza Mettler PM2000 y se determinó el peso seco constante (aproximadamente 72 horas a 70 °C) en hornos de aire forzado. También se midió el área foliar, a partir de una submuestra del 10 %, del número total de hojas, utilizando un medidor de área foliar portátil (Portable area meter LI-COR, model LI-3000).

#### 3.5.1. Índices de crecimiento.

Se calcularon índices morfológicos y fisiológicos del crecimiento para determinar, la distribución de la biomasa en el cultivo y la eficiencia de la planta a través del tiempo.



### 3.5.1.1. Índices morfológicos:

- Índice de Area Foliar

$$\text{IAF} = \frac{\text{Area foliar por planta}}{\text{Area de suelo por planta}} \quad (\text{cm}^2/\text{cm}^2)$$

- Razón de Peso Foliar

$$\text{RPF} = \frac{\text{Peso seco de hojas}}{\text{Peso seco total}} \quad (\text{g/g})$$

- Razón de Area Foliar

$$\text{RAF} = \frac{\text{Area foliar total}}{\text{Peso seco total}} \quad (\text{cm}^2/\text{g})$$

### 3.5.1.2. Índices fisiológicos.

- Índice de Crecimiento Relativo

$$\text{ICR} = \frac{\ln (P_2) - \ln (P_1)}{t_2 - t_1} \quad (\text{g/g/días})$$

- Índice de Asimilación Neta

$$IAN = \frac{P_2 - P_1}{A_2 - A_1} \times \frac{\ln(A_2) - \ln(A_1)}{t_2 - t_1} \quad (\text{g/cm}^2/\text{días})$$

donde:

$P_1$  y  $P_2$  = Peso de biomasa total de la planta en muestreo anterior y posterior.

$t_1$  y  $t_2$  = Tiempo (Días del muestreo anterior y posterior)

$\ln$  = Logaritmo natural

$A_1$  y  $A_2$  = Área foliar de la planta en muestreos anterior y posterior

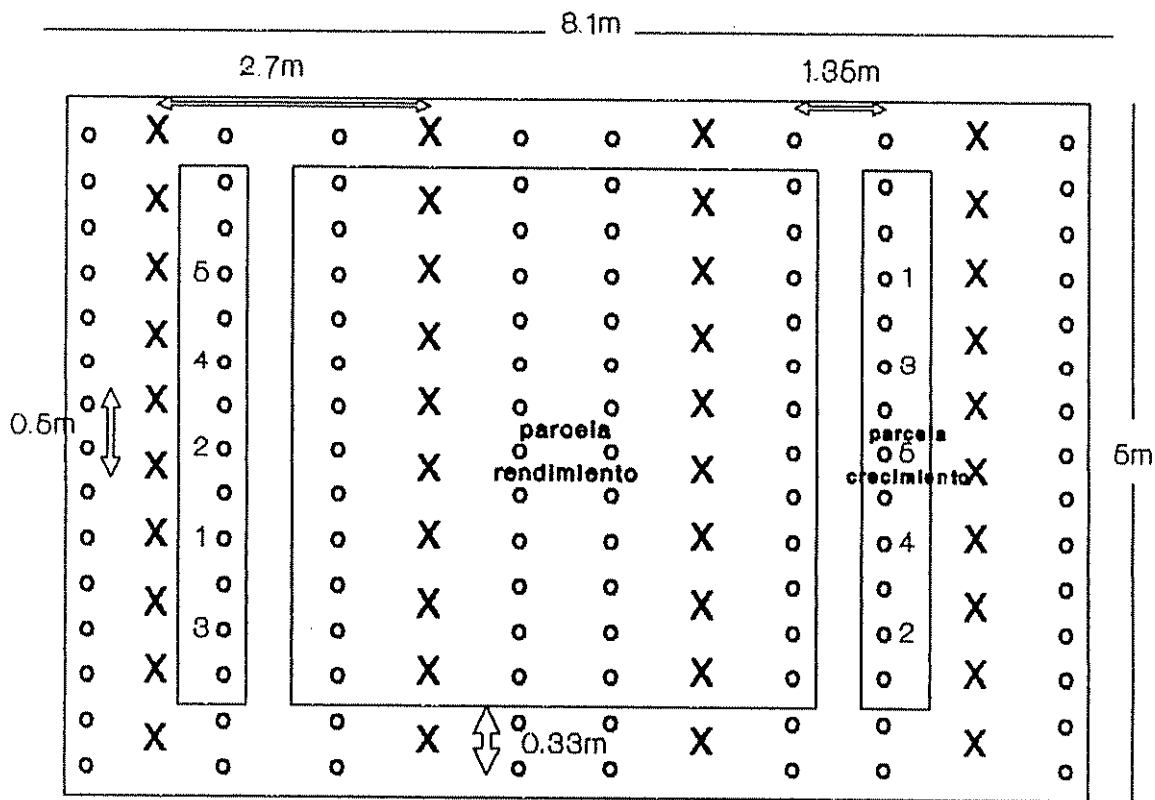


Fig. 4: Detalle de la parcela experimental y subparcela, para el análisis de crecimiento y rendimiento.

### 3.5.2. Rendimiento de tubérculos.

La cosecha de los tubérculos se realizó en la segunda semana de octubre. Los tubérculos se clasificaron en tres categorías: exportables (cilíndricos y con un peso superior a 500 g), semilla (deformes y con un peso entre 50 y 500 g) y desecho (tubérculos con daños patológicos o fisiológicos).

Para determinar el peso seco se tomó una muestra de biomasa aérea y de tubérculos por tratamiento. Se calcularon además los siguientes índices agronómicos:

#### 3.5.2.1. Índices agronómicos

- Tasa de Producción de Materia Seca

$$\text{TMPS} = \frac{P_2 - P_1}{S(t_2 - t_1)} \quad (\text{g/m}^2/\text{días})$$

- Índice de Cosecha

$$K = \frac{\text{Peso seco bruto comercial}}{\text{Peso seco total de la planta}} \times 100$$

donde:

S = Área del terreno por planta en m<sup>2</sup>.

### 3.6. Crecimiento de los árboles.

#### 3.6.1. Variables de crecimiento y rendimiento.

Se evaluaron al efectuar las podas en los 16 árboles centrales de las parcela experimental. Las variables evaluadas fueron:

- Diámetro de copa (DCOP).
- Altura de la copa (ALTCOP).
- Número de brotes (NBROT).
- Peso seco de tallos (PSTALLO).
- Peso seco de hojas (PSHOJA).

Para el peso seco de la biomasa se tomó una muestra de hojas y tallos. En el laboratorio se determinó peso fresco de las muestras y se secaron en un horno de aire forzado a 70 °C durante 72 horas.

#### 3.7. Análisis estadístico.

Para las variables de crecimiento y rendimiento del cultivo y de los árboles, se realizó un análisis de varianza correspondiente a un diseño de Bloques Completos al Azar. Se hizo un análisis de varianza para cada época de crecimiento. También se realizó un análisis combinado de las épocas para

conocer la interacción de la época por tratamiento. Se realizaron pruebas de contrastes ortogonales entre los diferentes tratamientos y se hizo separación de grados de libertad individuales para conocer la tendencia de las variables a través del tiempo.

El rendimiento también se comparó entre tratamientos a través de contrastes planeados previamente. Se hizo un análisis de covarianza utilizando como covariable al número de plantas por parcela.

El procesamiento de los datos se realizó con el uso del Statistical Analysis System para microcomputadoras (SAS/STAT, 1987).

### 3.8. Evaluación económica.

Para comparar los beneficios económicos asociados a cada tratamiento se realizó un análisis de presupuesto parcial y se estimó la relación beneficio costo.

El presupuesto parcial, como su nombre lo indica, no toma en cuenta todos los costos de producción, sino únicamente los relacionados con el establecimiento y manejo de los soportes, considerados costos variables.

La estimación de costos se basó en los precios de mercado de 1991, detallados en el Cuadro 3A. Los ingresos corresponden únicamente al producto clasificado como exportable, el cual tuvo un precio de 60 colones en ambos periodos. Para el año 1990, se consideraron los rendimientos reportados por Jiménez et al (1990).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Crecimiento del ñame.

En el ciclo del ñame, se pudieron distinguir cinco etapas de crecimiento: dormancia, que se extendió desde mediados de diciembre hasta finales de abril; brotación (emergencia del cultivo) desde finales de abril a inicios de mayo; crecimiento vegetativo (formación y desarrollo de las estructuras aéreas) desde mayo hasta mediados de agosto; crecimiento reproductivo (formación y llenado de tubérculos) a partir de junio hasta octubre; y senescencia (decadencia del cultivo) septiembre y octubre, para iniciar un ciclo nuevamente (Figura 5). Las plantas de ñame siguen un patrón sigmoideal, que inician con un crecimiento relativo bajo, que posteriormente se incrementa conforme las plantas crecen, hasta alcanzar su máximo crecimiento vegetativo, para luego decaer, en la fase de senescencia (Brown, 1988). Este comportamiento se muestra en las Figuras 6 a 10.

#### 4.1.1. Efecto del tipo de soporte.

El análisis de varianza (Cuadro 1), realizado para el área foliar, peso seco de hojas, tallos, tubérculoas y biomasa total, detectó diferencias entre tratamientos (p

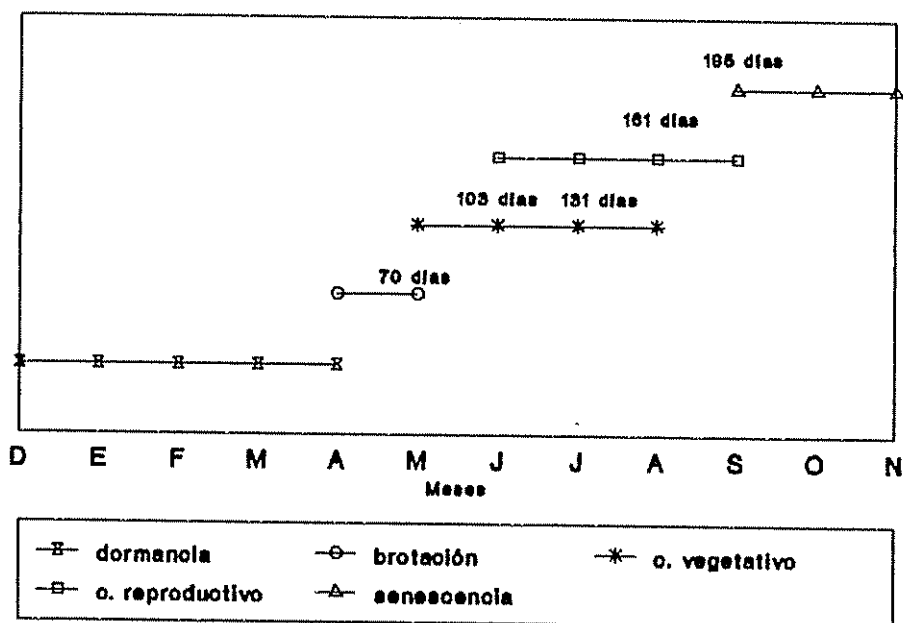


Fig. 5: Etapas de crecimiento del cultivo de flame.

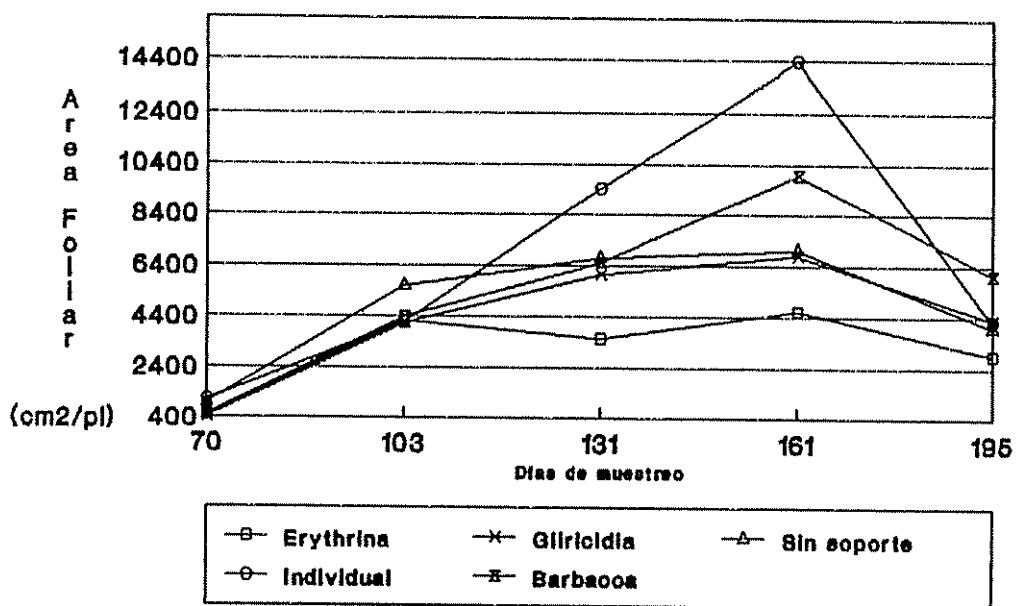


Fig. 6: Desarrollo del área foliar del flame durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.



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

F.V. gl	Area Foliar	P.S. hojas	P.S. tallos	P.S. tubérculo	P.S. total	
70 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA						
B1	3	689427 **	8.87 **	3.10 *	0 ns	22.33**
Tr	8	292285 ns	2.74 ns	0.99 ns	0 ns	6.8 ns
B1*Tr	24	173654 ns	1.96 ns	0.94 ns	0 ns	5.3 ns
CV%		72.00	67.55	62.72	0	63.90
103 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA						
B1	3	10271528 ns	158.1 *	38.3 ns	0.315 *	372.1 *
Tr	8	2683649 ns	47.6 ns	12.2 ns	0.211 ns	112.7 ns
B1*Tr	24	4121111 ns	54.0 ns	16.0 ns	0.109 ns	135.1 ns
CV%		46.64	83.09	79.80	110.71	82.17
131 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA						
B1	3	62504758 *	360.6 *	110.3 ns	372.3 **	2360.5 **
Tr	8	18596742 ns	172.5 ns	45.2 ns	72.7 ns	656.2 ns
B1*Tr	24	16175977 ns	106.7 ns	39.4 ns	93.0 ns	583.6 ns
CV%		70.49	79.00	83.00	100.00	80.00
161 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA						
B1	3	42916815 ns	413.8 *	212.0 *	7091.1 **	13798.4 **
Tr	8	41957884 *	394.3 *	140.4 *	6000.4 *	11765.3 *
B1*Tr	24	16539458 ns	69.8 ns	35.7 ns	977.6 ns	1883.ns
CV%		55.56	52.58	60.04	58.38	54.66
195 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA						
B1	3	20561773 *	235.6 *	127.4 *	22068.5 **	30390.3 **
Tr	8	7200359 ns	124.1 ns	73.7 ns	20577.1 *	26235.9 *
B1*Tr	24	6358205 ns	72.6 ns	33.4 ns	5066.8 ns	7020.9 ns
CV%		63.51	88.77	76.84	74.28	74.18

\*\* Significativo al 1 %.

\* Significativo al 5 %.

ns. No significativo.

<0.05), a los 161 días después de la siembra, momento en que las plantas alcanzaron su máximo crecimiento. También se encontraron diferencias ( $p < 0.05$ ) en el peso seco de tubérculos y el peso de biomasa total a los 195 días.

#### 4.1.1.1. Area foliar.

Los contrastes entre tratamientos agrupados (Cuadro 2), detectaron diferencias entre soportes muertos y vivos ( $p < 0.05$  y  $0.01$ ) a los 70 (802.2 cm<sup>2</sup>/pl) y los 161 días (12157 cm<sup>2</sup>/pl), a favor de soportes muertos. También hay diferencias al 5% entre soporte Individual (1107.2 cm<sup>2</sup>/pl) y el de Barbacoa (497.2 cm<sup>2</sup>/pl) a los 70 días (Cuadro 4A). La diferencia que existe entre los soportes muertos y vivos, se debe a que los primeros no compiten con el cultivo, como se presume en el caso de soportes vivos. La mayor exposición a la radiación solar permite un mayor desarrollo de su follaje. La superioridad del individual sobre el Barbacoa no parece lógica, aun cuando el primero ha mostrado ventajas que permiten un mayor desarrollo del área foliar. Esta situación quizás se deba a un comportamiento anormal de las plantas utilizadas para el análisis, pues como se observa en los siguientes muestreos, no se detectaron diferencias entre estos tipos de soporte para el área foliar (Cuadro 2). Tanto el soporte Individual como el Barbacoa destacan de los otros

tratamientos a los 161 días (Figura 6). El uso de soportes (de caña o barbacoa) por los agricultores, conjuntamente con aplicación de fertilizante, fomentan el desarrollo y duración del área foliar, para lograr mejores rendimientos del cultivo (Enyi, 1972).

#### 4.1.1.2. Peso seco de hojas y tallos.

La comparación entre soportes muertos y vivos establece diferencias a los 70 días ( $p < 0.05$ ) y a los 131, 161 y los 195 días ( $p < 0.01$ ) para peso seco de hojas. Mientras que la biomasa de tallos fue diferente a los 131 días ( $p < 0.05$ ), a los 161 días y 195 días ( $p < 0.01$ ) (Cuadro 2) .

Cuando la comparación fue entre el soporte Individual y el Barbacoa se detectaron diferencias ( $p < 0.05$ ) a los 70 días y a los 161 días para el peso seco de hojas ( $p < 0.05$ ) y para peso de tallos (Cuadro 2 y 4A). La otra comparación con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) E. berteroana vs G. sepium a los 161 días para el peso seco de hojas y a los 195 días para el peso seco de tallos (Cuadro 2).

El tipo de soporte que ejerció menos competencia sobre el peso de hojas y tallos del cultivo fue siempre el de soportes muertos. Dentro de los soportes vivos, G. sepium

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de contrastes para las variables de crecimiento del fñame a los 70, 103, 131, 161 y 195 días después de la siembra.

Contrastes	gl	Area Foliar	P.S hojas	P.S tallos	P.S. tubérculo	P.S. total
70 días después de la siembra						
E vs G	1	29425 ns	0.26 ns	0.04 ns	0.00 ns	0.10 ns
E <sup>1</sup> vs E <sup>3</sup>	1	1484 ns	0.02 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.04 ns
E <sup>2</sup> vs E <sup>1+3</sup>	1	103457 ns	0.73 ns	0.06 ns	0.00 ns	1.20 ns
G <sup>1</sup> vs G <sup>3</sup>	1	598924 ns	3.42 ns	0.44 ns	0.00 ns	6.32 ns
G <sup>2</sup> vs G <sup>1+3</sup>	1	890 ns	0.08 ns	0.84 ns	0.00 ns	1.44 ns
M vs V	1	786799 *	9.35 *	1.72 ns	0.00 ns	19.10 ns
S vs C	1	669287 ns	3.61 ns	2.01 ns	0.00 ns	11.00 ns
I vs B	1	744398 *	7.75 *	3.27 ns	0.00 ns	21.09 *
103 días después de la siembra						
E vs G	1	86016 ns	13.76 ns	0.26 ns	0.01 ns	18.79 ns
E <sup>1</sup> vs E <sup>3</sup>	1	1721672 ns	4.74 ns	5.53 ns	0.08 ns	23.22 ns
E <sup>2</sup> vs E <sup>1+3</sup>	1	6316 ns	0.85 ns	1.52 ns	0.01 ns	5.11 ns
G <sup>1</sup> vs G <sup>3</sup>	1	5925317 ns	115.98 ns	35.79 ns	0.05 ns	287.82 ns
G <sup>2</sup> vs G <sup>1+3</sup>	1	365301 ns	44.76 ns	11.59 ns	0.14 ns	109.63 ns
M vs V	1	33879 ns	51.39 ns	7.43 ns	0.07 ns	103.13 ns
S vs C	1	6927526 ns	85.70 ns	25.25 ns	0.00 ns	203.75 ns
I vs B	1	85522 ns	2.51 ns	0.07 ns	0.06 ns	2.43 ns
131 días después de la siembra						
E vs G	1	37713302 ns	190.04 ns	75.17 ns	408.91 *	1821.35 ns
E <sup>1</sup> vs E <sup>3</sup>	1	7457715 ns	81.03 ns	15.11 ns	105.96 ns	537.43 ns
E <sup>2</sup> vs E <sup>1+3</sup>	1	66140 ns	0.05 ns	3.05 ns	8.65 ns	24.06 ns
G <sup>1</sup> vs G <sup>3</sup>	1	12489252 ns	134.69 ns	41.38 ns	1.51 ns	282.63 ns
G <sup>2</sup> vs G <sup>1+3</sup>	1	20804871 ns	120.29 ns	54.69 ns	23.17 ns	537.14 ns
M vs V	1	60423837 ns	830.26 **	162.05 *	8.01 ns	1969.01 ns
S vs C	1	4278800 ns	46.13 ns	14.22 ns	3.60 ns	155.28 ns
I vs B	1	16618910 ns	111.04 ns	37.11 ns	6.50 ns	198.25 ns
161 días después de la siembra						
E vs G	1	31127732 ns	338.74 *	119.64 ns	4982.55 *	9986.00 *
E <sup>1</sup> vs E <sup>3</sup>	1	2399090 ns	0.90 ns	1.83 ns	631.72 ns	611.45 ns
E <sup>2</sup> vs E <sup>1+3</sup>	1	1713580 ns	1.11 ns	0.48 ns	0.00 ns	2.80 ns
G <sup>1</sup> vs G <sup>3</sup>	1	1589277 ns	7.20 ns	0.42 ns	1207.61 ns	1450.18 ns
G <sup>2</sup> vs G <sup>1+3</sup>	1	3743613 ns	16.17 ns	4.54 ns	60.47 ns	2.64 ns
M vs V	1	245455934 **	319.04 **	799.23 **	29134.08 **	61065.44 **
S vs C	1	457291 ns	20.16 ns	1.62 ns	1201.91 ns	1634.66 ns
I vs B	1	38860708 ns	367.07 *	186.82 *	8853.15 *	16108.33 *
195 días después de la siembra						
E vs G	1	11943621 ns	180.98 ns	130.48 *	28869.37 *	37941.38 *
E <sup>1</sup> vs E <sup>3</sup>	1	2180133 ns	27.94 ns	4.95 ns	3833.60 ns	4819.90 ns
E <sup>2</sup> vs E <sup>1+3</sup>	1	10532094 ns	23.31 ns	2.95 ns	163.36 ns	373.55 ns
G <sup>1</sup> vs G <sup>3</sup>	1	713594 ns	7.83 ns	4.64 ns	7.95 ns	4.55 ns
G <sup>2</sup> vs G <sup>1+3</sup>	1	4946058 ns	2.09 ns	5.46 ns	5587.75 ns	6167.54 ns
M vs V	1	14138348 ns	629.45 *	298.89 *	73816.98 **	98639.97 **
S vs C	1	436 ns	20.21 ns	12.96 ns	1654.30 ns	2378.29 ns
I vs B	1	6903492 ns	62.19 ns	114.46 ns	50441.23 *	59134.46 **

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

permitió un mayor crecimiento de hojas y tallos que E. berteriana (Cuadro 4A). Inicialmente (70 días después de la siembra) el efecto del soporte no fue evidente debido a la heterogeneidad en la emergencia de las plantas. Sobulo (1972), encontró un comportamiento similar para D. rotundata sembrada en Diciembre.

Las Figuras 7 y 8, muestran que el peso seco de hojas y tallos del cultivo con soporte Individual decae bruscamente a los 195 días. Es probable que la superficie lisa de las cañas del soporte Individual permitiera la caída de biomasa de hojas y tallos, o que las plantas muestreadas no representaron el comportamiento normal del tratamiento. Sin embargo, se supone que al estar el follaje más expuesto a la radiación, el proceso de maduración y traslocación fuera más rápido. En este sentido el soporte Barbacoa, mantuvo el follaje verde por mayor tiempo, por lo tanto la traslocación de los fotosintatos almacenados a los tubérculos debió ser más lenta.

A los 161 y 195 días, el peso de hojas y tallos del ñame con soporte vivo de G. sepium (14.97 y 8.29 g/pl respectivamente), presenta ventaja sobre E. berteriana (6.96 y 3.63 g/pl) (Cuadro 4A). Budelman, (1990) detectó que el tipo de ramificación y el constante movimiento de la copa,

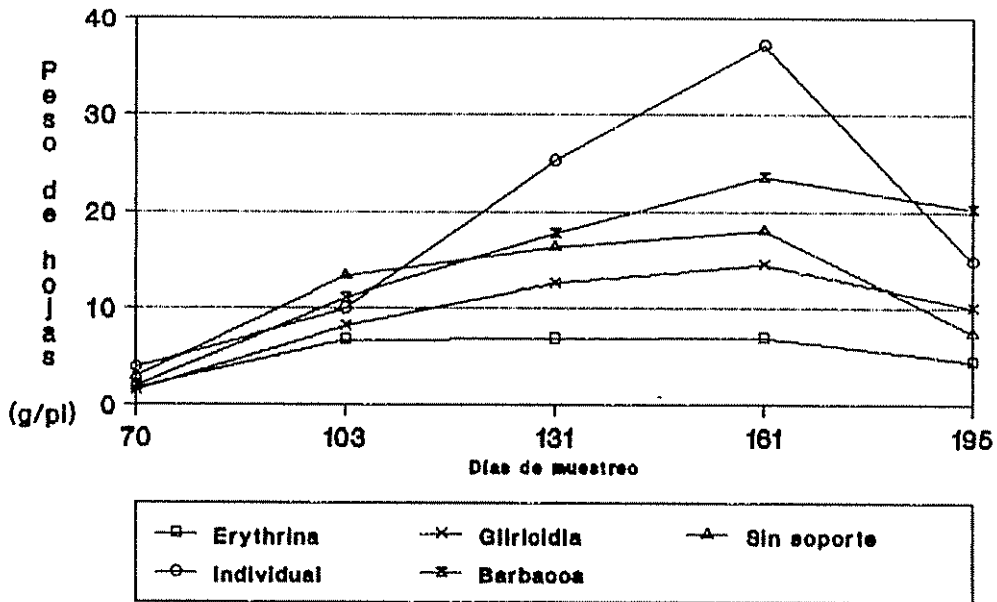


Fig. 7: Crecimiento de la biomasa de hojas del fiamme durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.

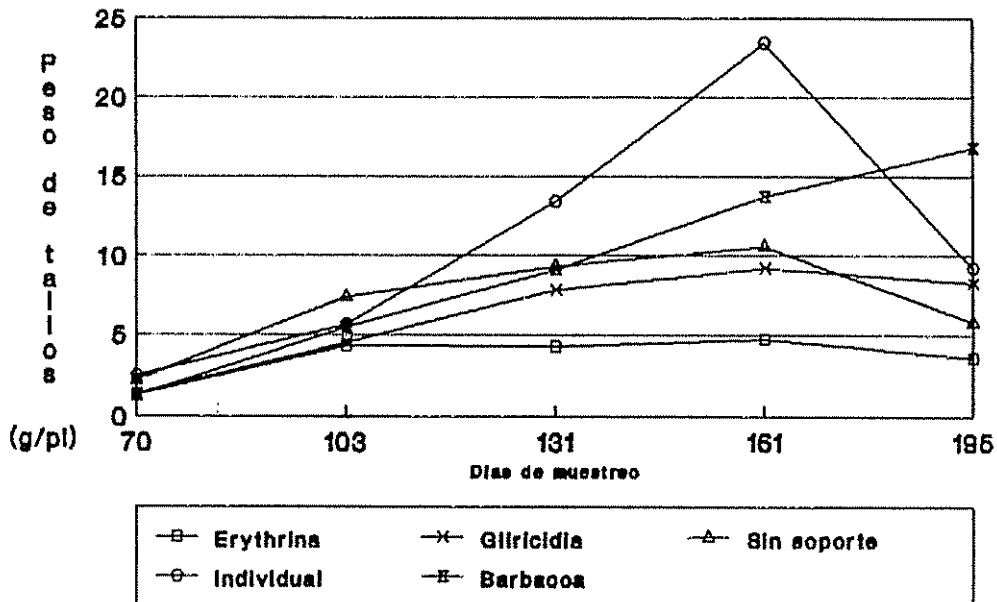


Fig. 8: Crecimiento de la biomasa de tallos del fiamme durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.

permite infiltración de la luz, ventaja para que el ñame se enrede en las ramas del soporte vivo. Esa condición de G. sepium, hizo que superara a E. berteriana en el presente trabajo.

El comportamiento del testigo sin soporte mostró valores intermedios, sin presentar diferencias significativas al compararlos con el uso de soportes.

#### 4.1.1.3. Tubérculos.

El inicio de la formación de tubérculos se detectó en el muestreo a los 103 días. Los contrastes establecen diferencias ( $p < 0.05$ ) a partir de los 131 días entre soportes vivos de E. berteriana y G. sepium, al 1% entre soportes muertos vs vivos (a partir de los 161 días) y al 5% entre soporte Individual vs Barbacoa a los 161 y 195 días (Cuadro 2).

La diferencia del peso seco de tubérculos por planta, entre los soportes vivos de E. berteriana (5.09 g/pl) y G. sepium (13.38 g/pl), se debe a que la estructura de los árboles de G. sepium permiten mayor entrada de luz, mayor desarrollo del sistema asimilatorio y por ende mayor rendimiento de tubérculos; además E. berteriana tiene

crecimiento más rápido de sus brotes lo que implica mayor competencia por luz, aún cuando el reciclaje de nutrimentos sea mayor. Budelman (1990), reporta que la aplicación de mulch de G. sepium incrementa la biomasa de raíces del ñame, mejorando su capacidad extractiva. Sin embargo, a pesar que E. berteriana aportó al suelo un promedio de 7 ton/ha y G. sepium 2.6 ton/ha de materia seca (Cuadro 5A), la primera especie debió ejercer mayor competencia al cultivo por luz. A los 195 días el peso seco de tubérculos en soportes vivos era 61% menos con relación al promedio de soportes muertos.

La comparación entre soportes muertos (103.47 g/pl) y vivos (34.095) g/pl), muestra la superioridad de los soportes tradicionales, y dentro de estos, el Individual que alcanza el peso máximo a los 161 días (137.04 g/pl). Sin embargo, el soporte Barbacoa lo superó a los 195 días (260.88 g/pl). Esto no concuerda con los rendimientos obtenidos a la cosecha, en donde no hay diferencias entre ambos soportes. Esto puede ser atribuido posiblemente a un muestreo no representativo (Cuadro 4A). Campbell, Chukwueke, Teriba, Ho-A-shu (1962) encontraron que la tasa máxima de crecimiento de tubérculos ocurrió a los 150 días y que luego declinó siguiendo un patrón de comportamiento similar al observado en el presente trabajo (Figura 9).



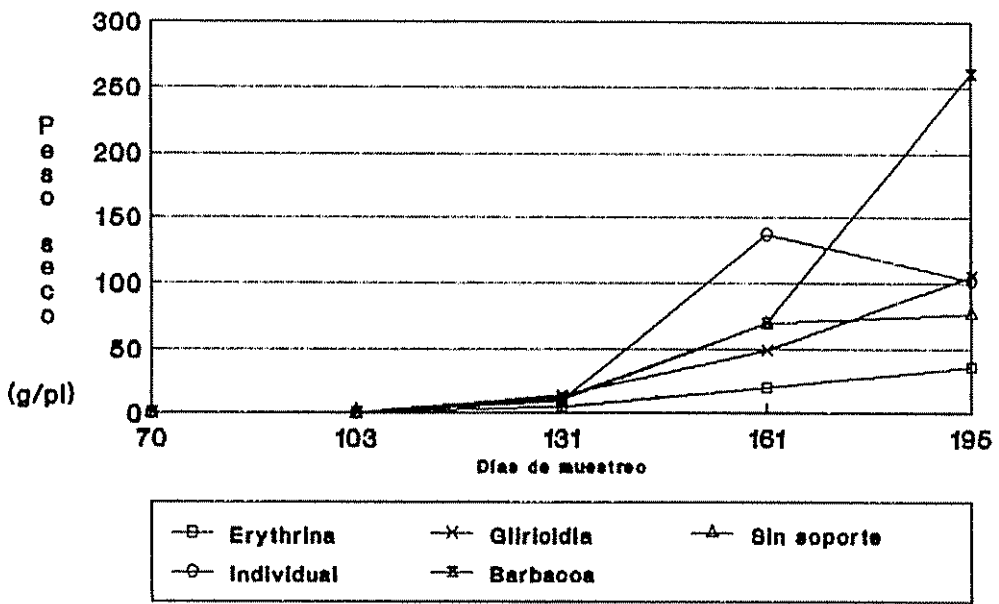


Fig. 9: Crecimiento de la biomasa de tubérculos del fime durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.

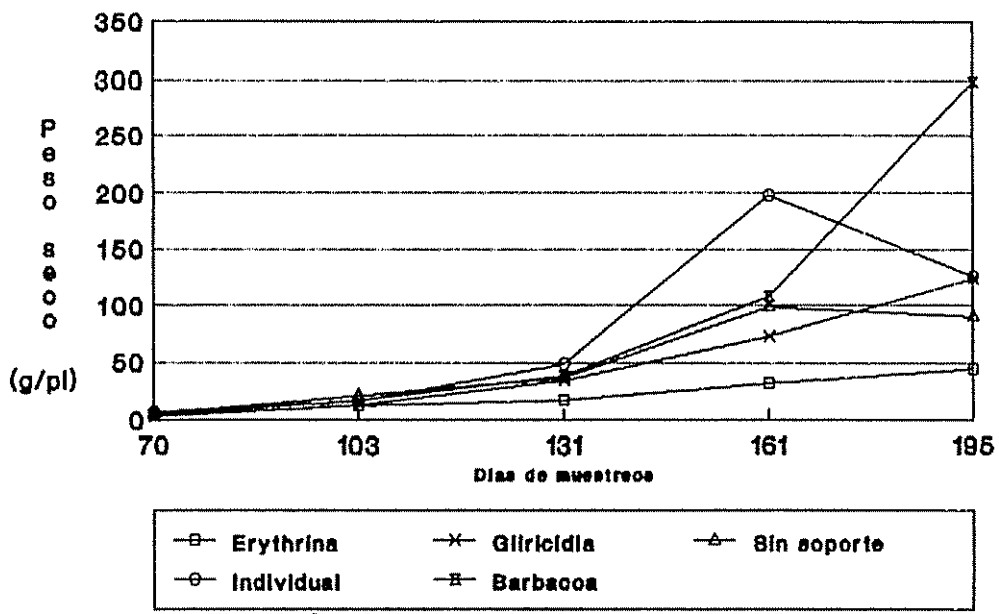


Fig. 10: Crecimiento de la biomasa total del fime durante el ciclo del cultivo, según el tipo de soporte.

#### 4.1.1.4. Biomasa total.

Las comparaciones entre soporte Individual vs Barbacoa muestra diferencias a los 70 y 161 días ( $p < 0.05$ ) y a los 195 días ( $p < 0.01$ ); E. berteriana vs G. sepium ( $p < 0.05$ ) a los 161 y 195 días y soportes muertos vs vivos fueron diferentes al 1% en esas mismas épocas (Cuadro 2). Las diferencias entre soportes muertos (211.98 g/pl) y vivos (83.76 g/pl) a los 195 días, se atribuye al mayor desarrollo del área foliar y una mejor exposición y duración de la misma (Cuadro 4A).

Con soportes vivos, a los 70 días el 55% de la biomasa total correspondía a hojas y el 45% a tallos; mientras que con soportes muertos el 60% del peso seco correspondía a hojas y 40% tallos. Esto plantea que al inicio del ciclo, el cultivo con árboles posee menor proporción del peso seco total en hojas, y ello también afecta el crecimiento y rendimiento. Esto además de que el cultivo asociado reduce considerablemente el índice de área foliar y la producción de biomasa.

En el segundo muestreo, a los 103 días, de la biomasa total de las plantas correspondía el 55.6% a hojas, 35.4% a tallos y 2% a tubérculo, en todos los tratamientos. A los

131 días el soporte Individual y E. berteriana con una poda, mantenían un 50% de biomasa en hojas 30% en tallos y 20% en tubérculos; sin embargo, los otros tratamientos ya habían traslocado aproximadamente entre 40 y 50% de peso seco a los tubérculos. En un trabajo similar Sobulo (1972), encontró que las plantas tenían más de la mitad del total de la materia seca producida, distribuida en las hojas y una tercera parte en los tallos y peciolo entre el 1ro y el 6to mes de crecimiento del cultivo. A los 161 el 65% del peso seco total de las plantas muestreadas correspondía a tubérculos y fue cuando alcanzó el máximo peso el cultivo con soporte Individual, siendo superado por soporte Barbacoa a los 195 días (Figura 10). Al final del ciclo, el promedio de la distribución de la biomasa entre tratamientos fue 9.4% en hojas, 7.6% tallos y 83% en tubérculos.

#### 4.1.2. Índices de crecimiento morfológicos y fisiológicos.

##### 4.1.2.1. Índice de área foliar (IAF).

El análisis de varianza realizado para los diferentes muestras del ñame, detectó diferencias entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) a los 161 días (Cuadro 3). La prueba de contrastes,

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para los índices de crecimiento del ñame del ñame a los 70, 103, 131, 161 y 195 días después de la siembra.

F.V.	gl	IAF	RAF	RPF
70 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA				
B1	3	0.03747 *	14891 ns	0.0225 ns
Tr	8	0.01470 ns	19356 ns	0.0113 ns
B1*Tr	24	0.00870 ns	24115 ns	0.0115 ns
CV%		72.00	89.43	19.53
103 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA				
B1	3	0.5175 ns	418274 ns	0.0034 ns
Tr	8	0.1352 ns	124530 ns	0.0029 ns
B1*Tr	24	0.2076 ns	173378 ns	0.0021 ns
CV%		43.64	64.38	7.36
131 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA				
B1	3	3.1493 *	22499 ns	0.0093 ns
Tr	8	0.9370 ns	128668 ns	0.0149 ns
B1*Tr	24	0.8150 ns	71117 ns	0.0067 ns
CV%		70.49	75.57	17.12
161 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA				
B1	3	2.1624 ns	56469 *	0.0040 ns
Tr	8	2.1141 *	55130 ns	0.0054 ns
B1*Tr	24	0.8333 ns	15789 ns	0.0028 ns
CV%		55.56	64.86	22.97
195 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA				
B1	3	1.0360 *	10661 ns	0.0010 ns
Tr	8	0.3628 ns	29000 ns	0.0060 *
B1*Tr	24	0.3204 ns	5682 ns	0.0021 ns
CV%		63.57	107.25	56.88

\*\* Significativo al 1 % .

\* Significativo al 5 % .

ns. No significativo

detectó diferencias ( $p < 0.05$ ) entre los soportes muertos vs vivos a los 70 y 161 días (Cuadro 4).

A los 70 días el índice de área foliar fue diferente al 5% entre los soportes muertos ( $0.1805 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ ) vs vivos ( $0.0985 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ ), e Individual ( $0.249 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ ) vs Barbacoa ( $0.112 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ ). A los 161 días se encontraron diferencias ( $p < 0.05$ ) entre soportes muertos ( $2.73 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ ) y vivos ( $1.29 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ ) (Cuadro 6A).

La Figura 11, muestra que el máximo de este índice se alcanzó a los 161 días con  $3.223 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$  para soporte Individual. Esta cifra está dentro de los valores normalmente encontrados en los cultivos (Arze, 1977), sin embargo es menor que el hallado por Chapman (1965) en D. alata. No obstante el comportamiento es similar al observado por Enyi (1972) para D. esculenta, en donde el índice de área foliar (IAF) incrementó continuamente en todos los tratamientos, hasta cuatro semanas después de iniciarse la tuberización, para luego reducirse. Esta tendencia es reportada para D. trifida entre los 120 y los 200 días después de la siembra (Jiménez, 1987).

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de contrastes para los índices de crecimiento del fñame a los 70, 103, 131, 161 y 195 días después de la siembra.

Contrastes	gl	IAF	RAF	RPF
70 días después de la siembra				
E vs G	1	0.0015 ns	10248 ns	0.0118 ns
E <sub>1</sub> vs E <sub>3</sub>	1	0.0001 ns	713 ns	0.0023 ns
E <sub>2</sub> vs E <sub>1+3</sub>	1	0.0052 ns	1181 ns	0.0023 ns
G <sub>1</sub> vs G <sub>3</sub>	1	0.0302 ns	14085 ns	0.0316 ns
G <sub>2</sub> vs G <sub>1+3</sub>	1	0.0000 ns	57673 ns	0.0168 ns
M vs V	1	0.0396 *	658 ns	0.0462 *
S vs C	1	0.0337 ns	298 ns	0.0029 ns
I vs B	1	0.0375 *	325 ns	0.0000 ns
103 días después de la siembra				
E vs G	1	0.0043 ns	398622 ns	0.0079 ns
E <sub>1</sub> vs E <sub>3</sub>	1	0.0867 ns	3217 ns	0.0013 ns
E <sub>2</sub> vs E <sub>1+3</sub>	1	0.0003 ns	1560 ns	0.0044 ns
G <sub>1</sub> vs G <sub>3</sub>	1	0.2985 ns	256593 ns	0.0007 ns
G <sub>2</sub> vs G <sub>1+3</sub>	1	0.0184 ns	356263 ns	0.0019 ns
M vs V	1	0.0017 ns	3291 ns	0.0066 ns
S vs C	1	0.3490 ns	200611 ns	0.0003 ns
I vs B	1	0.0043 ns	9658 ns	0.0011 ns
131 días después de la siembra				
E vs G	1	1.9002 ns	128282 ns	0.0000 ns
E <sub>1</sub> vs E <sub>3</sub>	1	0.3758 ns	696393 *	0.0165 ns
E <sub>2</sub> vs E <sub>1+3</sub>	1	0.0033 ns	91640 ns	0.0179 ns
G <sub>1</sub> vs G <sub>3</sub>	1	0.6293 ns	3920 ns	0.0009 ns
G <sub>2</sub> vs G <sub>1+3</sub>	1	1.0483 ns	23538 ns	0.0000 ns
M vs V	1	3.0445 ns	61664 ns	0.0680 *
S vs C	1	0.2156 ns	12436 ns	0.0000 ns
I vs B	1	0.8374 ns	9417 ns	0.0113 ns
161 después de la siembra				
E vs G	1	1.5683 ns	68358 *	0.0021 ns
E <sub>1</sub> vs E <sub>3</sub>	1	0.1209 ns	100904 **	0.0132 *
E <sub>2</sub> vs E <sub>1+3</sub>	1	0.0863 ns	16762 ns	0.0000 ns
G <sub>1</sub> vs G <sub>3</sub>	1	0.0801 ns	10166 ns	0.0066 ns
G <sub>2</sub> vs G <sub>1+3</sub>	1	0.1816 ns	1803 ns	0.0027 ns
M vs V	1	12.3774 *	130106 **	0.0129 *
S vs C	1	0.0230 ns	39337 ns	0.0041 ns
I vs B	1	1.9580 ns	4939 ns	0.0010 ns
195 días después de la siembra				
E vs G	1	0.6018 ns	39180 **	0.0047 ns
E <sub>1</sub> vs E <sub>3</sub>	1	0.1098 ns	143522 **	0.0263 **
E <sub>2</sub> vs E <sub>1+3</sub>	1	0.5307 ns	29374 *	0.0105 *
G <sub>1</sub> vs G <sub>3</sub>	1	0.0360 ns	1716 ns	0.0000 ns
G <sub>2</sub> vs G <sub>1+3</sub>	1	0.2492 ns	701 ns	0.0003 ns
M vs V	1	0.7124 ns	14502 ns	0.0002 ns
S vs C	1	0.0000 ns	330 ns	0.0000 ns
I vs B	1	0.3478 ns	1403 ns	0.0027 ns

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

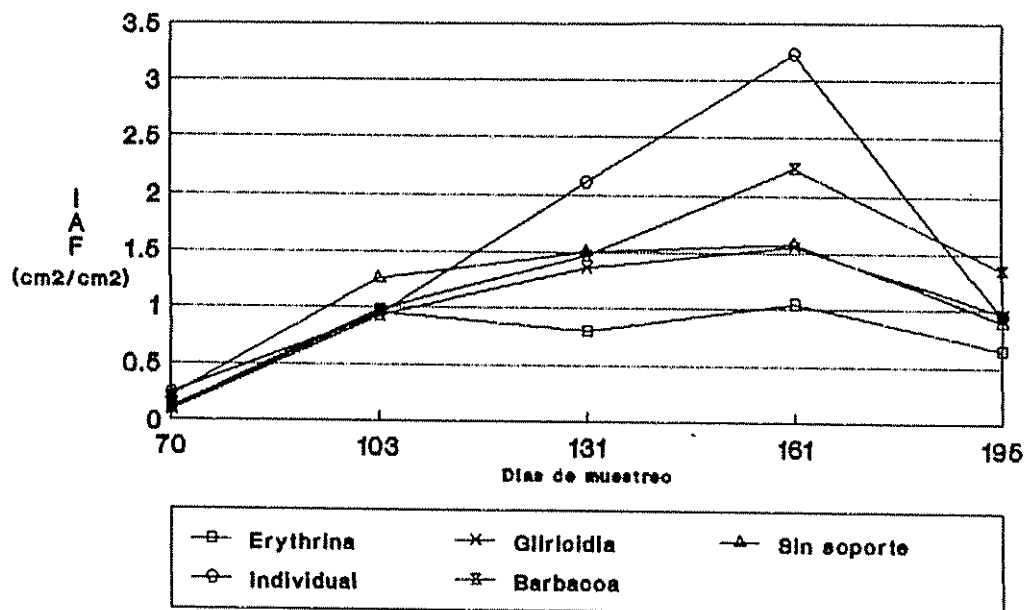


Fig. 11: Índice de área foliar del fíame durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.

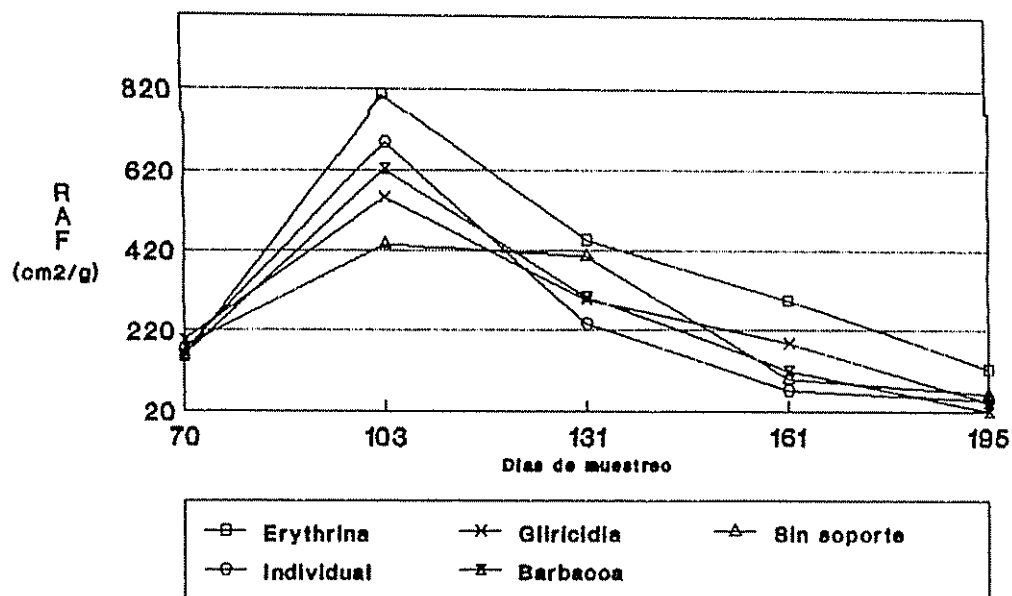


Fig. 12: Razón de área foliar del fíame durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.

#### 4.1.2.2. Razón de área foliar (RAF).

Aunque el análisis de varianza no detectó diferencias entre tratamientos, las comparaciones de estos agrupados fueron diferentes entre soportes de E. berteriana con una poda vs E. berteriana con tres podas, a los 131 días ( $p < 0.05$ ), y a los 161 y 195 días ( $p < 0.01$ ). También hubieron diferencias entre E. berteriana con dos podas vs E. berteriana con una y tres podas a los 195 días ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 4).

Además se encontraron diferencias a los 161 días ( $p < 0.05$ ) y a los 195 días ( $p < 0.01$ ) entre E. berteriana (295.6 y 124.5  $\text{cm}^2/\text{g}$ ) vs G. sepium (188.9 y 43.2  $\text{cm}^2/\text{g}$ ) respectivamente. Entre soportes vivos y muertos ( $p < 0.01$ ), el mayor valor de esta variable fue para los primeros a los 161 días con 242.25  $\text{cm}^2/\text{g}$  contra 94.95  $\text{cm}^2/\text{g}$  de los soportes muertos (Cuadro 6A). Los mayores promedios se presentaron a los 103 días después de la siembra y decayeron lentamente hasta el último muestreo (Figura 12). El hecho de mantener una relación tan alta de área foliar con respecto a peso seco total de la planta en E. berteriana con una poda a los 195 días (Cuadro 6A), puede atribuirse al efecto de la sombra. El promedio de diámetro de copa de los soportes de E. berteriana con una poda, al final del ciclo de cultivo



fue de 2.36 m e iniciaba a una altura de 36 cm por encima del suelo (Cuadro 7A). Por lo tanto esta condición de sombreo, afectó la respuesta del ñame, retardando la tuberización. Este comportamiento concuerda con el reportado por Okezie (1986).

#### 4.1.2.3. Razón de peso foliar (RPF).

La razón de peso foliar (Cuadro 4) es diferente, ( $p < 0.05$ ) a los 70, 131 y 161 días. La comparación entre soportes muertos y vivos fue: a los 70 días (0.613 vs 0.523 g/g), a los 131 días (0.558 vs 0.412 g/g) y a los 161 (0.201 vs 0.247 g/g), siendo la última comparación a favor de los soportes vivos. El efecto del sombreo ejercido por los soportes vivos, principalmente de E. berteroana, impidió que el cultivo desarrollara en forma normal. A los 161 y 195 días fueron diferentes ( $p < 0.05$  y 0.01) respectivamente, E. berteroana con una poda (0.297 y 0.175 g/g) vs tres podas (0.215 y 0.061 g/g); y a los 195 días E. berteroana con dos podas (0.55 g/g) vs E. berteroana con una y tres podas (0.118 g/g) (Cuadro 7A). La mayor relación del peso de hojas entre los tratamientos se alcanzó a los 103 días con soporte Barbacoa con 0.652 g/g, sin embargo no es diferente de soporte Individual con 0.628 g/g (Figura 13). Esto hace suponer que las hojas de las plantas de ese muestreo, en

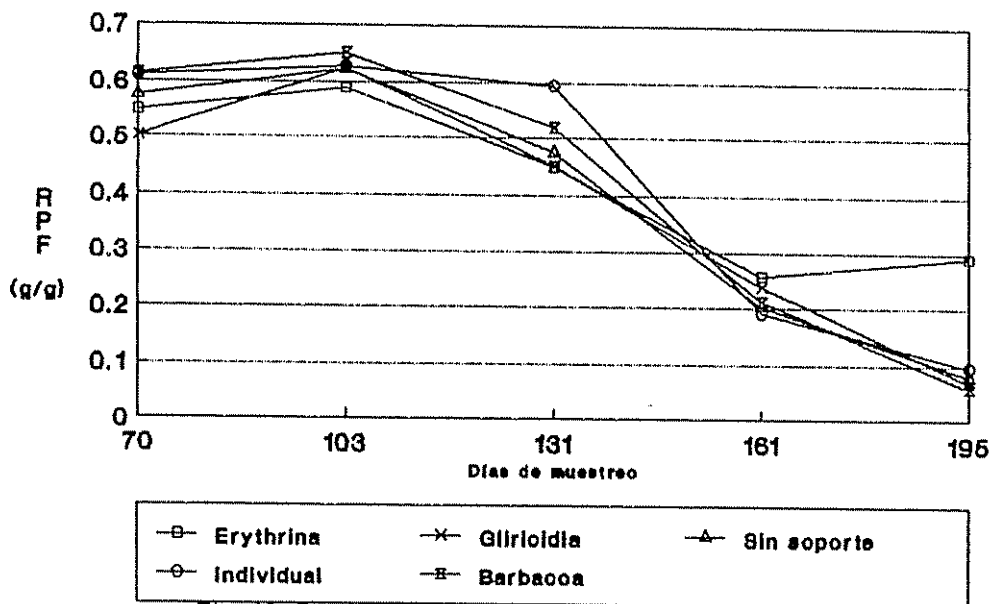


Fig. 13: Razón de peso foliar del ñame durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.

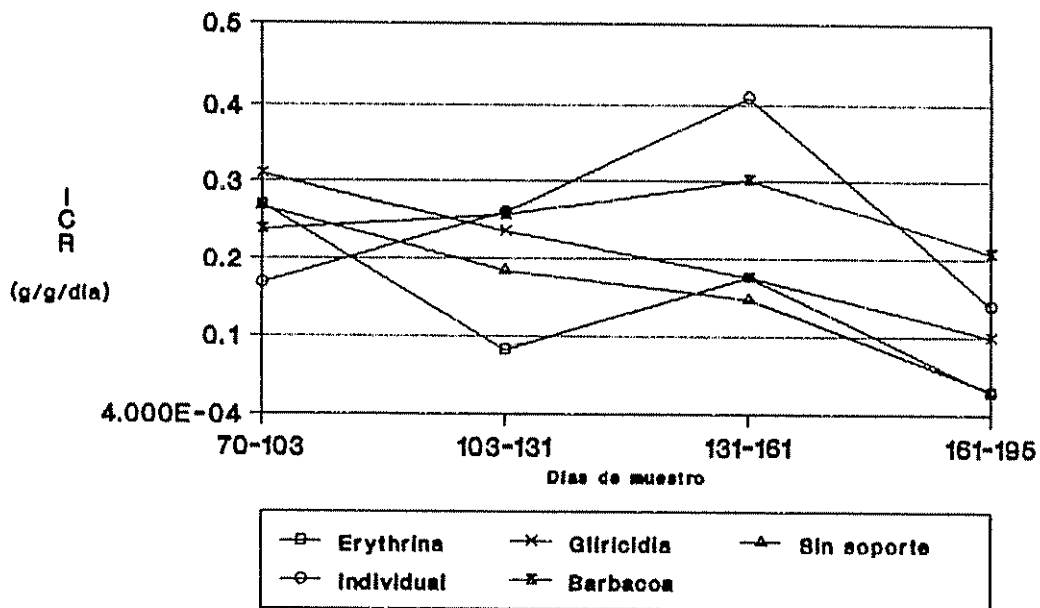


Figura 14: Índice de crecimiento relativo del ñame, durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.

este tratamiento fueran más desarrolladas o mas numerosas por planta.

#### 4.1.2.4. Índice de crecimiento relativo (ICR).

El comportamiento del índice de crecimiento relativo (ICR), fue variable entre tratamientos, presentando en algunos casos valores decrecientes entre los diferentes periodos de muestreo (Cuadro 5). El ñame con G. sepium con tres podas, alcanzó el mayor ICR (0.411 g/g/día) en el primer periodo; mientras tanto el soporte Individual muestra un promedio semejante de 0.410 g/g/día entre los 131-161 días. En la Figura 14, se observa la tendencia creciente en soporte Individual y soporte Barbacoa. En general el ñame declinó a partir de los 161 días. El comportamiento de los tratamientos que muestran un mayor índice entre los 70 y 103 días coincide con el período de rápido crecimiento; la disminución en la etapa posterior a los 131 días, se debe probablemente a la poca traslocación de asimilados a los tubérculos; fundamentados en un deficiente desarrollo y eficiencia del sistema asimilatorio del cultivo, principalmente en los tratamientos de E. berteriana con dos podas y Sin soporte (Cuadro 5).

Cuadro 5. Índices de crecimiento relativo (ICR), asimilación neta (IAN) y tasa de producción de materia seca (TPMS) del ñame durante el ciclo de cultivo.

Índices	Trat.	Edad del cultivo (días)			
		70-103	103-131	131-161	161-195
(ICR) (g/g/día)	E <sub>1</sub>	0.292	-0.247	0.377	-0.055
	E <sub>2</sub>	0.310	0.150	0.067	0.050
	E <sub>3</sub>	0.207	0.343	0.083	0.093
	G <sub>1</sub>	0.324	0.287	0.051	0.170
	G <sub>2</sub>	0.195	0.236	0.269	0.063
	G <sub>3</sub>	0.411	0.178	0.208	0.065
	S <sub>a</sub>	0.266	0.184	0.147	0.032
	S <sub>1</sub>	0.168	0.260	0.410	-0.139
	S <sub>b</sub>	0.237	0.256	0.302	0.207
IAN (g/cm <sup>2</sup> /día)	E <sub>1</sub>	0.0012	0.0005	0.0012	0.0002
	E <sub>2</sub>	0.0011	0.0006	0.0005	0.0005
	E <sub>3</sub>	0.0008	0.0010	0.0009	0.0004
	G <sub>1</sub>	0.0011	0.0012	0.0003	0.0024
	G <sub>2</sub>	0.0008	0.0009	0.0020	0.0007
	G <sub>3</sub>	0.0020	0.0008	0.0018	0.0014
	S <sub>a</sub>	0.0013	0.0007	0.0017	0.0005
	S <sub>1</sub>	0.0008	0.0010	0.0039	-0.0021
	S <sub>b</sub>	0.0012	0.0010	0.0023	0.0062
TPMS (g/m <sup>2</sup> /día)	E <sub>1</sub>	0.704	-0.515	1.137	1.003
	E <sub>2</sub>	0.535	0.630	1.029	0.908
	E <sub>3</sub>	0.463	1.072	1.218	1.075
	G <sub>1</sub>	0.368	2.374	0.803	0.709
	G <sub>2</sub>	0.372	1.235	3.535	3.119
	G <sub>3</sub>	1.349	1.343	4.293	3.788
	S <sub>a</sub>	1.067	1.226	4.661	4.112
	S <sub>1</sub>	0.645	2.586	11.181	9.865
	S <sub>b</sub>	0.941	1.700	5.211	4.598

#### 4.1.2.5. Índice de asimilación neta (IAN).

La eficiencia del área foliar del cultivo en el primer periodo es muy parecida con los diferentes soportes, a excepción de G. sepium (Figura 15). Esto puede ser atribuido a una deficiente brotación del árbol después de las podas, lo que le permitió al cultivo un crecimiento compensatorio. Entre los 103 y 131 días el índice de asimilación neta se mantiene, para incrementar durante el llenado de tubérculos. Esta fase de llenado se detectó en la mayoría de los tratamientos entre los 131 y 161 días; sin embargo, G. sepium con una poda y soporte Barbacoa

la alcanzaron al final del ciclo, este último con el valor más alto (0.0062 g/cm<sup>2</sup>/día) (Cuadro 5). Esto puede interpretarse como un retraso en el proceso de traslocación, debido a exceso de sombra, que probablemente también retrasó la maduración.

#### 4.1.2.6. Tasa de producción de materia seca (TPMS).

La tasa de producción de materia seca (TPMS) mostró tendencia ascendente (Cuadro 5). Los máximos valores corresponden a soporte Individual (11.181 g/m<sup>2</sup>/día). En el periodo de 131 a 161 días después de la siembra, que coincide con el inicio del llenado de tubérculos, se

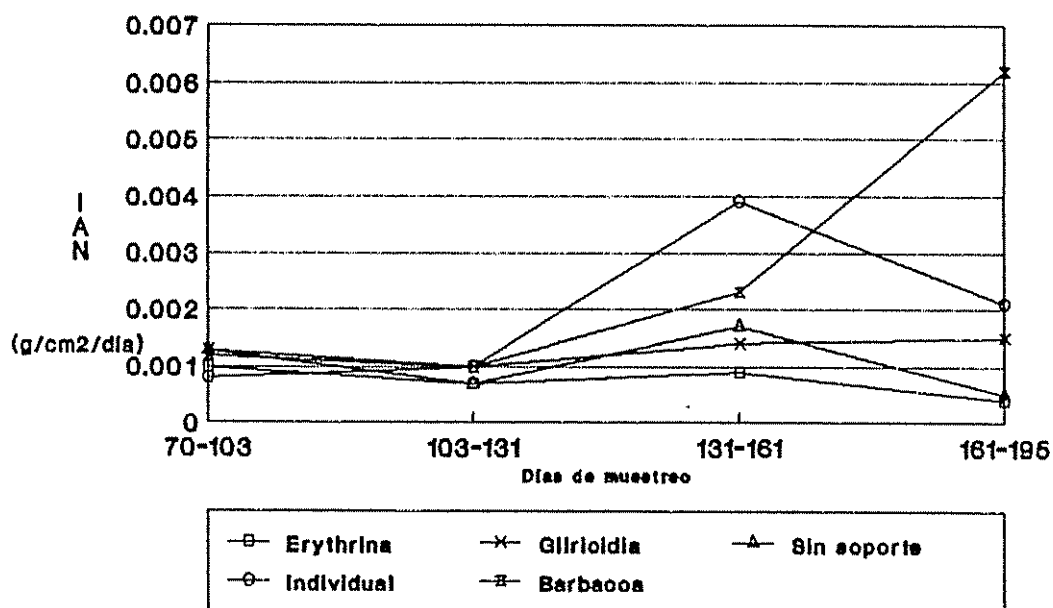


Figura 15: Índice de asimilación neta del fime, durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.

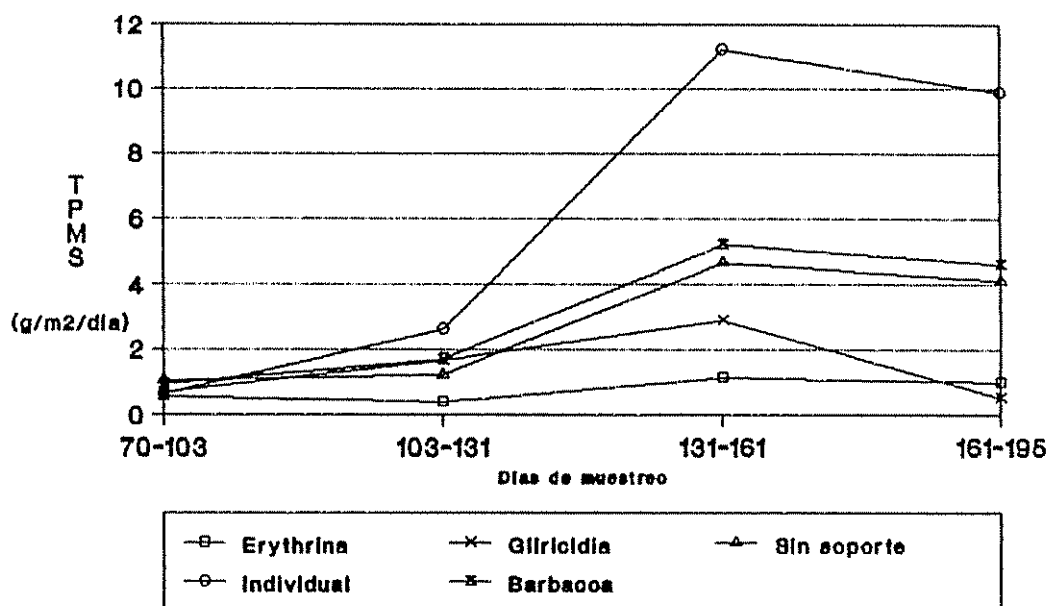


Figura 16: Tasa de producción de materia seca del fime, durante el ciclo de cultivo, según el tipo de soporte.

obtuvieron los mayores valores para cada uno de los tratamientos. En general, E. berteroana fue el menos eficiente, mientras que G. sepium fue similar a Sin soporte y soporte Barbacoa (Figura 16).

#### 4.2. Análisis combinado de las épocas.

Este análisis se realizó con el propósito de evaluar la tendencia general de los tratamientos, la tendencia debida a las épocas y la interacción de tratamientos por épocas.

##### 4.2.1 Crecimiento del cultivo.

Los cuadrados medios del análisis de varianza combinado para las variables de área foliar, peso seco de hojas, tallos, tubérculos y peso seco total, se presentan en el Cuadro 6. Este análisis detectó diferencias ( $p < 0.01$ ) entre tratamientos para estas variables y para la interacción de tratamiento por época, con excepción del área foliar.

El análisis de contrastes detectó diferencias ( $p < 0.01$ ) para las comparaciones E. berteroana vs G. sepium y entre soportes muertos vs vivos para todas la variables, a excepción del área foliar que sólo es diferente ( $p < 0.05$ ) en la primera comparación (Cuadro 7)

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza combinando las épocas, para las variables e índices de crecimiento del ñame.

F.V.	gl	Area Foliar	P.S. hojas	P.S. tallos	P.S. tubérculo	P.S. total	IAF	RAF	RPF
B1	3	80900133 **	841 **	326 **	14537 **	23851 **	4.08 **	156502.65 ns	0.0010 ns
Tr	8	30286142 **	413 **	130 **	9507 **	13557 **	1.53 **	147713.24 **	0.0112 *
B1+Tr	24	15402730 **	126 **	52 **	1581 ns	2585 ns	0.78 **	44114.10 ns	0.0056 ns
Ep	4	225145844 **	977 **	366 **	69587 **	77704 **	28.97 **	1819694.12 **	1.8422 **
Tr+Ep	24	10111345 ns	82 **	36 **	5711 **	6308 **	0.51 ns	52319.59 ns	0.0073 ns
CV%		63.57	70.77	72.50	109.57	97.69	63.57	88.57	18.87

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

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de contrastes combinando las épocas, para las variables e índices de crecimiento del ñame.

Contrast	gl	Area Foliar	P.S. hojas	P.S. tallos	P.S. tubérculo	P.S. total	IAF	RAF	RPF
E vs G	1	4325546 *	477.1 **	201.4 **	17009.1 **	23312.0 **	2.18 *	363860.09 **	0.0035 ns
E <sub>1</sub> vs E <sub>3</sub>	1	497380 ns	34.9 ns	1.2 ns	2354.9 ns	2540.8 ns	0.03 ns	420221.30 **	0.0348 **
E <sub>2</sub> vs E <sub>1+3</sub>	1	1101434 ns	5.7 ns	0.1 ns	25.1 ns	51.9 ns	0.06 ns	23207.32 ns	0.0094 ns
G <sub>1</sub> vs G <sub>3</sub>	1	1889235 ns	47.4 ns	5.1 ns	660.2 ns	1032.3 ns	0.10 ns	145794.63 ns	0.0036 ns
G <sub>2</sub> vs G <sub>1+3</sub>	1	17278009 ns	43.8 ns	20.3 ns	1923.5 ns	2535.7 ns	0.87 ns	38932.61 ns	0.00003 ns
M vs V	1	159826583 **	2521.7 **	777.0 **	49627.8 **	76920.1 **	8.05 **	132208.60 ns	0.0369 **
S vs C	1	4727452 ns	64.4 ns	12.4 ns	4.3 ns	92.2 ns	0.24 ns	57444.68 ns	0.000002 ns
I vs B	1	136235876 ns	105.9 ns	24.8 ns	4447.2 ns	1969.3 ns	0.69 ns	36.74 ns	0.0016 ns

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

Cuadro 8. Cuadrados medios de los contrastes para las funciones lineal, cuadrática y cúbica de las variables e índices de crecimiento del ñame.

Contrast	gl	Area Foliar	P.S. hojas	P.S. tallos	P.S. tubérculo	P.S. total	IAF	RAF	RPF
Lineal	1	342204116 **	1758.9 **	1025.6 **	108902.2 **	290192.4 **	17.24 **	1565362.26 **	6.28 **
Cuadra	1	502960117 **	1951.4 **	368.5 **	9757.5 *	16048.7 **	25.34 **	2878768.59 **	0.75 **
Cúbica	1	23262785 ns	155.7 ns	55.2 ns	2357.3 ns	1614.1 ns	1.17 ns	2320091.33 **	0.32 **

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



#### 4.2.1.1. Incremento en Area foliar.

Se observa que el desarrollo del área foliar entre los tratamientos de E. berteriana fue similar (Figura 17), mientras que G. sepium muestra tendencias crecientes especialmente en los tratamientos con una y tres podas, este último difiere de soporte Individual en un 26%. Los soportes muertos alcanzaron mayor desarrollo de área foliar. Entre estos el soporte Individual (6642.9 cm<sup>2</sup>) es 18% mayor que soporte Barbacoa (5475.7 cm<sup>2</sup>). Las diferencias detectadas para área foliar entre tratamientos, es debido al efecto del tipo de soporte. En el Cuadro 8, se presentan los contrastes para las tendencias del área foliar. Se encontraron diferencias ( $p < 0.01$ ) para lineal y cuadrática, siendo esta última la que mejor explica el comportamiento de la variable (Figura 18). El desarrollo inicial del área foliar fue lento (70 días), ya que la planta consume parte de la energía que asimila a través de fotosíntesis en su proceso de crecimiento (Brown, 1988). Luego sigue un crecimiento rápido (103 y 131 días), hasta alcanzar el índice de área foliar máximo (161 días) que posteriormente decae una vez que las hojas comenzaron a morir hasta los 195 días (Cuadro 8A).

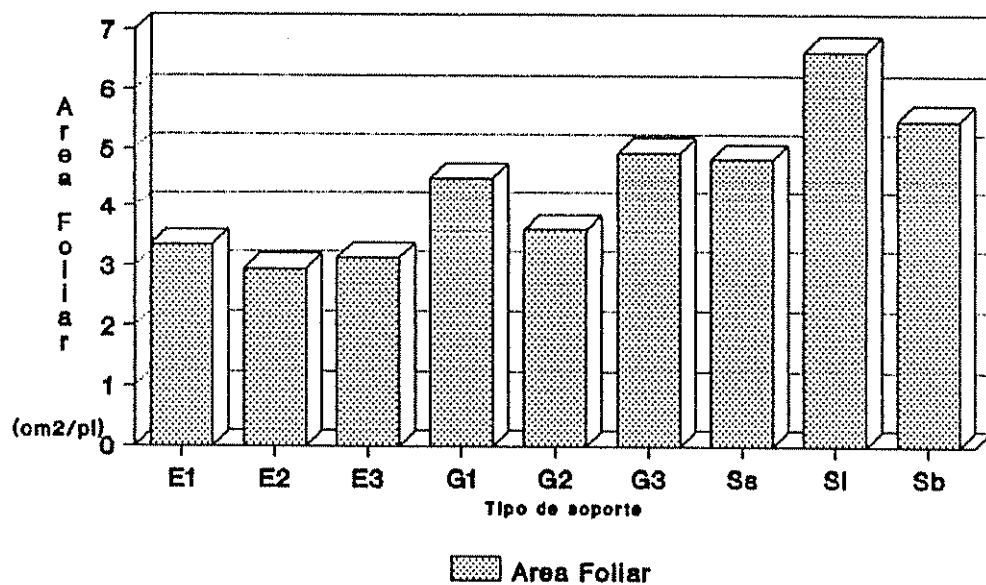


Fig. 17: Comparación del área foliar total del fñame, según el tipo de soporte.

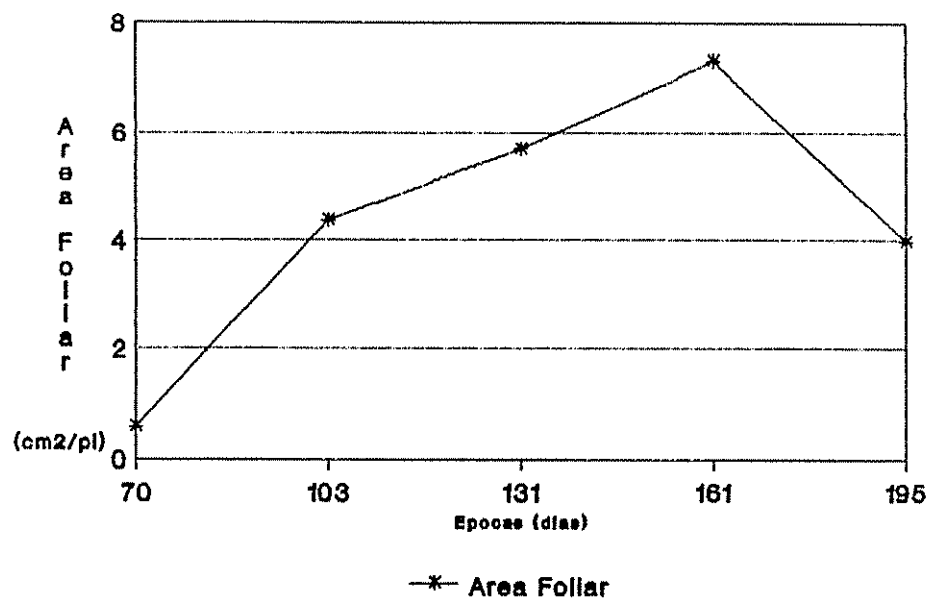


Fig. 18: Tendencia del desarrollo del área foliar total del fñame durante el ciclo de cultivo.

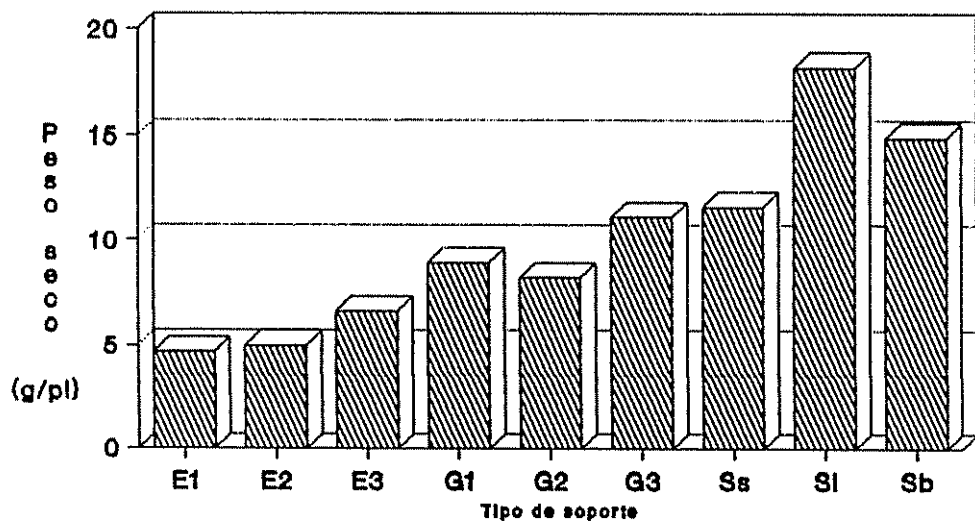
#### 4.2.1.2. Incremento de peso seco en hojas y tallos.

Las diferencias de los contrastes (Cuadro 7) E. berteriana (5.4 g/pl) vs G. sepium (9.4 g/pl) muestran la superioridad de esta última especie como soporte de ñame, mientras los soportes muertos (17 g/pl) superan a los vivos (7.42 g/pl) en más del 100%. Los soportes muertos tuvieron mayor desarrollo del área foliar y con ello mayor producción de biomasa (Cuadro 8A). Con respecto al crecimiento de tallos entre E. berteriana (3.7 g/pl) vs G. sepium (6.3 g/pl) estos últimos lo superan en 40%. Mientras que en soportes muertos (10.05 g/pl) vs vivos (4.98g/pl, los primeros duplican la producción de tallos por planta. Las tendencias de los pesos del tallo en los diferentes tratamientos, son muy similares a los encontrados para el área foliar (Figura 19 y 20).

La tendencia del crecimiento se aproxima satisfactoriamente por una función cuadrática ( $p < 0.01$ ) (Cuadro 8). El comportamiento de ambas variables a través del tiempo se muestra en la Figura 21.

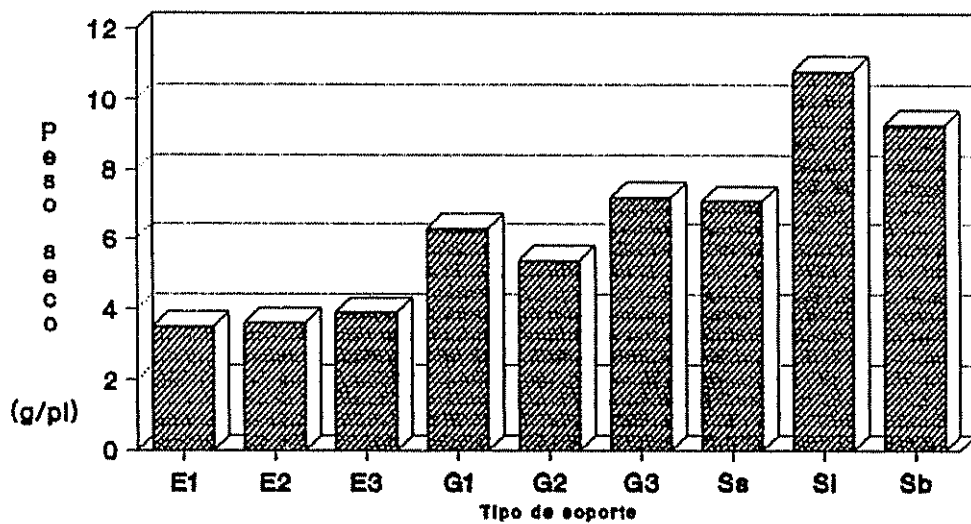
#### 4.2.1.3. Tubérculos.

Entre los soportes vivos el mayor peso de tubérculos promedio se obtuvo en G. sepium manejado con tres podas



▨ Hojas

Fig.19: Comparación de la biomasa total de hojas del flame, según el tipo de soporte.



▨ Tallos

Fig. 20: Comparación de la biomasa total de tallos del flame según el tipo de soporte.

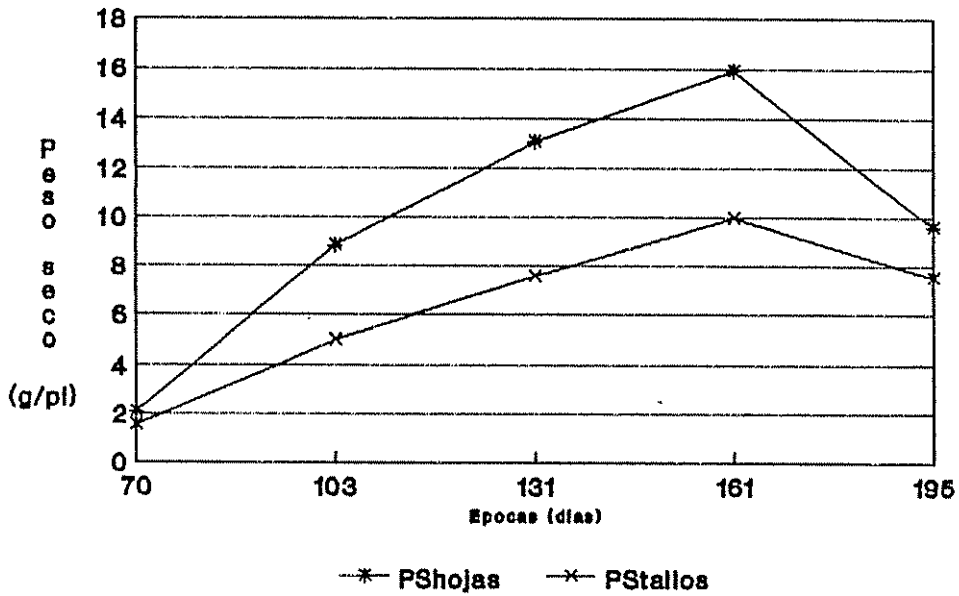


Fig. 21: Tendencia del crecimiento de la hojas y tallos del fiamé, según el tipo de soporte.

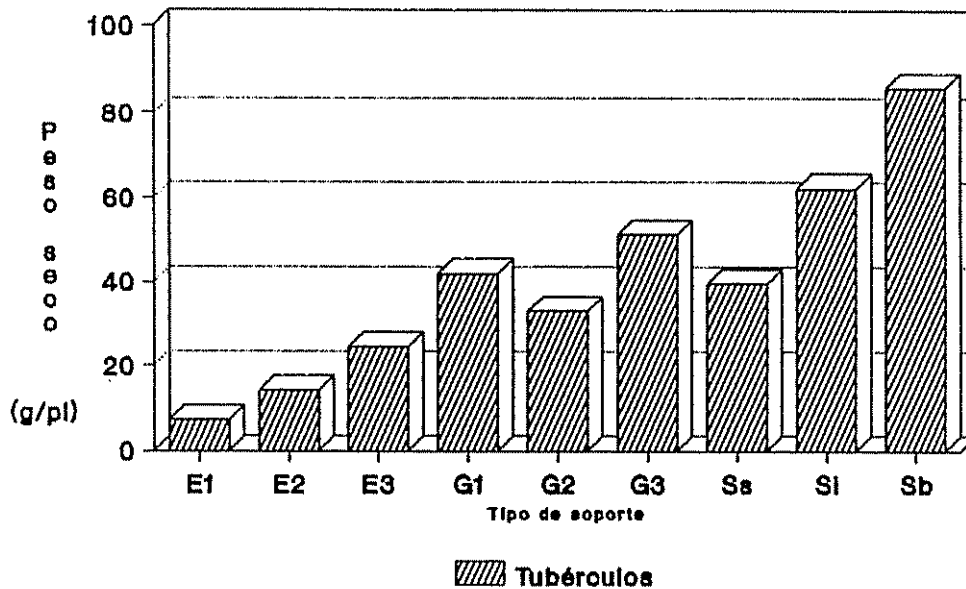


Fig. 22: Comparación de la biomasa total de tubérculos del fiamé, según el tipo de soporte.

(50.9 g/pl) superado por soporte Barbacoa en un 68% (85.8 g/pl); y que además superó al soporte Individual en un 28% equivalente a 62.2 g/pl, (Cuadro 8A; Figura 22). La tendencia de esta variable en el tiempo fue lineal (Cuadro 8 y Figura 23). Este comportamiento coincide con el reportado por Campbell, Chukwueke, Teriba and Ho-A-Shu (1962). Durante el ciclo del cultivo, el soporte Individual se destacó como el mejor tratamiento; sin embargo el soporte Barbacoa aparentemente mejoró la eficiencia fotosintética, obteniendo un promedio más alto en rendimiento de tubérculos.

#### 4.2.1.4. Biomasa total.

Las diferencias en la producción de la biomasa por tratamiento se presenta en la Figura 24. Los tratamientos con E. berteriana y G. sepium muestran una tendencia creciente al aumentar el número de podas efectuadas. No obstante, entre los soportes de G. sepium la producción de biomasa total con dos podas fue menor que con una poda. No se descarta también que al podar el árbol se cause daño al cultivo, especialmente en momentos de crecimiento vegetativo acelerado. La tendencia que muestra la biomasa total a través del tiempo se explica mejor con el contraste cuadrático que resultó altamente significativo (Figura 23)

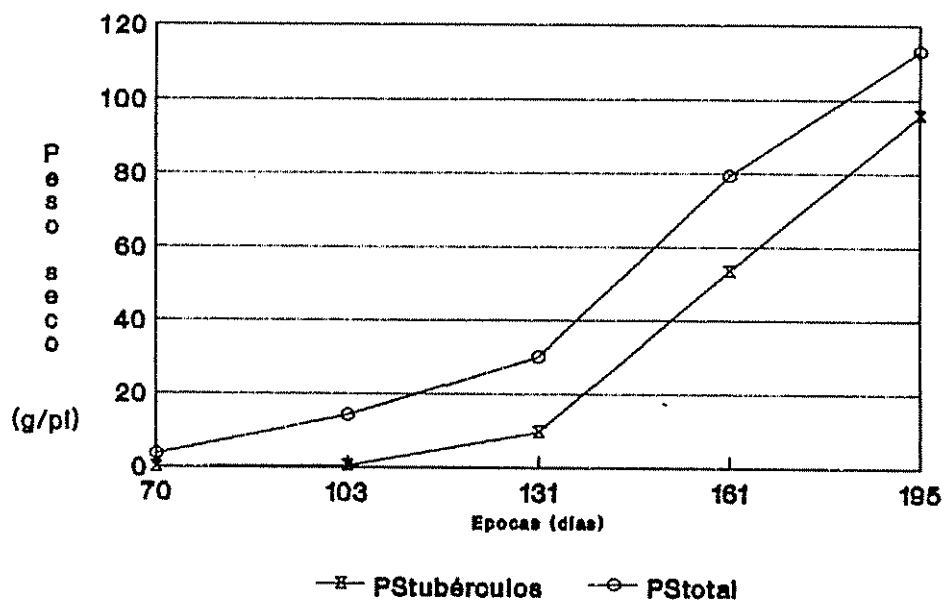


Fig. 23: Tendencia del crecimiento de la biomasa total y de los tubérculos del flamo, durante el ciclo de cultivo.

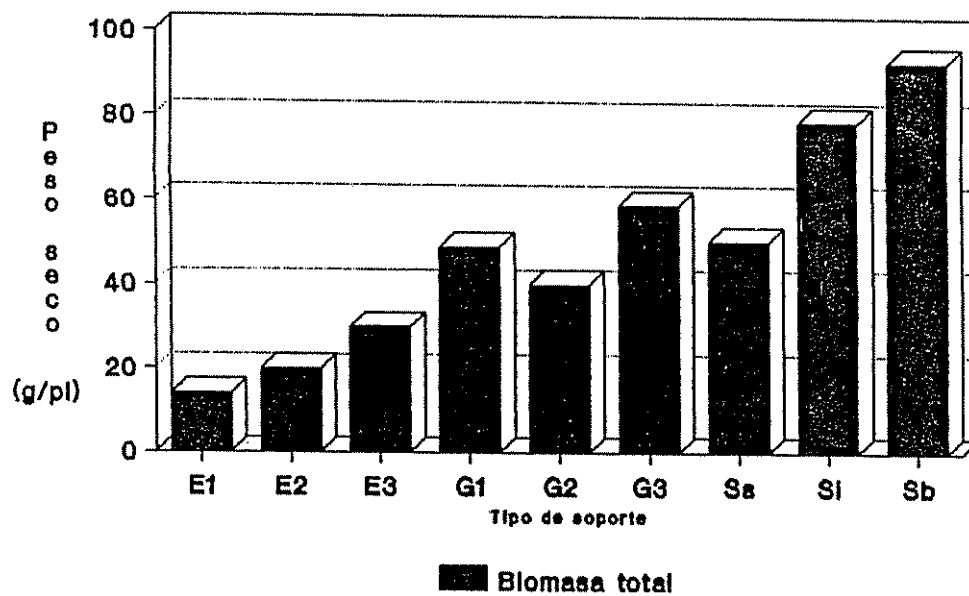


Fig. 24: Comparación de la biomasa total del flamo, según el tipo de soporte.

#### 4.2.2. Índices de crecimiento.

El análisis de varianza combinado, detectó diferencias ( $p < 0.01$ ) para índice de área foliar (IAF), razón de área foliar (RAF) y razón de peso foliar (RPF). Esta última sólo mostró diferencias ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 6).

El contraste para índice de área foliar y razón de área foliar entre E. berteriana ( $0.708 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$  y  $365.46 \text{ cm}^2/\text{g}$ ) vs G. sepium ( $0.977 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$  y  $255.33 \text{ cm}^2/\text{g}$ ) muestra diferencias ( $p < 0.05$  y  $0.01$ ), respectivamente (Cuadro 7). En el caso del índice de área foliar la comparación es favorable al soporte con G. sepium. Esta especie ofreció menor competencia al cultivo, debido al crecimiento más lento del rebrote luego de las podas. Además este árbol mostró alguna susceptibilidad a plagas y enfermedades que afectaron su crecimiento.

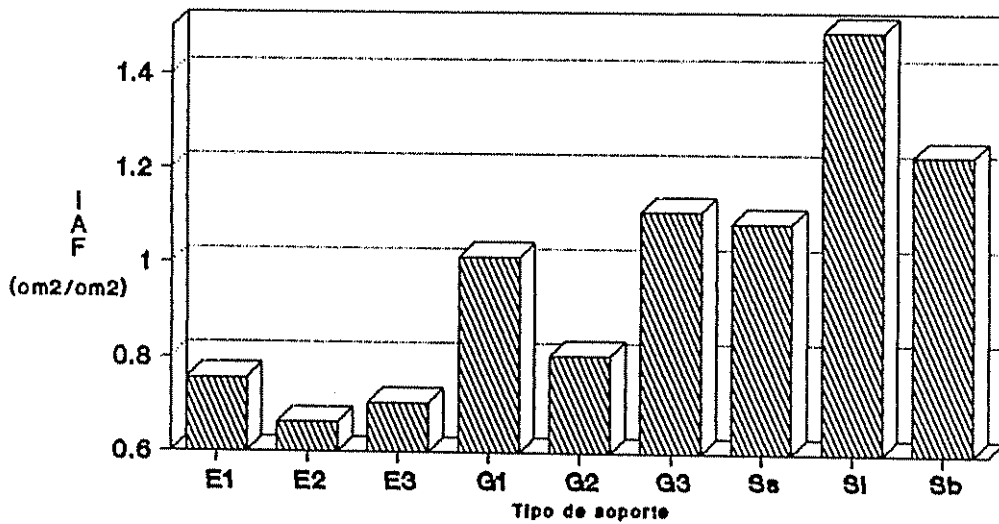
Para la razón de área foliar y la razón de peso foliar, es significativo ( $p < 0.01$ ) el contraste E. berteriana con una poda ( $481 \text{ cm}^2/\text{g}$  y  $0.462 \text{ g/g}$ ) vs E. berteriana con tres podas ( $277 \text{ cm}^2/\text{g}$  y  $0.367 \text{ g/g}$ ) a favor del primero en ambos casos. La sombra del soporte con una poda, fomentó el desarrollo de las hojas, presentando siempre una mayor proporción de área foliar y por ende, mayor peso. El



contraste para el índice de área foliar y razón de peso entre soportes muertos ( $1.36 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$  y  $0.418 \text{ g/g}$  vs vivos ( $0.842 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$  y  $0.388 \text{ g/g}$ ) presenta diferencias ( $p < 0.01$ ) respectivamente (Cuadro 7).

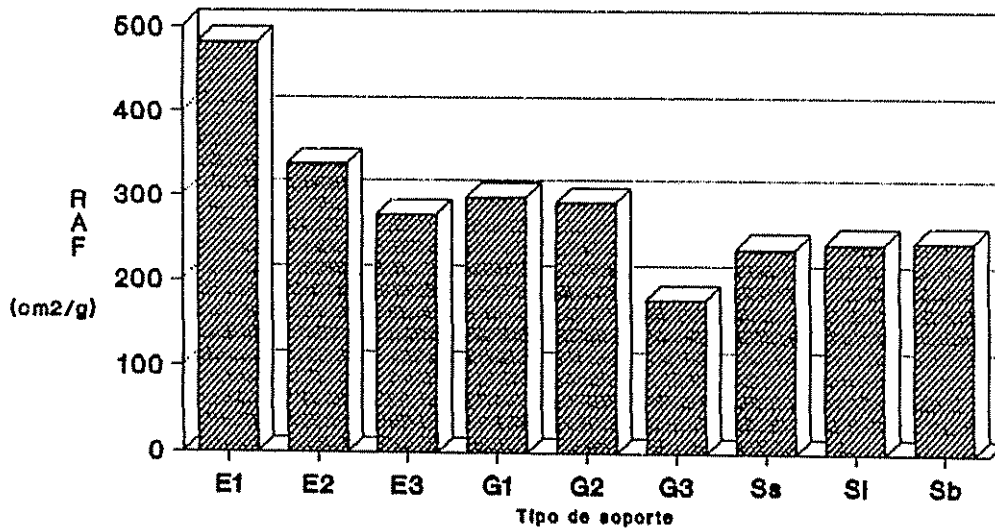
#### 4.2.2.1. Índice de área foliar (IAF).

En la Figura 25 se presenta el comportamiento del índice del área foliar según el análisis combinado. Los tratamientos con E. berteriana obtuvieron un menor índice del área foliar (aproximadamente el 50% menos que el alcanzado por soportes muertos); sin embargo, no se aprecian grandes diferencias entre los diferentes manejos de esta especie arbórea. Los tratamientos con G. sepium mejoran el índice del área foliar, y en el caso de G. sepium con tres podas fue muy similar a los tratamientos soporte Barbacoa y Sin soporte. Sobresale en este sentido el soporte Individual ( $1.491 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ ) aunque los resultados al final del ciclo, en términos de biomasa de tubérculos no presentan esa condición, ya que soporte Barbacoa fue más eficiente. La tendencia de esta variable es cuadrática (Cuadro 8), aumentando a partir de los 70 días ( $0.130 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ ), para alcanzar el máximo ( $1.643 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ ) a los 161 días y disminuir a los 195 días ( $0.891 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ ) (Cuadro 9A).



▨ Índice Area Follar

Fig. 25: Índice de área follar total del fuste, según el tipo de soporte.



▨ Razón Area Follar

Fig. 26: Razón de área follar total del fuste, según el tipo de soporte.

#### 4.2.2.2. Razón de área foliar.

La mayor razón de área foliar del cultivo en los tratamientos de E. berteriana, podría deberse a que la sombra ejercida por el soporte vivo, provoca que las hojas del cultivo sean más delgadas. Probablemente el tamaño de la hoja no se afecte, pero sí su grosor (Ramanujan y Joss, 1984). La razón de área foliar a los 103 días alcanzó el mayor crecimiento con 646.72 cm<sup>2</sup>/g (Cuadro 9A). Con respecto a los contrastes para época, Cuadro 8, estos son diferentes ( $p < 0.01$ ), ajustándose mejor la tendencia cuadrática para explicar el compartamiento de esta proporción en el tiempo (Figura 26).

#### 4.2.2.3. Razón de peso foliar.

El cultivo presentó mayor razón de peso foliar cuando se utilizó soporte de E. berteriana, sin embargo los promedios para E. berteriana una poda y soporte Individual son similares. La época en que se alcanzó el máximo fue a los 103 días con 0.6160 g/g, luego fue reduciéndose a medida que los asimilados de las hojas eran traslocados. A los 195 días el promedio era de 0.0813 g/g (Cuadro 9A).

#### 4.3. Rendimiento de tubérculos.

El Cuadro 9, presenta el análisis de varianza para el rendimiento categorizado de tubérculos. Debido a que hubo muerte de plantas en algunos tratamientos, se incluyó como covariable al número de estas. Se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) para número y peso de tubérculos exportables y número de tubérculos de semilla.

#### 4.3. Número y peso de tubérculos exportables.

La comparación del número y peso de tubérculos entre E. berteroana (1620 tubérculos/ha y 1130.33 kg/ha) y G. sepium (4437 tubérculos/ha y 3472 kg/ha), muestra diferencias al 1 y 5% respectivamente (Cuadro 10). Dentro de E. berteroana se encontraron diferencias al 5% para el número de tubérculos entre E. berteroana con una poda (579 tubérculos/ha) y E. berteroana con tres podas (2662 tub/ha). La poda más frecuente favoreció el número de tubérculos por planta; pero esto no se tradujo en el rendimiento de tubérculos exportables. Entre soportes vivos, G. sepium con una poda, fue el mejor tratamiento en cuanto a número (5324 tubérculos/ha) y peso de tubérculos exportables (4699 kg/ha) (Figuras 27 y 28); sin embargo, este rendimiento representa

Cuadro 9. Análisis de varianza utilizando la covariable número de plantas, para las variables de rendimiento del ñame.

F.V.	gl	No. Exportable		No. Semilla		No. Desecho	
		No. Exportable	Peso Exportable	No. Semilla	Peso Semilla	No. Desecho	Peso Desecho
Número plantas	1	28208321 ns	45386295 *	16460706 ns	5056665 *	29454408 ns	402075 ns
Bloque	3	2685235 ns	4013612 ns	3661821 ns	96502 ns	38602717 ns	486537 ns
Tratamiento	8	31002703 **	32565797 **	23280156 **	2854023 ns	52044102 *	194921 ns
Bloque * Trat	23	3079919 ns	3766333 ns	4908791 ns	547463 ns	21535148 ns	170501 ns
CV%		38.99	51.12	33.00	39.52	22.82	30.23

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

Cuadro 10. Cuadrados medios de los contrastes para las variables de rendimiento número y peso de tubérculos exportables, semilla y desecho.

Contrastes	gl	No. Exportable		No. Semilla		No. Desecho	
		No. Exportable	Peso Exportable	No. Semilla	Peso Semilla	No. Desecho	Peso Desecho
E vs G	1	56960414 **	43376050 *	26335216 *	3547892 **	834347 ns	39144 *
E <sup>1</sup> vs E <sup>3</sup>	1	18360999 *	9609072 ns	28724994 **	3690739 **	32876328 ns	14711 ns
E <sup>2</sup> vs E <sup>1+3</sup>	1	1549454 ns	808370 ns	94734 ns	124238 ns	20136854 ns	481 ns
G <sup>1</sup> vs G <sup>3</sup>	1	417217 ns	590394 ns	13560565 ns	758726 ns	217871652 *	266 ns
G <sup>2</sup> vs G <sup>1+3</sup>	1	3410183 ns	3858726 ns	261745 ns	519796 ns	11219666 ns	12517 ns
M vs V	1	150748784 *	182389947 **	71604230 ns	12224930 **	6053164 ns	335670 **
S vs C	1	551 ns	62515665 ns	23116961 *	455500 ns	294380784 **	8838 ns
I vs B	1	11332304 ns	8416413 ns	9611652 ns	170713 ns	2457452 ns	129668 ns
G vs M	1	57158516 *	82350631 **	27472038 *	5154955 *	3167904 ns	183087 **

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

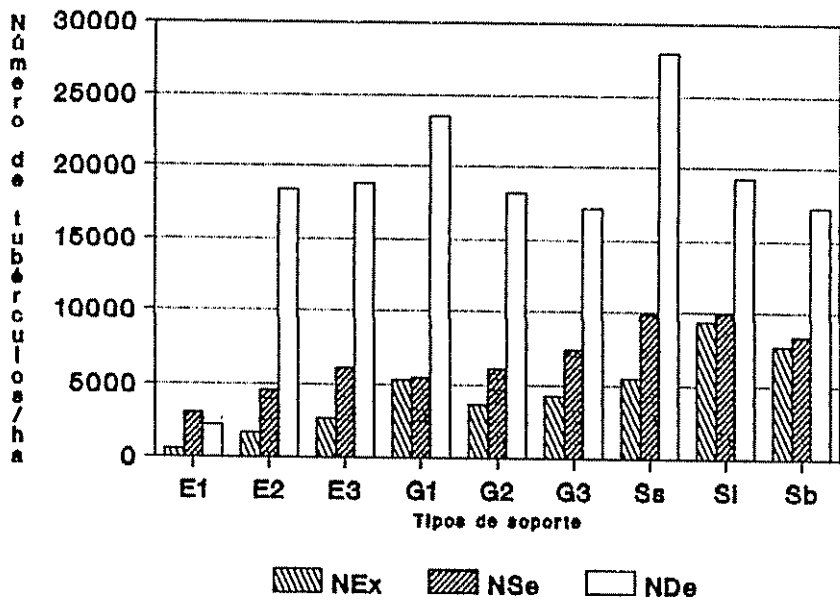


Fig. 27: Número de tubérculos del fime por categoría, según el tipo de soporte.

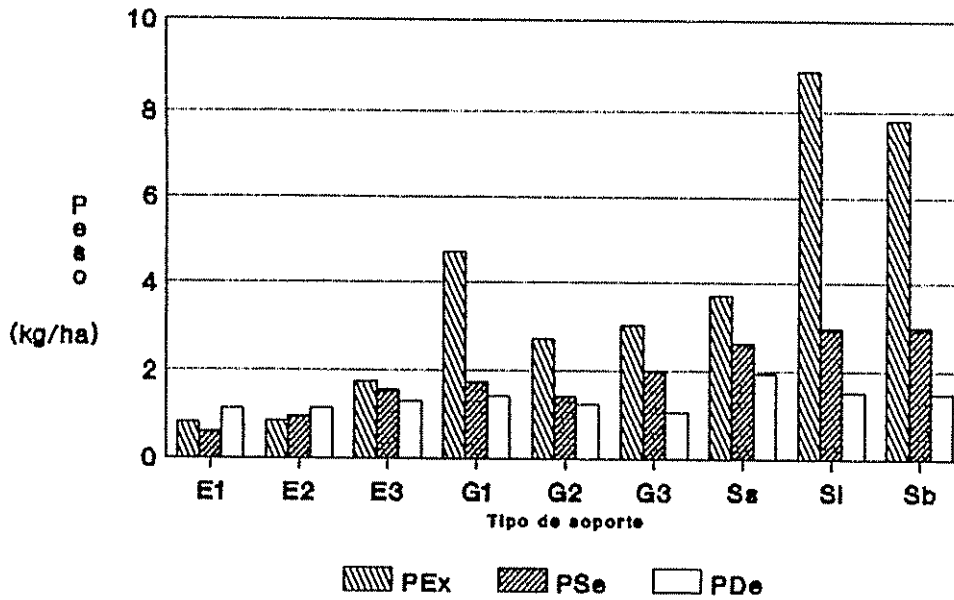


Fig. 28: Peso de tubérculos del fime por categoría, según el tipo de soporte.

el 47% del obtenido por Budelman (1990) con ñame utilizando G. sepium como soporte.

Los promedios de soportes muertos y vivos son diferentes para el número ( $p < 0.05$ ) y para el peso de tubérculos ( $p < 0.01$ ). Según el análisis de crecimiento, el ñame fue favorecido por el soporte Individual y Barbacoa. Esto se nota principalmente en número y peso de tubérculos exportables producidos, (9259 y 7639 tubérculos/ha) y 8.85 y 7.79 ton/ha para Barbacoa e Individual respectivamente (Cuadro 10A). Sin embargo estos valores son bajos comparados con los reportados por Herrera (1982), (33.6 ton/ha de tubérculos); en cuyo caso tampoco hubo diferencias entre el rendimiento con soporte Individual y Barbacoa. Jiménez et al (1991), a la primera cosecha de este experimento realizada en el mismo lugar, encontraron que el rendimiento promedio superó en un 40% al mejor rendimiento obtenido en el presente trabajo, (soporte Individual).

La comparación con soportes muertos vs G. sepium, es diferente para el número y peso de tubérculos exportables ( $p < 0.05$  y  $p < 0.01$ ) respectivamente. G. sepium es un 47% menor en número de tubérculos y 58% menor en peso de tubérculos, con respecto a los soportes muertos.

En el Cuadro 11, se muestran las medias ajustadas, para número y peso de exportables, semilla y desecho. El número de plantas en algunos tratamientos se redujo hasta en un 31% (G. sepium con tres podas). En el recuento realizado en el mes de junio la sobrevivencia promedio era de 97%. Es posible que el exceso de humedad presente en los bloques III y IV ocasionara la mortalidad de las plantas, debido de una excesiva precipitación en los meses de julio y agosto, lo que afectó el rendimiento de tubérculos, ya que el ñame requiere condiciones de humedad, pero no tolera los excesos. Esta condición, que afectó el rendimiento del cultivo, es también reportada por Herrera (1982). No se descarta también en el caso de soportes vivos, un posible maltrato del cultivo al momento de realizar las podas.

Aunque la comparación de tubérculos exportables entre los tratamientos Con soporte y Sin soporte, no mostrara diferencias significativas, al utilizar las medias ajustadas hay un incremento de 13% y 44% en número y peso de tubérculos exportables respectivamente, a favor de los tratamientos con soporte. La presencia de soporte incrementa el peso individual de los tubérculos, siendo esto uno de los aspectos convenientes de su utilización.



Cuadro 11. Medias ajustadas por número de plantas para las variables de rendimiento del ñame.

Trat	No. Expor.	Peso Expor. (kg/ha)	No. Semil.	Peso Semil. (kg/ha)	No. Dese.	Peso Dese. (kg/ha)
E <sup>1</sup>	0000	0000.00	2445	300.62	22746	1046.05
E <sup>2</sup>	2199	1578.70	4609	1228.73	17812	1238.05
E <sup>3</sup>	2990	2151.63	6385	1712.77	18531	1335.41
G <sup>1</sup>	4899	4159.78	5115	1544.53	23930	1372.85
G <sup>2</sup>	4031	3112.28	6385	1562.31	17952	1277.54
G <sup>3</sup>	5425	4470.73	8281	2463.12	16077	1212.86
S <sup>a</sup>	4513	2539.44	9130	2211.69	28957	1833.77
S <sup>b</sup>	9524	9190.12	1056	3063.53	19058	1559.40
S <sup>b</sup>	7088	7090.92	7913	2764.56	17924	1415.74

Cuadro 12. Cuadrados medios del análisis de varianza utilizando como covariable número de plantas para las variables de rendimiento del ñame.

F.V.	gl	Biomasa Aérea	Rendimiento Total cultivo	Biomasa Total	Indice de Cosecha
N1	1	103978 **	92539242 **	10570577 ns	0.0000096 ns
B1	3	3812 ns	2686367 ns	480766 ns	0.0012424 ns
Tr	8	69280 **	55965104 **	5190380 **	0.0036104 *
B1*Tr	23	8101 ns	7395966 ns	717711 ns	0.0012605 ns
CV%		35.32	39.96	38.66	4.07

\*\* Significativo al 1 % , \* Significativo al 5 % , ns. No significativo.

#### 4.3.2. Número y peso de tubérculos de semilla.

Se encontraron diferencias para el número de tubérculos ( $p < 0.05$ ) y el peso de tubérculos ( $p < 0.01$ ), en las comparaciones entre E. berteriana y G. sepium; al 1% entre E. berteriana con una poda y E. berteriana con tres podas, y al 1% entre los soportes muertos vs vivos para el peso. También fueron diferentes los tratamientos Sin soporte vs Con Soporte al 5% en el número de tubérculos y G. sepium vs soportes muertos al 5% en número y peso de tubérculos. El tratamiento E. berteriana con tres podas obtuvo el 51% y 61% (número y peso), más que E. berteriana con una poda (Cuadro 10).

La comparación entre los tratamientos Con soporte (6378 tubérculos/ha) vs Sin soporte (9838 tubérculos/ha), en el número de tubérculos de semilla se reduce en un 35% cuando se utiliza el soporte. Con los promedios ajustados esta diferencia es del 42%. Cuando se utiliza soporte se reduce también el peso de tubérculos de semilla en 32% (Figuras 27 y 28). El efecto de cultivar ñame postrado disminuye el tamaño de los tubérculos, por lo tanto es de esperar que se aumente la proporción de tubérculos de menor tamaño a menor exposición del follaje a la radiación solar por efecto de

autosombreo, lo constituyen en un sistema menos eficiente (Montaldo, 1972).

Al comparar el número y peso de tubérculos de semilla para soportes vivos de G. sepium (6327 tubérculos/ha y 1709 kg/ha) vs soportes muertos (9143 tubérculos/ha y 2974 kg/ha) se aprecian diferencias que alcanzan 44% y 74% respectivamente en favor de soportes muertos. No obstante, empleando las medias ajustadas estas se reducen a 42% en el caso de número y el 52% para peso.

#### 4.3.3. Número y peso de tubérculos de desecho.

El Cuadro 10, presenta que los contrastes con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en número de tubérculos de desecho son G. sepium con una poda (23495 tubérculos/ha) y tres podas (17245 tubérculos/ha), las diferencias entre ambos son del 26%, pero con los promedios ajustados esta incrementa al 32% a favor de G. sepium con una poda. Es decir que la sombra del soporte fomenta el desarrollo de los tubérculos de menor tamaño. También hay diferencias ( $p < 0.01$ ) entre los tratamientos Sin soporte (28009 tubérculos/ha) vs Con soporte (16897 tubérculos/ha), equivalente a un 40% más de rendimiento en tubérculos de desecho (Cuadro 10A).

En peso hay diferencias ( $p < 0.05$ ) entre E. berteroana con una poda (1134 kg/ha) y E. berteroana con tres podas (1296 kg/ha), al 1% entre soportes muertos (1505 kg/ha) vs vivos (1222.84 kg/ha) y G. sepium (1246 kg/ha) vs soportes muertos (1505 kg/ha) (Cuadro 10A). Las diferencias entre soportes vivos y muertos es de 19%, a favor de soportes muertos. También G. sepium y soportes muertos difieren en un 17% a favor de estos últimos. Por lo tanto el soporte vivo reduce el rendimiento en peso de tubérculos pequeños.

En la Figura 27 se presenta el número de tubérculos por categoría. El tratamiento Sin soporte alcanzó un total de 28009 tubérculos de desecho (Cuadro 10A). Al relacionar el peso promedio de tubérculos exportables (3806.38 kg/ha) y el promedio de los tubérculos de desecho (1316.88 kg/ha), se encuentra que hay una diferencia entre ambas categorías del 65 % debido a la utilización de soporte.

Utilizando la medias ajustadas de número y peso de desecho, se incrementa el valor de los promedios de E. berteroana y Sin soporte. La sombra de las copas de los soportes vivos y el autosombreo que se produce en el caso de Sin soporte, tendieron a disminuir el tamaño de los tubérculos (Cuadro 10A).

#### 4.4. Producción de biomasa del cultivo.

El análisis de varianza (Cuadro 12), muestra que existen diferencias entre tratamientos para biomasa aérea, biomasa total y rendimiento total ( $p < 0.01$ ) y para el índice de cosecha ( $p < 0.05$ ).

##### 4.4.1 Biomasa aérea.

Para esta variable, se muestran diferentes los contrastes E. berteriana (157.23 kg/ha) vs G. sepium (220.1 kg/ha) ( $p < 0.05$ ); soportes muertos (449 kg/ha) vs vivos (188.67 kg/ha), Individual (554.5 kg/ha) vs Barbacoa (343.5 kg/ha) y G. sepium (220.1 kg/ha) vs soportes muertos (449 kg/ha) ( $p < 0.01$ ) (Cuadros 13 y 11A).

El peso de hojas y tallos al momento de la cosecha fue reducido debido a la senescencia y a procesos de traslocación de asimilados a los tubérculos. El promedio en soporte Individual fue 554.5 kg/ha, equivalente al 13% de la biomasa total. La producción de biomasa aérea durante el crecimiento del cultivo, siempre presentó valores mayores para este soporte.

Cuadro 13. Cuadrados medios de los contrastes para las variables de rendimiento.

Contrastes	gl	Biomasa Aérea	Rendimiento Total cultivo	Biomasa Total	Indice de Cosecha
E vs G	1	38144 *	75114370 *	6295314 **	0.0077 **
E <sub>1</sub> vs E <sub>3</sub>	1	14711 ns	29318141 *	2939448 †	0.0090 **
E <sub>2</sub> vs E <sub>1+3</sub>	1	481 ns	1760092 ns	162860 ns	0.0054 *
G <sub>1</sub> vs G <sub>3</sub>	1	266 ns	720439 ns	56162 ns	0.0001 ns
G <sub>2</sub> vs G <sub>1+3</sub>	1	12517 ns	7345963 ns	688133 ns	0.0007 ns
M vs V	1	335670 **	309170744 **	27170671 **	0.0007 ns
S vs C	1	8838 ns	799823 ns	105737 ns	0.0011 ns
I vs B	1	129668 **	12339841 ns	3235711 *	0.0025 ns
G vs M	1	183087 **	138632798 *	12370086 †	0.0002 ns

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

Cuadro 14. Medias ajustadas por número de plantas para variables de rendimiento del ñame.

Trat	Biomasa Aérea (kg/ha)	Biomasa Total (kg/ha)	Rendimiento Total (kg/ha)	Indice de Cosecha
E <sub>1</sub>	120.64	370.07	1219.73	0.80
E <sub>2</sub>	151.39	1254.40	4045.47	0.88
E <sub>3</sub>	209.79	1630.32	5199.81	0.87
G <sub>1</sub>	241.14	2176.13	7077.16	0.89
G <sub>2</sub>	195.39	1779.86	5952.12	0.90
G <sub>3</sub>	286.66	2399.62	8146.71	0.87
S <sub>a</sub>	207.55	1956.54	6584.91	0.89
S <sub>b</sub>	570.62	4407.31	13813.04	0.86
S <sub>c</sub>	310.06	3105.72	11271.23	0.90

En los tratamientos con soportes vivos el promedio menor fue E. berteriana con dos podas con (116 kg/ha) y el mayor para G. sepium con una poda (267 kg/ha) (Cuadro 11A).

Es evidente el aumento de los promedios de G. sepium con tres podas (24%) y E. berteriana con dos podas (23 %) cuando se considera el número inicial de plantas (Cuadro 14).

#### 4.4.2. Rendimiento total de tubérculos.

En cuanto a biomasa total de tubérculos, se obtuvieron diferencias ( $p < 0.05$ ) en los contrastes E. berteriana (3387.33 kg/ha) vs G. sepium (6427.33 kg/ha). E. berteriana con una poda (2558 kg/ha) vs E. berteriana tres podas (4606 kg/ha) y G. sepium (6427 kg/ha) vs soportes muertos (12801 kg/ha). Los promedios para soportes muertos (12801 kg/ha) vs vivos (4907.33 kg /ha) fueron diferentes al 1%. (Cuadro 13). E. berteriana alcanzó apenas el 50% del rendimiento obtenido con soporte G. sepium, el cual fue duplicado por los soportes muertos.

En esta variable se pueden apreciar cuatro grupos (Figura 29). El primer grupo lo conforman los soporte Individual y Barbacoa (13333 y 12269 kg/ha) (Cuadro 11A).

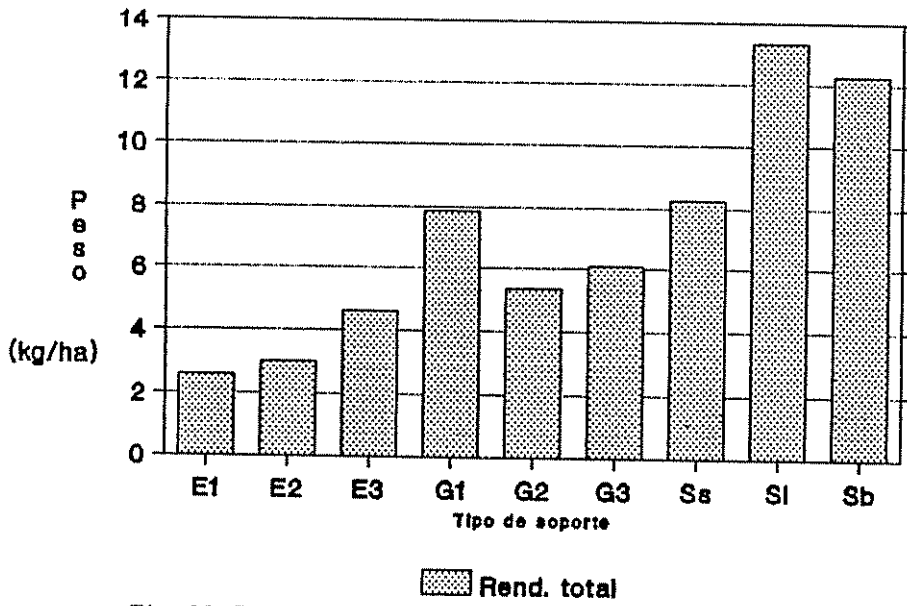


Fig. 29: Rendimiento total del fiamé según el tipo de soporte

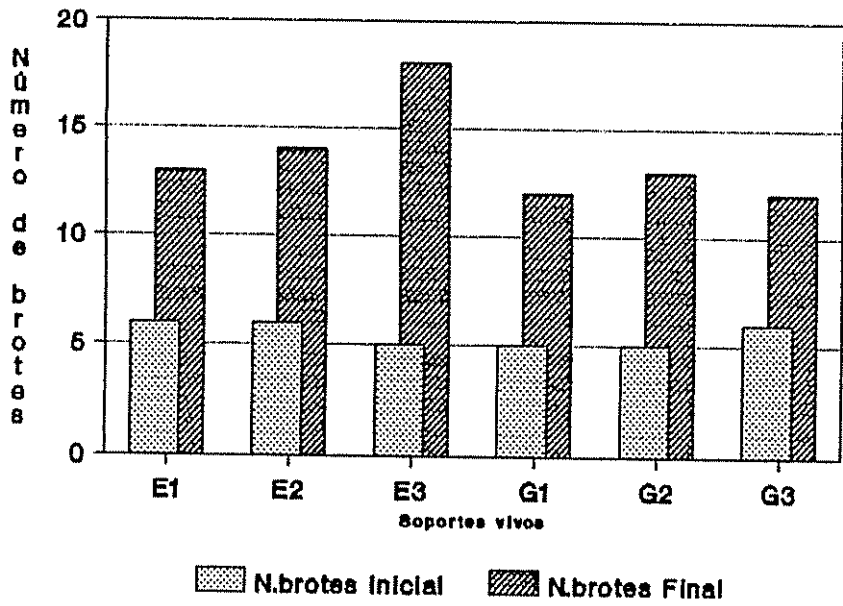


Fig. 30: Número de brotes de los soportes vivos.



Los promedios de los tratamientos Sin soporte y G. sepium con una poda, forman un segundo grupo: 8264 y 7847 kg/ha, respectivamente. Un tercer grupo son G. sepium con dos y tres podas y E. berteriana con tres podas (5359, 6076 y 4606 kg/ha). Los promedios más bajos corresponden a E. berteriana con dos y una poda (2998 y 2558 kg/ha) respectivamente. La superioridad de G. sepium con una poda vs G. sepium con dos podas o tres podas podría explicarse con un deterioro del cultivo al realizar la poda del árbol. Cuando se aplicó la primera poda el cultivo, no tenía mayor crecimiento y la recuperación de este árbol después de la poda es más lenta que E. berteriana, lo cual es una ventaja ya que favorece el crecimiento del cultivo.

Los rendimientos totales obtenidos son relativamente bajos comparados con otros que se han reportado y especialmente en relación a la primera siembra. Existen algunos aspectos que pudieron influir, tales como el peso de la semilla utilizado (75-125 g), la fecha de siembra (marzo), la disponibilidad de agua en etapas de brotación y crecimiento inicial (Cuadro 1A). Los bajos rendimientos también pueden atribuirse en parte a excesos de agua durante el ciclo de crecimiento. Durante el mes de agosto se presentó un período de lluvias excesivo que causó inundaciones, especialmente en los bloques III y IV, donde

se perdieron algunas plantas y se afectó el crecimiento del resto de ellas. El drenaje de estos suelos es limitado, por lo cual se realiza en forma artificial a través de zanjas.

El ajuste de las medias por la covariable número de plantas permitió mejorar apreciablemente los promedios de los tratamientos con G. sepium con tres podas y soporte Individual, que tuvieron una reducción apreciable en el número de plantas cosechadas (Cuadro 14). Aunque los valores sean bajos con respecto a los soportes vivos hay que considerar en el largo plazo aspectos económicos y biológicos de su utilización en un sistema de producción agrícola.

#### 4.4.3. Biomasa total.

La biomasa total de E. berteriana (1050.8) vs G. sepium (1905.2 kg/ha) y soportes muertos (3844 kg/ha) vs vivos (1478 kg/ha) presentan diferencias significativas al 1%. E. berteriana con una poda (822.3 kg/ha) y E. berteriana con tres podas (1630.32 kg/ha), Individual (4407.31 kg/ha) vs Barbacoa (3105.72 kg/ha) y G. sepium (1905.2) vs Muertos (3844 kg/ha) son también diferentes ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 13 y Cuadro 8A).

Las diferencias en biomasa total del cultivo, entre E. berteroana y G. sepium, a favor de la segunda, se debe principalmente al aporte del promedio de G. sepium con una poda (2436.4 kg/ha). Sin embargo, con las medias ajustadas, se incrementa el promedio de G. sepium con tres podas (Cuadro 14). El efecto de las podas benefició el crecimiento de las plantas al aumentar la disponibilidad de luz. Sin embargo, es posible que la biomasa producida por la poda de los árboles retuvo mayor humedad en el suelo y esto haya afectado el número de plantas a la cosecha.

#### 4.4.4. Índice de cosecha

El Cuadro 13 muestra que hay diferencias ( $p < 0.01$ ) entre E. berteroana (0.85) vs G. sepium (0.89), E. berteroana con una poda (0.80) y E. berteroana con tres podas (0.87), así como entre E. berteroana con dos podas (0.88) vs E. berteroana con una y tres podas (0.84) ( $p < 0.05$ ). El menor índice encontrado fue para E. berteroana con una poda, donde la relación de peso seco bruto comercial con respecto al peso total fue menor, debido a una mayor producción de biomasa aérea y tubérculos no comerciales. El crecimiento del cultivo fue mayor para los tratamientos con soporte muerto, el mayor rendimiento de soportes vivos

(G. sepium con una poda), corresponde a la mitad de los rendimientos obtenidos por soportes muertos.

#### 4.5. Crecimiento y producción de biomasa de soportes vivos.

##### 4.5.1. Crecimiento

El análisis de varianza de las variables de crecimiento, se hizo considerando conjuntamente todas las épocas de medición del crecimiento de los árboles. El Cuadro 15 muestra que hay diferencias ( $p < 0.01$ ) entre tratamientos para número de brotes, diámetro a la altura del pecho, altura de copa y diámetro de copa.

La utilización de soportes vivos en el sistema del ñame, se debe principalmente a la necesidad de buscar una alternativa que disminuya los costos de producción y a la vez mantenga la productividad. El aporte al suelo por la incorporación de la biomasa producida por los árboles leguminosos, reduce la necesidad de aplicar fertilizantes. Yamoah et al (1986) reportan que G. sepium liberó 95 kg N/ha en un período de 120 días, lo que significa una reducción del 71% en la aplicación de fertilizante. Otro beneficio del uso de soportes vivos es el control de malezas, lo cual fue

Cuadro 15. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de crecimiento de los árboles.

F.V.	gl	NBROT	DAP	ALTCOP	DIAMCOP.
B1	3	15.40 **	0.6359 ns	0.31790 *	1.3519 **
Tr	5	348.74 **	40.2720 **	0.60236 **	24.2790 **
B1*Tr	346	20.66 ns	0.9138 ns	0.151 ns	0.1453 ns
CV%		33.05	19.54	108.37	25.00

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

NBROT = Número de brotes.

DAP = Diámetro a la altura del pecho.

ALTCOP = Altura de copa.

DIAMCOP= Diámetro de copa.

Cuadro 16. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de rendimiento de los árboles.

FV	gl	PFTOT	REL. HOJAS	REL. TALLOS	M. PF HOJAS	M. PF TALLOS	M. PS HOJAS	M. PS TALLOS
B1	3	30.61 ns	0.19 ns	2.61 ns	7864.88 ns	1071.23 ns	957.84 ns	54.51 ns
Tr	5	8652.07 **	4.40 **	54.67 **	6085.60 ns	47057.85 ns	1524.25 ns	6720.61 *
B1*Tr	63	5419.02 ns	0.81 ns	7.54 ns	17657.01 ns	22359.78 ns	1316.70 ns	2666.40 ns
CV%		34.60	57.87	109.92	38.55	42.33	48.38	56.77

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

PFTOT = Peso fresco total

REL HOJAS = Relación de hojas

REL TALLOS = Relación de tallos

M PF HOJAS = Muestra de peso fresco de hojas

M PF TALLOS= Muestra de peso fresco de tallos

M PS HOJAS = Muestra de peso seco de hojas

M PS TALLOS= Muestra de peso seco de tallos

evidente, principalmente en los tratamientos con E. berteroana.

El Cuadro 7A, presenta los promedios de las variables evaluadas para las dos especies. Debido a que E. berteroana y G. sepium, tienen hábitos de crecimiento diferentes no pueden ser comparadas.

Los promedios del número de brotes no presentan diferencias significativas, no obstante el mayor correspondió al tratamiento E. berteroana con tres podas con 18.3 brotes/soporte (Figura 30).

Los promedios de la altura de copa, son menores para los tratamientos E. berteroana. El soporte vivo que presentó una tendencia a mostrar copas más bajas fue E. berteroana con tres podas. el comportamiento generalizado fue que al aumentar el número de brotes, la altura de la copa era más próxima al suelo (Figura 31). Los mayores diámetros a la altura del pecho los alcanzó E. berteroana, y dentro de esta especie, el tratamiento con una poda.

Para G. sepium, independientemente del manejo los promedios son semejantes (Figura 32). En esta especie se observó alguna mortalidad de soportes y se atribuye a que

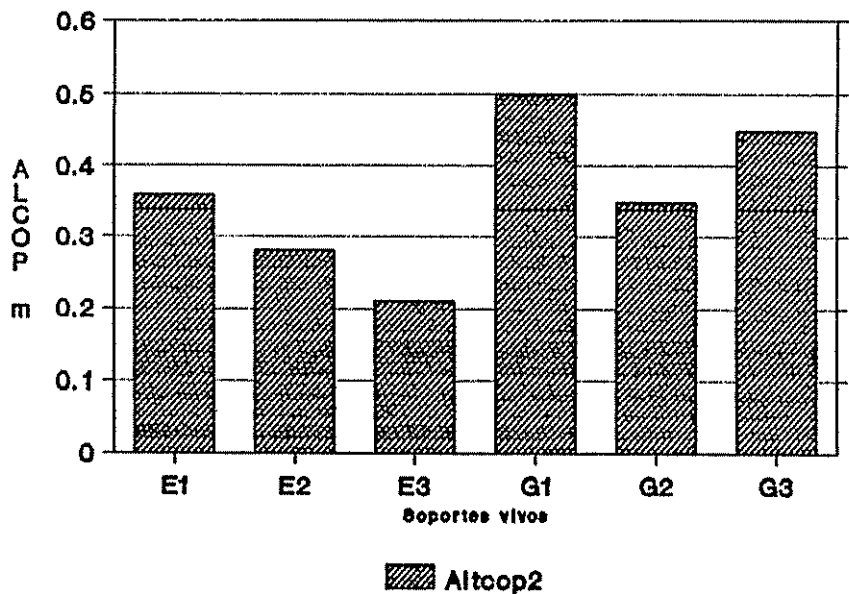


Fig. 31: Altura de la copa de los soportes vivos al final del ciclo de cultivo del fuste.

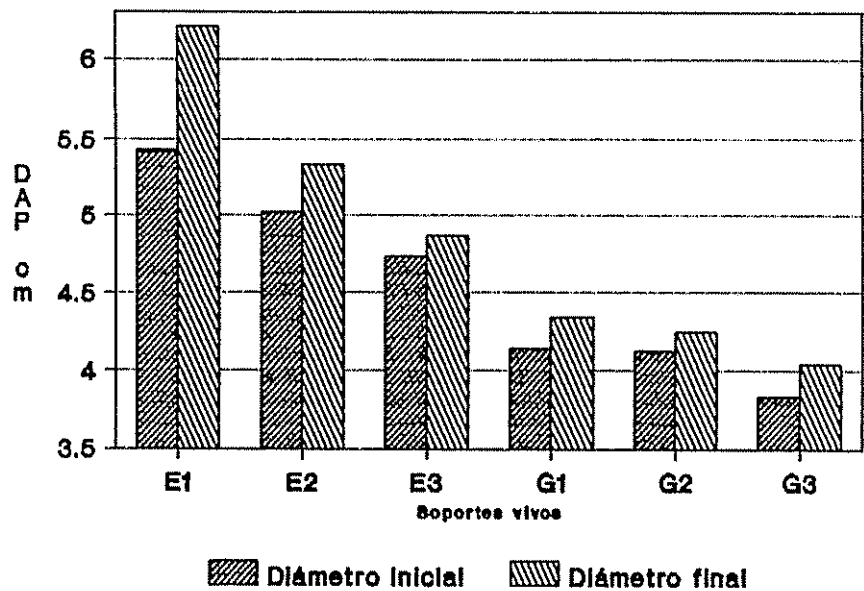


Fig. 32: Diámetro a la altura del pecho de los soportes vivos.

eran muy jóvenes. Además las reservas existentes en el tallo eran utilizadas para formar nuevos rebrotes y al realizar podas continuas, es posible que se agotaran, causando la muerte del soporte. Duguma, Kang y Okaly (1988) reportan pérdidas hasta de un 20% con podas trimestrales. También se observó el ataque de áfidos causando deterioro parcial del follaje en el tratamiento de G. sepium con una y dos podas, principalmente.

El diámetro de copa tiende a aumentar en el tiempo, mostrando mayores promedios el tratamiento E. berteriana con una poda. Se presume que la competencia por luz en estos tratamientos para el cultivo fue mayor que con G. sepium con una poda, por lo tanto el crecimiento y el rendimiento disminuyeron notablemente (Figura 33). Pérez (1990), trabajando con el clon "2674", determinó promedios de 17.11 y 19 brotes y diámetros de copa 3.60 y 3.31 m por árbol, a la primera y segunda poda respectivamente.

#### 4.5.2. Producción de biomasa de los árboles.

La producción de la biomasa, también fue analizada considerando conjuntamente todas las podas. El peso total de la biomasa de hojas muestra diferencias al 1% (Cuadro 16).



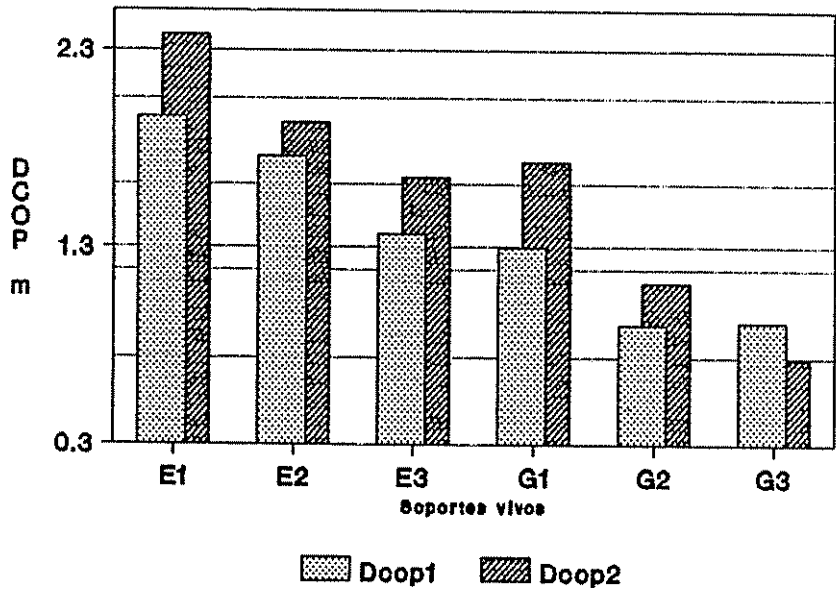


Fig. 33: Diámetro de la copa de los soportes vivos.

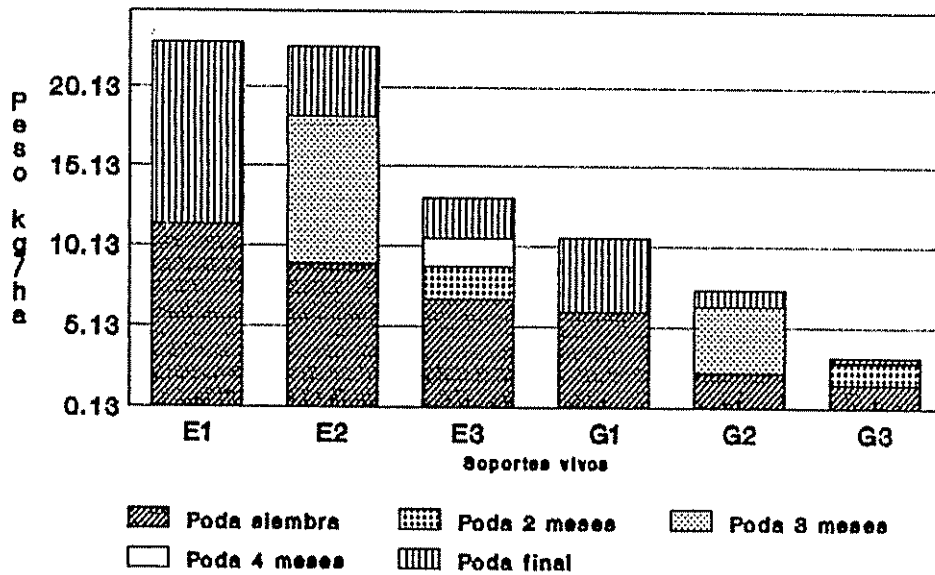


Fig. 34: Rendimiento total de biomasa de los soportes vivos, durante el ciclo de cultivo del flame.

La acumulación de materia seca ocurrió principalmente en los tratamientos en que se efectuaron menos podas. E. berteriana con una poda produjo un promedio de 11.6 ton/ha de materia seca y G. sepium con una poda 4.9 ton/ha (Cuadro 5A, Figura 34). Sin embargo el efecto de las podas redujo a 0.7 ton/ha de materia seca el rendimiento de G. sepium con tres podas. Pérez (1990), reporta que en la primera poda el clon "2674" produjo los mayores rendimientos de biomasa comestible (2.61 kg MS por árbol). En la segunda cosecha este mismo clon tuvo la segunda mayor producción de biomasa comestible con 1.93 kg MS por árbol.

#### 4.6 Evaluación económica

Los Cuadros 17 y 18 presentan el presupuesto parcial y la relación beneficio-costos para el primer y segundo ciclo de producción, respectivamente. El primer año, el tratamiento que generó los mayores beneficios netos fue el soporte Individual. Le siguen, en su orden con un 30 y 40% de decremento, el soporte vivo de G. sepium con dos podas y el soporte Barbacoa.

Al considerar los beneficios netos por unidad de inversión, reflejado por la relación beneficio-costos, resultó que el soporte Individual mantuvo su superioridad

Cuadro 17. Presupuesto parcial<sup>1/</sup> de diferentes tipos de soportes para el cultivo de ñame en el primer ciclo de producción (colones/ha).

1990					
Trat	Establec de soportes	Podas	costo <sup>2/</sup> variable total	Beneficio neto <sup>3/</sup>	B/C
E <sup>1</sup>	84070	10000	94070	137160	1.50
E <sup>2</sup>	84070	10000	104070	436230	4.20
E <sup>3</sup>	84070	10000	114070	87650	0.80
G <sup>1</sup>	106291	10000	116291	1170529	10.00
G <sup>2</sup>	106291	10000	126291	1438269	11.40
G <sup>3</sup>	106291	10000	136291	811649	6.00
S <sup>a</sup>	-	-	-	1166640	-
S <sup>b</sup>	128512	-	128512	2061068	16.00
S <sup>c</sup>	137850	-	138850	1225010	8.80

<sup>1/</sup> Incluye únicamente los costos imputables a cada tratamiento.

<sup>2/</sup> Se utilizó precios de 1991 en ambos periodos.

<sup>3/</sup> Considera sólo el producto exportable cuyo precio es de 60 colones/lones/kilo.

<sup>4/</sup> El costo de los postes y el alambre galvanizado así como su establecimiento sólo se consideró en el primer ciclo

Cuadro 18. Presupuesto parcial<sup>1/</sup> de diferentes tipos de soportes para el cultivo de ñame para el segundo ciclo de producción (colones/ha).

1991					
Trat	Establec de soportes	Podas	costo <sup>2/</sup> variable total	Beneficio neto <sup>3/</sup>	B/C
E <sup>1</sup>	-	10000	10000	38600	3.80
E <sup>2</sup>	-	10000	20000	30700	1.50
E <sup>3</sup>	-	10000	30000	74160	2.47
G <sup>1</sup>	-	10000	10000	271940	27.00
G <sup>2</sup>	-	10000	20000	141820	7.09
G <sup>3</sup>	-	10000	30000	151260	5.04
S <sup>a</sup>	-	-	-	222900	-
S <sup>b</sup>	128512	-	128512	402728	3.13
S <sup>c</sup>	20000	-	20000	447340	22.30

con una relación beneficio-costo de 16 colones por unidad invertida. El segundo y tercer lugar correspondieron a los tratamientos de G. sepium con dos y una poda, con 11.4 y 10 colones respectivamente. El soporte Barbacoa, a pesar de tener mejores rendimientos que el soporte G. sepium con una poda, necesitó un mayor nivel de inversión para su establecimiento, lo cual disminuyó su rentabilidad.

En el segundo, año los mayores beneficios netos correspondieron al soporte Barbacoa seguido por el soporte Individual y el soporte de G. sepium con una poda, con una diferencia de 10 y 39% respectivamente (Cuadro 18). Sin embargo, en términos de relación beneficio-costo el soporte G. sepium con una poda generó 27 colones por unidad invertida y el soporte Barbacoa 22.3 colones. Los otros tratamientos, aunque con índices mayores que uno, mantuvieron diferencias muy evidentes. La superioridad del soporte Barbacoa en este ciclo de cultivo se debió a que el costo de establecimiento disminuyó dado que para los postes y el alambre galvanizado se asumió una vida útil de dos años.

En este sentido los soportes de G. sepium con una y dos podas constituyen a largo plazo una alternativa rentable.

Sin embargo, es necesario evaluarlos por un periodo mayor para conocer el comportamiento de la producción de ñame y la sobrevivencia de los soportes. Hay que considerar además la disponibilidad de material y el costo de oportunidad de mano de obra, lo cual podría generar ventajas o desventajas en este tipo de soportes.

## 5. CONCLUSIONES

Con base a los resultados en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

1. Los soportes vivos de Gliricidia sepium superaron a los de Erythrina berteroana en el crecimiento y rendimiento del ñame.
2. Gliricidia sepium con tres podas, fue la mejor alternativa de soporte vivo, obteniendo los mejores crecimientos y rendimientos.
3. Dentro de Erythrina berteroana, se afectó más el crecimiento y rendimiento del cultivo, cuando se podó una vez.
4. Los mejores rendimiento de ñame exportable se obtuvieron cuando creció con soportes muertos. La alternativa de soportes con Gliricidia sepium obtuvo rendimientos similares al testigo Sin soporte.
5. La época de mayor desarrollo del peso y el área foliar y del peso seco de tallos del ñame, fue a los 161 días. El soporte Individual obtuvo los valores más altos.

6. El índice de crecimiento relativo (ICR) y la tasa de producción de materia seca (TPMS), alcanzaron su valor máximo en el período de 131-161 días después de la siembra. El soporte Individual obtuvo el mejor crecimiento.
7. El valor más alto para el índice de asimilación neta (IAN), se encontró a los 195 días después de la siembra, con soporte Barbacoa.
8. Cuando el ñame creció sin soporte aumentó el número y peso de tubérculos de desecho.
9. Con soporte Individual se obtuvo mayor número y peso de tubérculos exportables y rendimiento total del cultivo.
10. El soporte individual y de G. sepium con una poda fueron los tratamientos más rentables en el primero y segundo ciclo de cultivo, respectivamente.
11. Los soportes vivos de G. sepium con una poda y dos podas ofrecen gran potencial, principalmente en zonas donde este material está disponible y la mano de obra no sea factor limitante.

## 6. RECOMENDACIONES

De acuerdo a la conclusiones del presente trabajo se recomienda:

1. Modificar los tratamientos de poda en los soportes vivos. La primera poda debe ser total y realizarla cuando el cultivo haya brotado. Las podas durante el crecimiento del cultivo deben ser parciales para evitar daños al mismo.
2. Sustituir Erytrina berteroana clon "2674", por otro de menor crecimiento o aumentar el número de podas. En el futuro se deben seleccionar clones que produzcan menor número de brotes y copa menos densa. De esta forma se continúa trabajando con la misma especie leguminosa, que es abundante y muy utilizada por los agricultores.
3. Evaluar la producción de biomasa de los árboles a través de un método no destructivo (modelo de tubos).
4. Medir la intensidad de luz dentro de los callejones, para relacionar el crecimiento del cultivo con la frecuencia y época de efectuar las podas.



5. Realizar análisis de químicos de suelo para evaluar los cambios que estén ocurriendo, por efecto del sistema de cultivo en callejones.
6. Cuantificar la incidencia de malezas, para determinar si existe algún control por efecto de los tratamientos con soportes vivos.
7. Continuar evaluando las mismas variables, para poder comparar varios años y obtener resultados concluyentes al respecto.

## 6. LITERATURA CONSULTADA

- AGBEDE, O. O. 1985. Improving agroforestry in Nigeria: Effect of plant density and interaction on crop production. *Forest Ecology and Management (Holanda)* 11:231-239.
- AGUIRRE, V. 1971. Estudio de los suelos del Area del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA-Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., IICA. 138 p.
- AKORODA, M.O. 1986. Harvest index of food yams and its implications for the improvement of tuber yield. *In* Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops-African Branch. (3, 1986, Nigeria) Proceedings. Canada, IDRC p. 61.
- ARZE B., J.A. 1977. Factores que afectan a la producción agrícola. Trabajo presentado al curso sobre cultivos andinos IICA-IBTA La Paz, 21-25 Febrero 1977. 26 p. (mimiografiado).
- BELIARD, C.A. 1984. Producción de biomasa de Gliricidia sepium en cercas vivas bajo tres frecuencias de poda. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 97 p.
- BINDU, R.; ASHOKAN, P.K.; ACHUTHAN, M. 1988. Alley cropping of coconut-multipurpose tree plantation with tuber crops. *In* Symposium of the Internacional Society for Tropical Root Crops (8, 1988, Thailand) Proceedings. Bangkok, ISTRC. p. 155-157.
- BROWN, R.H. 1988. Growth of the green plant. *In* Physiological basis of crop growth and development. Ed. by M.B. Tesar. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. p. 153-174.
- 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. Whithington; N. Glover; J Brewbaker. NFTA. Special Publication 87-01. p. 82-89.

- BUDELMAN, A.; PINNERS, E. C.M. 1987. The value of Cassia siamea and Gliricidia sepium as "in situ" support system in yam cultivation: experiencies from a farm-based trial. In Gliricidia sepium (Jacq) Walp. Management and improvement. Proceedings Ed. by D. Withington; N. Glover; J. Brewbaker. NFTA Special Publication. 87-01.p. 90-94.
- BUDELMAN, A. 1989. Effect of the application of the leaf mulch of Gliricidia sepium on early development, leaf nutrient contents and tuber of water yam (Dioscorea alata). Agroforestry System (Holanda) 8:243-256.
- . 1990. Woody legumes as live support systems in yam cultivation. 1. The tree-crop interface. Agroforestry System (Holanda) 10:47-59.
- CACERES, E. 1980. Producción de hortalizas. San José, Costa Rica, IICA. 332 p. (Textos y Materiales de Enseñanza no. 42).
- CAMPBELL, J.S.; CHUKWUEKE, V.O.; TERIBA, F.A.; HO-A-SHU, H.V.S. 1962. Some physiological investigations into the White Lisbon yam (Dioscorea alata L.). 2. Growth period and out-of season production. Empire Journal of Experimental Agriculture (G.B.) 30(119):232-238.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central; resultados de cinco años de investigación. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 86. p. 145-158.
- CHANDRA, S. 1988. Tropical root crops and social change in the less developed countries. In Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (8, 1988, Thailand) Proceedings. Bangkok, ISTRC. p. 122.
- CHAPMAN, T. 1965. Some investigation into factors limiting yields of the white lisbon yam (Dioscorea alata L.) under Trinidad conditions. Tropical Agriculture (Trin.) 42:145-151.
- DUGUMA, B.; KANG, B.; OKALI, D. 1988. Effect of pruning of the three woody leguminous species grown in alley cropping with maize and cowpea on an alfisol. Agroforestry Systems (Holanda) 6: 19-35.

- ENYI, A.C. 1972. Effect of staking, nitrogen and potassium on growth and development in lesser yam (Dioscorea esculenta). Annual Application Biology (G.B) 72: 211-219.
- ENYINNAYA, A.M. 1982. Staking studies in minisetts for production of seed yams. National Root Crops Research Institute Technical Report no. 1.
- FAO. 1989. Anuario de la producción. Vol. 43. Roma. p. 134-144.
- FERGUSON, T.V. 1977. Tuber development in yams; physiological and agronomic implication. In International Symposium of Tropical Root Crops (3, 1973, Nigeria). Proceedings. Ibadan, Nigeria, IITA. p. 72-77.
- GLOVER, N. 1986. Gliricidia sepium (Jacq.) Steud germplasm collection, conservation and evaluation. Tesis Mag. Sc. Hawaii, Hawaii University. 69 p.
- HERRERA, F. 1982. Evaluación de herbicidas pre-mergentes en ñame (Dioscorea alata). In Taller Regional sobre Raíces y Tubérculos Tropicales (4, 1985, Turrialba, C.R. CATIE. p. 59.
- HOLDRIDGE, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, C. R., IICA. 206 p.
- ; POVEDA, L. 1975. Arboles de Costa Rica. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical.v. 1, 546 p.
- HORTON, D.; LYNAM, J.; KNIPSCHER, H. 1983. Root crops in developing countries—An economic appraisal. In Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (6, 1983, Lima, Peru). Proceedings. Perú, CIP. 9-39 p.
- HUGHES, C. E. 1987. Internacional provenance trial of Gliricidia sepium. Trial Protocol. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. 30 p.
- INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. 1977. Yam agronomy. In Annual Report for 1976. Ibadan, Nigeria. p. 65-66 .

- INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. 1980. Crop production. In Annual Report for 1979 . Ibadan, Nigeria. 152 p.
- . 1982. Cropping system agronomy. In Annual Report for 1981. Ibadan, Nigeria. p. 178.
- . 1984. Farming system. In Annual Report for 1983. Ibadan, Nigeria. p. 218.
- . 1985. Framing system. In Annual Report for 1984. p. 207. ✓
- . 1987. Root & Tuber Improvement Program. In Annual Report for 1986. Ibadan, Nigeria. 115 p.
- JIMENEZ, J.M.; RODRIGUEZ, A.; RODRIGUEZ, W.G. 1985. El cultivo de tiquisque (Xanthosoma spp.), la malanga (Colocasia esculenta), el ñame (Dioscorea spp) y el plátano (Musa sp. AAB) en Costa Rica. In Caribbean Food Crops Society Meeting (20, St. Croix, Virgin Island). Proceedings. St. Croix. p. 162-168 .
- ; ROJAS, E. 1986. Respuesta de dos variedades de ñame alado (Dioscorea alata) al espaciamento. In CATIE. Proyecto Sistemas de Producción basados en Raíces Tropicales y Plátano. Informe final. Turrialba, C.R. p. 281-290.
- ; RODRIGUEZ, W.G.; CALVO, G. 1986. Evaluación económica del 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.
- . 1987. Interacciones entre la fertilización nitrogenada y el espaciamento 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.
- . 1988. El cultivo del ñame. In Seminario taller "Producción de aráceas y ñame. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Proyecto Sistemas de Producción basados en Raíces Tropicales y Plátano. 51 p.

- JIMENEZ, J.M.; KASS, D.; VIQUEZ, E.; CHAVARRIA, R. 1990. Use of fast-growing nitrogen-fixing trees as living support for tropical yams (Dioscorea alata L.). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 11 p.
- JON LLAP, R. 1989. Ensayo de procedencias y familias de Gliridia sepium (Jacq.) Steud. de México, América Central y Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 128 p.
- KASS, D. 1985. Alley cropping of annual food crops with woody legumes in Costa Rica. In Advances in agroforestry research. Turrialba, Costa Rica, CATIE p. 197-208.
- , ARAYA, J.F. 1987. Alley cropping with woody legumes in Costa Rica Gliricidia sepium (Jacq) Walp. on farmers fields in Costa Rica. In Gliricidia sepium (Jacq) Walp. Management and improvement. Proceedings Ed. by D. Withington; N. Glover; J. Brewbaker. NFTA Special Publication. 87-01.p. 50-58.
- KASS, D.; JIMENEZ, J. 1989. Cultivo en callejones con raíces y tubérculos. In Coloque sur les Haies Vives (1989, Cap Haitien, Haiti). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 10 p.
- KAY, D.E. 1973. Root crops. London, Tropical Products Institute. 245 p.
- MARTIN, F.W. 1976. Tropical yams and their potential; part 3. Dioscorea alata. U.S. Department of Agriculture. Handbook no. 495. 40 p.
- MARTIN, F.W. 1985. Ecofisiología del ñame . Información básica para diseñar sistemas de producción. In Taller Regional sobre Raíces y Tubérculos Tropicales (4, 1985, Turrialba, C.R. CATIE. p. 59
- MARTINEZ, H.A. 1984. Algunos casos de agroforestería experimentados en Guatemala. In curso sobre Sistemas agroforestales (1984, Amatitlán, Guatemala). Guatemala INAFOR-CATIE. p. 39-45.
- MENESES, R. ; HERRERA, F. 1983. Evaluación de genotipos promisorios de ñame (Dioscorea alata) en la zona Atlántica de Costa Rica. In Reunión Anual del PCCMCA, (28, 1983, San José, Costa Rica). Memoria. San José, Costa Rica. 5 p.

- MENESES, R. ; HERRERA, F.; PALENCIA, A. 1983. Efecto de la fertilización y el tipo de soporte sobre el rendimiento del ñame (Dioscorea alata). In Reunión Anual del PCCMCA, (28, 1983, San José, Costa Rica). Memoria. San José, Costa Rica. 5 p.
- MIGNUCCI, J.S.; KOK, C.; SANTIAGO, M.; GREEN, P.R.; VELEZ, H.A.; TORRES-LOPEZ, R. 1983. Yam (Dioscorea spp.) Management for control of tuber decay. In Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (6, 1983, Lima, Perú). Proceedings. Paris, INRA. p. 607-613.
- MONTALDO, A. 1972. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Lima, Perú, IICA. 284 p.
- MORA, E. 1983. Introducción al estudio de la variabilidad fenotípica de "madero negro" Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. CATIE, Turrialba, Costa Rica. CATIE. 50 p.
- . 1984. Erythrina berteriana Urban. CATIE. Turrialba, C.R., CATIE. 6 p.
- MORALES, J.L.; RODRIGUEZ, M. 1983. Arreglo cronológico del ñame (Dioscorea alata) con y sin soporte en monocultivo y asociado con yuca (Manihot esculenta). In Talleres sobre Sistemas de producción basados en Raíces Tropicales. Serie Técnica. Informe Técnico No. 75. 15 p.
- OKEZIE, C.E. 1986. Involvement of day length in the tuberización of Dioscorea rotundata minisetts under Nsukka conditions. In Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops-African Branch (3, 1986, Owerri, Nigeria). Proceeding. Canada. p. 53-56.
- ONWUEME, I.C. 1978. The tropical tuber crops. yams, cassava, sweet potato and cocoyams. Chichester, England, J. Wiley. p. 3-106.
- . 1988. The performance of maize/yam intercrop grown with reduced labour input using herbicidal weed control and no stakes. In Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (7, 1985, Gosier Guadeloupe). Proceedings. Paris, INRA. p. 195-199.
- ORGANIZACION PARA ESTUDIOS TROPICALES; CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Sistemas agroforestales: Principios y aplicación en los Trópicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 818 p.

- PEREZ, E. 1990. Evaluación del ensayo clonal de Erythrina spp en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. 111 p.
- PURSEGLOVE, J.W. 1971. Tropical crops: Monocotyledons. London, Logman. 607 p.
- RAMANUJAN, E.; JDS, J.S. 1984. Influence of light intensity on chlorophyll distribution and anatomical characters of cassava leaves. Turrialba, Costa Rica. 34(4):467-471.
- SALAZAR, R. 1986. Genetic variation in seeds and seedling of ten provenances of Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. Forest Ecology and Management (Holanda). 16(1-4). 391-401.
- SEIBERT, B. 1987. Pepper on living poles of Gliricidia sepium and Erythrina lithospermum in east Kalimantan. In Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. Management and improvement: Proceedings. Ed. by D. Whithington; N. Glover; J Brewbaker. NFTA. Special Publication 87-01. p. 111-118.
- SOBULO, R.A. 1972. Studies on white yam (Dioscorea rotundata) 1. Growth analysis. Experimental Agriculture (G.B.) 8(2): 96-106.
- SPENCER, K. D. 1984. Aspectos fenológicos del ñame (Dioscorea trifida) y sus enemigos potenciales en la región Atlántica de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Heredia, C. R.. Universidad Nacional- Escuela Ciencias Agrarias. 62 p.
- YAMDAH, A.; AGBOOLA, A.; WILSON, G. 1986. Nutrient contribution and maize performance in alley cropping systems. Agroforestry Systems (Holanda) 4:247-254.
- WIERSUM, F.; DIRDJOSOEMARTO, S. 1987. Past and current research with Gliricidia in Asia. In Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. Management and improvement: Proceedings. Ed. by D. Whithington; N. Glover; J Brewbaker. NFTA. Special Publication 87-01. p. 20-28.



ANEXOS

Cuadro 1A. Resumen de datos meteorológicos mensuales para el año 1991. Estación meteorológica de La Montaña.

Meses	Temperatura media (° C)	Precipitación total mensual (mm)	Brillo solar total mensual (h)	Radiación solar total mensual (MJ/m <sup>2</sup> )	Humedad relativa promedio mensual (%)
Enero	20.73	17.9	140.8	481.9	87.88
Febrero	20.49	152.1	134.4	457.3	88.02
Marzo	22.30	31.0	226.1	685.9	85.20
Abril	22.39	185.0	147.7	542.9	88.13
Mayo	22.60	224.9	97.3	447.1	92.99
Junio	22.97	352.0	118.3	496.4	91.5
Julio	22.21	299.7	82.6	440.9	92.16
Agosto	21.90	396.5	87.0	428.2	92.34
Setiembre	22.66	152.1	123.8	514.9	90.66
Octubre	22.16	254.0	160.2	539.5	89.84

Cuadro 2A. Análisis químico del suelo del ensayo de ñame con soportes vivos en La Montaña.

Bl	pH	MO %	N %	P Mg/l	K	Ca	Mg	Ac ext	Sat ac
						-----cmol/l-----			%
I	5.1	7.31	0.34	19.26	0.49	3.04	1.49	0.97	16.24
II	5.1	6.86	0.34	13.73	0.50	3.36	1.55	0.83	12.91
III	5.2	7.10	0.33	14.64	0.47	3.81	1.67	0.88	12.91
IV	5.3	6.14	0.30	14.54	0.58	3.99	1.65	0.71	10.66

Cuadro 3A. Costos detallados (colones/ha) del establecimiento de soportes.

Soporte	Insumo	Cantidad	Precio (col.)	No jornales	Costo mano obra	Costo soporte
Individual	caña brava	14814 u	8.00	20	10000	128512
	Barbacoa <sup>1/</sup>	postes 740 u	100.00			
	alambres	370 kg	105.00	12	6000	
	cuerda	30 kg	500.00	10	5000	138850
Erythrina	estaca	7407 u	10.00	20	10000	84070
Gliricidia	estaca	7407 u	13.00	20	10000	106291

<sup>1/</sup> Se considera una vida útil de 2 años para los postes y el alambre por lo que el año 2 no se considera este costo, ni su establecimiento.

Cuadro 4A. Promedios de las variables de crecimiento del ñame durante el ciclo de cultivo.

Peso seco (g/pl)	Trat.	Edad del cultivo (días)				
		70	103	131	161	195
Area Foliar (cm <sup>2</sup> /pl)	E <sub>1</sub>	527.1 ab	4687 a	2624 b	4902 b	4064 ab
	E <sub>2</sub>	343.8 b	4271 a	3432 ab	5156 b	1554 b
	E <sub>3</sub>	554.4 ab	3759 a	4555 ab	3807 b	3020 ab
	G <sub>1</sub>	416.8 ab	3005 a	7395 ab	6074 b	5677 ab
	G <sub>2</sub>	417.2 ab	3872 a	4182 ab	6109 b	3382 ab
	G <sub>3</sub>	381.2 b	5480 a	6555 ab	8154 ab	3811 ab
	S <sub>a</sub>	964.5 ab	5594 a	6681 ab	7001 b	3979 ab
	S <sub>1</sub>	1107.2 a	4151 a	9405 a	14361 a	4191 ab
	S <sub>b</sub>	497.2 ab	4358 a	6522 ab	9953 ab	6049 a
Hojas (g/pl)	E <sub>1</sub>	1.87 ab	7.77 a	3.69 b	6.41 c	3.67 b
	E <sub>2</sub>	1.40 b	6.43 a	7.01 b	7.39 c	2.59 b
	E <sub>3</sub>	1.98 ab	6.23 a	10.06 ab	7.08 c	7.41 ab
	G <sub>1</sub>	1.37 b	4.98 a	15.11 ab	10.28 bc	12.77 ab
	G <sub>2</sub>	1.66 ab	5.59 a	8.07 b	16.11 bc	9.46 ab
	G <sub>3</sub>	1.60 ab	14.40 a	14.46 ab	17.03 bc	7.92 ab
	S <sub>a</sub>	2.97 ab	13.21 a	16.28 ab	18.01 bc	7.48 ab
	S <sub>1</sub>	3.88 a	9.93 a	25.22 a	37.15 a	14.76 ab
	S <sub>b</sub>	1.91 ab	11.05 a	17.77 ab	23.60 b	20.33 a
Tallos (g/pl)	E <sub>1</sub>	1.33 a	5.41 a	2.55 b	5.09 b	3.20 b
	E <sub>2</sub>	1.19 a	3.83 a	4.99 ab	5.04 b	2.93 b
	E <sub>3</sub>	1.35 a	3.75 a	5.30 ab	4.13 b	4.77 b
	G <sub>1</sub>	1.13 a	2.83 a	9.50 ab	7.70 b	10.34 ab
	G <sub>2</sub>	1.74 a	3.14 a	4.80 ab	10.09 b	7.34 b
	G <sub>3</sub>	1.23 a	7.63 a	9.16 ab	9.87 b	7.20 b
	S <sub>a</sub>	2.21 a	7.37 a	9.35 ab	10.55 b	5.82 b
	S <sub>1</sub>	2.50 a	5.64 a	13.40 a	23.36 a	9.24 ab
	S <sub>b</sub>	1.23 a	5.45 a	9.09 ab	13.70 b	16.80 a
Tubérculo (g/pl)	E <sub>1</sub>	0.00	0.37 a	0.88 a	10.81 c	16.53 b
	E <sub>2</sub>	0.00	0.20 a	6.23 a	19.66 bc	30.60 b
	E <sub>3</sub>	0.00	0.17 a	8.16 a	28.59 bc	60.31 b
	G <sub>1</sub>	0.00	0.10 a	12.91 a	30.28 bc	123.80 b
	G <sub>2</sub>	0.00	0.14 a	11.41 a	45.33 bc	74.66 b
	G <sub>3</sub>	0.00	0.65 a	15.81 a	69.90 b	117.08 b
	S <sub>a</sub>	0.00	0.29 a	10.54 a	69.90 b	76.66 b
	S <sub>1</sub>	0.00	0.29 a	9.50 a	137.04 a	102.01 b
	S <sub>b</sub>	0.00	0.46 a	11.31 a	69.90 b	260.88 a
Peso Seco Total (g/pl)	E <sub>1</sub>	3.20 a	14.55 a	7.12 b	22.31 d	23.40 b
	E <sub>2</sub>	2.59 a	10.46 a	18.32 ab	32.08 cd	36.11 b
	E <sub>3</sub>	3.33 a	10.14 a	23.51 ab	39.80 bcd	72.49 b
	G <sub>1</sub>	2.50 a	7.91 a	37.53 ab	48.26 bcd	146.90 b
	G <sub>2</sub>	3.40 a	8.88 a	24.28 ab	71.53 bcd	91.46 b
	G <sub>3</sub>	2.83 a	22.67 a	39.42 ab	96.79 bc	132.20 b
	S <sub>a</sub>	5.18 a	20.88 a	36.17 ab	98.46 bc	89.95 b
	S <sub>1</sub>	6.38 a	15.86 a	48.12 a	197.55 a	126.00 b
	S <sub>b</sub>	3.14 a	16.97 a	38.17 ab	107.81 b	297.96 a

Promedios con letras iguales no son estadísticamente diferentes al 5%.

Cuadro 5A. Determinación del contenido de materia seca de las variables de rendimiento de los árboles.

Trat	PFTOT (Kg/ha)	PF	PF	PS	PS	PSTOT (Kg/ha)
		HOJAS (Kg/ha)	TALLOS (Kg/ha)	HOJAS (Kg/ha)	TALLOS (Kg/ha)	
E <sub>1</sub>	41207	9477.61	31729.39	2085.07	9518.82	11603.89
E <sub>2</sub>	24570	9582.30	14987.70	2012.28	4046.68	6058.96
E <sub>3</sub>	14463	6074.46	8388.54	1214.89	1929.36	3144.25
G <sub>1</sub>	18796	7142.48	11653.52	1571.35	3379.52	4950.87
G <sub>2</sub>	8399	4367.48	4031.52	1135.54	1007.88	2143.42
G <sub>3</sub>	3461	2180.43	1280.57	436.09	294.53	730.62

Cuadro 6A. Promedios del índices de área foliar (IAF), razón de área foliar (RAF) y razón de peso foliar (RPF) del ñame durante el ciclo de cultivo.

Indices	Trat.	Edad del cultivo (días)				
		70	103	131	161	195
IAF (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> )	E <sub>1</sub>	0.118 ab	1.052 a	0.589 b	1.100 b	0.912 ab
	E <sub>2</sub>	0.077 b	0.959 a	0.770 ab	1.157 b	0.349 b
	E <sub>3</sub>	0.124 ab	0.844 a	1.022 ab	0.855 b	0.678 ab
	G <sub>1</sub>	0.094 ab	0.675 a	1.660 ab	1.363 b	1.274 ab
	G <sub>2</sub>	0.094 ab	0.869 a	0.939 ab	1.371 b	0.759 ab
	G <sub>3</sub>	0.086 b	1.230 a	1.471 ab	1.911 ab	0.856 ab
	S <sub>a</sub>	0.217 ab	1.256 a	1.500 ab	1.571 b	0.893 ab
	S <sub>1</sub>	0.249 a	0.932 a	2.111 a	3.223 a	0.941 ab
	S <sub>b</sub>	0.112 ab	0.978 a	1.464 ab	2.234 ab	1.358 ab
	RAF (cm <sup>2</sup> /g)	E <sub>1</sub>	152.2 a	779.7 a	801.6 a	381.5 a
E <sub>2</sub>		140.6 a	824.0 a	321.2 b	348.4 ab	54.1 b
E <sub>3</sub>		171.0 a	819.8 a	211.5 b	156.9 bcd	25.1 b
G <sub>1</sub>		347.2 a	481.9 a	294.6 b	296.8 abc	68.0 b
G <sub>2</sub>		97.9 a	793.8 a	361.2 b	171.5 bcd	32.4 b
G <sub>3</sub>		142.6 a	374.6 a	239.9 b	98.3 cd	29.3 b
S <sub>a</sub>		181.8 a	435.6 a	405.5 b	100.2 cd	61.7 b
S <sub>1</sub>		171.0 a	690.3 a	236.0 b	70.1 d	47.7 b
S <sub>b</sub>		158.4 a	620.8 a	304.6 b	119.8 cd	21.2 b
RPF (g/g)		E <sub>1</sub>	0.573 a	0.562 b	0.524 ab	0.297 a
	E <sub>2</sub>	0.527 a	0.616 ab	0.396 b	0.256 ab	0.055 b
	E <sub>3</sub>	0.540 a	0.588 ab	0.433 ab	0.215 ab	0.061 b
	G <sub>1</sub>	0.497 a	0.619 ab	0.477 ab	0.258 ab	0.085 b
	G <sub>2</sub>	0.449 a	0.642 a	0.454 b	0.259 ab	0.076 b
	G <sub>3</sub>	0.561 a	0.613 ab	0.424 b	0.196 b	0.046 b
	S <sub>a</sub>	0.575 a	0.624 ab	0.476 ab	0.201 b	0.080 b
	S <sub>1</sub>	0.611 a	0.628 ab	0.595 a	0.190 b	0.096 b
	S <sub>b</sub>	0.614 a	0.652 a	0.520 ab	0.211 ab	0.059 b

Promedios con letras iguales no son estadísticamente diferentes.

Cuadro 7A. Promedios de las variables de crecimiento de los árboles.

Epoca	Trat	NBROT	DAP (cm)	ALTCOP (m)	DIAMCOP. (m)
1	E <sub>1</sub>	6.1 a	5.43 a	1.62 a	1.89 a
	E <sub>2</sub>	5.8 ab	5.02 b	1.58 ab	1.66 b
	E <sub>3</sub>	4.5 c	4.73 b	1.62 a	1.21 c
	G <sub>1</sub>	5.0 bc	4.14 c	1.57 ab	1.13 c
	G <sub>2</sub>	4.6 c	4.12 c	1.54 b	0.68 d
	G <sub>3</sub>	6.1 a	3.84 c	1.59 ab	0.69 d
2	E <sub>3</sub>	17.5 a	4.79 a	0.23 a	1.14 a
	G <sub>3</sub>	17.0 a	3.92 b	0.24 a	0.77 b
3	E <sub>2</sub>	15.2 a	5.14 a	0.28 a	1.94 a
	G <sub>2</sub>	14.7 a	4.22 b	0.32 a	1.48 b
4	E <sub>3</sub>	16.6 a	4.84 a	0.22 a	1.26 a
	G <sub>3</sub>	15.0 a	3.95 b	0.26 a	0.37 b
5	E <sub>1</sub>	12.6 bc	6.21 a	0.36 ab	2.36 a
	E <sub>2</sub>	14.1 b	5.33 b	0.28 b	1.85 b
	E <sub>3</sub>	18.3 a	4.86 c	0.21 b	1.54 c
	G <sub>1</sub>	11.7 c	4.34 d	0.50 a	1.63 c
	G <sub>2</sub>	12.8 bc	4.24 d	0.35 ab	0.92 d
	G <sub>3</sub>	12.4 bc	4.04 d	0.45 a	0.49 e

Promedios con letras iguales no son estadísticamente diferentes al 5%.

Cuadro 8A. Promedios de las variables e índices de crecimiento del fuste en el análisis combinado.

Tratamientos	Area Foliar (cm <sup>2</sup> )	P.S. hojas (g)	P.S. tallos (g)	P.S. tubérculo. (g)	P.S. total (g)	IAF (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> /g)	RPF (g/g)
E <sub>1</sub>	3361.9 c	4.7 e	3.5 d	7.2 d	13.9 e	0.755 c	481.86 a	0.4262 a
E <sub>2</sub>	2951.4 c	5.0 e	3.6 d	14.2 d	19.9 d	0.663 c	337.65 ab	0.3701 b
E <sub>3</sub>	3138.9 c	6.6 de	3.9 d	24.3 d	29.9 cd	0.705 c	276.87 b	0.3672 b
G <sub>1</sub>	4513.6 bc	8.9 cde	6.3 bcd	41.8 bcd	48.6 bc	1.013 bc	297.69 b	0.3871 ab
G <sub>2</sub>	3592.6 bc	8.2 cde	5.4 cd	32.9 bcd	39.9 cd	0.806 bc	291.36 b	0.3761 ab
G <sub>3</sub>	4948.3 abc	11.1 bcd	7.2 bc	50.9 bc	58.8 bc	1.111 abc	176.95 b	0.3691 b
S <sub>a</sub>	4843.8 abc	11.6 bc	7.1 bc	39.4 bcd	50.1 bc	1.087 abc	236.96 b	0.3913 ab
S <sub>1</sub>	6642.9 a	18.2 a	10.8 a	62.2 ab	78.8 ab	1.491 a	243.05 b	0.4238 a
S <sub>b</sub>	5475.7 ab	14.9 ab	9.3 ab	85.8 a	92.8 a	1.229 ab	244.97 b	0.4113 ab

Promedios con letras iguales no son estadísticamente diferentes al 5%.

Cuadro 9A. Análisis combinado de las 5 épocas de crecimiento del ñame para variables de crecimiento área foliar, peso seco de hojas, peso seco de tallos, peso seco de tubérculos y peso seco total.

Edad del cultivo (días)	Area Foliar (cm <sup>2</sup> )	P.S. hojas (g)	P.S. tallos (g)	P.S. tubérculo. (g)	P.S. total (g)	IAF (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> /g)	RPF (g/g)
70	578.80 d	2.07 c	1.55 d	0	3.62 d	0.130 d	173.64 c	0.5496 b
103	4352.90 c	8.84 b	5.01 c	0.30 c	14.15 cd	0.977 c	646.72 a	0.6160 a
131	5705.60 b	13.07 a	7.57 b	9.65 c	30.29 c	1.281 b	352.90 b	0.4778 c
161	7319.60 a	15.90 a	9.95 a	53.56 b	79.40 b	1.643 a	193.72 c	0.2315 d
195	3970.30 c	9.60 b	7.52 b	95.84 a	112.95 a	0.891 c	70.44 c	0.0813 e

Promedios con letras iguales no son estadísticamente diferentes al 5%.

Cuadro 10A. Promedios de las variables de rendimiento número y peso de tubérculos exportables, semilla y desecho.

Trat	No. Expor.	Peso Expor. (kg/ha)	No. Semil.	Peso Semil. (kg/ha)	No. Dese.	Peso Dese. (kg/ha)
E <sup>1</sup>	579 e	810 c	3009 d	613 d	2191 ab	1134 b
E <sup>2</sup>	1620 de	845 c	4617 cd	984 cd	18403 b	1169 b
E <sup>3</sup>	2662 cde	1736 bc	6134 bcd	1574 bcd	18866 b	1296 ab
G <sup>1</sup>	5324 bc	4699 b	5440 bcd	1725 bcd	23495 ab	1424 ab
G <sup>2</sup>	3704 cd	2697 bc	6134 bcd	1424 bcd	18287 b	1238 cb
G <sup>3</sup>	4282 cd	3021 bc	7407 abc	1979 abc	17245 b	1076 b
S <sup>a</sup>	5440 bc	3715 bc	9838 a	2604 ab	28009 a	1944 a
S <sup>1</sup>	9259 a	8854 a	9954 a	2951 a	19329 b	1528 ab
S <sup>b</sup>	7639 ab	7789 a	8333 ab	2998 a	17361 b	1482 ab

Promedios con letras iguales no son estadísticamente diferentes al 5%.

Cuadro 11A. Promedios de las variables de rendimiento del ñame.

Trat	Biomasa Aérea (kg/ha)	Biomasa Total (kg/ha)	Rendimiento Total (kg/ha)	Indice de Cosecha
E <sup>1</sup>	165.5 cd	822.3 d	2558 c	0.80 b
E <sup>2</sup>	116.3 d	900.3 d	2998 c	0.88 a
E <sup>3</sup>	189.9 cd	1429.8 cd	4606 bc	0.87 a
G <sup>1</sup>	267.0 bc	2436.4 bc	7847 b	0.89 a
G <sup>2</sup>	176.0 cd	1579.3 cd	5359 bc	0.90 a
G <sup>3</sup>	217.3 bcd	1700.0 cd	6076 bc	0.87 a
S <sup>a</sup>	263.8 bcd	2524.0 bc	8264 b	0.89 a
S <sup>1</sup>	554.5 a	4245.2 a	13333 a	0.86 a
S <sup>b</sup>	343.5 b	3442.8 ab	12269 a	0.90 a

Promedios con letras iguales no son estadísticamente diferentes al 5%.