

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

C A T I E

PROGRAMA DE ENSEÑANZA

AREA DE POSGRADO

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA JICAMA
(*Pachyrhizus erosus* L. Urban), BAJO CONDICIONES DE MONOCULTIVO Y EN
ASOCIACION CON YUCA (*Manihot esculenta* Crantz)

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

Magister Scientiae

Por

NANCY DE FATIMA CADIMA MEDRANO

Turrialba, Costa Rica.

1995

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

MAGISTER SCIENTIAE

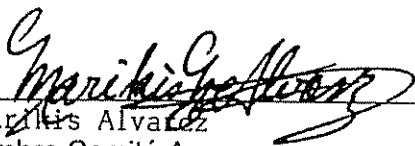
FIRMANTES:



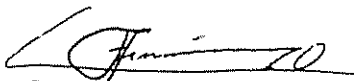
Jorge Morera
Profesor Consejero



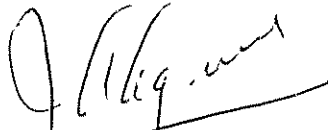
Muhammad Ibrahim
Miembro Comité Asesor



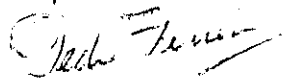
Maritza Alvarez
Miembro Comité Asesor



Francisco Jiménez
Miembro Comité Asesor



Juan A. Aguirre
Jefe, Area de Postgrado



Pedro Ferreira
Director, Programa de Enseñanza



Nancy de Fátima Cadima Medrano
Candidato

DEDICATORIA

A DIOS: por permitirme experimentar una nueva fase en vida.

A mi amada Patria BOLIVIA.

A mis padres: Antonio Cadima P. y Rosa Medrano R. por el apoyo sincero en todas las etapas de mi formación profesional, quienes fueron el soporte vital para este logro.

A mis hermanos: Jorge Celier, Jhonn Julio, Juan Pastor, Rubén Julio, David Grover por el gran estímulo que me brindaron.

A mis sobrinos (as), cuñadas y demás familiares.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a las siguientes personas e instituciones:

Dr. Jorge Morera
Dr. Mohammad Ibrahim
Dr. Marikis Alvarez
MSc. Francisco Jiménez
Ing. Antonio Mora
Lic. Jhonny Pérez
MSc. José Arze y Flia.
MSc. Mario Escalier
Sr. Henk Lette
Sr. Carlos Castillo
Sra. Liliam Tortos
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
Plan de Acción Forestal de Bolivia.
Unidad de Recursos Fitogenéticos. CATIE.

Muchas gracias por su apoyo....

BIOGRAFIA

La autora nació en Cochabamba, Bolivia; realizó sus estudios de secundaria en el Liceo de Señoritas Bolivia de su ciudad natal. En 1988 se recibió como Ingeniero Agrónomo, título que le otorgó la Universidad Mayor de San Simón, sede Cochabamba.

Entre 1989 y 1993 se desempeñó como asistente Técnico de la Consultora Ronco Consultion Corporation USAID/ Bolivia y la Asociación Boliviana de Floricultores (ASOBOFLOR), del Departamento de Cochabamba.

En enero de 1994, ingreso al Programa de Maestría del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica y egresa en diciembre de 1995 como Magister Scientiae en el área de Agroforestería.

TABLA DE CONTENIDO

	PAGINA
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
BIOGRAFIA.....	v
INDICE.....	vi
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	x
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Importancia económica del cultivo de la jícama.....	3
2.1.1. Cultivos asociados con jícama.....	5
2.2. Importancia económica del cultivo de la yuca.....	5
2.2.2. Cultivos asociados con yuca.....	7
2.3. Importancia económica de los cultivos asociados.....	8
2.4. Factores que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas.....	10
2.4.1. Efecto de la luz y la temperatura en los cultivos asociados.....	12
2.4.2. Efecto de la humedad del aire y del suelo en el crecimiento y desarrollo de los cultivos.....	16
2.5. Efecto de los nutrimentos en los cultivos asociados.....	17
2.5.1. Índice equivalente de la tierra (IET)	18
2.5.2. Tasa de competencia (TCC) de los cultivos asociados.....	19
III. MATERIALES Y METODOS.....	20
3.1. Ubicación y clima.....	20
3.2. Material experimental.....	20
3.3. Equipo.....	20
3.4. Muestreo de suelos.....	21
3.5. Siembra.....	21
3.6. Manejo agronómico.	23
3.7. Diseño experimental.....	23
3.7.1. Desarrollo y crecimiento de la jícama.....	23
3.7.2. Rendimiento de raíces de jícama.....	25
3.8. Radiación solar.....	27
3.9. Variables analizadas.....	27
3.10. Extracción de nutrientes en el sistema asociado.....	28
3.11. Índice Equivalente de la Tierra (IET).....	28
3.12. Tasa de Competencia del Cultivo (TCC).....	28

3.13. Análisis estadístico.....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	30
4.1. Condiciones climáticas generales.....	30
4.2. Condiciones de fertilidad y textura del suelo.....	30
4.3. Incidencia de plagas y enfermedades.....	33
4.4. Incidencia de la radiación solar.....	33
4.5. Comportamiento agronómico.....	36
4.5.1. Desarrollo y crecimiento de la jícama.....	36
4.5.2. Número de botones florales por inflorescencia.....	51
4.5.3. Peso fresco y seco del follaje de jícama.....	53
4.5.4. Número de raíces de jícama.....	55
4.5.5. Peso fresco de raíces de jícama.....	57
4.5.6. Peso seco de raíces jícama.....	60
4.5.7. Longitud y diámetro de raíces de jícama.....	62
4.5.8. Raíces de jícama con defectos.....	64
5. Comportamiento de la yuca en asocio con jícama.....	66
6. Índice equivalente de la tierra y tasa de competencia.....	69
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
VII. LITERATURA CITADA.....	74
VII. ANEXOS.....	81

CADIMA M. N.F. 1995. Evaluación del comportamiento agronómico de la jícama (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) bajo condiciones de monocultivo y en asociación con yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 105 p.

PALABRAS CLAVES: Jícama, *Pachyrhizus erosus*, yuca, *Manihot esculenta*, sistemas de cultivo, raíces y tubérculos.

RESUMEN

La presente investigación fue realizada con el objeto de evaluar bajo el criterio de sostenibilidad; el crecimiento y rendimiento de la jícama y la yuca en el sistema de asociación y monocultivo.

El experimento se estableció en CATIE, Turrialba, Costa Rica a una altura de 602 msnm. El diseño experimental fue un arreglo de parcelas divididas distribuidas en bloques al azar con cuatro repeticiones. Para evaluar el desarrollo y crecimiento de la jícama (muestreo de plantas cada 15 días), se evaluaron los siguientes factores: cinco fechas de muestreo, épocas de siembra (dos ciclos de cultivo), dos sistemas (asocio y monocultivo), accesiones de jícama (EC509 y EC041) y surcos (central y laterales), para un total de 40 tratamientos. Los tratamientos para la evaluación del rendimiento al momento de la cosecha estuvo constituido por épocas de siembra (dos ciclos de cultivo), dos sistemas (asocio y monocultivo) y dos accesiones de jícama (EC509 y EC041) para un total de 8 tratamientos. La yuca se sembró a 2 m entre hileras y a 1 m entre plantas (5000 plantas/ha). En los espacios entre hileras de yuca se establecieron 3 hileras de jícama distanciadas entre sí por 0,40 m y entre plantas de 0,20 m (75000 plantas/ha). Se evaluó el peso fresco y seco de las plantas cada 15 días en la etapa de crecimiento y el peso del follaje y raíces tuberosas (fresco y seco) durante la cosecha final en cada ciclo. Las raíces tuberosas de jícama se clasificaron en tres categorías: grandes (mayor de 500 g), medianas (300 g) y pequeñas (200 g). Se evaluó en la yuca el rendimiento de raíces comerciales y no comerciales.

El aumento en peso fresco y seco de raíces de jícama fue mayor en monocultivo que en asocio con yuca a partir de los 90 días alcanzando una diferencia máxima entre sistemas a los 135 días. El peso seco de raíces presentó interacción para accesiones por fecha de muestreo; la regresión fue lineal para cada accesión y el resultado fue similar en los dos ciclos. A los 75 días la accesión de jícama EC509 superó ligeramente en peso seco a la accesión EC041 pero posterior a los 105 días, la

accesión EC041 mostró una diferencia de peso a favor a medida que transcurrió el tiempo. La sombra de la yuca ejerció un efecto negativo sobre el desarrollo de las plantas de jícama, principalmente sobre los surcos más próximos (laterales). El número de raíces pequeñas de jícama por hectárea fue mayor en el sistema de asocio con yuca pero en los dos sistemas siempre superó a los otros tamaños. El peso fresco de las raíces de jícama mostró diferencia significativa entre sistemas para raíces grandes, medianas y el total, para ciclo en raíces medianas y el total y para la interacción ciclo por accesión en raíces grandes. Los pesos de raíces grandes, medianas y el total aumentaron significativamente en el monocultivo. El peso de las raíces grandes fue bajo en asocio (2767 kg/ha), pero aumentó considerablemente (aproximadamente 6 veces) en monocultivo (17108 kg/ha). El peso de raíces grandes de la accesión EC509 disminuyó de 14483 a 5599 kg/ha del primero al segundo ciclo resultando más afectada que la introducción EC041 que presentó poca diferencia de peso de un ciclo a otro. El peso de raíces pequeñas se mantiene similar en ambos ciclos; la tendencia de los otros tamaños y el total es una disminución de peso en el segundo ciclo. La producción total de raíces de yuca en asocio con la accesión EC509 (18219 kg/ha) presentó mínima diferencia en relación al asocio con la accesión EC041 (17861 kg/ha).

De estos resultados, se infiere que el desarrollo y el rendimiento de raíces de jícama fueron afectados por la competencia de luz debido al follaje (sombra) del cultivo de la yuca, pero la suma del rendimiento de jícama y yuca ofrecen una excelente alternativa para aumentar los rendimientos totales de raíces y proteínas por unidad de área por año. Además, el crecimiento observado en las plantas de jícama permite su uso como cultivo de cobertura y adicionalmente sirve como fuente de abono verde cuando se incorporan los residuos de cosecha.

CADIMA, M.N.F. 1995. This study was conducted to evaluate the agronomic behaviour of yam beans and cassava in association and as monocrops for sustainability. Thesis. Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 105 p.

SUMMARY

KEY WORDS: Yam bean, *Pachyrhizus erosus*, cassava, *Manihot esculenta*, cropping systems, roots and tubers.

The experiment was established at CATIE, Turrialba, Costa Rica at an altitude of 602 masl. A split plot experimental design distributed in random blocks with four repetitions was used. The following factors were measured (plants sampled every 15 days) to evaluate yam bean development and growth: five sampling dates, planting seasons (two crop cycles), two systems (association and monocrop), yam bean introductions (EC509 and EC041) and furrows (central and side), for a total of 80 treatments. The treatments to evaluate yield at harvesting were two planting seasons (two crop cycles), two systems (association and monocrop) and two yam bean introductions (EC509 and EC041) for a total of 8 treatments. Cassava was planted 2 meters between rows with 1 meter between plants (5000 plants/ha). Three rows of yam beans were planted 0.4 m apart with 0.2 m between plants (75,000 plants/ha) in the spaces between rows of cassava. The plants fresh and dry weight was evaluated every 15 days during the growth stage, as were foliage and tuberous root weights (fresh and dry) during the final harvest in each cycle. Tuberous yam bean roots were classified in three categories: large (greater than 500 g), medium (300 g) and small (200 g). Commercial and non-commercial cassava root yields were also evaluated.

The increase in fresh and dry yam bean root weights was greater in the monocrop than in association with cassava after 90 days, reaching a maximum difference between systems at 135 days. Dry root weight showed an interaction for introductions by sampling date: there was a linear regression for each introduction and the result was similar in both cycles. At 75 days the yam bean introduction EC509 had a slightly higher dry weight than the introduction EC041. After 105 days, however, EC041 showed a higher weight as time went on. Shade from the cassava had a negative effect on the yam bean plants' development, mainly on the closest rows (side rows). The number of small yam bean roots per hectare was greater in the yam bean-cassava association system, but it was always greater than the other sizes in both systems. Fresh weight of yam bean roots showed a significant difference between systems for large, medium and total roots, for cycle in medium and total roots and for the cycle per introduction interaction in large roots. Large and medium root weights and total weight increased significantly in the monocrop.

Large roots' weights were low in the associations (2767 kg/ha), but increased considerably (approximately sixfold) in the monocrop (17,108 kg/ha). Large roots' weights from the introduction EC509 decreased from 14,483 to 5599 kg/ha from the first to the second cycle and were more affected than the introduction EC041 which showed little difference between weights from one cycle to another. Small roots' weights remained similar in both cycles; the tendency of the other sizes and the total is a weight decrease in the second cycle. Total cassava root production in association with the introduction EC509 (18,219 kg/ha) showed a minimal difference in relation to the association with the introduction EC041 (17,861 kg/ha).

We can infer from these results that yam bean root development and yield were affected by the competition for light caused by the shade from cassava foliage, but the sum of yam bean and cassava yields offered an excellent alternative to increase total root and protein yields per unit area. Besides, the growth observed with yam bean plants is a good indication that this species have good potential to be used as a cover crop in plantation as well as for the incorporation of green manure.

LISTA DE CUADROS

PAGINA

Cuadro 1A.	Condiciones climáticas registradas durante el periodo experimental. CATIE, Turrialba, 1995.....	82
Cuadro 2A.	Precipitación pluvial registrada durante dos periodos de siembra de jícama. Datos acumulados para cada 10 días entre agosto 94 y mayo 95. CATIE, Turrialba, 1995....	83
Cuadro 3A.	Análisis físico-químico de suelos realizados en tres muestreos a una profundidad de 0 a 20 cm durante el ensayo. CATIE, Turrialba, 1995.....	84
Cuadro 4A.	Radiación incidente y efecto del cultivo de yuca sobre dos accesiones de jícama durante el ensayo. CATIE, Turrialba, 1995.....	85
Cuadro 5A.	Análisis de varianza para las variables evaluadas durante el primer ciclo de la jícama. CATIE. 1995.....	86
Cuadro 6A.	Análisis de varianza para las variables evaluadas durante el segundo ciclo de la jícama. CATIE, 1995.....	87
Cuadro 7A.	Ecuaciones de regresión para las interacciones por fecha de las variables estudiadas en el primer ciclo. CATIE, Turrialba, 1995.....	88
Cuadro 8A.	Ecuaciones de regresión para las interacciones por fecha de las variables estudiadas en el segundo ciclo. CATIE, Turrialba, 1995.....	89
Cuadro 9A.	Promedios para las variables peso fresco y seco de follaje, peso fresco y seco de raíz; diámetro y longitud de las raíces obtenidas de dos accesiones de jícama EC509 y EC041 en asocio con yuca y en monocultivo del primer ciclo. CATIE, 1995.....	90

Cuadro 10A.	Promedios para las variables peso fresco y seco de follaje, peso fresco y seco de raíz; diámetro y longitud de las raíces obtenidas de dos accesiones de jícama EC509 y EC041 en asocio con yuca y en monocultivo del segundo ciclo. CATIE, 1995.....	91
Cuadro 11A.	Prueba de t para las interacciones sistema por surco de las variables peso fresco y seco de raíz. CATIE, 1995.....	92
Cuadro 12A.	Número de botones florales promedio por ciclo y para la interacción accesión por sistema. CATIE, 1995.....	93
Cuadro 13A.	Análisis de varianza para las características del rendimiento del cultivo de jícama en monocultivo y en asocio con yuca. CATIE, 1995.....	94
Cuadro 14A.	Promedio del peso fresco y seco del follaje por sistema y ciclo para la interacción ciclo por sistemas. CATIE, 1995..	100
Cuadro 15A.	Promedio para el número de raíces por tamaño, sistema y ciclo. CATIE, 1995.....	100
Cuadro 16A.	Promedio para el peso fresco de raíces por tamaño y el total por sistema y ciclo e interacción. CATIE, 1995.....	101
Cuadro 17A.	Promedio para el peso seco de raíces por tamaño y el total por sistema y ciclo. CATIE, 1995.....	101
Cuadro 18A.	Promedio del total de raíces más follaje fresco por sistema y por ciclo. CATIE, 1995.....	102
Cuadro 19A.	Promedio para la longitud, diámetro y defectos de raíces por sistemas, accesiones e interacción. CATIE, 1995.....	102
Cuadro 20A.	Promedio del rendimiento de la biomasa total de yuca en asocio con dos accesiones de jícama. CATIE, 1995.....	103
Cuadro 21A.	Características fenotípicas de la yuca asociada con dos accesiones de jícama EC509 y EC041. CATIE, 1995.....	103

Cuadro 22A.	Promedio del rendimiento de las raíces de yuca por tamaño, cultivadas en asocio con dos accesiones de jícama. CATIE, 1995....	104
Cuadro 23A.	Promedio del diámetro y longitud de raíces de yuca cultivada en asocio con dos accesiones de jícama. CATIE, 1995.....	104
Cuadro 24A.	Índice equivalente de la tierra (IET) y tasa de competencia (TC) para dos accesiones de jícama en asocio con yuca y en monocultivo. CATIE, 1995.....	105

LISTA DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1. Esquema operativo y ocurrencia de los principales fenómenos durante el ensayo experimental de la jícama sembrada en asociación con yuca y en monocultivo. Período agosto- 1994 a mayo- 1995.....	22
Figura 2. Distribución de la precipitación durante los dos periodos de cultivo de la jícama. CATIE, 1995.....	31
Figura 3. Radiación fotosintética activa (%) y efecto del cultivo de la yuca sobre la biomasa de dos accesiones de jícama. CATIE, 1995.....	34
Figura 4. Relación entre el peso fresco del follaje y días después de la siembra de jícama en monocultivo y en asocio con yuca (primer ciclo). CATIE, 1995.....	37
Figura 5. Relación entre peso fresco de raíces y días después de la siembra de jícama en monocultivo y en asocio con yuca (primer ciclo). CATIE, 1995.....	37
Figura 6. Relación entre peso seco de raíces y días después de la siembra de jícama en monocultivo y en asocio con yuca (primer ciclo). CATIE, 1995.....	38
Figura 7. Relación entre diámetro de raíces y días después de la siembra de jícama en monocultivo y en asocio con yuca (primer ciclo). CATIE, 1995.....	40
Figura 8. Relación entre peso seco del follaje por accesión y días después de la siembra de jícama en monocultivo (primer ciclo). CATIE, 1995.....	40
Figura 9. Relación entre peso seco de raíces por accesión y días después de la siembra de jícama (primer ciclo). CATIE, 1995.....	41
Figura 10. Longitud promedio de raíces de jícama por fecha, por accesión y por sistema (primer ciclo). CATIE, 1995.....	41

Figura 11. Relación entre peso fresco del follaje por surco y días después de la siembra de jícama en asocio con yuca (segundo ciclo). CATIE, 1995.....	43
Figura 12. Relación entre peso seco del follaje por surco y días después de la siembra de jícama en monocultivo (segundo ciclo). CATIE, 1995.....	43
Figura 13. Relación entre peso seco del follaje por surco y días después de la siembra de jícama en asocio con yuca (segundo ciclo). CATIE, 1995.....	44
Figura 14. Relación entre peso fresco del follaje por surco y días después de la siembra de jícama en monocultivo (segundo ciclo). CATIE, 1995.....	44
Figura 15. Relación entre el peso fresco de la raíz por surco y días después de la siembra de jícama en asocio con yuca y monocultivo (segundo ciclo). CATIE, 1995.....	46
Figura 16. Relación entre el peso seco de la raíz por surco después de la siembra de jícama en asocio con yuca y monocultivo (segundo ciclo). CATIE, 1995.....	46
Figura 17. Relación entre diámetro de la raíz por surco y días después de la siembra de la accesión EC041 (segundo ciclo). CATIE, 1995.....	47
Figura 18. Relación entre diámetro de la raíz por surco y días después de la siembra de la accesión EC 509 (segundo ciclo). CATIE, 1995.....	47
Figura 19. Relación entre peso fresco de raíces y días después de la siembra para jícama en monocultivo y en asocio con yuca (segundo ciclo). CATIE, 1995.....	49
Figura 20. Relación entre peso seco de raíces y días después de la siembra para jícama en monocultivo y en asocio con yuca (segundo ciclo). CATIE, 1995.....	49

Figura 21. Relación entre peso seco de raíces por accesión y días después de la siembra de jícama (segundo ciclo). CATIE, 1995.....	50
Figura 22. Número de botones por inflorescencia para la interacción sistema por accesión y comparación de ciclos. CATIE, 1995.....	52
Figura 23. Peso fresco del follaje para la interacción ciclo por sistema y comparación de ciclos y sistemas. CATIE, 1995.....	54
Figura 24. Peso seco del follaje para la interacción ciclo por sistema y comparación de ciclos y sistemas. CATIE, 1995.....	54
Figura 25. Número de raíces de jícama por tamaño para sistema y ciclo. CATIE, 1995.....	56
Figura 26. Peso fresco de raíces por tamaño, sistema y ciclo. CATIE, 1995.....	59
Figura 27. Peso fresco de las raíces grandes para la interacción ciclo por accesión. CATIE, 1995.....	59
Figura 28. Peso seco total de raíces para la interacción ciclo por sistema y comparación de peso por tamaño en los ciclos. CATIE, 1995.....	61
Figura 29. Peso fresco y seco total (follaje + raíces) por sistema y ciclo. CATIE, 1995.....	61
Figura 30. Longitud promedio de raíz por sistema y accesión. CATIE, 1995.....	63
Figura 31. Diámetro promedio de raíz para la interacción ciclo por accesión y comparación de accesiones y sistemas. CATIE, 1995.....	63
Figura 32. Promedio de raíces con defectos para la interacción ciclo por accesión y comparación de sistemas. CATIE, 1995.....	65
Figura 33. Producción de biomasa de yuca, fresca y seca en asocio con dos accesiones de jícama. CATIE, 1995.....	68
Figura 34. Rendimiento total de raíces de yuca, comerciales y no comerciales, asociada a las dos accesiones de jícama. CATIE, 1995.....	68

I. INTRODUCCION

Algunos países latinoamericanos, de las zonas tropicales principalmente confrontan graves problemas por la baja producción de alimentos frente al crecimiento demográfico y particularmente en la población marginada y pobre. Como solución tradicional se promueve el aumento del área cultivada o frontera agrícola. Actualmente, se pretende buscar sistemas de producción que integren las técnicas agrícolas con las características del ambiente, con el objetivo de utilizar racionalmente los recursos naturales mediante prácticas de manejo que permitan optimizar la producción y mantener el agroecosistema con una productividad sostenida.

La falta de alimentos cada día es más acentuada en los grupos de escasos recursos económicos, por lo que se pretende investigar nuevas especies de mayor rendimiento, que en algunos casos están en peligro de desaparecer. Desde el punto de vista socioeconómico, el cultivo de la jícama (*Pachyrhizus erosus*) es importante porque muchas familias de México y otros países se dedican a este cultivo en explotaciones pequeñas, asociando otros cultivos como maíz (*Zea mays*), y frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Desde el punto de vista de sostenibilidad ecológica, la jícama representa una buena opción para ser asociada e intercalada con otros cultivos tradicionales en el desarrollo agrícola de diferentes regiones tropicales. Este proceso de diversificación agrícola puede facilitar un mejor uso potencial del recurso suelo; mejorar las alternativas de incremento de la variabilidad genética y por ende aumentar las posibilidades de una dieta más nutritiva y balanceada para la población en general (Morera, 1992).

La jícama es una especie con gran potencial, originaria de Mesoamérica, el cultivo se presenta como una alternativa que ofrece grandes ventajas. El alto potencial productivo y su bajo costo de producción, hacen de que sea un cultivo aceptable para pequeños agricultores en los países en vías de desarrollo y un producto barato para los consumidores locales. El bajo impacto negativo sobre el medio ambiente debido al limitado uso de fertilizantes y pesticidas, su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, más la incorporación de los residuos de cosecha, hacen de la jícama el cultivo ideal para la agricultura orgánica moderna (Grum y Sorensen, 1993; Manu *et al*, 1993).

Con base en lo discutido anteriormente, el presente estudio propone evaluar bajo el criterio de sostenibilidad; el crecimiento y rendimiento de la jícama y la yuca en el sistema de asociación y monocultivo. Adicionalmente, determinar las condiciones químicas del suelo y la contribución de la materia orgánica del cultivo de la jícama en los dos sistemas de producción; finalmente, identificar las ventajas y desventajas del cultivo de la jícama en monocultivo y en asociación con yuca.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia económica del cultivo de la jícama.

Esta especie (*P. erosus*) aparentemente es originaria de las partes bajas, centro y sur de México y norte de Centro América (Sorensen, 1990). El cultivo tiene valor socioeconómico para familias de escasos recursos económicos ya que se siembra asociada con granos básicos (Arguelles, 1979).

La planta de jícama puede ser aprovechada en su totalidad; las raíces tuberosas son consumidas frescas o cocinadas y las partes aéreas de la planta son utilizadas como abono verde. Este cultivo posee en sus semillas, rotenoides y otros compuestos de valor insecticida, que por sus características de biodegradabilidad y baja toxicidad para los mamíferos, la convierten en una alternativa como insecticida natural en el combate de ciertas plagas (Schroeder, 1967).

La jícama es una leguminosa de alto valor potencial que representa una excelente alternativa para la diversificación de la agricultura en el trópico americano. Existen grandes áreas de producción en México, el Salvador, en Hawaii, en regiones tropicales de China, India, Tailandia y Malasya (Duke, 1981; Hoot y Sorensen, 1989). En Brasil y la India se ha considerado como un cultivo alimenticio útil para los trópicos húmedos. Este cultivo es de fácil crecimiento, con muy pocas plagas y presenta una adecuada simbiosis con algunas bacterias que fijan nitrógeno (Grum, 1990).

Las diferentes especies de jícama ocupan hábitats diversos, éstas se ubican en suelos desde baja hasta alta fertilidad y en áreas desde estacionalmente secas, con cobertura de malezas, hasta ambientes tropicales lluviosos. La variación en rangos de precipitación promedio va desde 250 -

500 mm, en la península de Yucatán, las regiones costeras del Ecuador, Amazonas, y en centroamérica hasta más de 1500 mm. Bajo condiciones naturales la jícama se encuentra sembrada desde 0 a 1750 msnm, pero la mayoría la ubican entre 500 y 900 msnm (Sorensen, 1990).

La duración del fotoperíodo tiene influencia en la fisiología de la planta de jícama. Las plantas sembradas en días largos demoran en el crecimiento de las raíces, lo cual solo produce el desarrollo del follaje grande y vigoroso que resulta en la formación de una enredadera, y la duración del ciclo podría ser de 224 a 252 días. Plantas cultivadas en días cortos, pero influenciadas por días largos, presentan patrones sucesivos de desarrollo de días cortos y días largos (Zinzou y Venthou-Dumaine, 1988).

En un ensayo de campo en la Isla de Tonga en el Pacífico fueron probadas bajo condiciones de días cortos, 21 accesiones de jícama. El rendimiento de tubérculos frescos obtenido varió de 5,3 a 72 t/ha, el contenido de materia seca, desde 8 a 20,8% y rendimiento de materia seca de 1,2 a 8,6 t/ha, la proteína cruda varió entre 5,1 a 9,8% (Grum, 1991). Otro estudio en CATIE, Turrialba reveló un rendimiento de tubérculo de los cultivares EC509 de 5804 a 38700 Kg/ha y EC041 de 8035 a 38028 Kg/ha (Morera, 1993).

Grum, 1993 en un estudio sobre el efecto del genotipo más el medio ambiente sobre el rendimiento de 67 accesiones de jícama cultivadas en diferentes países tropicales durante 1980 a 1992 encontró rendimientos promedio para las accesiones desde 2,5 a 38,6 t/ha. Las variaciones del medio ambiente en los últimos 90 días antes de la cosecha y el rendimiento de raíces mostraron altas correlaciones, lo que indica que existió sensibilidad al fotoperíodo.

2.1.1. Cultivos asociados con jícama

Específicamente sobre el tema del efecto de la sombra sobre las plantas de jícama (*P. erosus*), ya sea asociado con otros cultivos o sin asociar, la literatura es escasa y pocos trabajos especifican las condiciones de luz en que crecen los cultivos asociados que incluyen a este cultivo (Azocar *et al*, 1970).

Las grandes explotaciones comerciales de jícama en México, comúnmente, son sembradas en monocultivo; el principal problema en esta región radica en la baja producción y la mala calidad de las variedades locales (Heredia, 1985). Lo contrario, sucede en Tailandia, Malasia y Hawaii (Paull *et al*, 1988; Stolen, 1989). La explotación de jícama a nivel de pequeños agricultores se realiza bajo el sistema de producción tradicional en asociación con frijol, maíz, repollo o cebolla; dichos sistemas brindan al campesino la oportunidad de obtener productos para su autoconsumo: a) frijol en una fase inicial y b) maíz en una etapa intermedia, antes de efectuarse la cosecha del cultivo principal; posteriormente, con la venta de la jícama, obtienen ingresos para cubrir otras necesidades (Duke, 1981; Sorensen, 1990).

En otros países, la jícama es asociada con vegetales no tuberosos; en Filipinas se siembra asociada con maíz, lo que reduce las necesidades de deshierbe; en Java Occidental con vigna (*Vigna unguiculata*), en China y las provincias de Sichuan y Chengdu, la jícama como la soya son sembradas en los bordes de las plantaciones de arroz y maíz (Grum, 1990).

2.2. Importancia económica del cultivo de la yuca

Dentro de los cultivos alimenticios más importantes del trópico americano están el frijol (*Phaseolus vulgaris*), el maíz

(*Zea mays*), el camote (*Ipomoea batata*) y la yuca (*M. esculenta*), los cuales son cultivados en pequeñas fincas como monocultivos o asociados, con poca tecnología. La yuca reviste gran importancia por ser cultivo tradicional de uso extensivo en esas regiones; para la alimentación humana representa una abundante fuente de energía, producida a bajo costo por hectárea. Comparativamente, la yuca es buena productora de carbohidratos (Montaldo, 1985); la raíz contiene de 30 a 40% de materia seca, donde el 90% son carbohidratos, presenta bajo contenido proteico; las hojas, tienen un alto contenido proteico, y son consimidas algunas veces por los humanos o se utilizan para el ganado (Barrios, 1967 y Albuquerque, 1969).

La capacidad de adaptación a diferentes suelos y climas, la facilidad de cultivo y las múltiples formas de aprovechamiento, han sido responsables de su difusión. La yuca en condiciones de campo, se cultiva comercialmente dentro de amplios límites ambientales, desde el nivel del mar hasta los 1500 m de altura y entre los 30° Latitud Norte y Latitud Sur. Prospera bien, a temperaturas de alrededor de 24 °C. La yuca es un componente frecuente en los sistemas de cultivos con diferente grado de asociación por ciertas características tales como tolerancia a la sequía, malezas e insectos, capacidad para crecer en suelos pobres, y además, la posibilidad de que se puede retrasar la cosecha sin problema alguno (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1969)

Según Montaldo (1991), esta especie muestra alta resistencia a la sequía, donde puede crecer bajo condiciones áridas, prospera en regiones de alta precipitación, siempre y cuando las raíces crezcan bajo suelos bien drenados. Este cultivo es muy valioso en regiones donde la lluvia anual es baja, o donde la distribución estacional es muy irregular y el agua de riego es escasa. Este mismo autor agrega que los rendimientos más altos se obtienen en suelos fértiles, sueltos,

profundos, bien drenados y ricos en materia orgánica y elementos minerales.

2.2.2. Cultivos asociados con yuca

La yuca demanda grandes cantidades de potasio para la producción de almidón. En Nigeria se demostró que con el empleo de fertilizantes en ñame (*Dioscorea alata*) asociado con yuca y maíz, se obtenían altos rendimientos, sobre todo de los dos últimos cultivos, que se beneficiaban del potasio y nitrógeno aplicados al cultivo principal. Se observó que la asociación de yuca con maíz intercalado pareció ser muy productiva en el incremento de lípidos en el maíz. Asimismo, la asociación de yuca con frijol incrementó la disponibilidad de proteínas. Un esquema de rotación con yuca, intercalada con otros cultivos para ayudar a proteger el suelo y restablecer el bosque es muy importante en los planes de desarrollo de la agricultura nativa (Gallegos, 1976).

Según Velásquez (1958), en Colombia, la yuca se cultiva asociada o intercalada con algodón, caña de azúcar, maíz, frijol, arracache y ñame. Es muy común encontrar en una misma parcela del agricultor maíz de cosecha, yuca de cuatro y cinco meses, algodón de tres meses, caña de azúcar de un mes, además de frijoles y otros cultivos. Se sabe que la asociación de yuca con otros cultivos de subsistencia, en suelos fértiles, produce buenos rendimientos.

Hart (1974), trabajando con sistemas de policultivos en Costa Rica, encontró que la yuca no influyó sobre la productividad del maíz, pero redujo la producción de la yuca, aproximadamente en 30%. El balance económico fue sin embargo, favorable a este tipo de asociación.

En América Latina, aproximadamente el 40% de la yuca se siembra intercalada o asociada. La asociación de yuca con frijol (*P. vulgaris*) o caupí (*V. unguiculata*) es muy frecuente y se practica en todo el continente, pero tiene especial importancia en América Central, siendo una característica de las fincas de los pequeños agricultores. La asociación de yuca con maíz (*Z. mays*), frijol (*P. vulgaris*), caupí (*V. unguiculata*) y soya (*Glycine max*) son básicos para formar cultivos asociados principalmente con especies leguminosas. Otros cultivos de ciclo corto que se asocian con la yuca son el arroz de secano (*Oryza sativa*), algodón (*Gossypium sp.*) y el tabaco (*Nicotiana tabacum*) en Costa Rica y Colombia. Asociaciones de yuca con otras raíces y tubérculos como el taro (*Xanthosoma sagittifolium*), ñame (*Dioscorea spp*) y el camote (*Ipomoea batatas*) se practica en Nicaragua (Leihner, 1983). Montaldo, (1991) indica que en Venezuela, la yuca era una explotación de agricultura migratoria ya que se cultivaba asociada con frijoles en pequeñas extensiones, y se abandonaba cuando el suelo mostraba síntomas de agotamiento en fertilidad.

2.3. Importancia económica de los cultivos asociados

Leihner (1983) define como cultivo asociado al crecimiento de dos o más especies simultáneamente sembradas en un mismo terreno, que pueden ser cosechados en diferentes fechas. Sánchez (1981) indica que la competencia interespecífica entre los cultivos puede darse en parte o durante el ciclo completo vegetativo.

Morera (1994) indica que la arquitectura de las plantas, el hábito de crecimiento de las raíces y los residuos que el cultivo deja después de la cosecha son algunas de las características a ser consideradas en la selección de las especies en los sistemas de producción, para aquellas áreas con problemas de erosión de suelos. La diversificación de cultivos

provee alguna protección contra plagas y enfermedades, ya que por lo general las plagas no son comunes a varios cultivos. El incremento de plagas y enfermedades, causado por la producción continua de un solo cultivo, puede ser prevenido con la rotación y/o establecimiento de un sistema asociado. La selección del cultivo, el sistema y la secuencia en el tiempo está relacionado con el manejo integrado de plagas.

Resultados preliminares de Alvim y Alvim (1969) sugieren la posibilidad de elevar la productividad de los sistemas asociados combinando plantas de alta eficiencia fotosintética como el maíz (C4), con otras tolerantes a la sombra (C3). Una de las formas de hacer un uso más eficiente de la energía radiante y aumentar la producción de alimentos en los trópicos es elevar el número de cosechas/hectárea/año, sembradas ya sea en forma asociada o, en monocultivo (Bradfield, 1970).

El uso de sistemas de cultivos asociados está generalizado en las regiones tropicales y subtropicales. Con estos patrones de cultivo, se tiene la oportunidad de aumentar la energía cosechada, manteniendo la superficie fotosintética por períodos más largos. Esto ocurre posible en los trópicos donde la energía solar no es limitante y las condiciones ambientales permiten producir continuamente a través del año, con un manejo agronómico adecuado (Nair, et al, 1973).

La adopción de un sistema de producción agrícola está determinado fundamentalmente por factores económicos y sociales. El tamaño de la finca, la disponibilidad de mano de obra y la tecnología disponible, tienen relación importante sobre el tipo de agricultura adoptada por los agricultores. Para aumentar la producción de alimentos/área/año es necesario considerar la posibilidad de cultivar más de una especie en una misma superficie de terreno durante el año agrícola, en lugar de aumentar el área cultivada como se hace con la agricultura

tradicional (Dalrymple, et al, 1974).

Haizel (1974) sugiere que en la selección de posibles cultivos a asociarse debe tomarse en cuenta el aspecto alimenticio, y por lo tanto orientarse, en lo posible, a satisfacer las necesidades nutricionales del consumidor, principalmente en energía y proteínas; el maíz como cereal y la soya como leguminosa. Los cultivos asociados han sido una alternativa para los pequeños agricultores de la región tropical, por su mayor eficiencia en la conversión de energía ya que se establece un equilibrio en el sistema productivo por medio del uso sostenido y dirigido de la energía disponible (Andrade, 1974).

Existe mucha evidencia de la mayor productividad de los cultivos asociados en relación a los monocultivos. Entre las razones más importante se tienen: a) utilización eficiente de los recursos del ambiente (luz, agua y nutrimentos), b) menor crecimiento de las malezas y menor erosión del suelo (Baldy, 1982); c) crecimiento compensatorio de un cultivo cuando el otro sufre de condiciones ambientales inadecuadas (Summerfield, 1976); d) menores daños por plagas y enfermedades (Fordham, 1983).

2.4. Factores que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas

Al asociar plantas de diferentes especies, el cultivo dominante, disminuye la disponibilidad de luz para el cultivo que crece debajo, produciendo microclimas internos, característicos y dinámicos, que afectan la producción. Los principales factores ambientales afectados son: la intensidad de la luz, la humedad relativa y la disponibilidad de agua en el suelo. Todos ellos influyen en la tasa fotosintética (Beets, 1982 y Baldy, 1982).

El crecimiento y desarrollo de las plantas depende, primero de su constitución genética y segundo del ambiente. El medio ambiente en su más amplio sentido incluye tanto factores del suelo como los factores climáticos. Un cambio en un factor del medio ambiente a menudo tiene efecto importante sobre los diferentes caracteres de la planta (Schwable, 1967). La planta recibe varios estímulos internos y externos que interactúan con la información genética, induciendo cambios en la actividad metabólica y organización estructural. La forma y proporción que adquiere una planta a través de las diferentes etapas del desarrollo, son una expresión de la interacción entre factores genéticos (internos) y ambientales (externos).

Si un cultivar recibe durante su ciclo de vida condiciones climáticas favorables, su patrón de crecimiento y rendimiento refleja con mayor aproximación el potencial genético de dicho cultivar en la distribución de su biomasa. Cuando los factores ambientales no son los óptimos, los patrones de crecimiento se modificarán y dependerán del grado de tolerancia que el cultivar tenga a los factores que han llegado a niveles críticos, limitando su crecimiento. El crecimiento y desarrollo de las plantas depende de la actividad del sistema fotosintético, el cual se halla funcionalmente relacionado con el clima del hábitat particular de las plantas gracias al flujo de energía, H_2O , dióxido de carbono y de nutrientes naturales del suelo (Gates, 1980). La calidad de la luz, el fotoperiodo y las fluctuaciones térmicas del ambiente regulan los procesos morfogénicos mediante su acción específica a nivel enzimático de actividad hormonal o ambos (Baruch y Fisher, 1991).

La planta anclada por sus raíces está influenciada por el flujo de energía entre el aire y el suelo y, es responsable de proveer una vía para el movimiento de energía entre los compartimientos (Noggle, 1976). Son muchas las variables del ambiente que afectan el crecimiento y desarrollo de un cultivo,

en formas y fases diferentes durante el ciclo del mismo. Entre los más importantes se puede mencionar: luz, temperatura y humedad tanto del suelo como del aire.

El crecimiento y rendimiento de los cultivos en relación al ambiente, han sido analizados usando conceptos formulados por Biscoe y Gallagher, (1977), durante las dos últimas décadas. A pesar de que muchos de los resultados obtenidos usando las formas de análisis de crecimiento, han sido decepcionantes, claramente se muestra en todos los estudios la importancia del tamaño y la actividad de la superficie de la hoja como dos componentes que gobiernan la tasa de crecimiento del cultivo. Esos estudios, también han enfatizado las dificultades de determinar el efecto de la variación simultánea de un gran número de factores del tiempo sobre el crecimiento.

La rápida tasa de crecimiento y la altura que alcanza la yuca le permite, en este sistema, ser el competidor más fuerte principalmente en el aspecto luz (Remison, 1980; 1982). En estudios de asociación de jícama con cultivares de maíz se encontró que el rendimiento de la jícama fue muy afectado con el asocio de maíz (Morera, 1993). El mismo autor indica que los rendimientos para las diferentes introducciones fueron bajos y posiblemente afectó la competencia del maíz por nutrientes, espacio radical, luz y efecto de la competencia entre plantas de jícama debido a la alta densidad.

2.4.1. Efecto de la luz y la temperatura en los cultivos asociados

La luz es importante como fuente de energía y como un factor en el control de varios procesos de crecimiento. Existen muchas evidencias que muestran que, en la estación o fase temprana de crecimiento, la tasa de producción de materia seca es proporcional a la cantidad de radiación que ellos

interceptan (Radford, 1967). En este sentido se ha encontrado una respuesta lineal de la tasa de crecimiento a la radiación interceptada para la cebada (*Hordeum* spp.), trigo (*Triticum* spp.), iguales respuestas han sido obtenidas para maíz (*Zea mays*) y frijol soya (*Glicine max* L). Además, algunos trabajos han demostrado que el peso final de un cultivo depende de la cantidad total de radiación interceptada durante la estación de crecimiento (Shibles, 1966) o el rendimiento de un cultivo está estrechamente relacionado a la cantidad acumulada de radiación interceptada.

La fracción de radiación interceptada por un cultivo depende principalmente del índice de área foliar (IAF) (Shibles, 1967). Después de la fase inicial de crecimiento de la planta, debido al pequeño desarrollo del área foliar, la producción de materia seca por unidad de superficie de terreno y de tiempo es muy pequeña y, a medida que aumenta el área foliar, la productividad también aumenta hasta alcanzar un valor máximo.

En muchos cultivos cuando el IAF alcanza un valor entre 4 y 5, más del 80% de la radiación fotosintética activa (RFA) incidente, será interceptada por el dosel de la hoja. Es evidente que los factores del tiempo, los cuales restringen la tasa de expansión de la superficie de la hoja, limitarán directamente la producción de materia seca del cultivo hasta que el IAF de 4 a 5 es alcanzado (Biscoe y Gallagher, 1977).

La disminución en la productividad a medida que el IAF pasa de un cierto valor óptimo (el cual varía según las especies y condiciones lumínicas del lugar), es consecuencia del autosombreamiento de las hojas. Este autosombreamiento puede ser de tal magnitud, que la productividad fotosintética de las hojas superiores, apenas alcanzaría para suplir las necesidades de alimentos de la planta, no ocurriendo ninguna

acumulación de materia orgánica, o aumento de peso por unidad de superficie (Alvim, 1982).

Las plantas C4 fotosintetizan más por unidad de radiación solar absorbida que las plantas C3, a altas intensidades de radiación. Las plantas C4 son fotosintéticamente superiores a las plantas C3 respecto a altas temperaturas (35-40 °C), pero inferiores cuando la temperatura está por debajo de los 30 °C; lo que explica que rara vez se encuentran plantas C4 en ambiente sombreados con bajas temperaturas (Baruch y Fisher, 1991).

Lizárraga (1976) en Costa Rica, observó que el camote asociado con maíz recibe la menor radiación solar diaria que la recibida por el sistema asociado con yuca, consecuentemente el crecimiento del camote en sistema monocultivo fue más vigoroso que el asociado con yuca, lo que hace suponer que la intercepción de la radiación solar al camote por el cultivo del estrato superior en la asociación es una de las principales causas del retraso en el crecimiento de las plantas de camote. El retraso del crecimiento ocasiona al mismo tiempo una disminución en el rendimiento, puesto que la producción de tubérculos por planta está relacionada con el crecimiento vegetativo de los mismos. Las plantas en los sistemas asociados dependen mucho del cultivo con el que se asocia.

La soya asociada sufre reducciones en el rendimiento respecto al monocultivo. Estas reducciones se deben al menor número de vainas, lo que es atribuido al sombreado de los cultivos asociados. Las plantas compiten entre sí por recursos del medio ambiente como el agua, los nutrimentos y la luz. La severidad de la competencia y el resultado de la misma están regulados por la disponibilidad de estos recursos. La competencia sobre el nivel del suelo es ejercida usualmente por la luz, como ocurre con el sombreado de las plantas pequeñas

por las altas; la competencia subterránea, en cambio, es por agua y nutrimentos, y es probablemente más importante que la primera aunque más difícil de cuantificar. La intercepción de la luz, depende de la morfología de las plantas. En los sistemas asociados es importante que las plantas más altas no absorban toda la luz, sino que permitan suficiente penetración a las plantas más bajas (Salez, 1984).

La tasa de fotosíntesis se incrementa con aumentos en la intensidad de la luz, existiendo diferencias entre plantas en cuanto a su respuesta a la intensidad de luz debido a diferencias genéticas (Noggle, 1976). El tamaño y forma de una planta depende de como los fotosintatos son distribuidos a las raíces, tallos y hojas. La luz también afecta los procesos respiratorios, las plantas con una alta tasa de fotorespiración tendrán menos fotosintatos disponibles para la formación de raíces, tallos y hojas.

La temperatura, es un factor que afecta todos los procesos fisiológicos de las plantas, es una medida indirecta de la energía solar "disponible" en el ambiente (Alvim, 1982). Consecuencia del intercambio de energía entre el sol y la tierra, la temperatura del aire y el suelo fluctúan ampliamente durante las 24 horas del día. En un día claro, ambas, la temperatura del suelo y del aire se incrementan durante el día, alcanzando un máximo alrededor del medio día y decrece avanzada la tarde. La actividad de la planta, la cual puede ser medida en términos de tasa de crecimiento, actividad enzimática y algún otro proceso vital, es extremadamente sensible a la temperatura (Noggle, 1976).

La temperatura influye en la tasa de crecimiento y el tiempo requerido para que las plantas alcancen una cobertura total del suelo, lo cual es un factor muy importante en el control de malezas. Los factores de temperatura y fotoperíodo

influyen en el tiempo de floración y tuberización de la jícama (*P. erosus*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) de crecimiento indeterminado (Padda, 1969). En plantas sombreadas la radiación es menor que en las no sombreadas y el factor limitante es la luz y no la temperatura. En este sentido Tanaka, et al, (1966), afirma que en climas tropicales la luz afecta más el crecimiento y desarrollo de las plantas que la temperatura. En días calientes la alta temperatura es detrimental para la actividad fotosintética. Los procesos metabólicos no solo son reducidos por el efecto de la temperatura, sino que el aumento de la transpiración y la pérdida de turgencia en las hojas resulta en cierre de los estomas, lo cual disminuye la suplencia de CO₂ a los cloroplastos. Uno de los mayores efectos de la temperatura, parece estar relacionado con los procesos concernientes a la distribución de los fotosintatos (o asimilados) dentro de las raíces, tallos y hojas.

2.4.2. Efecto de la humedad del aire y del suelo en el crecimiento y desarrollo de los cultivos asociados

Una alta transpiración, con una baja humedad del aire resulta en déficits de agua en la planta, lo que ocasiona usualmente un menor crecimiento en los cultivos anuales (Tromp, 1977). La humedad del suelo también juega un papel muy importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los procesos fisiológicos tales como: fotosíntesis, respiración, absorción de nutrimentos, traslado, síntesis de constituyentes celulares, e hidrólisis de macromoléculas, responden a deficiencias de humedad; el efecto usual es que las tasas de todos estos procesos son inhibidas por una deficiencia de agua.

La sequía afecta a la jícama durante la germinación y desarrollo de las plántulas. Sin embargo, es menos sensible a la sequía que el maíz, debido en parte al patrón de floración de ambos cultivos; estos procesos es de importancia crítica;

mientras que la jícama florece durante 20 a 35 días, esto es importante ante el antagonismo que exhiben las fases de la floración y tuberización, por cuanto un menor período de floración beneficia la tuberización (Marquéz, 1992).

2.5. Efecto de los nutrimentos en los cultivos asociados

La competencia por nutrimentos del suelo en cultivos asociados involucra un complejo de factores, generalmente se presentan en las zonas de absorción de dos o más plantas. Leihner, (1983) señala que ocurre con mayor frecuencia y rapidez con nutrimentos móviles, ya que ellos pueden ser absorbidos fácilmente y pueden moverse con mayor facilidad en el suelo; así, las zonas donde estos elementos se agotan, alrededor de las raíces donde crecen y se transforman más rápidamente.

La asociación de cultivos se ha considerado ventajosa por su efecto conservador del suelo. Burgos, (1980) encontró que en varias asociaciones de yuca con otros cultivos, la absorción que éstos hacían de los nutrimentos del suelo era superior a la pérdida por el lavado y erosión; mientras que en monocultivo de yuca, la pérdida de nutrimentos por lavado y erosión era superior.

Según Mongi (1976) la jícama contribuye a mejorar la fertilidad del suelo y es un cultivo cuyo valor alimenticio es importante para el hombre. Además, el crecimiento no sincronizado de los dos cultivos permiten un mejor uso de los recursos ambientales, ya que la jícama florece y madura antes que la yuca. Remison, (1978) indica que es beneficiosa la asociación de jícama y yuca debido a la reducción de daños por algunos insectos de la jícama; ya que la yuca, por ser más alta, funciona como barrera física para tales insectos.

La yuca remueve cantidades grandes de N y K del suelo, cuando no se le devuelve la parte aérea de la planta; se beneficia grandemente de la asociación de micorrizas para la absorción de P en muchos suelos pobres; responde bien a la aplicación de éste elemento, aunque remueve del suelo pequeñas cantidades (Howeler, 1981).

Las diferentes especies de leguminosas de ciclo corto tienen requerimientos nutricionales similares entre sí: remueven grandes cantidades de N pero tienen la capacidad de fijar este elemento y así satisfacer parcialmente sus requerimientos. En muchos suelos pobres, las leguminosas responden a la aplicación de P sin remover grandes cantidades de este elemento; se observan requerimientos específicos con respecto a elementos menores como el B, Zn, y el Ca (CIAT, 1973). Una alternativa para obtener buenos rendimientos en suelos de baja fertilidad es la selección de cultivos que se adapten bien a las condiciones de deficiencia nutricional, acidez y toxicidad por el Al y Mn, y que con pocos insumos produzcan rendimiento aceptable.

2.5.1. Índice equivalente de la tierra (IET)

Es un índice que indica el área relativa de tierra requerida para producir los mismos rendimientos de un cultivo solo en cultivos asociados (Oyejola, 1982). Con el uso del IET, los cultivos diferentes son puestos sobre bases relativas y directamente comparables. Las bases biológicas para las ventajas del intercalado es que la competencia intercultivo es menor que la competencia intracultivo. El grado de complementariedad es maximizado por un mejor uso temporal de los recursos (Willey, 1979). Sobre las bases de IET los cultivos asociados dan 28% más del total de materia seca por unidad de radiación solar total interceptada (Marshall y Willey, 1983).

En asociaciones de especies con ciclo vegetativo diferente, como la asociación de yuca y jícama, las ventajas se originan en una menor incidencia interespecífica. El monocultivo de yuca, que en este contexto se considera como cultivo tardío, no utiliza eficientemente los factores de luz, agua y nutrimentos durante los dos primeros meses de su ciclo vegetativo, debido a su lento desarrollo inicial así es posible intercalar en ese tiempo un cultivo precoz, como la jícama; haciendo más eficiente el uso de los factores de crecimiento y reduciendo la incidencia de plagas, enfermedades y malezas que ocurre como resultado de la diversidad en la vegetación. Fuenmayor, (1985) indica que en el asocio maicito con soya resultó mayor el IET (1.98%) en siembra simultánea en comparación a la segunda época. En los socios con tuxpeño, los valores del IET resultaron ser superiores a sus monocultivos, con excepción de las asociaciones con caupí 0,88 en la primera época, (0,89%) en la segunda época.

2.5.2. Tasa de competencia (TC) de los cultivos asociados

Esta variable cuantifica la capacidad competitiva de los cultivos y verifica el efecto de las distintas prácticas de manejo agronómico en los cultivos asociados. En un arreglo de caupí (*Vigna unguiculata*) en dos surcos distantes entre sí pero relativamente cercanos a la yuca, con baja densidad de siembra del caupí, la yuca fue el cultivo dominante en esta asociación resultando más competitiva que el caupí. Leihner, (1983), analizando la competencia entre la yuca y el caupí por medio del concepto de la Tasa de competencia (TC), hace evidencia que el manejo agronómico de un sistema asociado, permite cambiar en forma general el poder competitivo de los componentes del sistema, para mantener el balance entre ambos cultivos de acuerdo con la producción.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación y clima

El experimento se estableció en el campo Experimental "CABIRIA", del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica; está situado a 9° 53' latitud Norte y 83° 39' longitud Oeste y a una altitud de 602 msnm. La temperatura media anual es de 21,7°C, la precipitación media anual de 2.611 mm, la humedad relativa promedio de 87,8 % y la radiación solar promedio diaria de 17,7 MJ/m²/día. De acuerdo al sistema de clasificación de zonas de vida Holdridge (1982), la zona de Turrialba, corresponde a la formación ecológica Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical. El suelo esta clasificado como serie Instituto, fase normal, orden Inceptisol (Aguirre, 1971). La topografía es plana, con drenaje pobre e imperfecto y una tabla de agua a una profundidad que varía de 0,4 a 1,3 m.

3.2. Material experimental

Se utilizaron dos accesiones de jícama, EC509 con procedencia de la localidad de San Juan, Turrialba, Costa Rica; y EC041 de la localidad de San Ixtán, Jalpatagua, Guatemala. Se utilizó la variedad de yuca conocida como Valencia de origen venezolano. Estos materiales vegetales fueron proporcionados por la Unidad de Recursos Fitogenéticos del CATIE.

3.3. Equipo

Se utilizó un ceptómetro para medir la incidencia de la radiación solar, tijeras para el desfloreo de la jícama, calibradores milimétricos, balanzas y reglas de precisión para la medición de las variables de crecimiento y producción.

Los análisis químicos de materia seca, proteína cruda de raíces y análisis de suelo fueron realizados en los laboratorios del CATIE.

3.4. Muestreo de suelos

Se hicieron tres muestreos de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm: el primero se realizó previo a la siembra del experimento; el segundo al finalizar el último ciclo del cultivo de la jícama y el tercero a los 60 días después de la cosecha de la yuca y del segundo ciclo de la jícama. La finalidad fue observar variaciones en los niveles de nutrientes y/o materia orgánica en el suelo como producto de la incorporación de los residuos vegetales de la jícama durante los dos ciclos del cultivo.

3.5. Siembra

La siembra de jícama y yuca se realizó simultáneamente en el mes de agosto de 1994. La jícama (Figura 1), se sembró en dos períodos diferentes por su corto ciclo vegetativo respecto a la yuca. En el segundo período la jícama se sembró a los 5 días después de la cosecha del primer período. La yuca es utilizada en el experimento como cultivo alternativo de un sistema asociado con una leguminosa, que en este caso corresponden a las dos accesiones de jícama. Los cambios morfológicos observados y registrados para algunos de sus componentes fueron determinados al momento de la cosecha con el objetivo de establecer si la yuca presenta algún comportamiento diferente con cada una de las dos accesiones de jícama.

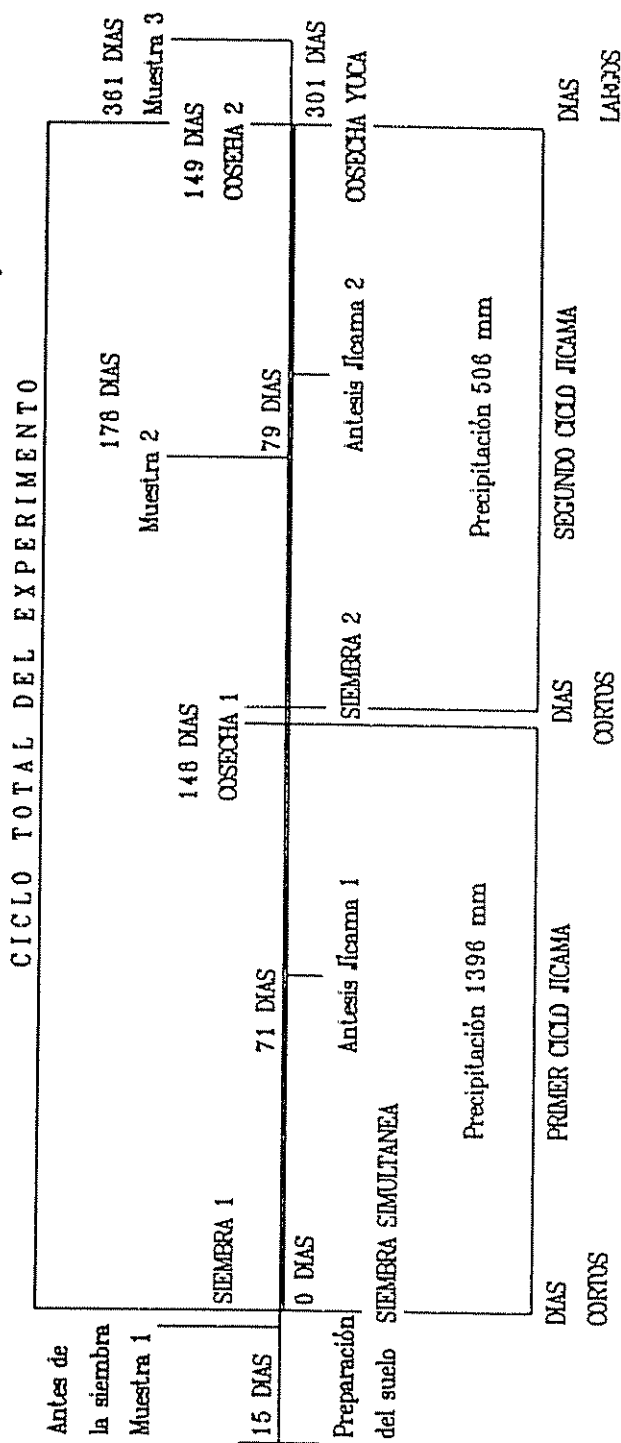


FIGURA 1. Esquema operativo y ocurrencia de los principales fenómenos durante el ensayo experimental de la jicama sembrada en asociación con yuca y en monocultivo. Período agosto-1994 a mayo-1995.

3.6. Manejo agronómico

La preparación del suelo se realizó 15 días antes de la siembra, mediante una pasada de arado, una de rastra y finalmente del "rotavator". Para el control de malezas se aplicó el herbicida glifosato (Round-up) 15 días antes de la siembra. Adicionalmente, el control manual se realizó cada 20 días en dos oportunidades durante los dos primeros meses. Durante todo el ciclo de ambos cultivos no se aplicó fertilizante químico, pero se incorporaron los residuos vegetales remanentes provenientes del primer y segundo ciclo de la cosecha de la jícama.

La eliminación de las flores en la jícama es una práctica obligada para reducir el desarrollo vegetativo e incrementar el rendimiento y mejorar la calidad de las raíces. El desfloreo se realizó utilizando tijeras de podar en dos oportunidades por ciclo, evitando la eliminación de guías en las plantas.

3.7. Diseño experimental

3.7.1. Desarrollo y crecimiento de la jícama

Se tomaron muestras de las plantas de jícama a los 75 días después de la siembra y a intervalos de 15 días para los dos períodos de cultivo. Se tomaron seis plantas de cada surco: central y lateral; posteriormente se colocaron en bolsas de polietileno para evitar la deshidratación de la planta antes de llegar al laboratorio donde se determinó el peso fresco del follaje y raíces. Cada muestra se colocó en bolsas de papel y se dejaron por seis días en un horno de aire forzado a 70°C. Las raíces se cortaron en trozos pequeños para facilitar el secado.

El diseño experimental correspondió a un arreglo de parcelas sub-sub-sub-divididas, distribuidas en bloques al azar con cuatro repeticiones. El análisis estadístico fue de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijklm} = \mu + \beta_i + A_j + \epsilon_{ij} + I_k + AI_{jk} + \epsilon_{ijk} + S_l + AS_{jl} + IS_{kl} + AIS_{jkl} \\ + \epsilon_{ijkl} + F_m + AF_{jm} + IF_{km} + SF_{lm} + AIF_{jkm} + ASF_{jlm} + \\ ISF_{klm} + AISF_{jklm} + \epsilon_{ijklm}$$

Dónde:

Y_{ijklm} = Valor observado en la parcela de la i -ésima repetición, j -ésimo asocio; la k -ésima introducción; l -ésimo surco y m -ésima fecha

μ = Media general

β_i = Efecto del bloque i

A_j = Efecto del factor de la parcela grande (asocio)

ϵ_{ij} = Error asociado a la parcela grande

I_k = Efecto del factor introducciones (accesiones)

$(AI)_{jk}$ = Interacción del asocio (sistema) y introducción (accesiones)

ϵ_{ijk} = Error asociado a la sub-parcela

S_l = Efecto de surcos (central y lateral)

AS_{jl} = Interacción asocio (sistema) y surcos (central y lateral)

IS_{kl} = Interacción de las introducciones (accesiones) y surcos (central y lateral)

AIS_{jkl} = Interacción triple asocio (sistema), introducciones (accesiones) y surcos (central y lateral)

ϵ_{ijkl} = Error asociado a la sub-sub-parcela

F_m = Efecto de fechas

AF_{jm} = Interacción asocio (sistema) y fechas

IF_{km} = Interacción introducciones (accesiones) por fechas

SF_{lm} = Interacción surcos (central y lateral) por fechas

AIF_{jkm} = Interacción triple asocio (sistemas),
introducciones (accesión) por fechas

ASF_{jlm} = Interacción triple asocio (sistema), surcos
(central y lateral) por fechas

ISF_{klm} = Interacción triple introducción (accesión), surcos
(central y lateral) por fechas

$AISF_{jklm}$ = Interacción cuádruple introducción, asocio,
surcos y fechas

ϵ_{ijklm} = Error asociado a la sub-sub-sub-parcela.

Los factores del diseño para cada época de siembra (dos ciclos de cultivo) fueron: cinco fechas de muestreo, dos sistemas (asocio y monocultivo), dos accesiones de jícama (EC509 y EC041) y surcos (central y laterales) para un total de (40 tratamientos por ciclo).

3.7.2. Rendimiento de raíces de jícama

El análisis estadístico para la determinación del rendimiento de raíces tuberosas de jícama para los dos ciclos de cultivo se realizó de acuerdo a un diseño de parcelas sub-sub-divididas considerando el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + A_j + \epsilon_{ij} + I_k + AI_{jk} + \epsilon_{ijk} + C_l + AC_{jl} + IC_{kl} + AIC_{jkl} + \epsilon_{ijkl}$$

Dónde:

Y_{ijkl} = Valor observado en la parcela de la i -ésima repetición, j -ésimo asocio; la k -ésima introducción; l -ésimo ciclo

μ = Media general

β_i = Efecto del bloque i

A_j = Efecto del asocio (sistema)

ϵ_{ij} = Error asociado a la parcela grande

I_k = Efecto de las introducciones (accesión)

AI_{jk} = Interacción asocio (sistema) por introducción
(accesión)

ϵ_{ijk} = Error asociado a la sub-parcela

C_i = Efecto del ciclo (épocas de siembra)

AC_{ji} = Interacción asocio (sistema) por ciclo (épocas de
siembra)

IC_{kl} = Interacción introducción (accesión) por ciclo
(épocas de siembra)

AIC_{jkl} = Interacción asocio, introducción, ciclo.

ϵ_{ijkl} = Error asociado a la sub-sub-parcela.

Los tratamientos para la evaluación del rendimiento al momento de la cosecha estuvo constituido por épocas de siembra (dos ciclos de cultivo), dos sistemas (asocio y monocultivo) y dos accesiones de jícama (EC509 y EC041), para un total de 8 tratamientos.

Dentro de cada parcela la distancia de siembra de la yuca fue de 2 m entre hileras y 1 m entre plantas, para una densidad de 5000 plantas/ha. En los espacios entre yuca se establecieron 3 hileras de jícama distanciadas entre sí por 0,40 m y entre plantas 0,20 m. La distancia de estas hileras con respecto a la yuca fue de 0,60 m. Con este arreglo la densidad de siembra para jícama fue de 75000 plantas/ha. Cada surco de yuca y jícama midió 5 m de largo, los cuales fueron constituidos por 6 plantas de yuca y 26 plantas de jícama, respectivamente con una unidad experimental de 30 m². La parcela útil de yuca consistió de 8 plantas en 16 m² y para el cultivo de jícama fue de 60 plantas en 8 m². Se establecieron 4 parcelas de observación de yuca en monocultivo con el fin de comparar (sin análisis estadístico) con los rendimientos en asocio.

3.8. Radiación solar

Para la medición de la transmisión solar a través de los diferentes estratos de los cultivos, se efectuaron lecturas de 10:00 a 11:00 am, cada 25 días, durante los dos primeros meses. Adicionalmente, se utilizaron datos de brillo solar proporcionados por la Estación Meteorológica del CATIE.

3.9. Variables analizadas

Las variables analizadas para la jícama fueron: número de botones florales, diámetro y longitud de las raíces, la cosecha de las raíces tuberosas de jícama se realizó a los 148 días después de la siembra para ambos ciclos de cultivo y las raíces de la yuca a los 301 días. Las raíces tuberosas de jícama se clasificaron en tres categorías: grandes (mayor a 500 g), medianas (300 g) y pequeñas (200 g). Adicionalmente, se consideró la forma de las raíces (redonda achatada y globulada o trompo), daños de raíces por insectos y pudriciones; agrietadas, malformadas y con defectos y el contenido de proteína cruda de las raíces.

Las variables analizadas para la yuca fueron: altura de la planta, altura de la horqueta, distancia de los entrenudos, número de raíces por planta, daños por insectos y pudriciones de raíces, clasificación de las raíces comerciales y no comerciales, diámetro y longitud de las raíces. Las variables a la cosecha fueron: peso fresco de la parte aérea y raíces, peso seco de tallos, hojas, raíces y proteína cruda de las raíces.

3.10. Extracción de nutrientes en el sistema asociado

Mediante los resultados de análisis químico de suelos realizados por el Laboratorio de suelos del CATIE, se determinó el pH, acidez extraíble, K, Ca, Mg, P y materia orgánica del suelo.

3.11. Índice Equivalente de la Tierra (IET)

Este índice determina la superficie que habría de emplearse bajo el sistema de monocultivo para obtener una producción equivalente a la obtenida con el sistema asociado. La ecuación que lo expresa es la siguiente:

$$IET = I_y + I_j = (A_j/M_j) / (A_y/M_y)$$

Dónde:

I_y = IET individual del cultivo de jícama

I_j = IET individual del cultivo de la yuca

A_j = Rendimiento promedio de la jícama asociada

A_y = Rendimiento promedio de la yuca asociada

M_j = Rendimiento promedio de la jícama en monocultivo

M_y = Rendimiento promedio de la yuca en monocultivo

Este índice se calculó tomando en cuenta los rendimientos de las dos épocas de cultivo del experimento.

3.12. Tasa de Competencia del Cultivo (TCC)

La tasa de competencia de cultivo (TCC), ayuda a la evaluación del grado de competencia entre los cultivos asociados, permite establecer si un cultivo es un mejor o peor competidor que el otro en una asociación, (Leihner, 1983). Se utiliza la siguiente fórmula:

$$TCJ = (A_j/M_j) \div (A_y/M_y)$$

Dónde:

- A_j = Rendimiento de la jícama en asociación
 M_j = Rendimiento de la jícama en monocultivo
 A_y = Rendimiento de la yuca en asociación
 M_y = Rendimiento de la yuca en monocultivo

3.13. Análisis estadístico

Para las variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de jícama y yuca, se realizó un análisis de varianza correspondiente a un diseño de parcelas sub-divididas en bloques completos al azar. Se hizo un análisis de regresión para las variables que presentaron diferencias estadísticas significativas para fecha y para las interacciones con fechas de crecimiento. Después de realizar el análisis correspondiente, se procedió a efectuar la comparación múltiple de medias con base a la prueba de Tukey y Duncan, para los efectos principales, excepto para fechas, que fueron significativas.

El análisis de los datos se realizó con el uso del Statistical Analysis System (SAS) para microcomputadoras (SAS/STAT, 1994).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Condiciones climáticas generales

La distribución de lluvias y la disponibilidad de agua durante el período experimental se muestran en la Figura 2. La distribución fue diferente durante los dos ciclos en que se desarrolló la jícama. El primer ciclo, recibió una precipitación total de 1396 mm; mientras que en el segundo ciclo la jícama sólo recibió 506 mm. A pesar de la diferencia marcada de precipitación en ambos ciclos, éstas pueden considerarse dentro de los parámetros de tolerancia en humedad que poseen tanto la jícama y la yuca, como reporta Sorensen, (1990).

4.2. Condiciones de fertilidad y textura del suelo

Los resultados de las condiciones químicas y físicas del área donde se estableció el experimento, fueron extraídos del primer muestreo de suelos, 15 días antes de la siembra y se caracterizó por tener un pH de 5, una acidez extraíble de 1,08 meq/100 ml de suelo, materia orgánica de 13,3%, y un contenido de nitrógeno de 0,55%, siendo un suelo franco. El contenido de macronutrientes y micronutrientes se muestran en el Cuadro 3A. Como práctica cultural se incorporaron los residuos vegetales (follaje) de la jícama en todas las parcelas, después de las evaluaciones periódicas y de la cosecha final de las raíces, durante el ciclo de la yuca. En el análisis de suelo realizado nuevamente a los 361 días después de la siembra, todas las parcelas sin excepción presentaron una textura franco-arcillosa. Este resultado muestra que la textura del suelo ha mejorado después de la cosecha de ambos cultivos, por consiguiente el sistema de asocio de cultivos como indica Morera, (1994) contribuye a la conservación de las características físicas del suelo.

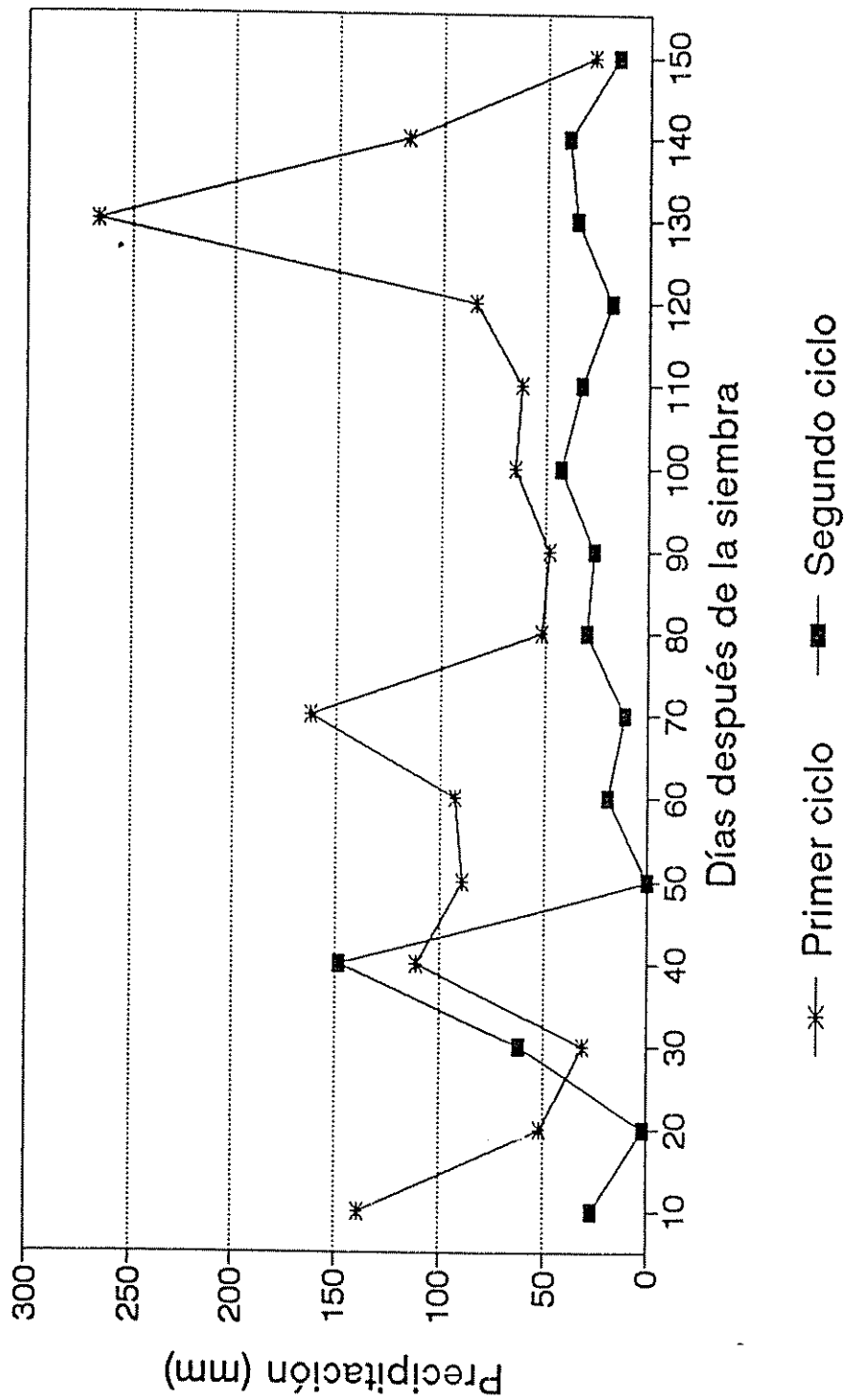


Figura 2. Distribución de la precipitación durante los dos períodos de cultivo de la jícama. CATIE, 195.

Durante el periodo del ensayo se observo una tendencia en la disminuci3n del pH y fue notorio en las parcelas asociadas con la yuca. El contenido de P se increment3 en todas las parcelas en un 36,2% como promedio; las parcelas asociadas presentaron valores m3s altos especialmente la parcela con la accesi3n EC509 y yuca, con un incremento de 39%. El contenido de Ca en su mayor parte present3 una disminuci3n; excepto, en la parcela con la accesi3n EC509 y yuca que aument3 en un 85%. El contenido de N en todas las unidades asociadas y no asociadas aument3 en 8,3% en promedio, siendo las unidades de jícama sin yuca con valores m3s altos (5,6%). Gallegos, (1976) indica que un cultivo asociado con yuca necesita suplementos adicionales de K y N para tener rendimientos altos.

El contenido de K en el suelo disminuy3, principalmente en las asociaciones con yuca, con un decrecimiento de 80,8% como promedio. En este caso, al no aplicarse suplemento alguno, el K probablemente fue absorbido en gran parte por la yuca pero el incremento en el nivel de N en el suelo puede ser producto del nitr3geno fijado por la jícama. Estudios realizados en CIAT, (1981), Farisch *et al* , (1983), Baruch y Fischer, (1991) y Hall (1974), quienes indican que a pesar de la fuerte competencia entre los cultivos asociados con gramíneas y leguminosas, estas 3ltimas responden pobremente a una fertilizaci3n o fuerte presencia de N en el suelo, por su condici3n fijadora. Los micronutrientes Cu, Zn tambi3n sufrieron cambios negativos, reduci3ndose en orden de 28 y 57,1%, respectivamente. Al respecto se puede explicar que la reducci3n del nivel inicial puede ser a causa de la competencia interespecífica e intraespecífica de la yuca y la jícama por la absorci3n de nutrientes del suelo (Gates, 1980). El Mn quiz3 fue el elemento que mayor incremento mostr3 en todas las unidades, desde 6,8 a 18,40 mg/l; es decir, 270% mayor al nivel inicial. Este punto, es discutible por tener el Mn un aumento considerable y donde las causas no est3n claras en el presente ensayo.

La materia orgánica en todo el ensayo, después de 178 días tuvo un incremento de 10%, siendo las parcelas asociadas las unidades con un valor promedio de 0,77% y las unidades de jícama sin yuca presentaron un incremento de 2,9%. Esta situación de relativo equilibrio de materia orgánica en el suelo puede ser producto de la incorporación de la parte aérea como abono verde en el suelo (Schoreder, 1967). Sin embargo, el análisis realizado a los 361 días muestra una reducción promedio para todas las parcelas del orden de 0,53%; en las unidades con yuca y la accesión EC509 de jícama se mantuvo el nivel inicial.

4.3. Incidencia de plagas y enfermedades

Durante el período experimental se ha podido observar sobre el follaje de la yuca, la presencia de manchas amarillas y blancas, causadas por *Cercospora caribae*, las cuales no provocaron daños de mayor importancia, para prevenir y controlar se utilizó el fungicida benomil (Benlate). En las accesiones de jícama se presentó principalmente en la primera fase del primer ciclo, el ataque de coccinélidos del género *Diabrotica* spp., causando perforaciones en el follaje, los daños fueron de poca magnitud. La presencia de manchas marrones y rojizas que se observaron fueron causadas por *Colletotrichum pachyrhizi*.

4.4. Incidencia de la radiación solar

La incidencia de la radiación solar recibida por el cultivo de la yuca y las dos accesiones de jícama se muestran en la Figura 3. Al inicio del primer ciclo ambos cultivos recibieron un 100% de la radiación solar activa al momento de máxima biomasa de la jícama. La yuca, por su estructura arbórea y amplio follaje redujo la penetración de la radiación solar sobre ambas accesiones en 72,6 (EC509) y 63,6% (EC041).

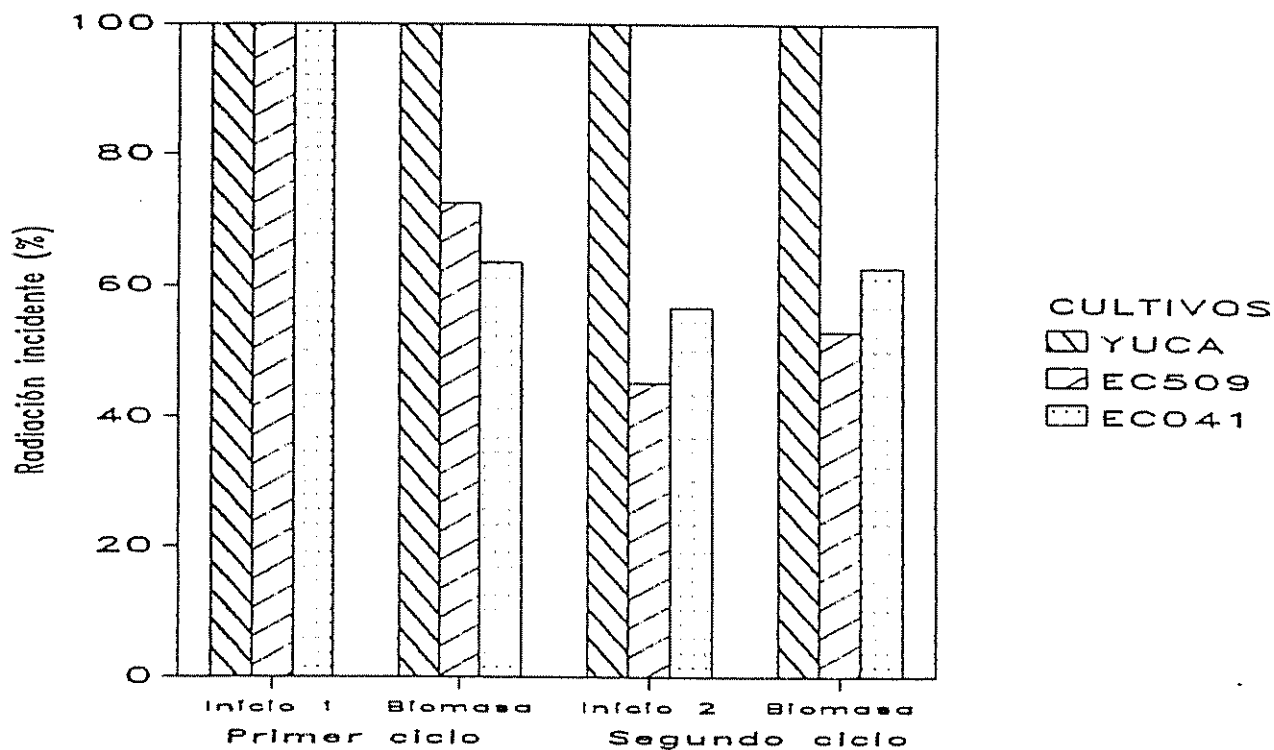


Figura 3. Radiación fotosintéticamente activa y efecto del cultivo de yuca sobre dos accesiones de jícama. CATIE, 1995.

Al inicio del segundo ciclo la yuca siguió recibiendo el 100% de la radiación solar, en tanto que las accesiones de jícama redujeron aun más su percepción de radiación a valores de 45,2 y 56,6%, respectivamente. Al momento de máxima biomasa de la jícama, estos aumentaron hasta 53 y 62,8% cada uno; probablemente se debe en parte a que la yuca en su última fase de crecimiento presentó una defoliación parcial del follaje. Este fenómeno fue estudiado por Alberda, (1962), Hudson, (1967); Acebedo, (1975) y Beets, (1982), quienes demostraron que al inicio del desarrollo de los cultivos asociados la radiación incidente sobre ellos, en su mayor parte es absorbida por el suelo y a medida que ambos cultivos se desarrollan, uno de ellos, en este caso la yuca, es predominante e intercepta la radiación solar con mayor facilidad, por tener una mejor arquitectura; estas intercepciones también son afectados por la formación de gradientes espaciales específicos y los ciclos diarios.

La competencia por la luz en este sistema asociado demuestra que entre cultivos sembrados en forma simultánea y otro ya establecido puede ser diferente y la luz puede ser un factor limitante para la asociación (Leihner, 1983). Sin embargo, al final del ciclo vegetativo, la yuca intercepta menos, que durante su fase más activa de crecimiento lo que permite la producción de un cultivo asociado. Por otra parte se observa, que la jícama asociada tiende a mantener su ciclo vegetativo en ambos ciclos cultivados, lo que indica que tiende a retrasar su crecimiento y la acumulación de materia seca es lenta. Lizárraga (1976), Salez (1984), Elmore y Jackobs (1984), Baruch y Fisher (1991) indican que cultivos asociados de porte predominante y especies C4 reducen el rendimiento de los otros cultivos con las cuales comparten el mismo substrato.

Por otra parte, es apropiado señalar que tanto las siembras y las cosechas en el ensayo experimental fueron

realizadas en días de fotoperíodo diferente. La siembra simultánea de la yuca y jícama se efectuaron en un período de días más cortos y el primer ciclo concluyó dentro de esta misma longitud. Por el contrario, el segundo ciclo inició su desarrollo (Figura 1) en días más cortos y terminó en días más largos. Estas variaciones en la longitud del fotoperíodo tuvo influencia sobre la fisiología de los cultivos y la jícama presentó un brote más pequeño en el segundo ciclo debido a que el desarrollo de las raíces compitió con el desarrollo de las partes aéreas como reportaron Zinsou y Venthou-Dumaine, (1988) y Steponkus, (1981).

4.5. Comportamiento agronómico

4.5.1. Desarrollo y crecimiento de la jícama

El análisis de varianza para los datos de muestreo del primer ciclo y segundo ciclo de la jícama se presentan en el Cuadro 5A y 6A, respectivamente. El Cuadro 7A y 8A presenta las ecuaciones de regresión para las interacciones de cada variable por ciclo. El peso fresco del follaje de la jícama tanto en monocultivo como en asocio con yuca presentaron un modelo cuadrático (Figura 4). Inicialmente, el peso fresco del follaje aumentó rápidamente y luego disminuyó después de los 105 días. El efecto de la competencia por luz de la yuca fue muy evidente después de los 90 días de la siembra; ya que la diferencia del peso fresco del follaje entre sistemas aumentó con el tiempo; a los 135 días esta diferencia fue de 22 g/planta a favor de la jícama en monocultivo lo cual fue significativo. El peso fresco y seco de raíces siguió un modelo lineal en ambos sistemas; se presentó un incremento en el peso a medida que transcurrieron los días después de la siembra. El aumento en peso fresco y seco fue mayor en monocultivo que en asocio con yuca a partir de los 90 días alcanzando una diferencia máxima de peso entre sistemas a los 135 días (Figuras 5 y 6). Los valores observados en ambos sistemas a los 75 y 90 días son prácticamente iguales,

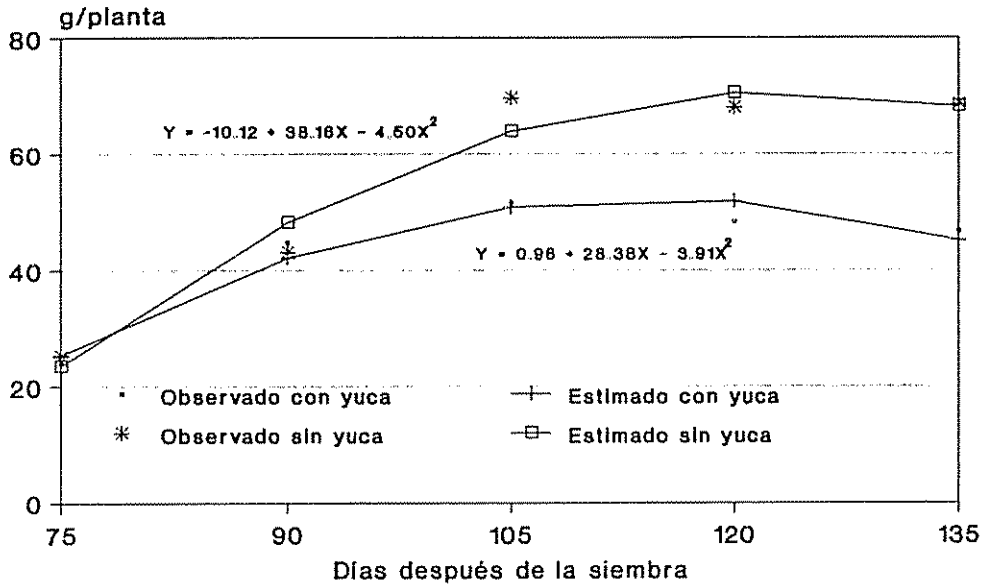


Figura 4. Relación entre peso fresco del follaje y días después de la siembra de jícama en monocultivo y en asocio con yuca (primer ciclo). CATIE, 1995.

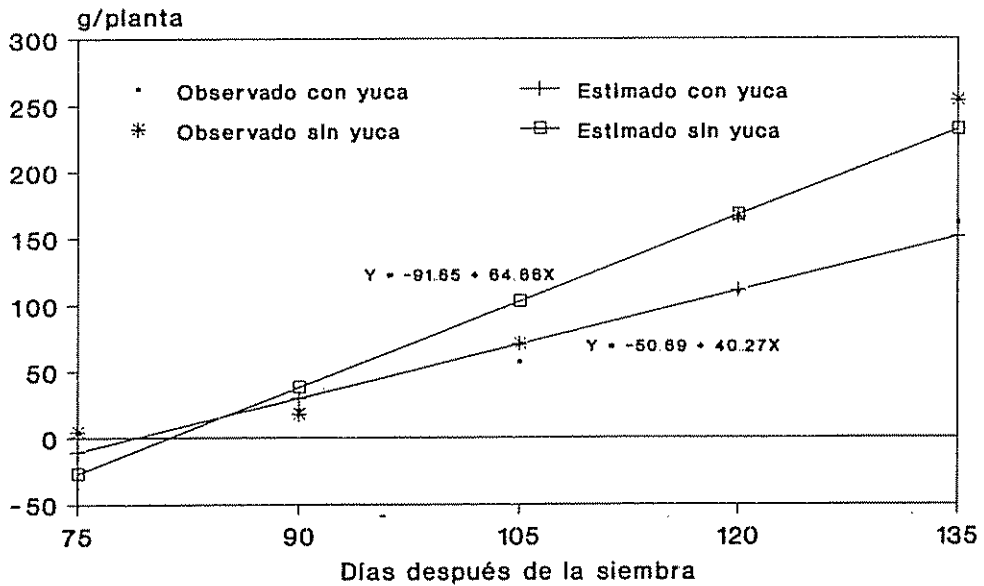


Figura 5. Relación entre peso fresco de raíces y días después de la siembra de jícama en monocultivo y en asocio con yuca (primer ciclo). CATIE, 1995.

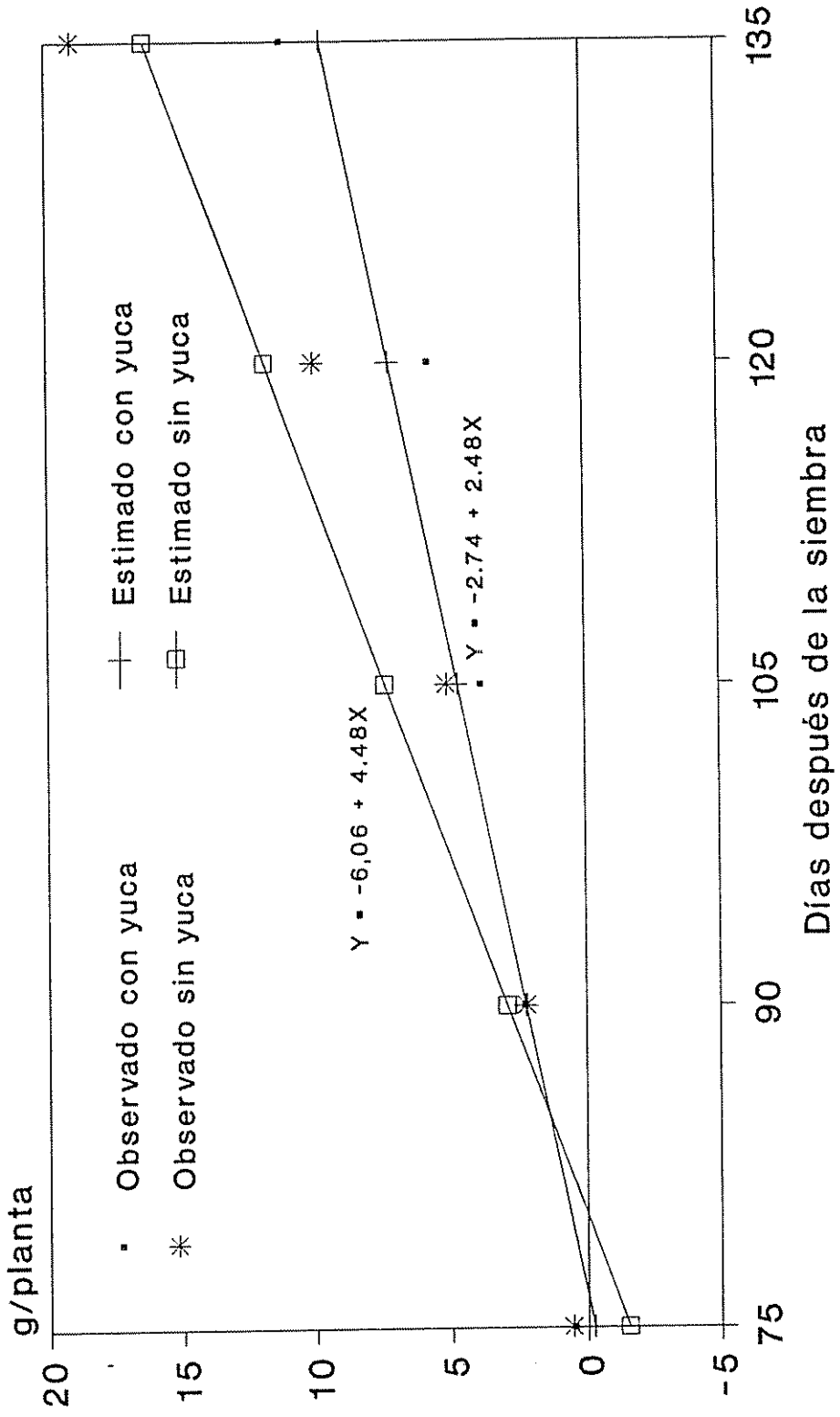


Figura 6. Relación entre peso seco de raíces y días después de la siembra de jicama en monocultivo y en asocio con yuca (primer ciclo). CATIE, 1995.

lo que significa que las diferencias reales ocurren a partir de los 105 días. Este comportamiento se observó también para el diámetro de raíces; sin embargo, el modelo ajustado presentó una diferencia entre sistemas a partir de los 105 días después de la siembra (Figura 7).

El peso seco del follaje por accesión en monocultivo se presenta en la Figura 8 y muestra un modelo cuadrático para la accesión EC509 y lineal para la accesión EC041. Inicialmente el crecimiento (peso del follaje) fue mayor en la accesión EC509 pero después de los 120 días disminuyó (efecto cuadrático). Durante los 75 días el peso seco del follaje por accesión es similar. Es probable que la accesión EC041 tiene mayor eficiencia del uso de radiación. La competencia entre plantas en la accesión EC041 ocurrió más tardíamente ya que presentó un hábito de crecimiento semierecto en comparación con la accesión EC509; la cual presentó un hábito de crecimiento totalmente rastrero que implica mayor competencia por espacio y luz en la etapa inicial de crecimiento.

En la variable peso seco de raíces y la interacción fecha por accesión (Figura 9) también se observa y se confirma que inicialmente (75 a 90 días) ambas accesiones presentan similar peso, pero posteriormente (después de los 105 días) la accesión EC041 supera a la accesión EC509; esto indica que existe una diferencia genética entre ambas accesiones para estas variables de peso seco.

La longitud de raíces no presentó interacción. El análisis de regresión indicó un modelo lineal aumentando de 4 a 7 cm/raíz de los 75 a los 135 días después de la siembra, respectivamente Figura 10. Esta variable presentó diferencias estadísticas significativas entre accesiones y sistemas.

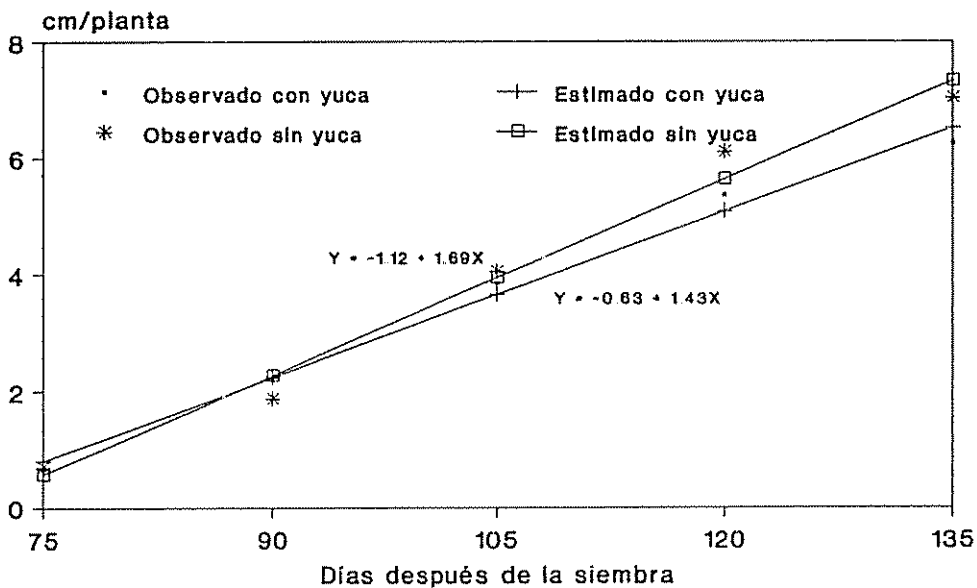


Figura 7. Relación entre diámetro de raíces y días después de la siembra de jícama en monocultivo y en asocio con yuca (primer ciclo). CATIE, 1995.

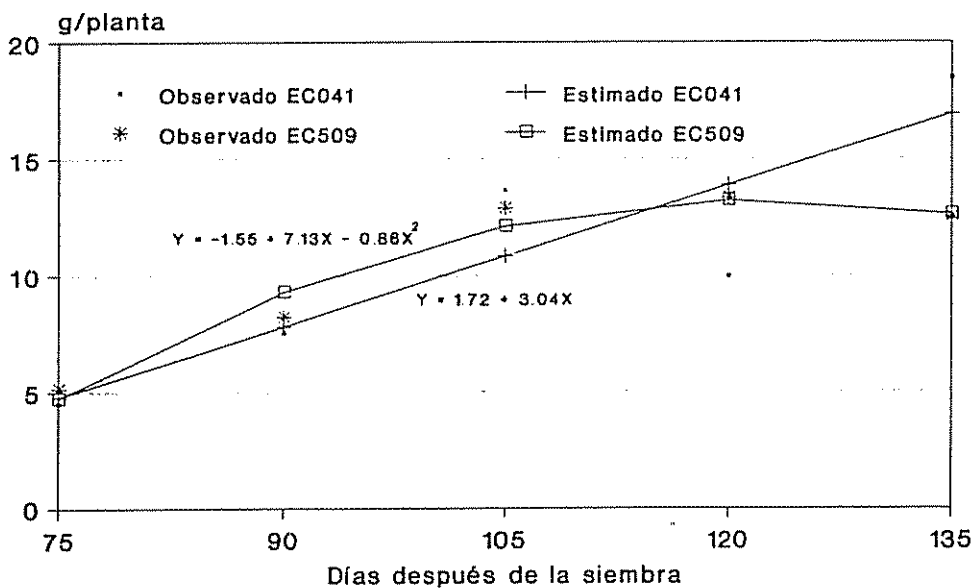


Figura 8. Relación entre peso seco del follaje por accesión y días después de la siembra de jícama en monocultivo (primer ciclo). CATIE, 1995.

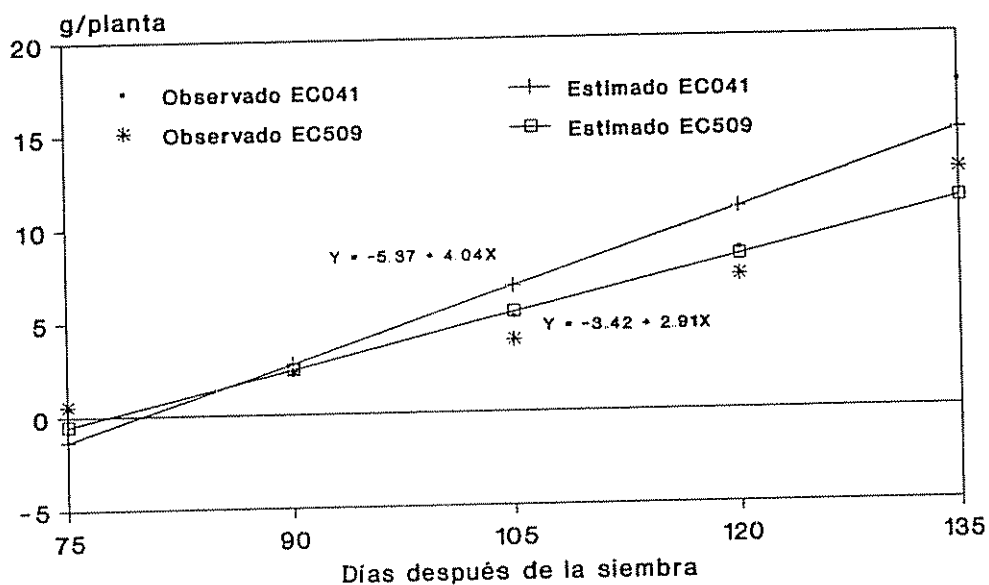


Figura 9. Relación entre peso seco de raíces por accesión y días después de la siembra de jícama (primer ciclo). CATIE, 1995.

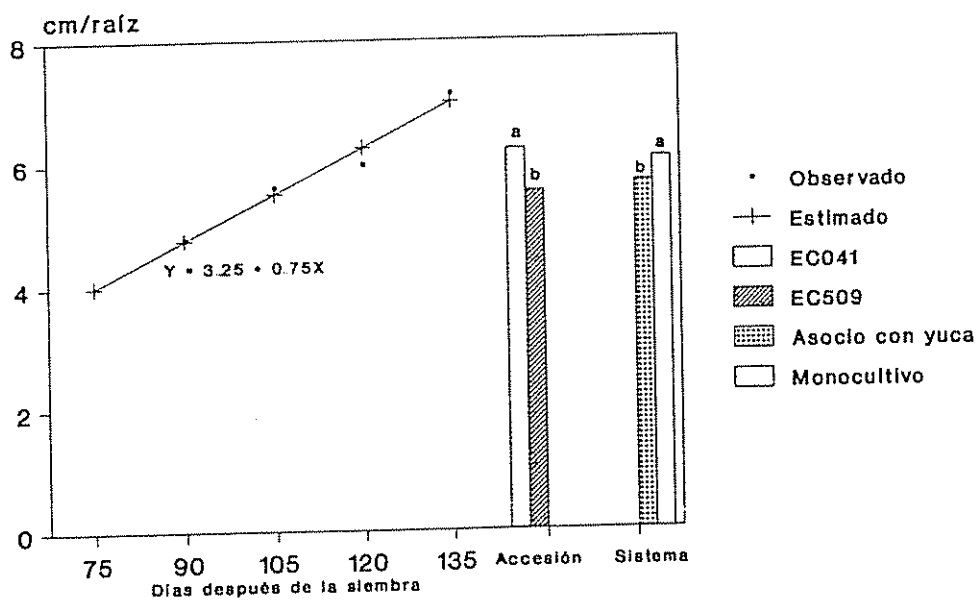


Figura 10. Longitud promedio de raíces de jícama por fecha, por accesión y por sistema (primer ciclo). CATIE, 1995.

El mejor promedio fue para la accesión EC041 (6,22 cm/raíz) en comparación con la accesión EC509 (5,52 cm/raíz) y el promedio para sistema fue el monocultivo (6,06 cm/raíz) con respecto al asocio con yuca (5,67 cm/raíz) (Cuadro 9A).

En el segundo ciclo (Cuadro 8A) se presentó triple interacción ($p < 0.01$) para peso fresco y seco del follaje. La comparación entre estos pesos por sistema y por surco se presentan en las Figuras 11 y 12. En todos los casos, se encontró un modelo lineal; excepto el peso fresco del follaje del surco central en monocultivo que resultó con modelo cuadrático. En general, el peso fresco y seco del follaje fue más alto en el sistema de monocultivo que en asocio con yuca.

La tendencia es un incremento en los pesos a medida que aumentan los días después de la siembra; sin embargo, en el surco central este incremento fue superior con respecto a los surcos laterales cuando las plantas de jícama se encuentran asociadas con la yuca. Lo contrario (mayor aumento de peso en los surcos laterales) sucedió cuando las plantas de jícama se encontraban en monocultivo. Al inicio, cuando el efecto de la sombra de yuca fue mínimo, los pesos por surco fueron similares, pero a medida que las plantas de yuca proyectan más sombra, los surcos laterales (más próximos a la yuca) aumentaron en menor grado su peso con respecto al surco central, menos sombreado (Figuras 11 y 13). Esta diferencia entre surcos no fue significativa en el primer ciclo, probablemente porque la competencia por luz en los surcos laterales de jícama no fue muy intensa en la primera fase de crecimiento de la yuca.

En el caso de la jícama en monocultivo el peso fresco y seco fue mayor en los surcos laterales debido a una menor competencia (efecto de borde) en relación al surco central con competencia completa (Figuras 12 y 14). En el primer ciclo el

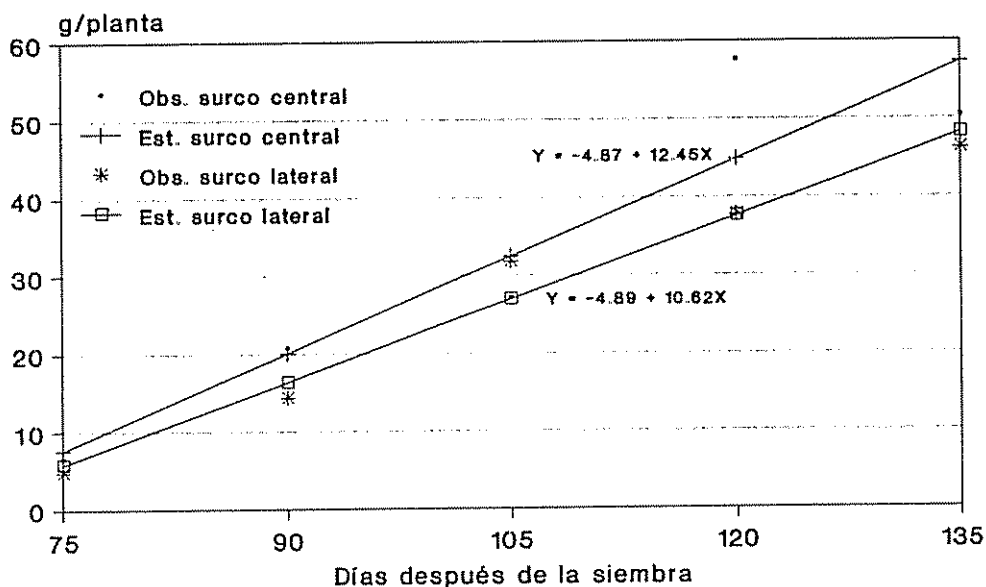


Figura 11. Relación entre peso fresco del follaje por surco y días después de la siembra de jícama en asocio con yuca (segundo ciclo). CATIE, 1995.

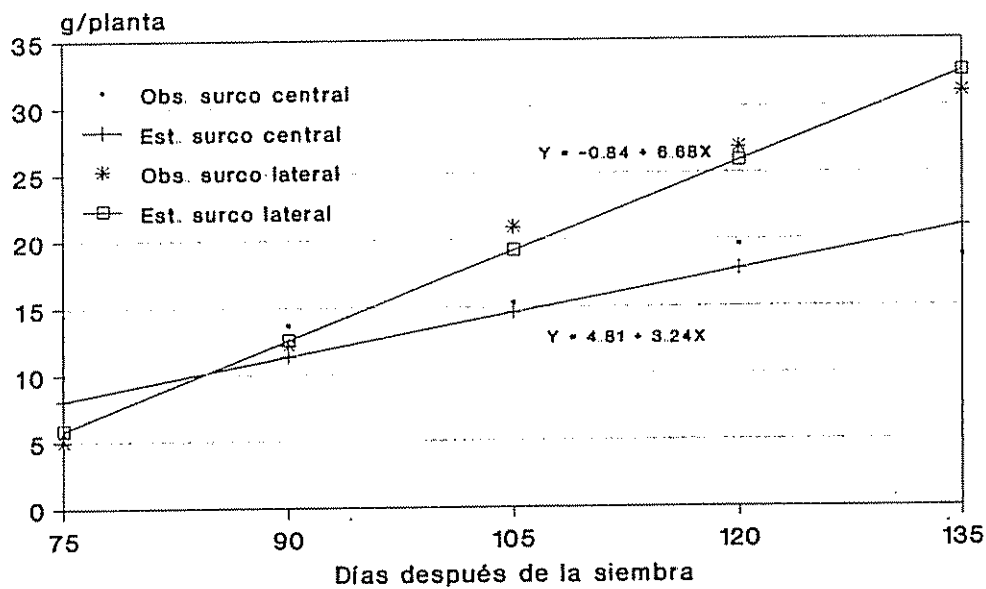


Figura 12. Relación entre peso seco del follaje por surco y días después de la siembra de jícama en monocultivo (segundo ciclo). CATIE, 1995.

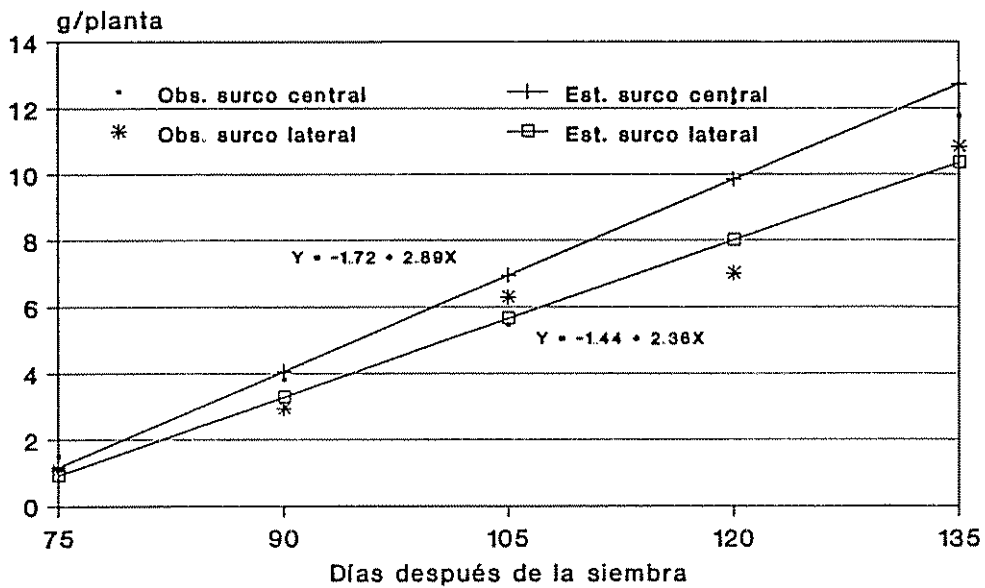


Figura 13. Relación entre peso seco del follaje por surco y días después de la siembra de jícama en asocio con yuca (segundo ciclo). CATIE, 1995.

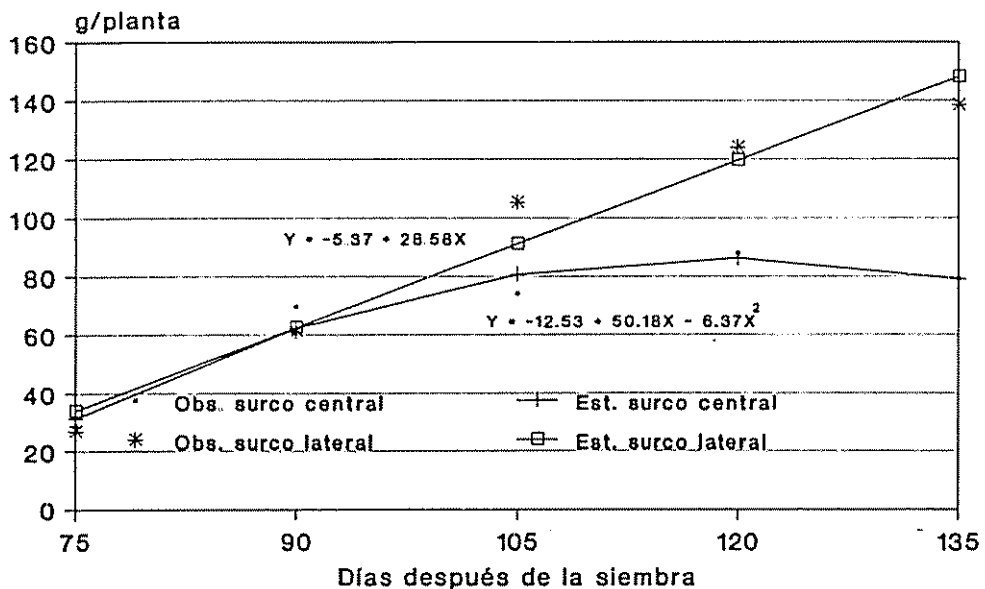


Figura 14. Relación entre peso fresco del follaje por surco y días después de la siembra de jícama en monocultivo (segundo ciclo). CATIE, 1995.

análisis de varianza no indicó ninguna diferencia estadística entre surcos; sin embargo, los promedios de peso fresco y seco de follaje y raíces fueron levemente superiores en los surcos laterales (Cuadro 9A) confirmando el efecto borde observado en el segundo ciclo.

Es importante aclarar, que en las parcelas asociadas con yuca, la distancia entre plantas de jícama entre parcelas contiguas fue de 1,20 m, esto significa que posiblemente hubo poca competencia entre estas.

Los surcos también presentaron interacción por sistema para los pesos de raíz (fresco y seco). Mediante la prueba de t únicamente se obtuvo diferencia significativa entre surcos en asocio con yuca para el peso fresco (Cuadro 11A). Esta interacción se observa claramente en las Figuras 15 y 16 donde, en el sistema asociado con yuca, el surco central presentó mayor peso fresco y seco de raíz que el surco lateral, pero menor peso cuando fue en monocultivo. Este resultado es producto de la sombra de yuca en el asocio y a la menor competencia en los surcos laterales (bordes) del monocultivo. En estas Figuras también es claro que en monocultivo el crecimiento de las plantas fue mayor que en el asocio.

El diámetro de la raíz presentó interacción entre surco y accesiones. En la accesión EC041 el surco central mostró mayor diámetro que los surcos laterales a los 75 y 90 días después de la siembra pero a partir de los 105 días fue menor. Nuevamente las plantas de los surcos laterales, sin competencia en los bordes, se vieron favorecidas en su crecimiento (Figura 17). En la accesión EC509 el comportamiento fue inverso; a partir de los 105 días el diámetro de la raíz fue mayor en el surco central (Figura 18). Es probable que en esta accesión la sombra de yuca en el asocio afectó mucho los surcos laterales (menor crecimiento) con respecto al surco central de manera que

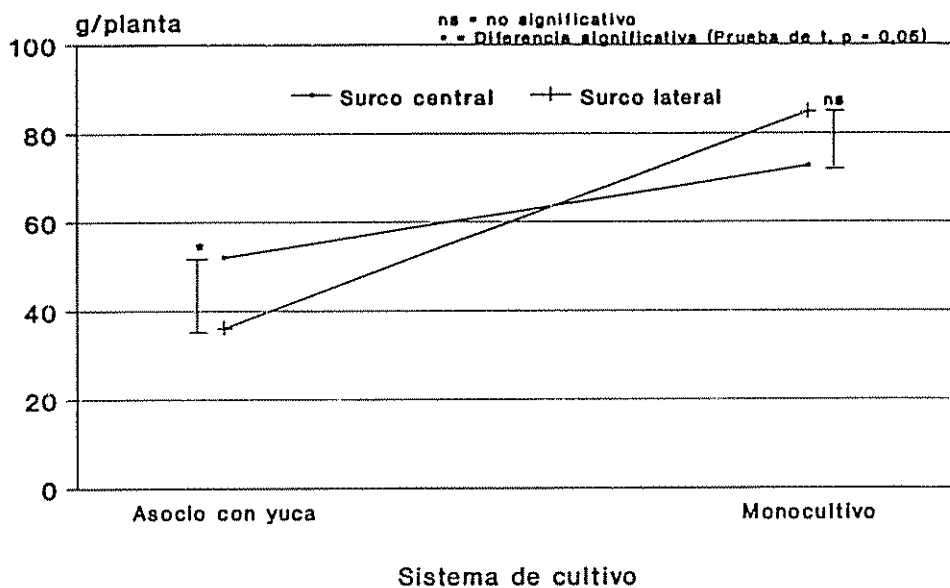


Figura 15. Relación entre el peso fresco de la raíz por surco y días después de la siembra de jícama en asocio con yuca y monocultivo (segundo ciclo). CATIE, 1995.

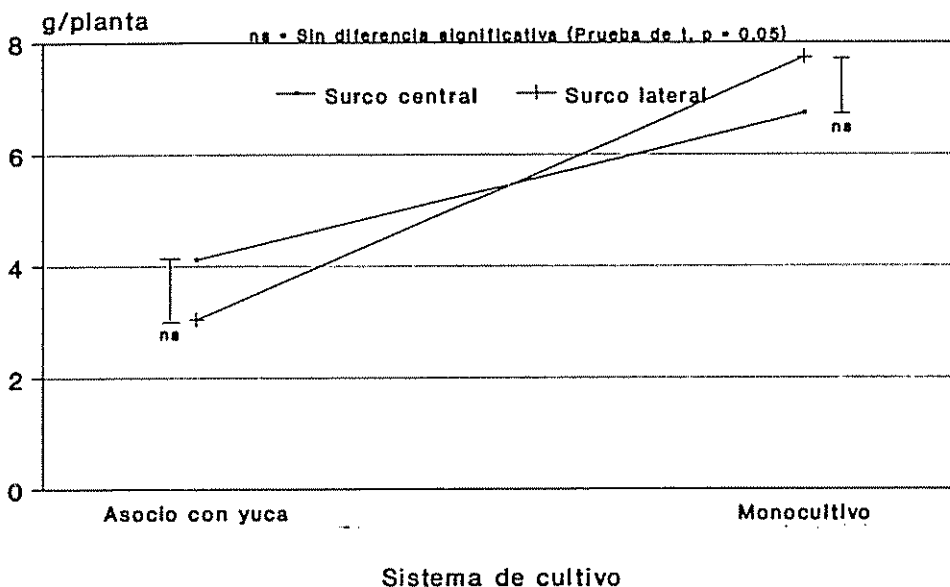


Figura 16. Relación entre el peso seco de la raíz por surco y días después de la siembra de jícama en asocio con yuca y monocultivo (segundo ciclo). CATIE, 1995.

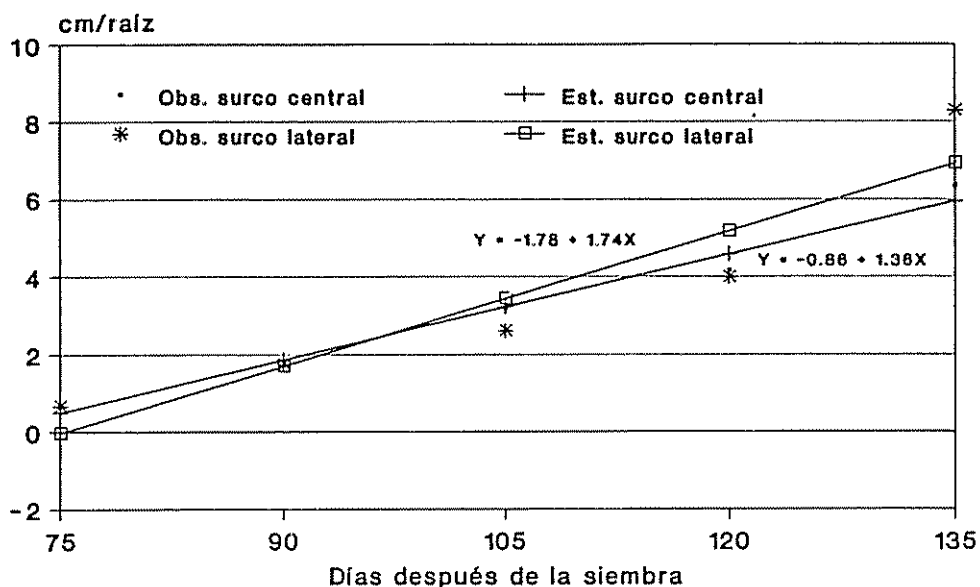


Figura 17. Relación entre diámetro de la raíz por surco y días después de la siembra de la accesión EC041 (segundo ciclo). CATIE, 1995.

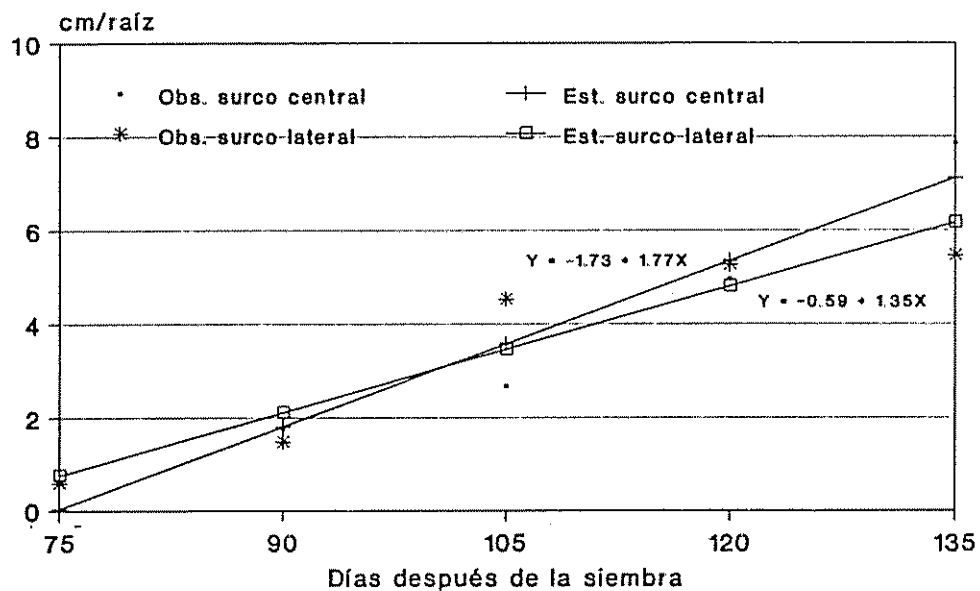


Figura 18. Relación entre diámetro de la raíz por surco y días después de la siembra de la accesión EC509 (segundo ciclo). CATIE, 1995.

al promediar sistemas (asocio + monocultivo) para obtener el efecto (promedio) de los surcos se reflejó finalmente con esta ventaja para el surco central.

Las diferencias de diámetro de raíz entre surcos en cada fecha fueron pequeñas para los valores ajustados o estimados pero se observan mayores diferencias en los valores reales u observados, principalmente a los 135 días (Figuras 17 y 18). En algunos casos los valores ajustados y los observados presentaron una relación inversa; por ejemplo, a los 105 días, en la accesión EC509, el diámetro observado del surco central fue inferior a los surcos laterales pero fue superior en el valor ajustado. El incremento de diámetro de raíz fue muy similar en ambas accesiones (coeficiente de regresión lineal similar).

La interacción del peso fresco y seco de las raíces por sistema resultó muy semejante a la interacción observada en el primer ciclo aunque los pesos fueron ligeramente inferiores en el segundo ciclo (Figuras 19 y 20). Después de los 90 días la diferencia de pesos entre el asocio con yuca y en monocultivo fue mayor hasta llegar a una máxima diferencia a los 135 días. En esta fecha la diferencia entre sistemas para peso fresco fue de 207,1 g/planta (Figura 19 y 20) y para peso seco fue de 15,1 g/planta.

El peso seco de raíces también presentó interacción por accesión. La regresión fue lineal para cada accesión y el resultado fue bastante similar a la misma interacción encontrada en el primer ciclo. A los 75 días la accesión EC509 superó ligeramente en peso seco a la accesión EC041 y posterior a los 105 días la accesión EC041 mostró una diferencia de peso a favor a medida que transcurrió el tiempo (Figura 21). Este resultado permite indicar que la accesión EC041 fue más precoz y genéticamente superior en peso seco de raíces que la accesión

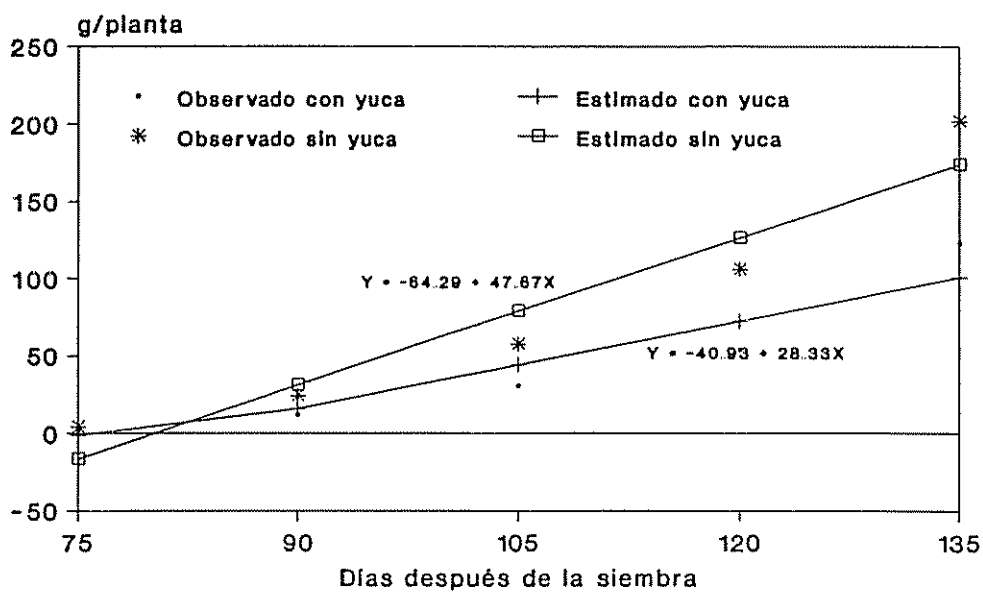


Figura 19. Relación entre peso fresco de raíces y días después de la siembra para jícama en monocultivo y en asocio con yuca (segundo ciclo). CATIE, 1995.

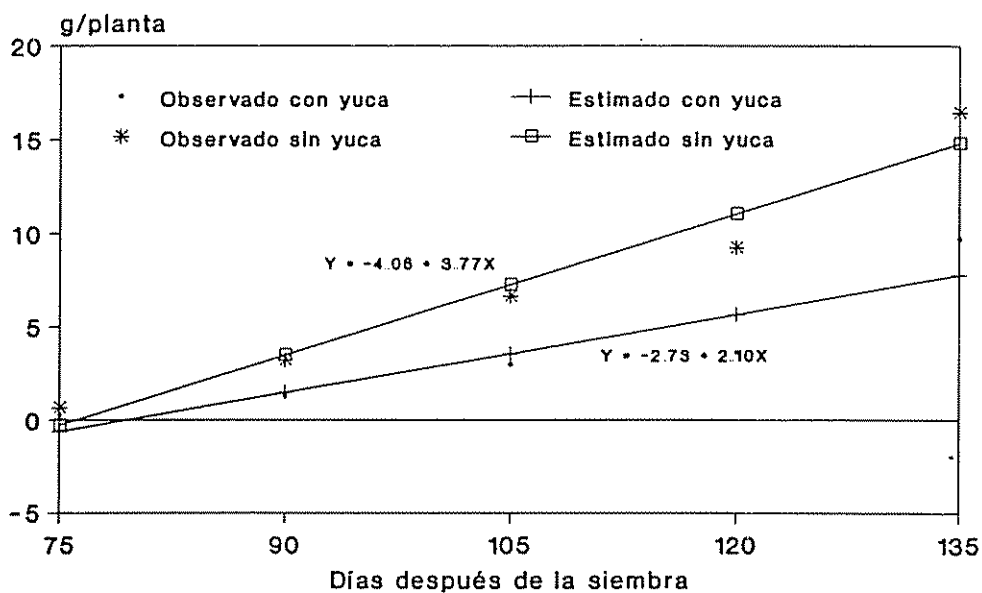


Figura 20. Relación entre peso seco de raíces y días después de la siembra para jícama en monocultivo y en asocio con yuca (segundo ciclo). CATIE, 1995.

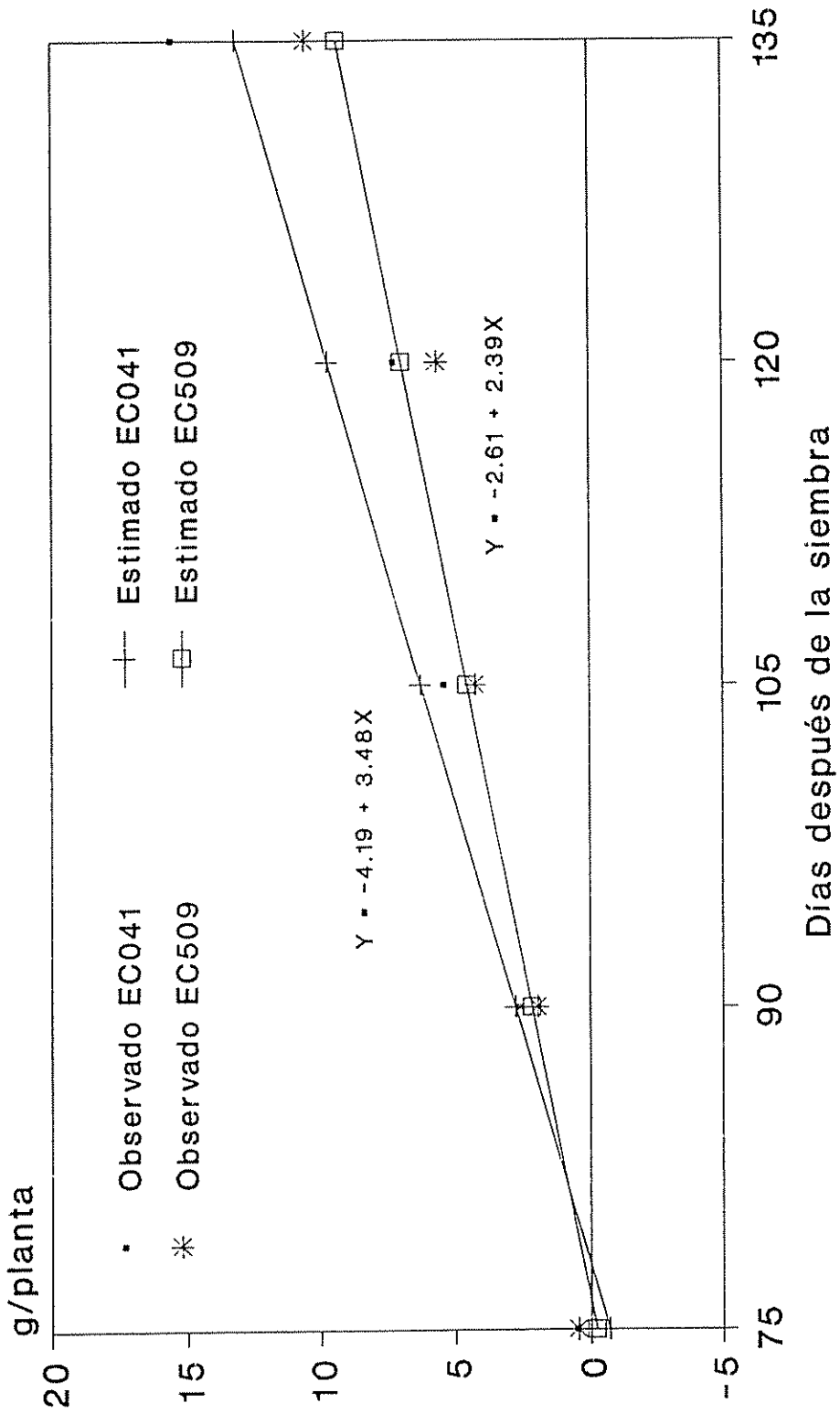


Figura 21. Relación entre peso seco de raíces por accesión y días después de la siembra de jícama (segundo ciclo). CATIE, 1995.

EC509. Para el peso seco del follaje por accesión en monocultivo del primer ciclo se presentó un resultado similar (Figura 8). El tiempo analizado en este estudio correspondió al período para obtener raíces frescas comerciales de jícama y no al período de madurez fisiológica de la planta, que es más largo. Esto significa, que si prolongamos el estudio de estas variables durante el ciclo completo de la planta se obtendría un crecimiento curvilíneo, en vez de la regresión lineal encontrada para la mayoría de las variables evaluadas. El sombreado de la yuca en el segundo ciclo fue menor que en el primer ciclo.

4.5.2. Número de botones florales por inflorescencia

En la Figura 22, se observa que el número de botones florales formados en el sistema monocultivo fue superior a los formados en el sistema asociado con yuca para ambas accesiones; sin embargo, en la interacción la accesión EC041 fue superior que la accesión EC509 cuando el sistema fue en asocio pero fue inferior en monocultivo. Aparentemente, la accesión EC509 fue más afectada por la sombra de yuca que la accesión EC041. En el segundo ciclo de cultivo se formaron 45,9 botones florales en comparación (diferencia estadística) con 37,4 botones en el primer ciclo. Similares resultados fueron obtenidos por Márquez, (1992); quién señala que la accesión EC041 registró un promedio "escaso" de botones florales variando entre 21 y 30 por inflorescencia. En tanto que la accesión EC509 registró un promedio de tipo "moderado"; que sobrepasa el promedio de 40 botones florales por cada inflorescencia.

La accesión EC509 muestra que genéticamente tiene mayor capacidad de producción de flores que la EC049. Es importante este tipo de germoplasma para la producción de semilla con fines de explotación de la rotenona.

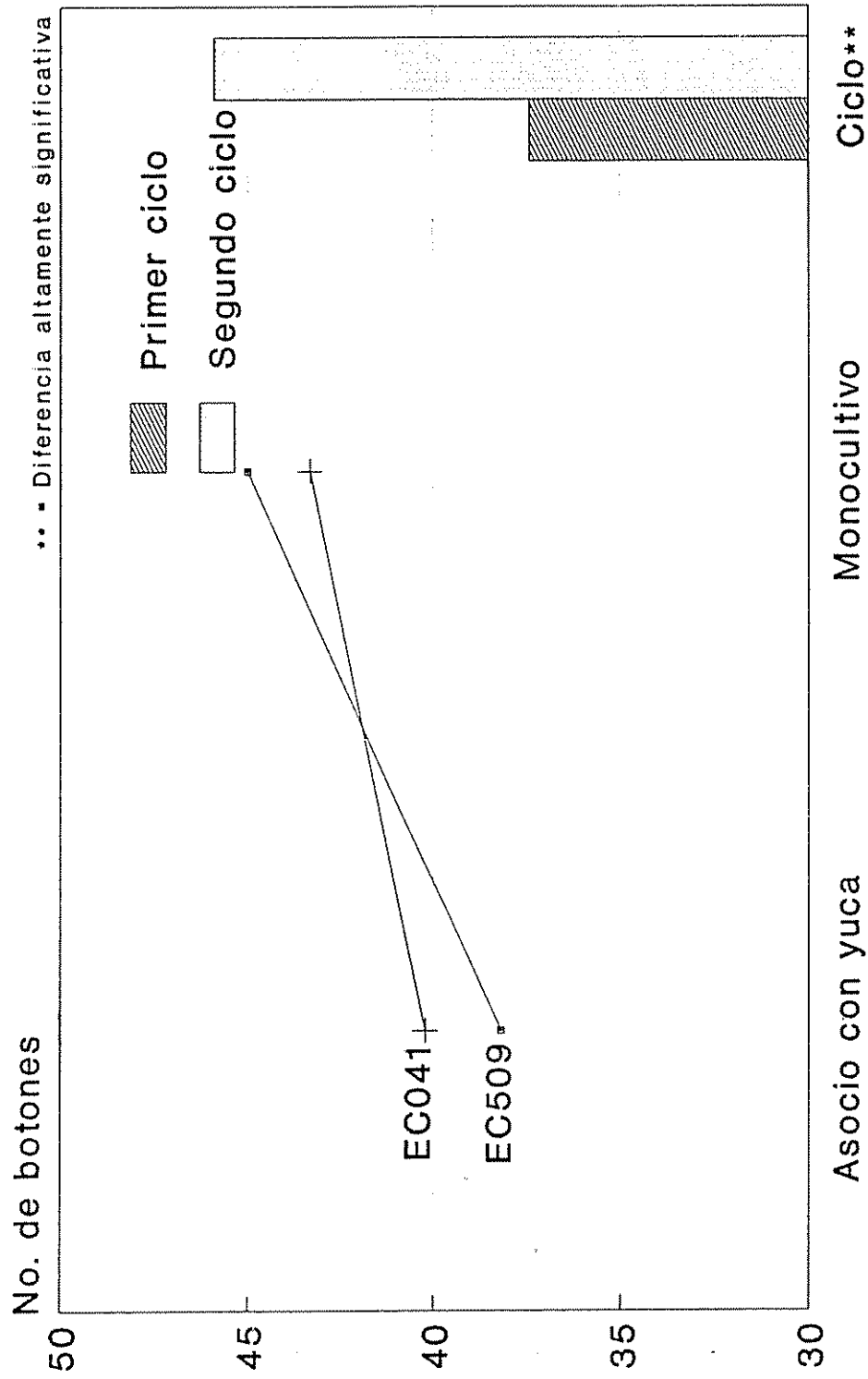


Figura 22. Número de botones por inflorescencia para la interacción sistema por accesión y comparación de ciclos. CATIE, 1995.

4.5.3. Peso fresco y seco del follaje de jícama

El peso fresco y seco del follaje de jícama presentó una respuesta similar. Presentó interacción de ciclo por sistema y diferencias estadísticas significativas para ciclos y sistemas (Cuadros 13A y 14A). En las Figuras 23 y 24 se observa que la interacción (ciclo por sistema) fue un cambio de magnitud en vez de un cambio de dirección en la respuesta. Tanto el peso fresco como el peso seco del follaje de jícama en monocultivo fueron superiores al sistema asociado en ambos ciclos, pero la diferencia entre sistemas fue menor en el primer ciclo. En el primer ciclo la diferencia fue 1,7 veces más en monocultivo con respecto a 2,8 veces más peso en el segundo ciclo. En total el peso fresco del follaje en el primer ciclo fue de 3595 Kg/ha y en el segundo ciclo de 6582 Kg/ha (1,8 veces más); el peso seco del follaje fue de 921 y 1598 Kg/ha en el primer y segundo ciclo, respectivamente (1,7 veces más en el segundo ciclo).

Como consecuencia de un estado más desarrollado de las plantas de yuca en la segunda mitad de su crecimiento, se esperó un menor desarrollo y crecimiento de la jícama en su segunda siembra; sin embargo, estos resultados muestran lo contrario en botones florales, peso fresco y peso seco del follaje. Una posible explicación es que las condiciones ambientales fueron más favorables en el segundo periodo con una precipitación total de 493 mm y una radiación de 546,4 Mj/m²/mes (enero a mayo) en comparación con 1435 mm y 466,8 Mj/m²/mes de lluvia y radiación, respectivamente (Cuadro 2A). En el mes de diciembre ocurrió un periodo de exceso de lluvia (Figura 2) que afectó negativamente tanto a las plantas de jícama (algunas murieron) como a la yuca (defoliación).

Adicionalmente, se observó una mayor radiación solar en el segundo ciclo de jícama y un ligero aumento de la radiación incidente (Cuadro 4A) al final del periodo, posiblemente

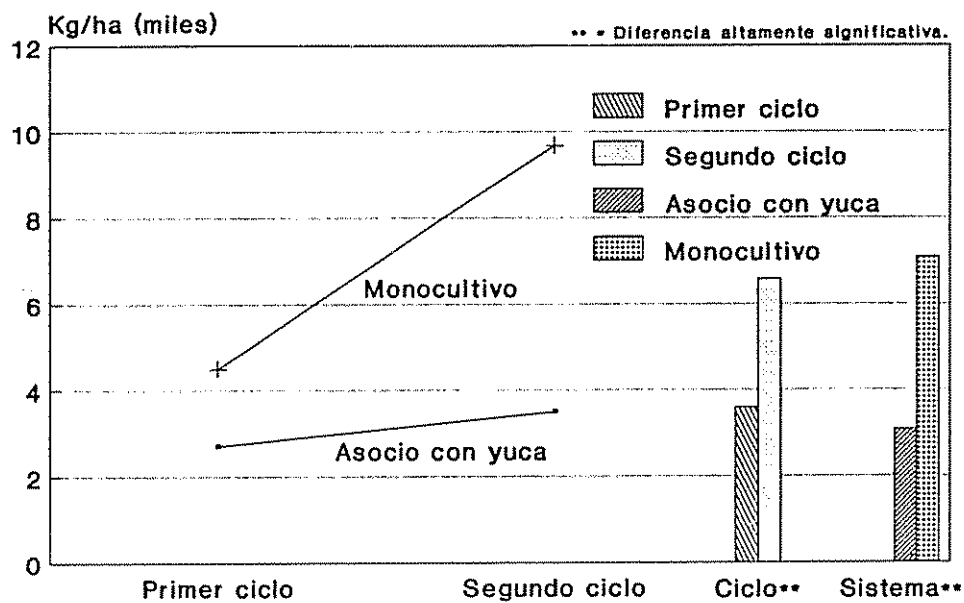


Figura 23. Peso fresco del follaje para la interacción ciclo por sistema y comparación de ciclos y sistemas. CATIE, 1995.

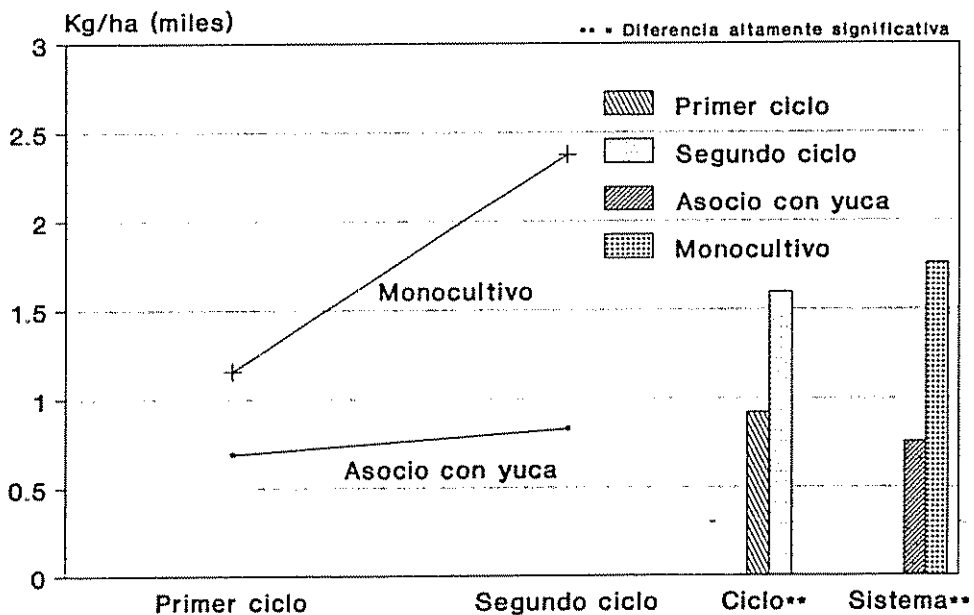


Figura 24. Peso seco del follaje para la interacción ciclo por sistema y comparación de ciclos y sistemas. CATIE, 1995.

consecuencia de la defoliación sufrida por la yuca. El efecto de estas diferencias de clima es más claro cuando se observa la variación de peso fresco y seco de follaje en monocultivo con un notable aumento de un ciclo a otro (Figuras 23 y 24). Asimismo, es posible que la jícama sufra por efecto de la alta precipitación. Finalmente otra explicación es el efecto del fotoperíodo; como se mencionó anteriormente en el segundo ciclo se presentaron días largos que favorecen un mayor desarrollo de las partes aéreas de la planta en competencia con el desarrollo de raíces (Zinsou y Venthou- Dumaine, 1988). La diferencia entre sistemas fue claramente superior en monocultivo con más del doble en peso (Figuras 23 y 24). El porcentaje de peso seco del follaje fue de aproximadamente el 25% (Cuadro 14A).

4.5.4. Número de raíces de jícama

No existió interacción pero si existió diferencias significativas entre sistemas y ciclos. En la Figura 25 se observa que el número de raíces para las variables de tamaño medianas y grandes fue mayor en monocultivo aunque para medianas la diferencia no fue estadísticamente significativa. Por el contrario, el número de raíces pequeñas por hectárea disminuyó en monocultivo pero en los dos sistemas siempre superó a los otros tamaños; en asocio con yuca fue muy evidente la diferencia que existió entre las raíces pequeñas con respecto a medianas y grandes. Este resultado, indica que la sombra de yuca afecta en forma negativa el crecimiento de las raíces por existir menor proceso de fotosíntesis.

Al comparar ciclos de siembra se encontró diferencia estadística para los tres tamaños; disminuyendo en cantidad, del primer al segundo ciclo en el caso de raíces grandes y medianas pero aumentando en las raíces pequeñas (Figura 25).

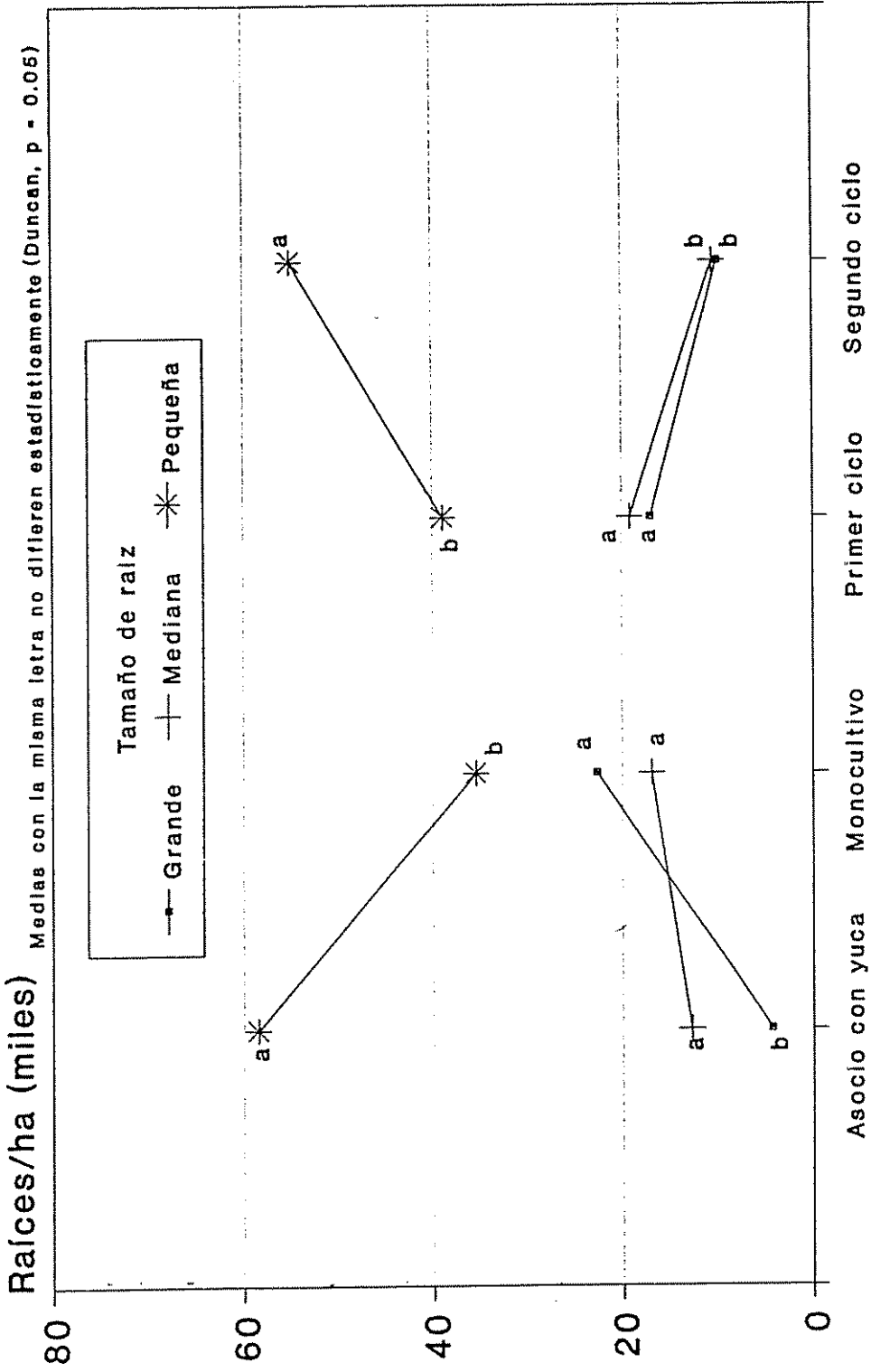


Figura 25. Número de raíces de jícama por tamaño para sistema y ciclo. CATIE, 1995.

El número de raíces medianas y grandes fueron similares entre si en cada uno de los ciclos, pero el número de raíces pequeñas superó notablemente a los otros tamaños. En este caso, la sombra de yuca al igual que en los sistemas estudiados, también afectó negativamente en el segundo ciclo ya que disminuyeron las raíces grandes y medianas y se incrementó el número de raíces pequeñas.

Es importante recalcar la alta proporción de raíces pequeñas tanto en los dos sistemas como en los dos ciclos. Esto indica que se obtiene un número muy alto de raíces no comerciales en las dos fechas (ciclos) de siembra de la jícama y la necesidad, por lo tanto, de evaluar otras épocas de siembra así como las accesiones más apropiadas para cada época. También existe la posibilidad de extender los períodos de cosecha pues es probable que las raíces de jícama necesitan más tiempo para desarrollarse.

4.5.5. Peso fresco de raíces de jícama

El peso fresco de las raíces de jícama mostró diferencia significativa entre sistemas para raíces grandes, medianas y el total, para ciclo en raíces medianas y el total, para la interacción ciclo por accesión en raíces grandes y ninguna diferencia estadística para raíces pequeñas (Cuadro 13A y 16A). El peso de raíces pequeñas fue ligeramente mayor en asocio con yuca; 50% del total en comparación con el 19% del total en monocultivo. Los pesos de raíces grandes, medianas y el total aumentaron significativamente en monocultivo. El peso de las raíces grandes fue bajo en asocio (2767 Kg/ha) pero aumentó considerablemente (aproximadamente 6 veces) en monocultivo (17108 Kg/ha).

Este incremento no se observó en las raíces medianas, pero si en el peso total, probablemente influenciado por el cambio

de peso en las raíces grandes. Tanto en asocio como en monocultivo la diferencia de peso entre raíces grandes y el total fue alto (Figura 26). De estos resultados se infiere que el desarrollo y crecimiento de las raíces en jícama fue muy afectado por la competencia de luz debido al follaje del cultivo de la yuca.

El peso de raíces pequeñas se mantiene similar en ambos ciclos; 24% del total en el primer ciclo y 36% del total del segundo ciclo. La tendencia de los otros tamaños y el total es una disminución de peso en el segundo ciclo (Figura 26); la diferencia fue estadísticamente significativa para peso de raíces grandes y para el total. Nuevamente, se comprueba que la mayor intercepción de luz en el segundo ciclo reduce marcadamente el rendimiento de la jícama. Morera (1992) reportó resultados más altos de rendimiento de jícama en asocio con maíz, para las accesiones EC509 con rendimiento de 26519 kg/ha y 21852 kg/ha para la accesión EC041, respectivamente.

La interacción del peso fresco de raíces grandes se caracterizó porque la accesión EC509 presentó mayor rendimiento en el primer ciclo que en el segundo comparado con la accesión EC041 (Figura 27); esta última accesión no se afectó grandemente de un ciclo a otro, pero la accesión EC509 disminuyó su rendimiento de 14482,7 a 5599,1 Kg/ha del primer al segundo ciclo, respectivamente. Se deduce que la EC509 fue más afectada por la sombra de yuca, tal como se observó (Figuras 9 y 21) en los pesos secos de la raíz durante los muestreos.

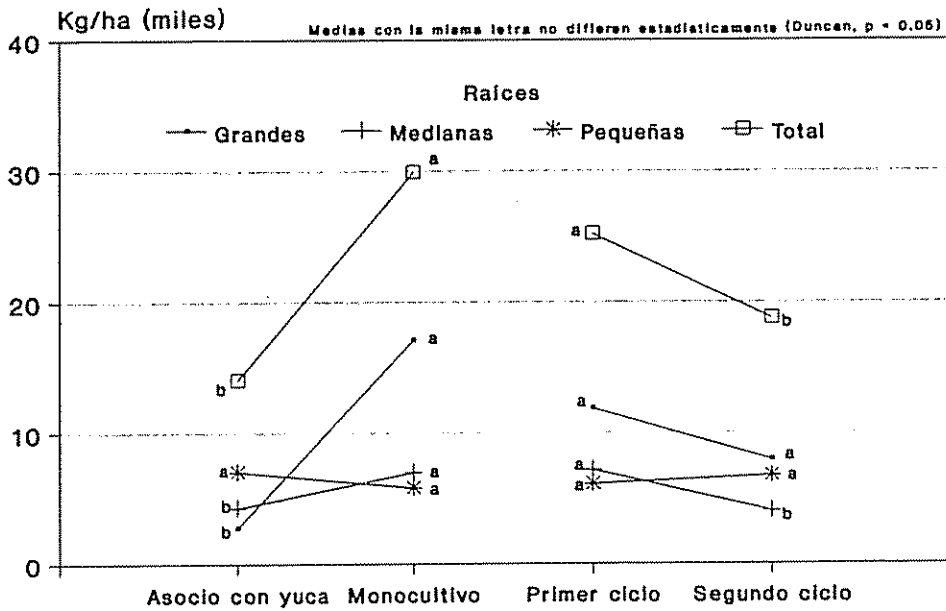


Figura 26. Peso fresco de raíces por tamaño, sistema y ciclo. CATIE, 1995.

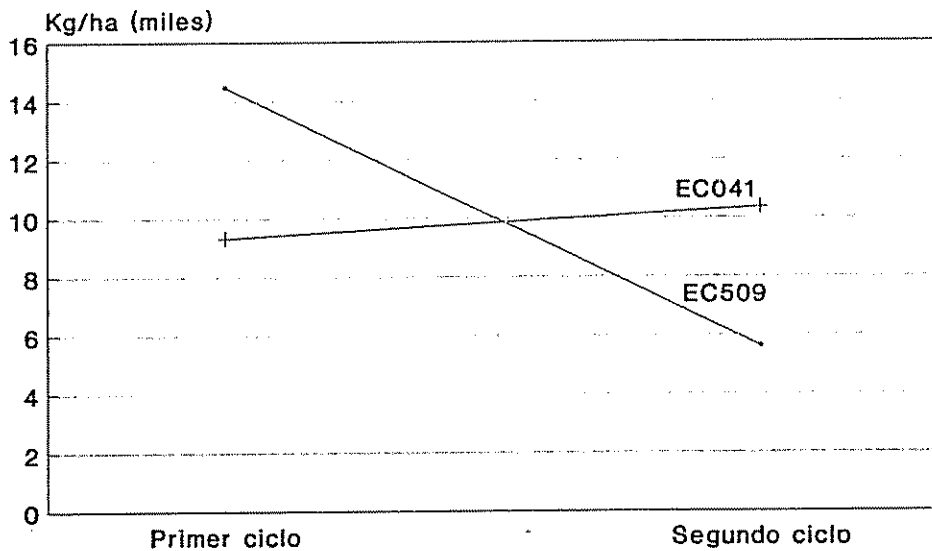


Figura 27. Peso fresco de las raíces grandes para la interacción ciclo por accesión. CATIE, 1995.

4.5.6. Peso seco de raíces jícama

En esta variable solamente se encontró interacción ciclo por sistema para el peso seco total (Cuadro 13A). En monocultivo el rendimiento fue superior en ambos ciclos; esta variación de peso fue considerable del primer ciclo (5209 Kg/ha) al segundo ciclo (1866 Kg/ha). En el sistema de asocio esta variación de peso fue menor, 1274 a 994 Kg/ha del primero al segundo ciclo, respectivamente (Figura 28). La comparación de ciclos se caracterizó por presentar diferencias para raíces grandes, medianas y para el total pero no para raíces pequeñas (Figura 28). En todos los casos el rendimiento fue menor en el segundo ciclo; en promedio el peso seco total (Cuadro 17A) varió de 3241 Kg/ha (primer ciclo) a 1430 Kg/ha (segundo ciclo).

Se realizó un análisis de varianza para la suma de raíces más follaje (peso fresco y seco) y se encontró para ambas variables únicamente diferencias estadísticas para sistemas (Cuadro 13A). En la Figura 29 se presenta estos resultados y además los promedios por ciclos. El peso fresco y seco fue menor cuando las plantas de jícama se encontraron asociadas con yuca pero esta diferencia fue mayor en el peso fresco (36969 Kg/ha de peso total en monocultivo a 17163 Kg/ha en asocio). El peso seco disminuyó de 5298 a 1892 Kg/ha de un sistema a otro. Lógicamente este es un resultado esperado ya que existe una mayor luminosidad y por lo tanto mayor fotosíntesis en monocultivo. Aunque los ciclos no mostraron diferencias entre si, se observó una pequeña tendencia a disminuir los pesos totales en el segundo ciclo y por la misma razón antes mencionada para sistemas.

El porcentaje de peso seco fue de 11,0% en el sistema asociado con yuca y de 14,3% en monocultivo lo que reafirma que una mayor fotosíntesis favorece la producción mayor de materia

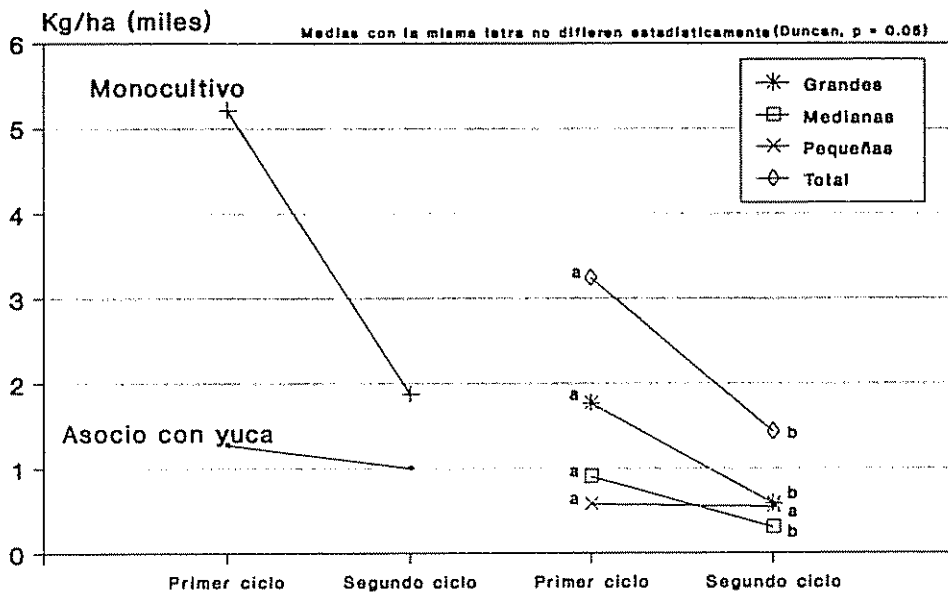


Figura 28. Peso seco total de raíces para la interacción ciclo por sistema y comparación de peso por tamaño en los ciclos. CATIE, 1995.

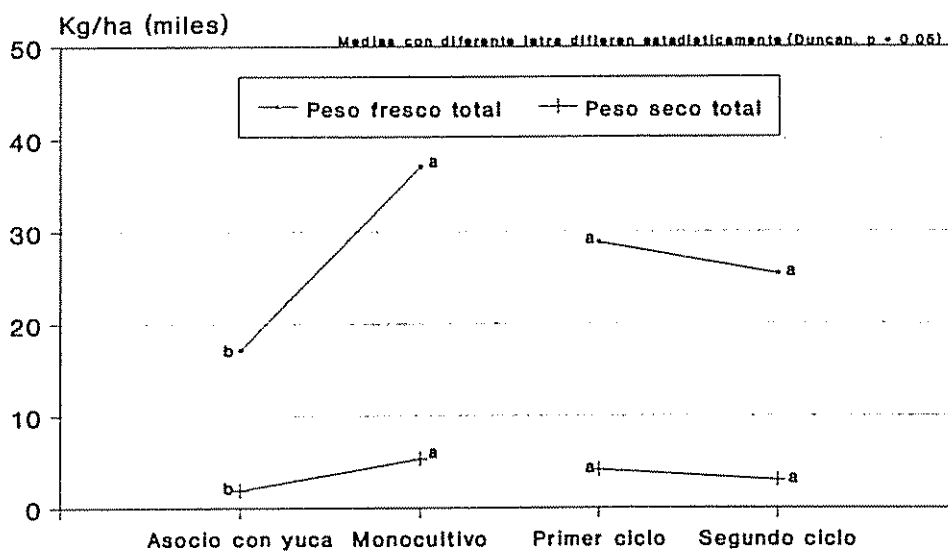


Figura 29. Peso fresco y seco total (follaje + raíces) por sistema y ciclo. CATIE, 1995.

seca. Resultados similares se presentaron entre ciclos; en el primer ciclo el porcentaje de peso seco fue de 14,5% en comparación con 11,9% en el segundo ciclo, indicando que una mayor fotosíntesis durante la primera siembra de jícama favoreció la producción de más materia seca (Cuadro 18A). Grum, *et al*, (1990) indican que los rendimientos de materia seca para los cultivares *Pachyrhizus erosus* está alrededor del 10%, también encontraron que la accesión EC509 contiene 8,3% de materia seca, respectivamente.

4.5.7. Longitud y diámetro de raíces de jícama

La variable longitud de raíz mostró diferencias altamente significativas para los efectos individuales de sistemas y accesiones (no presentaron interacciones). El efecto del monocultivo favoreció mayor desarrollo en longitud de raíz; la diferencia entre sistemas fue de 1,3 cm/raíz (Figura 30). La misma diferencia se encontró entre la accesión EC041 (8,4 cm/raíz) y la accesión EC509 (7,1 cm/raíz).

El diámetro de raíz presentó también diferencia para sistema y accesión, pero además presenta interacción de ciclo por accesión. El efecto para esta variable se presenta en la Figura 31 donde se observa el cambio de magnitud que ocurre para la interacción. La accesión EC509 en el primer ciclo presentó un diámetro de 10,1 cm/raíz que superó a la accesión EC041 con 9,1 cm/raíz; en el segundo ciclo los valores de diámetro fueron similares pero la accesión EC041 fue ligeramente superior. Nuevamente comprobamos que la accesión EC509 fue más sensible a los cambios de luminosidad. Adicionalmente, se observa que el diámetro disminuyó en el sistema de asocio. Schroeder (1967) y Pinto (1970), confirman que la cosecha de la jícama se efectúa cuando las raíces alcanzan de 10 a 15 cm de diámetro, ya que si se cosechan antes, el sabor es menos atractivo para el consumo; y si por el

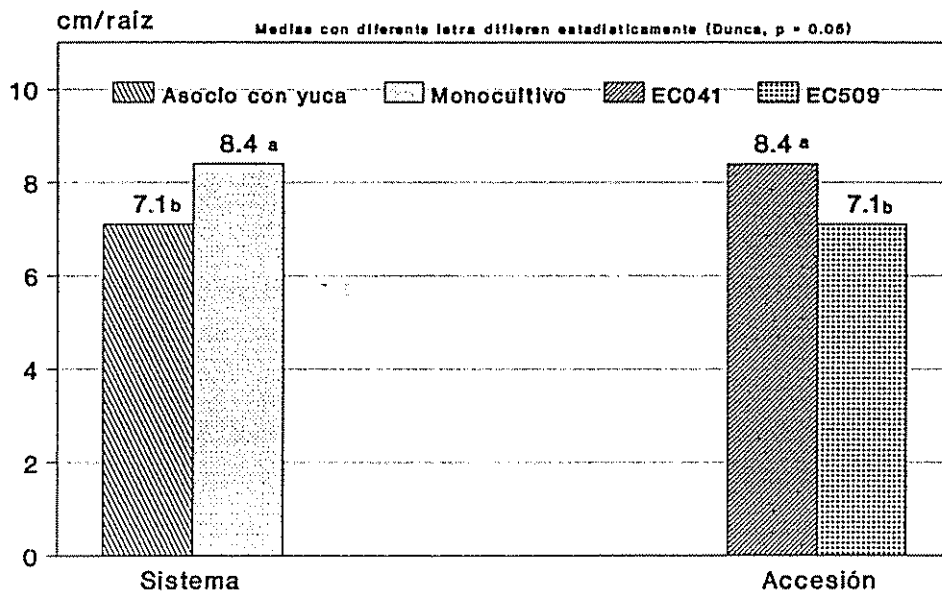


Figura 30. Longitud promedio de raíz por sistema y accesión.
CATIE, 1995.

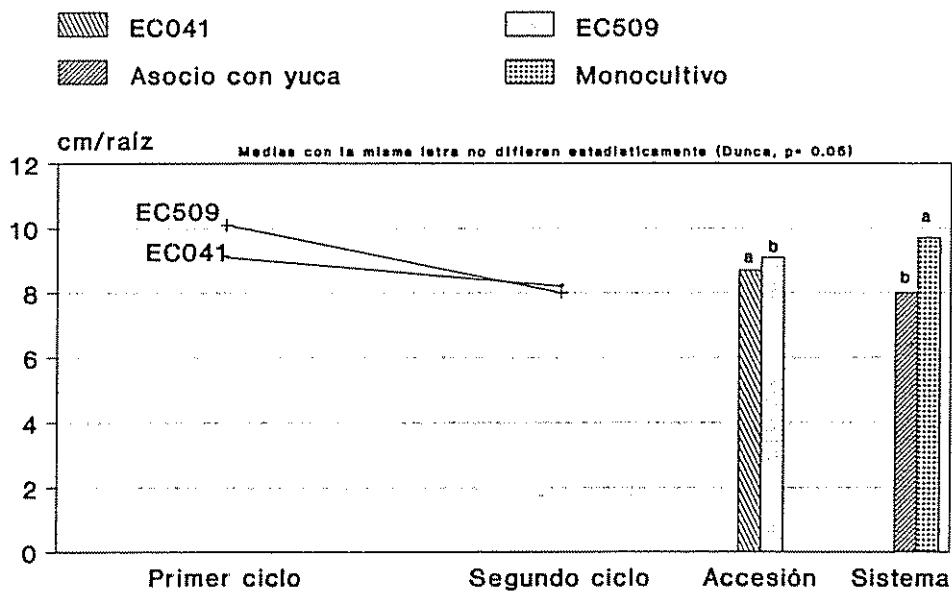


Figura 31. Diámetro promedio de raíz para la interacción ciclo por accesión y comparación de accesiones y sistemas.
CATIE, 1995.

contrario, la cosecha se efectúa después, las raíces se desarrollan grandes y llegan a tornarse leñosas y menos comestibles. En explotaciones comerciales, se realizan cosechas tempranas (3-5 meses después de la siembra) con el objetivo de obtener raíces pequeñas, las cuales tienen mejor demanda en México (Heredia, 1985).

La forma de las raíces fue variable dentro de cada accesión, la EC509 presentó raíces de forma redonda-achatada en tanto que la accesión EC041 se caracterizó por la forma esférica. Marquéz (1992) señala que es importante observar su distribución por accesión ya que la preferencia comercial de la jícama cultivada está hacia la forma esférica y redonda-achatada; de manera que esta tiene un alto valor para aspectos de comercialización.

4.5.8. Raíces de jícama con defectos

Bajo este término se agruparon las raíces que presentaron forma no comerciales, raíces dobles, agrietadas y raíces con pudrición; la mayoría de estas raíces fueron agrietadas en el primer ciclo y malformadas en el segundo ciclo. La diferencia estadística se presentó para accesiones y para el efecto de interacción ciclo por accesión (Cuadro 13A). En el primer ciclo la accesión EC041 mostró 13906 de raíces/ha defectuosas y la accesión EC509 8125 raíces/ha, lo que representa 18 y 10 % del total de raíces, respectivamente (Figura 32). En el segundo ciclo los valores de cada accesión fueron parecidos pero disminuyó en la accesión EC041 y aumentó en la accesión EC509 con respecto al primer ciclo. Aparentemente, cuando existe mayor crecimiento y peso aumenta también el número de raíces con defectos en la accesión EC041. Se ha observado que cuando las raíces son más grandes hay mayor tendencia al agrietamiento principalmente.

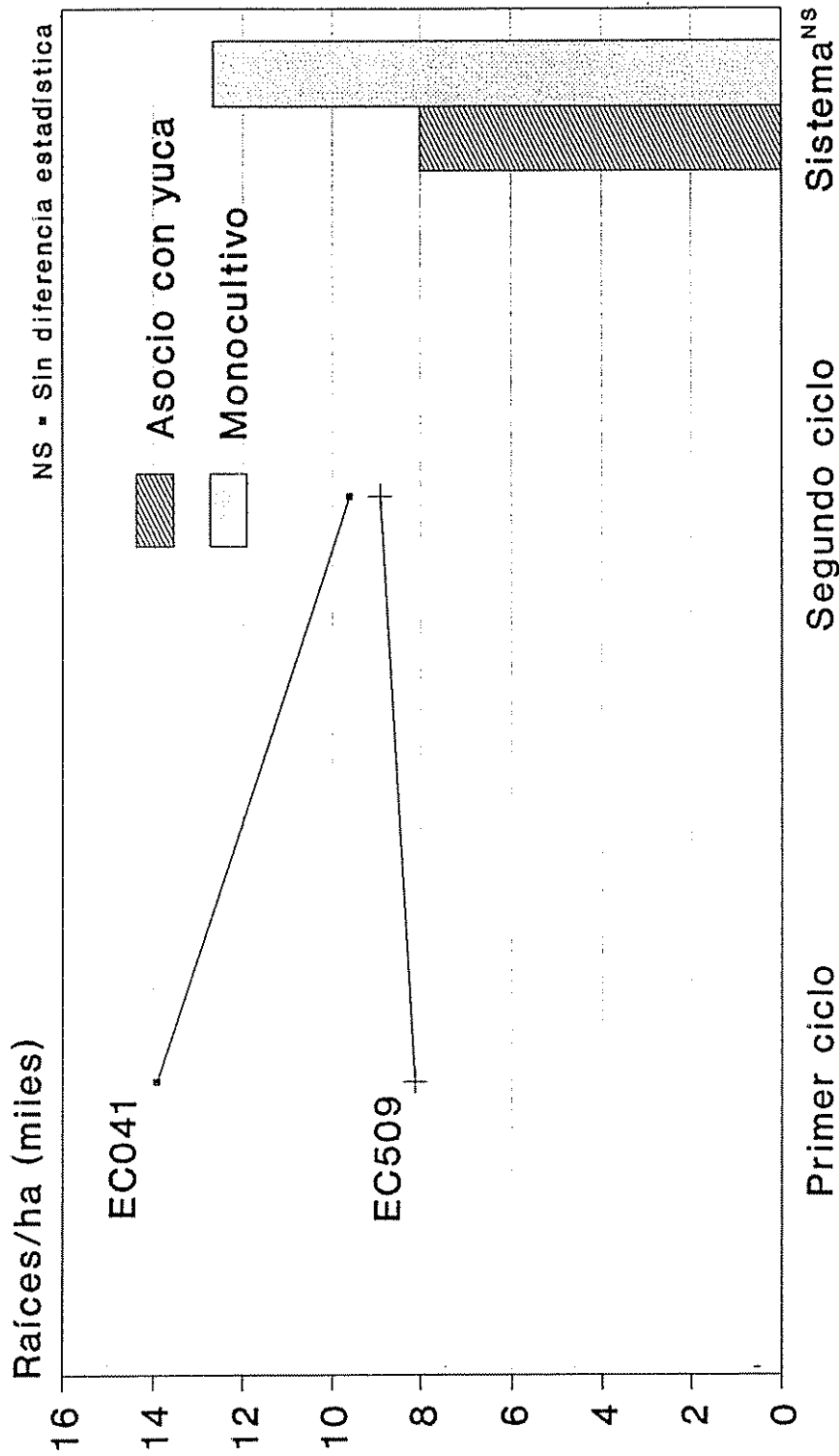


Figura 32. Promedio de raíces con defectos para la interacción ciclo por accesión y comparación de sistemas. CATIE, 1995.

Sorensen (1990) y Arevalo (1993), indican que las altas precipitaciones de las regiones del trópico húmedo producen un rápido engrosamiento de las raíces de *P. erosus* produciendo el agrietamiento y pudrición de las raíces, de esta manera, se reduce la calidad de la raíz. La accesión procedente de Guatemala EC041 presentó mejor adaptación a las condiciones húmedas de la región. En monocultivo, también presentó mayor crecimiento de las raíces y mayor número de defectos que en asocio aunque sin diferencia estadística significativa. Esta comparación permite deducir que el mayor desarrollo de las raíces produce mayor proporción de defectos particularmente con raíces agrietadas.

Es importante evaluar en futuros ensayos la proporción de raíces con defectos ya que aunque el porcentaje es bajo económicamente puede ser significativo.

5. Comportamiento de la yuca en asocio con jícama

En la Figura 33 se observa la producción de biomasa de yuca con las dos accesiones de jícama. El efecto de las accesiones no mostró gran influencia en los valores de biomasa de yuca. En el caso de materia seca total, la yuca con la accesión EC509 registró 12043 kg/ha y con la accesión EC041 11643 kg/ha; estos valores corresponden a 34,2 y 33,7% del peso fresco total respectivamente. El mayor aporte a la biomasa total fue de las raíces seguido de los tallos y luego las hojas en una baja proporción.

Algunas características de la yuca como altura de la horqueta, altura total, longitud de la ramificación, longitud de entrenudos y tallos por planta presentaron promedios muy uniformes y no se observó influencia de las accesiones de jícama sobre estos valores (Cuadro 21A).

La producción total de raíces de yuca en asocio con la accesión EC509 (18219 kg/ha) presentó mínima diferencia en relación al asocio con la accesión EC041 (17860 kg/ha). La misma consideración es para el rendimiento de raíces comerciales y no comerciales (Figura 34). La producción de raíces comerciales representó solo un 31% del total, lo que posiblemente es un efecto de las condiciones climáticas adversas que prevalecieron en el mes de diciembre (alta precipitación e inundación del suelo) ocasionando la defoliación parcial de la planta.

De las parcelas adicionales para la observación del rendimiento de la yuca en monocultivo se obtuvo un promedio de 22239 kg/ha de raíces frescas. Este promedio difiere en 4200 kg/ha con respecto al valor promedio obtenido en asocio (18039 kg/ha), lo que significa un efecto de competencia de las plantas de jícama. Se observó una diferencia clara entre el diámetro y la longitud de raíces comerciales y no comerciales ya que fue base para esta clasificación (Cuadro 23A). Nuevamente es mínima la diferencia cuando se compara el efecto de las accesiones de jícama.

En general, el cultivo de yuca asociado a la jícama presentó un adecuado desarrollo y producción. Los rendimientos no son tan altos como los reportados por algunos autores (Montaldo, 1985 y Leihner, 1986) aunque en monocultivo y a altas densidades de siembra y donde el factor genético (variedades) también es importante. Las plantas de jícama presentan la ventaja de ser fijadoras de nitrógeno y fuente de materia orgánica proveniente de los residuos vegetales incorporados al suelo. El rápido desarrollo y el hábito de crecimiento de la planta la convierten en una excelente planta de cobertura para disminuir la competencia de malezas en los primeros estadios de desarrollo de la yuca.

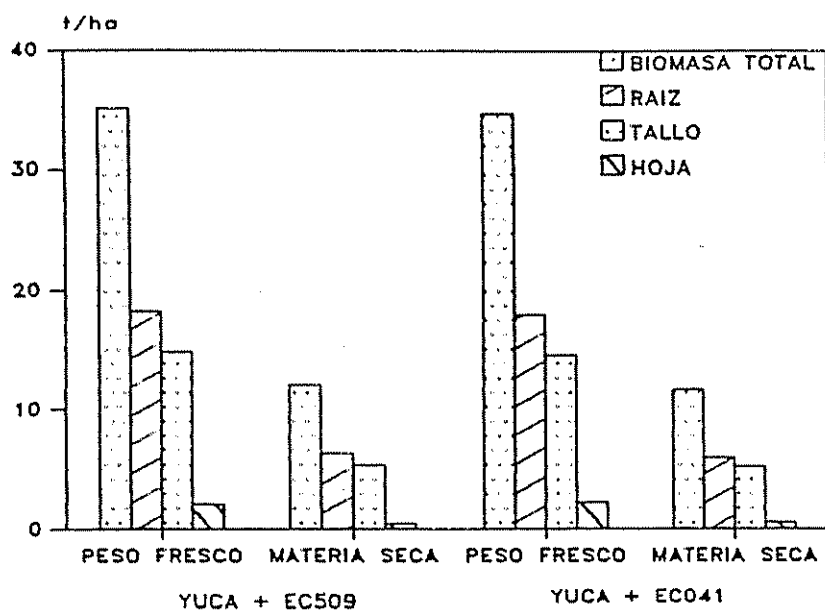


Figura 33. Producción de biomasa de yuca, fresca y seca en asociación con dos accesiones de jicama.

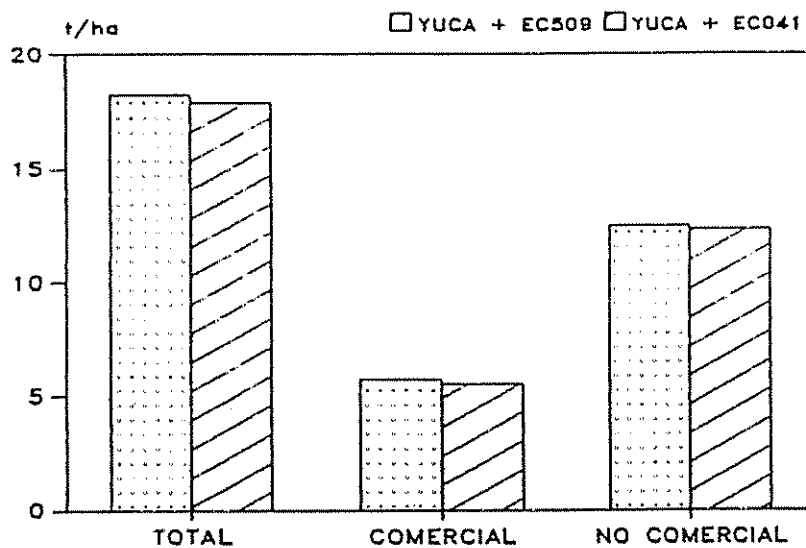


Figura 34. Rendimiento total de raíces de yuca, comerciales y no comerciales, asociada a las dos accesiones de jicama.

Considerando sus cualidades nutritivas la jícama representa una importante fuente de alimento. Según algunos autores, las raíces de jícama son ricas en carbohidratos, aminoácidos libres, oligopéptidos y proteínas (Zinsou, 1992); en calcio, hierro, tiamina, riboflavina y niacina (Singh et al, 1981); bajas en sodio y calorías, pero contiene un alto contenido de potasio. (National academy of Sciences, 1979; Singh et al, 1981), también mencionan que posee un contenido de nitrógeno de tres a cinco veces más alto que la papa (*Solanum tuberosum* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), camote (*Ipomea batatas* L.) y malanga (*Colocasia esculenta* (L) schott). Grum et al, (1990) encontraron bajo condiciones de campo que la producción de proteína cruda de las raíces, es el doble que la del camote cuando crecían en condiciones iguales.

En este experimento se determinó el contenido de proteína cruda y se encontró valores de 8,8 y 8,6% en asocio con yuca y de 7,2 y 8,3% en monocultivo para las accesiones EC509 y EC041 respectivamente. Si se suma el contenido de proteína de la yuca se obtiene una cantidad apreciable por unidad de área por año en comparación con los cultivos en monocultivo.

6. Índice equivalente de la tierra y tasa de competencia

Para el cálculo de esta variable se tomó en cuenta los rendimientos de los cultivos del primer y segundo ciclo del experimento. Es decir, se calculó el IET para cada ciclo de cultivo. En el Cuadro 24A se presenta los promedios del índice equivalente de la tierra (IET) calculada para cada accesión, la accesión EC509 versus yuca fue de 1,39% y 1,49%, en el primer ciclo, y la accesión EC041 versus yuca en el segundo ciclo obtuvo de 1,42% y 1,36% respectivamente.

La tasa de competencia (TC) entre cultivos asociados muestra que la yuca asociada a las dos accesiones de jícama

registra 1,98% a 1,76% lo cual demuestra que la yuca es más competitiva bajo el arreglo espacial utilizado en el ensayo.

Estos resultados indican que IET está relacionado, en cierto grado, con el número de cosechas obtenidas en un período de tiempo y en una misma área de suelo y con el rendimiento de los cultivos asociados.

Aunque los tratamientos con cultivo de jícama en monocultivo rindieron más en kilogramos por hectárea que los cultivos asociados, el aporte total de todos los cultivos sembrados en el año en la misma parcela dio ventajas de producción de alimentos a los tratamientos en que además de jícama se sembraron yuca. Esto está de acuerdo con las afirmaciones de Burril (1973) y Dalrymple (1971), que indican que los sistemas asociados son más eficientes en producción total que los monocultivos, porque producen más alimentos por área/año. El IET en monocultivo siempre es menor que en el sistema asociado, así lo confirman Hildebrand y French (1974); al afirmar que la intensidad de uso de la tierra aumenta considerablemente al ser empleado en multicultivos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- El aumento en diámetro, peso seco y fresco de raíces de jícama fue mayor en monocultivo que en asocio con yuca a partir de los 90 días alcanzando una diferencia máxima de peso entre sistemas a los 135 días después de la siembra.
- 2.- La sombra de yuca ejerció un efecto negativo sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de jícama, principalmente sobre los surcos cercanos.
- 3.- El peso seco de follaje y de raíces y la interacción fechas por accesión indicó que inicialmente las dos accesiones de jícama presentan pesos similares; sin embargo posteriormente (después de los 105 días) la accesión EC041 superó a la accesión EC509 demostrando diferencias entre genotipos. La longitud de raíz mostró diferencia estadística entre accesiones. La interacción accesiones por sistema para el número de botones florales indicó que la accesión EC509 fue más afectada por la sombra de yuca que la accesión EC041. Será necesario la evaluación de otras accesiones de jícama para seleccionar las que mejor se adaptan a un sistema asociado.
- 4.- Tanto el peso fresco como el peso seco del follaje de jícama en monocultivo fueron superiores al sistema asociado en ambos ciclos, pero la diferencia entre sistemas fue menor en el primer ciclo, debido a la menor competencia por luz.
- 5.- Se presentó mayor desarrollo y crecimiento de la jícama (botones florales, peso fresco y seco del follaje) en el segundo ciclo aunque fue mayor la competencia de las plantas de yuca (más desarrolladas). Durante el primer ciclo probablemente afectó el exceso de precipitación.

- 6.- El peso fresco de las raíces de jícama mostró diferencia significativa entre sistemas para raíces grandes, medianas y el total, para ciclo en raíces medianas y el total y para la interacción ciclo por accesión en raíces grandes. Los pesos de raíces grandes, medianas y el total aumentaron significativamente en monocultivo. El peso de raíces pequeñas se mantuvo similar en ambos ciclos; la tendencia de los otros tamaños y el total fue una disminución de peso en el segundo ciclo.
- 7.- El número raíces pequeñas de jícama por hectárea fue mayor en el sistema de asocio con yuca pero en los dos sistemas siempre superó a los otros tamaños. Se presentó alta proporción de raíces pequeñas tanto en los dos sistemas como en los dos ciclos. Esto indica que se obtiene un número muy alto de raíces no comerciales en las dos fechas (ciclos) de siembra de la jícama y la necesidad, por lo tanto, de evaluar otras épocas de siembra así como las accesiones más apropiadas para cada época. También existe la posibilidad de extender los períodos de cosecha pues es probable que las raíces de jícama necesitan más tiempo para desarrollarse.
- 8.- La producción total de raíces de yuca en asocio con la accesión EC509 (18219 kg/ha) presentó mínima diferencia en relación al asocio con la accesión EC041 (17861 kg/ha).
- 9.- Es importante evaluar en futuros ensayos la proporción de raíces con defectos ya que aunque el porcentaje fue bajo económicamente puede ser significativo.

- 10.- El desarrollo y el rendimiento de raíces de jícama fueron afectados por la competencia de luz debido al follaje (sombra) del cultivo de yuca, pero la suma del rendimiento de jícama y yuca ofrecen una excelente alternativa para aumentar los rendimientos totales de raíces y proteínas por unidad de área/año.
- 11.- El tipo de crecimiento observado en las plantas de jícama permite su uso como cultivo de cobertura y adicionalmente sirven como fuente de abono verde cuando se incorporan los residuos de cosecha. Los cambios observados, al final de este trabajo en algunas características químicas del suelo fueron promisorios, por lo que requieren un estudio más detallado.
- 12.- Este estudio mostró que es posible asociar las dos especies jícama y yuca para generar nuevas posibilidades de fuentes energéticas en suelos pobres para comunidades con bajo desarrollo tecnológico.

VI. LITERATURA CITADA

- ABDALLA, M.M.F. y METWALLY, A.A.A. 1981. Research on food legumes carried out at the Faculty of Agricultural National Seminar on Food Legumes. Mariut 12-15. March.
- ACEVEDO, S. 1975. Influencia de la radiación solar y otros componentes del microclima sobre el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) asociado con maíz (*Zea mays*). Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 91 p.
- AGUIRRE ASTE, V. 1971. Estudio de suelos del área del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. IICA. Turrialba, Costa Rica. Tesis Mg. Sc. Turrialba, C.R. IICA. 139p.
- ALBUQUERQUE, M. DE. 1969. A mandioca na amazonia. Belén, Brasil, Superintendencia do Desenvolvimento da Amazonia, 277 p.
- ALVIM, P., T. DE. 1982. Energía solar y producción agrícola. Agronomía (Perú) 29(1):115-123.
- ALVIM, R. y ALVIM P., T DE. 1969. Efeito de densidades de plantio no aproveitamento de energía luminosa pelo milho (*Zea mays*) a pelo feijao (*Phaseolus vulgaris*), en culturas exclusivas e consorciadas. Turrialba 19(3):389-393.
- ANDRADE, M.E. 1974. IICA adelanta sistema de producción agrícola para el trópico. Agroindustria (Costa Rica) 15(3):8-9.
- ARGUELLES, A.D. 1979. El cultivo de la jícama en el estado de Guanajato. Guanajato, México, Centro de Investigaciones Agrícolas de El Bajío, INIA/SARH. Deplegable CIAB 116. 4 p.
- AZOCAR, A. y MEDINA. 1970. Análisis de la síntesis de clorofila, translocación de nitrógeno y actividad fotoquímica de cloroplastos de (*Phaseolus vulgaris*). Acta Científica Venezolana (resumen), 21 (suplemento no.1):50.
- BALDY, CH. 1982. Cultures associées et productivité de l'eau. Annales Agronomie 14(4):485-534.
- BARUCH, Z., y FISHER, M. 1991. Factores climáticos y de Competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. In. Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de pastos tropicales. Sexta reunión del Comité asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos tropicales (RIEPT), Veracruz, México, 426 p.

- BARRIOS, E.A. Y BRESSANI, R. 1967. Comparación química de la raíz y de la hoja de algunas variedades de yuca, Manihot esculenta. Turrialba 17 (3):314-320.
- BEETS, W.C. 1982. Multiple cropping of maize and soya beans under a high level of crop management. Netherland Journal of Agricultural Science 25:95-102.
- BISCOE, P.V. y GALLAGHER, J.N. 1977. Weather dry matter production and yield. In Long Ashton Symposium, 5th, Bristol, 1975. Environments Effects on Crop Physiology; proceedings. Edited by J.J. Landberg y C.V. Cutting. London, Academic Press, pp. 75-95.
- BURRIL, L.C. 1973. Pest control and multiple cropping. Agricultural Mechanization in Asia 4(2):29-30.
- BRADFIELD, R. 1970. Increasing food production in the tropics by multiple cropping. In: Aldrich Jr., D.G., ed. Research the world food crisis. Washington, D.C., Amer. Ass. Advance. Sci., pp. 229-243.
- BURGOS, C.F. 1980. Soil-related intercropping practices in cassava production. En: Weber, E.J.; Toro, J.C.; y Graham, M. (eds.), Proceedings workshop on cassava cultural practices, Salvador, Bahía, Brazil. Int. Devel. Res. Ctr. Ottawa, Canadá. p.75-81. (IDRC-151e).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe anual. 1969. Cali, Colombia, CIAT, 1970. 71p.
- , 1973. Annual report. Cali, Colombia, CIAT, 1973. 161 P.
- DALAL, R.C. 1977. Effect of intercropping of maize with soya bean on grain yield. Tropical Agricultural (Trinidad) 54(2):189-191.
- DALRYMPLE, D.G. 1974. Survey of multiple cropping in less development nations. U.S. Foreign Economic Development Services. 108 p.
- , 1971. Survey of multiple cropping in less developmente nations. U.S. Foreign Economic Development Services, 108 p.
- DUKE, J.A. 1981. Handbook of legumes of world economic importance. New York and London, Plenum. Pp. 182-185.
- ELMORE, R.W. y JACKOBS, J.A. 1984. Yield components of sorghum and soybeans of varying plant heights when intercropped. Agronomy Journal 76(4):561-564.

- FISHER, N.M. 1976. Experiments with maize-bean and maize-potato mixed crops in an area with two short rainy seasons in the highlands of Kenya. In Intercropping in Semi-arid areas, Morogoro; Tanzania, 1976.
- FORDHAM, R. 1983. Intercropping-What are advantages Outlook on Agriculture 12(3):142-146.
- FUENMAYOR, F.E. 1985. Análisis del crecimiento e influencia de los factores microclimáticos en cultivos solos y asociados de *Zea mayz* L., *Glycine max* L. y *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Tesis. Mg Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR-CATIE, 192p.
- GALLEGOS, R.R. 1976. Evaluación de producción agronómica y biomasa en sistemas de producción que incluye yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Tesis. Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. IICA, 122 p.
- GATES, D.M. 1980. Biophysical ecology. Springer-Verlag, Nueva York. 611 p.
- GRUM, M., ADJAHOSSOU, F., HEREDIA G., E., HALAFIHI, M., HARTMANN, R.W., MORERA, A., SORENSEN, M. and STOLEN, O. 1995. Genotype and environment effects on yam bean yield (*Pachyrhizus* Rich. ex DC).
- GRUM, M. 1990. Biosystematic investigations of the tropical tuber bearing legume genus "Yam Bean" *Pachyrhizus* spp. with special reference to the development of better yielding clones. Annual Report From Tonga, 1990. 14 p.
- GRUM, M. 1990. Breeding *Pachyrhizus* Rich. ex DC: a review of goals and methods. In Second Annual Progress Report. The yam bean Project. p 152-229.
- GRUM, M. y SORENSEN, M. 1993. *Pachyrhizus* symbiosis with Bradyrhizobium bacteria: genetic diversity and performance. In: SORENSEN, M. (ed) 1993. First Biannual Progress Report of the Yam Bean Project. RVAU, Copenhagen, Denmark. Pp. 160-165.
- GRUM, M., HALAFIHI, M., STOLEN, O. and SORENSEN, M. 1994. Yield performance of yam bean in Tonga, South Pacific. Manus. 11 pp., 3 tables and 3 figures Experimental Agriculture. In. Final Scientific report. 1993.
- HALL, R.L. 1974. Analysis of the nature of interference between plants of different species; 1: Concepts and extension of the analysis to examine effects. Aust. J. Agric. Res. 25:739-747.

- HAIZEL, K.A. 1974. The agronomic significance of mixed cropping. Maize interplanted with cowpea. Ghana Journal of Agricultural Science 7:169-178.
- HART, D. 1974. Evaluation of beans, corn and mandioc policulture cropping systems for the humid tropics. Thesis Ph.D. U.S.A., University of Florida, 159 p.
- HEREDIA, Z., A. 1985. Guía para cultivar jícama en el Bajío. Folleto para productores no. 15. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas de el Bajío. Guanajato, México. 11 p.
- HILDEBRAND, P.E. Y FRENCH, E.C. 1974. Un sistema salvadoreño de multicultivos, su potencial y sus problemas. In Conferencia sobre sistemas de Producción Agrícola para el Trópico. Turrialba, Costa Rica, pp.1-26.
- HOLDRIDGE, L.R. 1967. Life ecology. Reviseded. San José, Costa Rica, Tropical Sciences Center. 206 p.
- HOOT, W.C.H van and SORENSSEN, M. 1989. *Pachyrhizus erosus* (L) Urban. In: Westphal, E. and Jansen, P.C.M., (Eds.) Plant resources of South- East Asia, a selection. Wageningen, Netherlands, Pudoc. Pp. 213-215.
- HOWELER, R.H. 1981. Nutrición mineral y fertilización de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. (Serie No.092SC4).
- HUDSON, J.P. 1967. Control del medio ambiente de la planta. Madrid, Ed. Omega. pp 37-38.
- LEIHNER, D.E. 1983. Yuca en cultivos asociados, manejo y evaluación CIAT. Cali, Colombia. 79p.
- LIZARRAGA, N.A. 1976. Evaluación del crecimiento del camote (*Ipomea batatas* L.) y su relación con la radiación solar, en monocultivo y en asociación con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y maíz (*Zea mays*). Tesis Mg.Sc. Turrialba Costa Rica, UCR-CATIE, 102 p.
- MARSHALL, B. y WILLEY, R.W. 1983. Radiation interception and growth in an intercrop of pearl millet/groundnut. Field Crops research 7:141-161.
- MARQUEZ, H.J.M. 1992. Caracterización sistemática, parámetros genéticos e índices de selección, de la colección de jícama (*Pachyrhizus erosus* L. Urban) del CATIE. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 141 p.

- MONTALDO, A. 1985. Yuca o mandioca. In: Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Maracay, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, p 51-136.
- MONTALDO, A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. San José, C.R. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 408 p.
- MONGI, H.O . 1976. An appraisal of some intercropping methods in terms of grain yield, response to applied phosphorous and monetary return from maize and cowpeas. East African Agricultural and Forestry Journal 42 (1): 66-70.
- MORERA, J.A. 1989-1992. Proyecto Jícama. Reporte Final CATIE, Turrialba, Costa Rica. 287-294 p.
- . 1993. Rejuvenecimiento, caracterización, evaluación y utilización de jícama en CATIE-Costa Rica. In. Proceedings of th first international symposium on tuberous legumes Guadeloupe, F.W.I., 21-24 April 1992. no. 287-304 p.
- . 1994. Recursos genéticos. Una opción para el desarrollo agrícola del trópico Americano. In. Domesticación de plantas medicinales en Centro América. Serie Técnica. Informe Técnico/CATIE; no. 245 135 p.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1979. Root Crops: Yam Bean. In: Tropical Legumes: Resources for the future. Washington, USA. Pp. 21-27.
- NAIR, P.K.R.; SINGH, A. y MODGAL, S.C. 1973. Harvest of solar energy trough intensive multiple cropping. Indian Journal Agric. Sci. 43(11):983-988.
- NOGGLE, R.G. y FRITZ, G.J. 1976. Introductory plant physiology. New Jersey, Prentice Hall Internactional, 688 p.
- OYEJOLA, B.A. y MEAD, R. 1982. Statistical assessment of diferent ways of calculating land equivalent ratios (LER). Experimental Agriculture 18:125-138.
- PADDA, D.S. MUNGER, H.M. 1969. Photoperiod temperature and genotype interaction affecting time of flowering in beans (*Phaseolus vulgaris*). Journal of the American Society for Horticultural Science 94(2):150-160.
- PAULL, R.E, Chen, N.J. and Fukuda, S.K. 1988. Planting dates related to tuberosus root yield, vine length, and quality attributes of yam bean. Horticultural Science (USA) 23(2):326-329.

- RADFORD, P.J. 1967. Growth Analysis Formulae-Their Use and Abuse. *Crop Science* 7: 171-175.
- REMINSON, S.U. 1978. Neighbour effects between maize and cowpeas at various levels of N and P. *Experimental Agriculture* 14:205-212.
- . 1980. Interaction between maize and cowpea at various frequencies. *Journal of Agriculture Science* 94(3):617-621.
- . 1982. Interaction between maize and cowpea sown simultaneously and at intervals in a forest zone of Nigeria. *Indian Journal of Agricultural Science* 52(8):500-505.
- SALEZ, M.P. 1984. Utilisation de la lumiere par les cultures associates. IRAT, Montpellier, 1978. (Compendiado en Abstract on Intercropping vol. 3. p. 28.)
- SANCHEZ, P.A. 1981. Suelos del trópico: Características y manejo. Trad. E. Camacho. San José, C.R., IICA. 634 p.
- SCHWABLE, W.W. 1967. Estudios del desarrollo de la planta en ambientes controlados. In Hudson, J.P. Control del medio ambiente de la planta. Barcelona, Omega, p.39.
- SCHROEDER, C.A. 1967. The jicama, a rootcrop from Mexico. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Tropical Region 11:65-71.
- SORENSEN, M. 1988. A taxonomic revision of the genus *Pachyrhizus* (Fabaceae: Phaseoleae). *Nordic Journal of Botany* 8(2): 167-192.
- SORENSEN, M. 1990. Observations on distribution, ecology and cultivation of the tuber-bearing legume genus *Pachyrhizus* rich. ex DC. Wageningen Agric. Univ., 90-3. pp 38.
- SHIBLES, R.; WEBER, C.E 1966. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Science* 6(1): 55-59.
- STEPONKUS, P.L. 1981. Responses to extreme temperatures. Cellular and subcellular bases. En: Lange, O.L.; Nobel, P.S.; Osmond, C.B. y Ziegler, H. (eds.) *Physiological plant ecology*; 1: *Encyclopedia of plant physiology*. Springer-Verlag, Berlín. p. 371-402.

- STOLEN, O. 1989. Field report on observations of cultivation practices and germplasm variation on yam bean in Thailand, 1989. In Sorensen, M. (ed) 1989. First Annual progress Report of the Yam Bean Project. RVAU, Copenhagen, Denmark. 8 p.
- SUMMERFIELD, R.J. et al, 1976. Some effects of enviromental stress on seed yield of cowpea (Vigna unguiculata (L). Walp.) cv. prima. Plant and Soil 44(3):527-546.
- TANAKA, A.;KAWAHO, H. y YAMAGUHI, J. 1966. Photosynthesis, respiration, and plant type of the tropical rice plant. International Rice Research Institute Technical. Bulletin No. 7. 46 p.
- TROMP, J. 1977. Growt and mineral nutrition of apple fruits as affected by temperature and relative air humidity. In Long Ashton Symposium, 5th, Bristol, 1975. Environmental Effects on Crop Physiology; proceedings. p. 101-121.
- VELASQUEZ, L.J. 1958. Modalidades sobre el cultivo del algodón en las zonas de Santander y Boyacá. Boletín de divulgación (Col.) No. 5:3-5.
- WILLEY, R.W. 1979. Intercropping. Its importance and research needs. I. Competition and yield advantages. Field Crops Abstracts 32(1):1-10.
- ZINSOU, C.; VENTHOU-DUMAINE, A. 1988. Effects of different sowing dates on the growth and development of yam bean (Pachyrhizus erosus Urban). Proceedings of the CFCS Meeting, Jamaica. 18 p.

VII. ANEXOS

CUADRO 1A. Condiciones climáticas registradas durante el periodo experimental.
CATIE, Turrialba, 1995.

Mes	TEMPERATURA			Precipitación (mm)	Radiación Total (Mj/m /mes)	HUMEDAD RELATIVA	
	Máxima	Mínima	Media			Relativa (%)	Mínima (%)
	(°C)						
AGOSTO	28.3	19.0	22.1	246	523	90.0	61.0
SEPTIEMBRE	29.4	19.9	22.8	292	489	90.1	61.3
OCTUBRE	29.1	19.5	22.5	271	509	88.4	55.6
NOVIEMBRE	28.2	19.1	21.8	202	411	89.9	69.5
DICIEMBRE	27.7	17.9	21.4	424	402	90.0	69.1
ENERO	28.4	16.5	21.4	77	450	87.3	64.0
FEBRERO	28.5	16.7	21.6	166	494	86.8	54.5
MARZO	29.7	17.7	22.7	51	661	85.8	62.5
ABRIL	30.3	19.9	24.2	110	546	87.7	66.5
MAYO	30.3	19.1	23.5	89	581	88.5	23.6
PROMEDIO	29.0	18.5	22.4	192.8	506.6	88.5	58.8
Ciclo 1	28.6	19.1	22.1	287.0	466.8	89.7	
Ciclo 2	29.4	18.0	22.7	98.6	546.4	87.2	
TOTAL				1928.0	5066.4		
Ciclo 1				1435.0	2334.2		
Ciclo 2				493.0	2732.2		

Fuente: Estación Meteorológica del CATIE.

CUADRO 2A. Precipitación pluvial registrada durante dos periodos de siembra de jícama.
 Datos acumulados para cada 10 días entre agosto 94 y mayo 95.
 CATIE, Turrialba, 1995.

Número de observaciones	Primer ciclo			Segundo ciclo		
	Fecha	Días después de la siembra	pp* acumulada (mm)	Fecha	Días después de la siembra	pp* acumulada (mm)
1	14-Aug-94	10	138	11-Jan-95	10	27
2	24-Aug-94	20	52	21-Jan-95	20	1
3	03-Sep-94	30	31	31-Jan-95	30	62
4	13-Sep-94	40	111	10-Feb-95	40	147
5	23-Sep-94	50	89	20-Feb-95	50	0
6	03-Oct-94	60	93	02-Mar-95	60	19
7	13-Oct-94	70	162	12-Mar-95	70	11
8	23-Oct-94	80	52	22-Mar-95	80	30
9	02-Nov-94	90	48	01-Apr-95	90	26
10	11-Nov-94	100	65	11-Apr-95	100	43
11	22-Nov-94	110	62	21-Apr-95	110	33
12	02-Dec-94	120	84	01-May-95	120	18
13	12-Dec-94	130	266	11-May-95	130	35
14	22-Dec-94	140	116	21-May-95	140	39
15	01-Jan-95	150	27	31-May-95	150	15
TOTAL POR CICLO		150	1396			506
PRECIPITACION TOTAL						1902

* pp = Precipitación.

CUADRO 3A. Análisis físico-químico de suelos realizados en tres muestreos a una profundidad de 0 a 20 cm durante el ensayo. CATIE, Turrialba, 1995.

Parámetro	Asocio con yuca						Monocultivo					
	EC041			EC509			EC041			EC509		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
pH	5.10	5.00	5.00	5.00	5.10	5.00	5.00	5.00	4.90	5.00	5.00	4.90
P mg/l	6.40	5.70	9.20	6.40	6.30	10.50	6.10	5.00	8.60	6.40	5.40	9.90
Ca meq/100 ml S.	0.99	0.88	0.87	0.85	1.09	1.12	0.75	0.71	0.61	0.88	0.81	0.61
Mg meq/100 ml S.	0.40	0.33	0.44	0.31	0.46	0.56	0.27	0.27	0.27	0.33	0.31	0.26
K meq/100 ml S.	0.25	0.17	0.06	0.23	0.21	0.04	0.24	0.18	0.04	0.25	0.18	0.06
Acidez Extr.	1.10	0.80	0.83	1.15	0.75	0.72	1.10	0.75	0.83	1.00	0.80	0.76
Cu mg/l	6.60	6.30	5.00	6.30	6.30	4.70	7.20	6.00	4.40	6.40	5.60	4.70
Zn mg/l	1.40	1.40	0.60	1.40	1.40	0.60	1.40	1.00	0.60	1.40	1.10	0.60
Mn mg/l	6.80	7.90	20.50	7.60	7.20	20.20	6.80	6.60	18.60	6.40	7.50	15.20
M.O %	11.79	13.68	13.95	13.52	13.62	13.44	13.97	14.02	13.80	13.71	14.04	13.51
N %	0.57	0.58	0.60	0.57	0.58	0.61	0.58	0.57	0.62	0.57	0.59	0.62
Textura	F	F	FY	F	FY	FY	F	F	FY	F	F	FY

1 = Primer muestreo de suelo.

2 = Segundo muestreo de suelo.

3 = Tercer muestreo de suelo.

F = Franco.

FY = Franco arcilloso.

CUADRO 4A. Radiación incidente y efecto del cultivo de layuca sobre dos accesiones de jícama durante el ensayo. CATIE, Turrialba, 1995.

Período de acumulación de biomasa	Accesión de Jícama	RADIACION INCIDENTE	
		Yuca (%)	Jícama (%)
Inicio primer ciclo Siembra simultánea de Yuca y Jícama	EC509	100.0	100.0
	EC041	100.0	100.0
Primer ciclo Máxima biomasa de la jícama	EC509	100.0	72.6
	EC041	100.0	63.6
	Promedio	100.0	68.1
Inicio segundo ciclo de la jícama	EC509	100.0	45.2
	EC041	100.0	56.6
	Promedio	100.0	50.9
Segundo ciclo Máxima biomasa de la jícama	EC509	100.0	53.0
	EC041	100.0	62.8
	Promedio	100.0	57.9

CUADRO 5A. Análisis de varianza para las variables evaluadas durante el primer ciclo de la jícama. CATIE, 1995.

Fuente de variación	G.L.	Peso fresco del follaje		Peso seco del follaje		Peso fresco de la raíz		Peso seco de la raíz		Diámetro de la raíz		Longitud de la raíz	
		C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F
Modelo	63	1026.9	0.0001 **	1455.7	0.0001 **	18293.8	0.0001 **	3189.3	0.0001 **	13.4	0.0001 **	3.4	0.0001 **
Rep	3	4860.3	0.0065 **	3490.9	0.0069 **	21518.2	ns	1995.7	ns	5.9	ns	12.2	ns
A	1	5650.3	0.0066 **	10766.6	0.0017 **	41492.3	ns	10395.7	0.0247 *	3.1	ns	5.0	0.0315 *
Rep*A (a)	3	112.9	ns	92.1	ns	5382.3	0.0417 *	590.4	ns	1.7	ns	0.3	ns
I	1	317.5	ns	0.6	ns	673.1	ns	2966.1	0.0451 *	3.8	0.0485 *	14.9	0.0116 *
A*I	1	56.5	ns	274.8	ns	616.0	ns	288.1	ns	0.4	ns	2.7	ns
Rep*(A) (b)	6	509.3	0.0188 *	575.8	ns	1673.6	ns	465.9	ns	0.4	ns	1.2	ns
S	1	147.9	ns	103.5	ns	118.1	ns	21.2	ns	0.0	ns	0.2	ns
A*S	1	38.3	ns	94.4	ns	214.0	ns	264.4	ns	0.001	ns	1.0	ns
I*S	1	323.3	ns	399.7	ns	757.5	ns	485.4	ns	0.091	ns	0.2	ns
A*I*S	1	98.3	ns	460.7	ns	1122.2	ns	329.7	ns	0.99	ns	0.0	ns
Rep*S(A*I) (c)	12	109.8	ns	327.4	ns	1225.8	ns	121.4	ns	0.41	ns	0.8	ns
F	4	7321.0	0.0001 **	10989.1	0.0001 **	232338.3	0.0001 **	38242.4	0.0001 **	179.6	0.0001 **	22.9	0.0001 **
A*F	4	1001.0	0.0007 **	1909.4	0.0001 **	13662.4	0.0001 **	3327.1	0.0001 **	1.85	0.0063 **	1.1	ns
I*F	4	325.6	ns	895.8	0.0133 *	1288.2	ns	1143.8	0.0016 **	0.14	ns	0.7	ns
S*F	4	185.2	ns	32.1	ns	1041.2	ns	18.8	ns	0.066	ns	1.9	ns
A*I*F	4	339.6	ns	975.1	0.0085 **	546.4	ns	369.9	ns	0.086	ns	2.2	ns
A*S*F	4	335.1	ns	171.0	ns	1162.9	ns	196.8	ns	1.14	ns	0.4	ns
I*S*F	4	67.4	ns	123.1	ns	254.8	ns	332.2	ns	0.05	ns	0.8	ns
A*I*S*F	4	89.6	ns	273.9	ns	221.2	ns	55.6	ns	0.17	ns	1.1	ns
C.V. (%)		28.12		50.44		29.54		42.95		18.27		19.64	

* Significativo al 5%

** Altamente significativo al 1%

ns No significativo

CUADRO 6A. Análisis de varianza para las variables evaluadas durante el segundo ciclo de la jicama. CATIE, 1995.

Fuente de variación	G.L.	Peso fresco del follaje		Peso seco del follaje		Peso fresco de la raíz		Peso seco de la raíz		Diámetro de la raíz		Longitud de la raíz	
		C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F
Modelo	63	3870.3	0.0001 **	183.4	0.0001 **	11105.1	0.0001 **	73.20	0.0001 **	18.53	0.0001 **	18.06	ns
Rep	3	1301.1	ns	42.3	ns	8666.3	ns	49.88	ns	12.53	ns	10.68	ns
A	1	99165.9	0.0021 **	4482.0	0.0154 *	48004.1	0.0314 *	536.80	0.0154 *	58.00	ns	96.03	0.0114 *
Rep*A (a)	3	991.2	ns	35.9	ns	3274.5	ns	21.47	ns	6.03	ns	3.10	ns
I	1	1522.2	ns	9.0	0.0387 *	7362.6	0.0007 **	114.35	0.0387 *	1.19	ns	86.50	ns
A*I	1	7.8	ns	0.6	ns	648.2	ns	11.62	ns	4.81	ns	0.69	ns
Rep*(A) (b)	6	743.2	ns	13.7	ns	182.7	ns	16.43	ns	7.01	ns	19.88	ns
S	1	3136.6	0.0346 *	113.0	0.0294 *	144.5	ns	0.09	ns	0.12	ns	17.90	ns
A*S	1	8250.5	0.0022 **	356.7	0.0009 **	7975.9	0.0121 *	42.84	0.0217 *	11.22	ns	61.00	ns
I*S	1	15.4	ns	0.0	ns	358.1	ns	5.40	ns	1.10	ns	0.18	ns
A*I*S	1	437.9	ns	19.0	ns	1005.6	ns	0.38	ns	0.09	ns	45.90	ns
Rep*S(A*I) (c)	12	522.0	ns	18.5	ns	915.9	ns	6.16	ns	4.22	ns	13.76	ns
F	4	21575.7	0.0001 **	1174.9	0.0001 **	128787.3	0.0001 **	755.00	0.0001 **	198.20	0.0001 **	12.82	ns
A*F	4	2128.1	0.0013 **	132.5	0.0002 **	7761.4	0.0092 **	55.55	0.0003 **	6.23	ns	26.89	ns
I*F	4	386.2	ns	19.1	ns	2236.9	ns	30.26	0.0180 *	3.80	ns	7.97	ns
S*F	4	1612.1	0.0067 **	63.1	0.0276 *	55.42	ns	0.82	ns	0.96	ns	29.40	ns
A*I*F	4	246.9	ns	10.8	ns	1004.2	ns	5.67	ns	3.28	ns	16.40	ns
A*S*F	4	1858.8	0.0033 **	88.0	0.0049 **	4287.5	ns	21.15	ns	3.60	ns	15.70	ns
I*S*F	4	58.6	ns	3.5	ns	530	ns	2.55	ns	12.20	0.0265 *	4.70	ns
A*I*S*F	4	467.3	ns	17.4	ns	1889.9	ns	7.26	ns	7.11	ns	5.38	ns
C.V. (%)		38.28		40.58		75.93		57.369		59.97		61.56	

* Significativo al 5%

** Altamente significativo al 1%

ns No significativo

CUADRO 7A. Ecuaciones de regresión para las interacciones por fecha de las variables estudiadas en el primer ciclo. CATIE, Turrialba, 1995.

Variable	Modelo	Parámetros estimados				Pr>F
		a	b	c	r	
Interacción sistema						
PFFollaje CY	Cuadrático	0.96	28.38	-3.91	0.94	0.0518
PFFollaje SY	Cuadrático	-10.12	38.16	-4.50	0.96	0.0042
PFRaíz CY	Lineal	-50.69	40.27		0.96	0.0028
PFRaíz SY	Lineal	-91.65	64.66		0.93	0.0071
PSRaíz CY	Lineal	-2.74	2.48		0.92	0.0106
PSRaíz SY	Lineal	-6.06	4.48		0.90	0.0128
Diámetro raíz CY	Lineal	-0.63	1.43		0.99	0.0004
Diámetro raíz SY	Lineal	-1.12	1.69		0.98	0.0009
Interacción sistema * accesión						
PSFollaje EC041 CY		No se ajusta a ningún modelo				
PSFollaje EC041 SY	Lineal	1.72	3.04		0.78	0.0469
PSFollaje EC509 CY		No se ajusta a ningún modelo				
PSFollaje EC509 SY	Cuadrático	-1.55	7.13	-0.86	0.96	0.0375
Interacción accesión						
PSRaíz EC041	Lineal	-5.37	4.04		0.89	0.0139
PSRaíz EC509	Lineal	-3.42	2.91		0.92	0.0091
Regresión						
Longitud de raíz	Lineal	3.25	0.75		0.96	0.0186

a = Valor del intercepto.

b = Coeficiente de regresión del componente lineal.

c = Coeficiente de regresión del componente cuadrático

r = Coeficiente de determinación

Pr>F = Probabilidad para el modelo

PF = Peso fresco

PS = Peso seco

CY = Asocio con yuca

SY = Monocultivo

EC509 = Accesión de jicama

EC041 = Accesión de jicama

CUADRO 8A. Ecuaciones de regresión para las interacciones por fecha de las variables estudiadas en el segundo ciclo. CATIE, Turrialba, 1995.

Variable	Modelo	Parámetros estimados				Pr>F
		a	b	c	r	
Interacción sistema						
PFraíz CY	Lineal	-40.93	28.33		0.86	0.0219
PFraíz SY	Lineal	-64.29	47.67		0.91	0.0110
PSraíz CY	Lineal	-2.73	2.10		0.83	0.0311
PSraíz SY	Lineal	-4.06	3.77		0.95	0.0046
Interacción accesión						
PSraíz EC041	Lineal	-4.19	3.48		0.90	0.0146
PSraíz EC509	Lineal	-2.61	2.39		0.94	0.0068
Interacción sistema * surco						
PFFollaje CY (C)	Lineal	-4.87	12.45		0.86	0.0220
PFFollaje CY (L)	Lineal	-4.89	10.62		0.97	0.0020
PFFollaje SY (C)	Cuadrático	-12.53	50.18	-6.37	0.95	0.0502
PFFollaje SY (L)	Lineal	5.37	28.58		0.96	0.0039
PSFollaje CY (C)	Lineal	-1.72	2.89		0.90	0.0128
PSFollaje CY (L)	Lineal	-1.44	2.36		0.97	0.0023
PSFollaje SY (C)	Lineal	4.81	3.24		0.83	0.0300
PSFollaje SY (L)	Lineal	-0.84	6.68		0.98	0.0009
Interacción accesión * surco						
Diamet.raíz EC041 (C)	Lineal	-0.86	1.36		0.98	0.0011
Diamet.raíz EC041 (L)	Lineal	-1.78	1.74		0.87	0.0202
Diamet.raíz EC509 (C)	Lineal	-1.73	1.77		0.94	0.0057
Diamet.raíz EC509 (L)	Lineal	-0.59	1.35		0.89	0.0164

a = Valor del intercepto.

b = Coeficiente de regresión del componente lineal.

c = Coeficiente de regresión del componente cuadrático.

r = Coeficiente de determinación

Pr>F = Probabilidad para el modelo

PF = Peso fresco

PS = Peso seco

CY = Asocio con yuca

SY = Monocultivo

EC509 = Accesión de jicama

CUADRO 9A. Promedios para las variables peso fresco y seco de follaje, peso fresco y seco de raíz; diámetro y longitud de las raíces obtenidas de dos accesiones de jícama EC509 y ECO41 en asocio con yuca y en monocultivo del primer ciclo. CATIE, 1995.

VARIABLE	PESO DEL FOLLAJE		PESO DE RAICES		DIAMETRO DE RAICES (cm)	LONGITUD DE RAICES (cm)
	FRESCO (g)	SECO (g)	FRESCO (g)	SECO (g)		
SISTEMAS - FECHA						
Monocultivo	54.91 a	10.61 a	102.32 a	7.37 a	3.95 a	6.06 a
Asocio con yuca	43.02 b	7.88 b	70.11 a	4.69 b	3.67 a	5.67 b
ACCESION - FECHA						
EC509	50.38 a	9.25 a	84.16 a	5.31 b	3.96 a	5.52 b
EC041	47.56 a	9.23 a	88.26 a	6.75 a	3.65 a	6.22 a
SURCO - FECHA						
Central	48 a	9.11 a	85.35 a	5.97 a	3.8 a	5.9 a
Lateral	49.93 a	9.38 a	87.07 a	6.09 a	3.81 a	5.84 a
DIAS						
75	24.56 c	4.66 d	4.12 d	0.51 d	0.67 e	0.0
90	43.93 b	7.89 c	18.95 d	2.23 d	2.05 d	4.7
105	60.55 a	11.42 a	63.34 c	4.46 c	3.94 c	5.6
120	58.18 a	9.78 c	137.54 b	7.85 b	5.73 b	5.9
135	57.61 a	12.46 a	207.13 a	15.09 a	6.64 a	7.1

Valores con la misma letra vertical no difieren estadísticamente (Tukey $p=0.01$)

CUADRO 10A. Promedios para las variables peso fresco y seco de follaje, peso fresco y seco de raíz; diámetro y longitud de las raíces obtenidas de dos accesiones de jícama EC509 y ECO41 en asocio con yuca y en monocultivo del segundo ciclo. CATIE, 1995.

VARIABLE	PESO DEL FOLLAJE		PESO DE RAICES		DIAMETRO DE RAICES (cm)	LONGITUD DE RAICES (cm)
	FRESCO (g)	SECO (g)	FRESCO (g)	SECO (g)		
SISTEMAS - FECHA						
Monocultivo	101.2 a	79.5 a	78.7 a	43.47 a	4.03 a	7.8 a
Asocio con yuca	37.7 b	29.71 b	44.06 b	21.49 b	2.83 a	6.03 b
ACCESION - FECHA						
EC509	70.89 a	57.69 a	54.6 b	27.4 b	3.52 a	6.07 a
ECO41	68.05 a	51.52 a	68.17 a	37.5 a	3.35 a	7.63 a
SURCO - FECHA						
Central	64.4 b	50.18 b	62.33 a	32.62 a	3.46 a	7.31 a
Lateral	74.5 a	59.03 a	60.43 a	32.33 a	3.4 a	6.5 a
DIAS						
75	19.61 d	16.75 d	3.19 d	2.83 c	0.64 c	6.5
90	48.77 c	41.42 c	17.92 d	13.61 c	1.7 c	6.6
105	71.97 b	59.52 b	43.75 c	28.91 b	3.25 b	6.3
120	98.45 a	76.81 a	79.83 b	38.61 b	4.59 b	6.3
135	108.55 a	78.54 a	162.24 a	78.43 a	6.98 a	7.8

Valores con la misma letra vertical no difieren estadísticamente (Tukey $p=0.001$)

CUADRO 11A. Prueba de t para las interacciones sistema por surco de las variables peso fresco y seco de raíz. CATIE, 1995.

Variable	Sistema	Hipótesis	t tabulada	t calculada	Conclusiones
Peso fresco de raíz	Asocio con yuca	Ho: $\mu A = \mu B$ Hi: $\mu A \neq \mu B$	2,179	2,367	Se rechaza Ho
	Monocultivo	Ho: $\mu A = \mu B$ Hi: $\mu A \neq \mu B$	-2,179	1,800	No se rechaza Ho
Peso seco de raíz	Asocio con yuca	Ho: $\mu A = \mu B$ Hi: $\mu A \neq \mu B$	2,179	1,950	No se rechaza Ho
	Monocultivo	Ho: $\mu A = \mu B$ Hi: $\mu A \neq \mu B$	-2,179	-1,177	No se rechaza Ho

Ho = Hipótesis nula

Hi = Hipótesis alterna

CUADRO 12A. Número de botones florales promedio por ciclo y para la interacción accesión por sistema. CATIE, 1995.

Fuente de variación	Promedios
Accesión * sistema	
EC041 con yuca	40.2 b
EC041 monocultivo	43.3 a
EC509 con yuca	38.2 b
EC509 monocultivo	45.0 a
Ciclo	
Ciclo 1	37.4 b
Ciclo 2	45.9 a

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey $p=0.05$)

CUADRO 13A. Análisis de varianza para las características del rendimiento del cultivo de jicama en monocultivo y en asocio con yuca. CATIE, 1995.

Fuente de variación	G.L.	Número de botones		Peso fresco del follaje		Peso seco de follaje	
		C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F
Modelo	19	54.0	ns	15990631	0.0039 **	964613	0.01 **
Rep	3	19.8	ns	2278126	ns	91463	ns
Sist	1	196.7	ns	127025860	0.0068 **	8050078	0.0079 **
Rep*Sist (a)	3	31.4	ns	2829389	ns	199574	ns
Int	1	0.2	ns	195938	ns	61952	ns
Int*Sist	1	28.2	0.0307 *	102378	ns	9316	ns
Rep*Int(Sist) (b)	6	3.6	ns	7759087	ns	498272	ns
Ciclo	1	597.2	0.0018 **	71407225	0.0006 **	3676116	0.0023 **
Ciclo*Sist	1	9.0	ns	38412612	0.0053 **	2281248	0.0104 *
Ciclo*Int	1	5.9	ns	242208	ns	27495	ns
Ciclo*Int*Sist (c)	1	10.4	ns	4558690	ns	358704	ns
C.V. (%)		14.44		35.83		39.50	

* Significativo al 5%

** Altamente significativo al 1%

ns No significativo

C.M. Cuadrado Medio

(Continúa...)

CUADRO 13A. (Continuación)

Fuente de variación	G.L.	Número de raíces grandes		Número de raíces medianas		Número de raíces pequeñas	
		C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F
Modelo	19	22924547	0.0233 *	92680921	0.0163 *	514730674	0.0249 *
Rep	3	106575521	ns	48307291	ns	519856771	ns
Sist	1	2673632813	0.0156 *	132031250	ns	4220507813	0.027 *
Rep*Sist (a)	3	108138021	ns	27473958	ns	256315104	ns
Int	1	63281250	ns	6328125	ns	3125000	ns
Int*Sist	1	50000000	ns	7031250	ns	132031250	ns
Rep*Int(Sist) (b)	6	26041667	ns	67057291	ns	126822917	ns
Ciclo	1	378125000	0.0418 *	590820312	0.0005 **	2072070313	0.0042 *
Ciclo*Sist	1	132031250	ns	195312	ns	86132813	ns
Ciclo*Int	1	187695313	ns	4882812	ns	175781250	ns
Ciclo*Int*Sist (c)	1	70507813	ns	33007812	ns	781250	ns
C.V. (%)		63.13		34.94		27.48	

* Significativo al 5%

** Altamente significativo al 1%

ns No significativo

C.M. Cuadrado Medio

(Continúa...)

CUADRO 13A. (Continuación)

Fuente de variación	G.L.	Peso fresco de raíces													
		Grandes				Medianas				Pequeñas				Total	
		C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F		
Modelo	19	154920723	0.0064 **	13487794	0.0057 **	5248015	ns	181487286	0.0061 **						
Rep	3	141685575	ns	11806553	ns	4267537	ns	182927624	ns						
Sist	1	1645314248	0.0211 *	59535872	0.0255 *	12451297	ns	2002543077	0.0125 *						
Rep*Sist (a)	3	83168949	ns	3466626	ns	8134530	ns	68994653	ns						
Int	1	341964	ns	1528626	ns	25481	ns	242034	ns						
Int*Sist	1	12007450	ns	1114524	ns	8854684	ns	2387658	ns						
Rep*Int(Sist) (b)	6	17346854	ns	9668756	0.0421 *	2241543	ns	25563316	ns						
Ciclo	1	123362778	ns	79071600	0.0003 **	3467002	ns	328954838	0.0157 *						
Ciclo*Sist	1	101075762	ns	705672	ns	22911372	ns	19598495	ns						
Ciclo*Int	1	196554965	0.0376 *	3818466	ns	120417	ns	154075847	ns						
Ciclo*Int*Sist (c)	1	86191885	ns	6661250	ns	1226569	ns	31309763	ns						
C.V. (%)		60.37		31.09		50.13		29.35							

* Significativo al 5%

** Altamente significativo al 1%

ns No significativo

C.M. Cuadrado Medio

(Continúa...)

CUADRO 13A. (Continuación)

Fuente de variación	G.L.	Peso seco de raíces									
		Grandes		Medianas		Pequeñas		Total			
		C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F		
Modelo	19	4777877	ns	505409	0.0519 *	55515	ns	7964811	ns	ns	
Rep	3	4756075	ns	366727	ns	64345	ns	6778814	ns	ns	
Sist	1	29888046	ns	200250	ns	7170	ns	46204884	ns	ns	
Rep*Sist (a)	3	4099105	ns	279703	ns	150572	ns	6307834	ns	ns	
Int	1	515620	ns	13709	ns	357	ns	337842	ns	ns	
Int*Sist	1	720600	ns	457	ns	115800	ns	280875	ns	ns	
Rep*Int(Sist) (b)	6	1002570	ns	309573	ns	38172	ns	2663405	ns	ns	
Ciclo	1	11155726	0.05 *	2887805	0.0025 *	7110	ns	26252258	0.0212 *	ns	
Ciclo*Sist	1	10517991	ns	871530	ns	24365	ns	18773728	0.0448 *	ns	
Ciclo*Int	1	3337236	ns	15268	ns	14158	ns	2509920	ns	ns	
Ciclo*Int*Sist (c)	1	2063496	ns	14577	ns	12051	ns	2032128	ns	ns	
C.V. (%)		130.45		74.72		58.17		82.81			

* Significativo al 5%

** Altamente significativo al 1%

ns No significativo

C.M. Cuadrado Medio

(Continúa...)

CUADRO 13A. (Continuación)

Fuente de variación	G.L.	Peso fresco total de raíces y follaje		Peso seco total de raíces y follaje	
		C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F
Modelo	19	244754757	0.0053 **	9430006	ns
Rep	3	220048668	ns	8311313	ns
Sist	1	3138280506	0.0099 **	92827125	0.043 *
Rep*Sist (a)	3	91611219	ns	8107542	ns
Int	1	873511	ns	110450	ns
Int*Sist	1	1501211	ns	187884	ns
Rep*Int(Sist) (b)	6	41906135	ns	1896669	ns
Ciclo	1	93834725	ns	10280845	ns
Ciclo*Sist	1	3135634	ns	7966036	ns
Ciclo*Int	1	166535813	ns	3062812	ns
Ciclo*Int*Sist (c)	1	59762511	ns	4098384	ns
C.V. (%)		27.24		61.46	

* Significativo al 5%

** Altamente significativo al 1%

ns No significativo

C.M. Cuadrado Medio

(Continúa...)

CUADRO 13A. (Continuación)

Fuente de variación	G.L.	Longitud de raíz		Diámetro de raíces		Defectos de raíces	
		C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F	C.M.	Pr>F
Modelo	19	2.5	ns	3.96	0.0006 **	27704435	ns
Rep	3	3.1	ns	6.8	ns	8280436	ns
Sist	1	12.9	ns	23.5	0.0407 *	145031738	ns
Rep*Sist (a)	3	0.2	0.0043 **	1.96	ns	19641113	ns
Int	1	13.1	ns	1.41	ns	84094238	0.0074 **
Int*Sist	1	0	0.0059 **	0.23	ns	538330	ns
Rep*Int(Sist) (b)	6	0.75	ns	0.37	ns	5350748	ns
Ciclo	1	2.7	ns	17.46	0.0001 **	24719238	ns
Ciclo*Sist	1	1.6	ns	0.78	ns	4406738	ns
Ciclo*Int	1	1.9	ns	3.18	0.0333 *	51574707	0.022 *
Ciclo*Int*Sist (c)	1	0.5	ns	0.27	ns	305175	ns
C.V. (%)		13.2		8.4		26.94	

* Significativo al 5%

** Altamente significativo al 1%

ns No significativo

C.M. Cuadrado Medio

CUADRO 14A. Promedio del peso fresco y seco del follaje por sistema, y ciclo para la interacción ciclo por sistemas. CATIE, 1995.

Fuente de variación	Peso fresco (kg/ha)	Peso seco (kg/ha)	Peso seco (%)
Sistema * Ciclo			
Ciclo 1 con yuca	2697.8	686.0	25.4
Ciclo 1 monocultivo	4491.3	1155.1	25.7
Ciclo 2 con yuca	3494.2	829.8	23.7
Ciclo 2 monocultivo	9670.2	2367.0	24.4
Ciclo			
Ciclo 1	3594.6	920.5	25.6
Ciclo 2	6582.2	1598.4	24.2
Sistema			
Asocio con yuca	3096.0	757.9	24.4
Monocultivo	7080.8	1761.0	24.8

CUADRO 15A. Promedio para el número de raíces por tamaño, sistema y ciclo. CATIE, 1995.

Fuente de variación	Raíces grandes	Raíces medianas	Raíces pequeñas
Sistema			
Asocio con yuca	4375 b	12813 a	58438 a
Monocultivo	22656 a	16875 a	35469 b
Ciclo			
Ciclo 1	16956 a	19141 a	38906 b
Ciclo 2	10078 b	10547 b	55000 a

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente (Duncan $p=0.05$)

CUADRO 16A. Promedio para el peso fresco de raíces por tamaño y total por sistema y ciclo e interacción. CATIE, 1995.

Fuente de variación	Raíces grandes	Raíces medianas	Raíces pequeñas	Total
Sistema				
Asocio con yuca	2767.0 b	4252.2 b	7047.0 a	14067.0 b
Monocultivo	17108.0 a	6180.2 a	5800.0 a	29888.0 a
Ciclo				
Ciclo 1	11901.0 a	7188.1 a	6094.0 a	25184.0 a
Ciclo 2	7974.0 a	4044.3 b	6753.0 a	18771.0 b
Ciclo * accesión				
Ciclo 1 * EC041	9319.2			
Ciclo 1 * EC509	14482.7			
Ciclo 2 * EC041	10349.1			
Ciclo 2 * EC509	5599.1			

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente (Duncan $p=0.05$)

CUADRO 17A. Promedio para el peso seco de raíces por tamaño y total por sistema y ciclo. CATIE, 1995.

Fuente de variación	Raíces grandes	Raíces medianas	Raíces pequeñas	Total
Ciclo				
Ciclo 1	1756.6 a	898.8 a	577.0 a	3241.4 a
Ciclo 2	584.7 b	298.0 b	547.1 a	1429.9 b
Ciclo * sistema				
Ciclo 1 * Asocio con yuca				1273.8
Ciclo 1 * Monocultivo				5209.0
Ciclo 2 * Asocio con yuca				994.2
Ciclo 2 * Monocultivo				1865.6

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente (Duncan, $p=0.05$)

CUADRO 18A. Promedio del total de raíces más follaje fresco por sistema y por ciclo. CATIE, 1995.

Fuente de variación	Biomasa fresca (kg/ha)	Biomasa seca (kg/ha)	Porcentaje de peso seco
Sistema			
Asocio con yuca	17163.0 b	1892.0 b	11.0
Monocultivo	36969.0 a	5298.4 a	14.3
Ciclo			
Ciclo 1	28778.6 a	4162.0 a	14.5
Ciclo 2	25353.2 a	3028.3 a	11.9

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey $p=0.05$)

CUADRO 19A. Promedio para la longitud, diámetro y defectos de raíces por sistemas, accesión e interacción. CATIE, 1995.

Fuente de variación	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Defectos de raíces
Sistema			
Asocio con yuca	7.1 b	8.1 b	8008
Monocultivo	8.3 a	9.7 a	12266
Accesión			
EC041	8.3 a	8.6 a	
EC509	7.1 b	9.1 a	
Ciclo * accesión			
Ciclo 1 * EC041		9.1	13906
Ciclo 1 * EC509		10.1	8125
Ciclo 2 * EC041		8.2	9609
Ciclo 2 * EC509		8.0	8906

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente (Duncan $p=0.05$)

CUADRO 20A. Promedio del rendimiento de la biomasa total de yuca en asocio con dos accesiones de jícama. CATIE, 1995.

Sistema	Materia seca (kg/ha)				% M.S. Planta
	Tallo	Hoja	Raíz	Total	
Yuca + EC509	5307	449	6287	12043	34.2
Yuca + EC041	5147	532	5955	11634	33.7

Valores con la misma letra vertical no difieren estadísticamente (Duncan $p=0.05$)

CUADRO 21A. Características fenotípicas de la yuca asociada con dos accesiones de jícama EC509 y EC041. CATIE, 1995.

Cultivo de yuca asociada con accesiones de jícama	YUCA EN ASOCIACION				
	Altura planta (m)	Altura Horqueta	Longitud Ramificación	Longitud Entrenudos	Tallos por planta
		(cm)			
Yuca + EC509	2.17	69.0	78.5	4.9	2.53
Yuca + EC041	2.19	67.0	84.7	4.9	2.31

CUADRO 22A. Promedio del rendimiento de las raíces de yuca por tamaño, cultivadas en asocio con dos accesiones de jícama. CATIE, 1995.

Sistema	RENDIMIENTO DE RAICES (kg/ha)		
	Comerciales	No comerciales	Total
Yuca + EC509	5712	12506	18218
Yuca + EC041	5529	12331	17860
Yuca (monocultivo)	9820	12419	22239

CUADRO 23A. Promedio del diámetro y longitud de raíces de yuca cultivada en asocio con dos accesiones de jícama. CATIE, 1995.

Sistema	Diámetro (cm)		Longitud (cm)	
	Comercial	No comercial	Comercial	No comercial
Yuca + EC509	5.5 a	4.0 a	40.9 a	29.4 a
Yuca + EC041	5.7 a	4.1 a	40.9 a	29.1 a

Valores con la misma letra vertical no difieren estadísticamente (Duncan $p=0.05$)

CUADRO 24A. Índice equivalente de la tierra (IET) y tasa de competencia (TC) para dos accesiones de jícama en asocio con yuca y en monocultivo. CATIE, 1995.

Cultivo	Sistema de Cultivo	Accesión de jícama	Rendimiento	
			Primer ciclo	Segundo ciclo
			kg/ha	
JICAMA	Asociado	EC509	17335	10078
	Monocultivo	EC509	37247	22902
	Asociado	EC041	15645	13208
	Monocultivo	EC041	30507	28897
YUCA	Asociado	EC509		18219
	Asociado	EC041		17861
	Monocultivo			22239
INDICE EQUIVALENTE DE LA TIERRA (IET)		EC509	1.28	1.26
		EC041	1.32	1.26
TASA DE COMPETENCIA (TC)	Jícama	EC509 + yuca	0.57	0.54
		EC041 + yuca	0.64	0.57
	Yuca	Yuca + EC509	1.76	1.86
		Yuca + EC041	1.57	1.76