

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Simulación del sombreado del maíz con mallas y análisis de interacciones subterráneas de cultivos intercalados con maíz (Zea mays L.)

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

**Magister Scientiae**

por

Donald Zelaya Blandón

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
Departamento de Producción Vegetal  
Turrialba, Costa Rica  
1985

# CONTENIDO

Página Nº

RESUMEN .....	
INDICE DE CUADROS .....	
INDICE DE FIGURAS .....	
1. INTRODUCCION .....	
2. REVISION DE LITERATURA .....	
2.1. Generalidades .....	
2.2. La radiación solar en los cultivos intercalados .....	
2.2.1 Importancia .....	
2.2.2 Aspectos agronómicos relacionados con la competencia por luz .....	
2.2.3 Estudios de sombreamiento: métodos usados en el campo .....	
2.3. Interferencia en el espacio radical .....	
2.3.1 Estudios que consideran competencia por nutrientes .....	
2.3.2 Otras interacciones en el espacio radical .....	
2.3.3 Estudios de interferencia en el espacio edáfico .....	
3. MATERIALES Y METODOS .....	
3.1 Localización y características del área experimental .....	
3.2 Descripción del trabajo experimental .....	
3.2.1 Factores estudiados .....	
3.2.1.1 Tipos de competencia .....	
3.2.1.2 Asocios o cultivos dominados .....	
3.2.1.3 Fertilización .....	
3.2.2 Estructuras auxiliares usadas en el experimento ...	
3.2.2.1 Aislamiento radicular .....	
3.2.2.2 Estructuras de sombreo y mallas usadas .....	
3.2.3 Epocas de asocio .....	
3.2.4 Siembra y fertilización .....	
3.2.4.1 Maíz .....	
3.2.4.2 Cultivos dominados .....	
3.2.5 Movimiento de mallas .....	
3.3 Manejo del experimento .....	
3.3.1 Suelo .....	
3.3.2 Combate de malezas .....	
3.3.3 Combate de plagas y enfermedades .....	
3.3.4 Riego .....	

3.4	Descripción de la unidad experimental .....
3.5	Muestreos
3.5.1	Cronograma y tamaño de las muestras .....
3.5.2	Procesamiento de las muestras .....
3.5.3	Variables consideradas .....
3.5.4	Uniformización del tamaño de las muestras .....
3.5.5	Análisis estadístico .....
4.	RESULTADOS
4.1	Siembra simultánea .....
4.1.1	Maíz .....
4.1.2	Cultivos dominados .....
4.1.2.1	Arroz .....
4.1.2.2	Frijol adzuki .....
4.1.2.3	Vigna .....
4.1.2.4	Camote .....
4.1.2.5	Soya .....
4.2	Segunda época de asocio (90 DDSM) .....
4.2.1	Arroz .....
4.2.2	Frijol adzuki .....
4.2.3	Vigna .....
4.2.4	Camote .....
4.2.5	Soya .....
4.3	Tercera época de asocio (110 DDSM) .....
4.3.1	Arroz .....
4.3.2	Frijol adzuki .....
4.3.3	Vigna .....
4.3.4	Camote .....
4.3.5	Soya .....
5.	DISCUSION
5.1	Interferencia en el espacio edáfico .....
5.1.2	Cultivos dominados .....
5.2	Simulación del sombreado del maíz .....
5.2.1	Siembra simultánea .....
5.2.2	Segunda época de asocio (90 DDSM) .....
5.2.2.1	Arroz .....
5.2.2.2	Frijol adzuki, vigna y soya .....
5.2.2.3	Camote .....
5.2.3	Tercera época de asocio (110 DDSM) .....
5.2.3.1	Arroz .....
5.2.3.2	Adzuki, soya y vigna .....
5.2.3.3	Camote .....
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....
7.	LITERATURA CITADA .....
8.	APENDICE .....

LISTA DE CUADROS

Cuadro N<sup>o</sup>

Página N<sup>o</sup>

- 1 Valores de "F" calculada para el análisis de varianza de Biomasa Seca Total (BST) por muestreo y de rendimiento (grano) a la cosecha en el cultivo de maíz .....
- 2 Prueba de Duncan al 5 % para los promedios de tratamiento (BST) por muestreo en el cultivo de maíz .....
- 3 Prueba de Duncan (5 %) en los promedios de Biomasa Seca Total por muestreo para Tipos de Competencia (TC) y Sistemas (S) en el cultivo de maíz .....
- 4 Análisis de varianza (valores de "F") para Biomasa Seca Total, considerando la fertilización de los cultivos dominados como fuente de variación en el cultivo de maíz .....
- 5 Valores de "F" calculado para los análisis de varianza de Biomasa Seca Total correspondiente a los cultivos dominados en la época 1 de asocio (siembra simultánea) con maíz .....
- 6 Pruebas de contraste ortogonal (valores de "F") para los tipos de competencia de los cultivos dominados (BST) en el asocio con maíz en siembra simultánea .....
- 7 Prueba de Duncan (5 %) para los promedios de los tipos de competencia (BST) de los cultivos dominados en el 1<sup>a</sup> época (siembra simultánea) .....
- 8 Valores de "F" calculados para los análisis de varianza de Biomasa SEca Total correspondiente a los cultivos dominados en la 2<sup>a</sup> época de asocio .....
- 9 Pruebas de contraste ortogonal (valores de "F") para los tipos de competencia de los cultivos dominados (BST) en la 2<sup>a</sup> época de asocio (90 DDSM) .....
- 10 Pruebas de Duncan (5 %) para los promedios de los Tipos de Competencia de los cultivos dominados en la 2<sup>a</sup> época de asocio (90 DDSM) .....
- 11 Valores de "F" calculado para los análisis de varianza de Biomasa Seca Total correspondiente a los cultivos dominados en la 3<sup>a</sup> época de asocio (110 DDSM) .....

- 12 Pruebas de contraste ortogonal (valores de "F") para los Tipos de Competencia de los cultivos dominados (BST) en la 3<sup>a</sup> época de asocio (110 DDSM) .....
- 13 Pruebas de Duncan para los promedios de los Tipos de Competencia (BST) de los cultivos dominados en la 3<sup>a</sup> época de asocio (110 DDSM) .....
- 14 Análisis de varianza (valores de "F") para rendimiento de los cultivos dominados (leguminosas).....
- 15 Pruebas de contraste ortogonal del rendimiento (valores de "F") para los tipos de competencia de los cultivos dominados .....
- 16 Pruebas de Duncan para el rendimiento promedio de los Tipos de Competencia en los cultivos dominados .....

## En el apéndice:

- A.1 Producción de biomasa de los cultivos dominados por tipo de competencia en las condiciones de fertilizado y no fertilizado por ciento del promedio de F2 en relación a F1 y prueba de bondad de ajuste ( $\chi^2$ ) para los niveles de fertilizado (observado) vs no fertilizado (esperado) en todos los muestreos .....
- A.2 Condiciones climáticas durante junio 84 a marzo 85 según la estación metereológica del campo experimental "La Montaña". CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1985 .....
- A.3 Cuadro de tratamientos .....
- A.4 Características de las mallas usadas para simular el sombreado del maíz .....

LISTA DE FIGURAS

Figura N<sup>o</sup>

Página N<sup>o</sup>

- 1 Curva de crecimiento patrón para maíz tuxpeño (asociado y no asociado) biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>) .....
- 2a Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de arroz fertilizado (siembra simultánea) biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>) .....
- 2b Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de arroz no fertilizado (siembra simultánea) biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>) .....
- 3a Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de frijol adzuki fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>) .....
- 3b Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de frijol adzuki no fertilizado (siembra simultánea) biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>) .....
- 4a Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de vigna fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>) .....
- 4b Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de vigna no fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>) .....
- 5a Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de camote fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>) .....
- 5b Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de camote no fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>) .....
- 6 Curvas de crecimiento de la soya en cada tipo de competencia (fertilizado - siembra simultánea) .....
- 7 Reducción relativa del rendimiento de biomasa seca total en los cultivos dominados por efecto del nivel no fertilizado en relación al fertilizado .....

## 1. INTRODUCCION

Las especies intercaladas compiten no solamente por luz y dioxido de carbono en el espacio aéreo, sino también por agua y nutrientes en el suelo. Así, las especies que absorben los nutrientes del suelo más eficientemente, o que interceptan más energía solar en el dosel, reducen los recursos disponibles y los rendimientos de sus acompañantes (18).

La radiación solar es uno de los factores climáticos más afectado por los cultivos predominantes en una asociación; lo que a su vez tiene una gran influencia en los procesos fisiológicos de las plantas, pues es la fuente primaria de energía que ellas utilizan para la asimilación del CO<sub>2</sub> atmosférico (19).

El maíz es la planta alimenticia básica en América y es parte fundamental de los sistemas de producción múltiple, desempeñándose generalmente como cultivo dominante. Dada la importancia del maíz en el esquema productivo del trópico latinoamericano, es necesario estudiar la interacciones que ocurren entre este cultivo y los demás componentes dominados del sistema, poniendo énfasis en la comprensión de los niveles de competencia por los factores de crecimiento y en métodos que faciliten el mejoramiento y selección continuos de nuevas líneas o cultivares de diferentes especies que pueden ser asociados con el maíz.

La existencia de la interacción genotipo x sistema de producción, para los cultivos dominados (52), sugiere el mejoramiento y selección de cultivares y especies con capacidad de adaptarse a las condiciones ambientales impuestas por el maíz en situaciones de intercalado.

De ser eficiente, la simulación del sombreado producido por el maíz mediante el uso de mallas de diferente porcentaje de intercepción las cuales se cambiarían siguiendo una curva de intercepción de PAR\* ya elaborada, puede ser importante en los trabajos de selección y mejoramiento para cultivos asociados. Con el uso de mallas se facilita el manejo de grandes cantidades de materiales por evaluar, se logra mayor uniformidad en el ambiente en cuanto a radiación solar, se aísla el efecto de la competencia por luz y en general se puede simular en cualquier momento el sombreamiento de diferentes poblaciones de cualquier tipo de maíz durante todo el ciclo o partes de él.

Es también importante estudiar a nivel de campo, la magnitud del efecto de las interacciones que ocurren en el espacio radical de los cultivos intercalados (alelopatía, transferencia de N, competencia por agua y nutrientes, competencia por espacio, etc.); sobretodo en regiones contrastantes en que se investigue un sistema de producción, a fin de conocer e interpretar mejor las relaciones en el espacio radical y usar este conocimiento para el diseño de planes de manejo y alternativas de producción.

Considerando lo anteriormente expuesto, se llevó a cabo este trabajo cuyos objetivos fueron:

1. Evaluar la efectividad del sombreado artificial controlado con mallas para simular el efecto del sombreado del maíz "Tuxpeño C-7" sobre diferentes cultivos en tres épocas de asocio.
2. Establecer si existe efecto de las interacciones en el espacio

---

\* PAR = Radiación Fotosintéticamente activa.



edáfico, sobre la producción de biomasa y el rendimiento de cultivos intercalados de maíz con arroz, adzuki, vigna, camote y soya.

3. Evaluar la respuesta diferencial de plantas leguminosas, gramíneas y raíces, asociadas al maíz en diferentes arreglos cronológicos.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades

La agricultura es una explotación de la energía solar, hecha posible a través de un abastecimiento adecuado de agua y nutrientes que permiten mantener el crecimiento de las plantas.

Los cultivos múltiples, una forma común de agricultura en los trópicos (39), son preferidos en relación al monocultivo por muchas razones: a) reducción del riesgo de fracaso total en ambientes altamente variables e inestables, b) obtención de rendimientos más altos por unidad de área de tierra a través de una mayor utilización de los recursos disponibles como luz, nutrientes y agua, c) mayor protección del suelo reduciendo el daño físico por viento, lluvias y erosión (3); d) reducción del daño por plagas y enfermedades (24), y e) menor crecimiento y competencia de malezas (27).

En muchas áreas tropicales del mundo el maíz es un componente importante de los sistemas de producción. En el trópico latinoamericano el 60 % del maíz se siembra asociado (16), desempeñando, casi siempre, el rol de cultivo dominante en el dosel del sistema. Pinchinat, Soria y Bazan (33), consideran al maíz como uno de los cultivos predominantes tanto en las tierras bajas como en las medias y altas de la América tropical.

Cordero y McCollum (5), afirman que una combinación favorita de cultivos intercalados en latitudes tropicales utiliza al maíz como especie dominante, con frijol común, soya, camote u otros cultivos de crecimiento más bajo como especies dominadas. Se ha estimado que el 73 y 80 % del frijol

producido en Guatemala y Brasil, respectivamente, es asociado principalmente con maíz ( ).

El National Sample Survey of Agriculture de Malawi, citado por Edje (13), revela que el 90 % del área dedicada al cultivo del maní en ese país, está sembrada en asociación con otros cultivos, principalmente maíz. W. de Grot (10), menciona que en Kenya la mayor parte de los frijoles están asociados con maíz.

Okigbo (31), de el trabajo de Trenbath (1976); resume que existe un complejo de interacciones interespecíficas, intervarietales e interplantas (anidación, alelopatía) que ocurren en los cultivos intercalados, dependiendo de una serie de combinaciones de los efectos de especies, densidad y esparcimiento, patrones de siembra, tipos de dosel, sistemas radiculares, demandas diferenciales de factores ambientales a diferente estado de crecimiento y así sucesivamente.

Los efectos que diferentes especies de cultivos creciendo en asociación tienen sobre cada una de ellas, a menudo no es directo, sino más bien, ocurre debido a que una especie cambia el ambiente o microclima del sistema de tal forma que las condiciones de crecimiento para la otra especie se vuelven menos (o más) favorables. Los factores ambientales generalmente afectados son: intensidad de luz y disponibilidad de agua (47). Radke y Hagstrom (35) consideran que los dos principales efectos de intercalar un cultivo bajo y uno alto, son la intercepción de la luz (sombreo) y la protección del viento. El microclima de las áreas cubiertas de vegetación difiere de las abiertas; la temperatura y humedad relativa son ligeramente incrementadas.

## 2.2 La radiación solar en los cultivos intercalados

### 2.2.1 Importancia

Williams (58), reportó diferencias en las tasas de crecimiento de dos componentes en una mezcla de cultivos relacionada con diferencias en las proporciones de luz total incidente interceptada por las hojas de cada componente.

Si las condiciones del suelo no son limitantes y los cultivos son todavía vegetativos, la fotosíntesis y las tasas de crecimiento de sus doseles están cerca de ser proporcionales a la radiación que ellos interceptan. En intercalados mixtos donde las condiciones del suelo son buenas de tal forma que la competencia es solamente por luz, una ligera diferencia en altura, aún en los primeros estados de crecimiento, puede conducir a fuertes efectos de competencia (47).

Cuando se intercala maíz con cultivos de menor altura, es de esperar que los cultivos dominados sean afectados por el sombreamiento y entonces la competencia por luz sea de principal importancia. Gardiner y Craker (17), consideran al sombreamiento, resultante de la rápida tasa de crecimiento del cultivo (CGR\*) y la ventaja en altura del maíz, como el principal efecto competitivo del maíz en los frijoles.

Según Okoli y Wilson (32), en cultivos asociados de maíz yuca, el sombreo impuesto por el maíz es el principal factor que afecta el creci-

---

\* CGR = Crop Growth Rate

miento y desarrollo de la yuca. Diferencias de 5-10 % de transmisión de luz entre dos tipos de maíz significan un 32 % de aumento en el rendimiento de la yuca.

Moreno (26), considera a la luz más importante que los nutrientes en el comportamiento del camote cuando se intercala con maíz.

Souza y Andrade (44), encontraron una disminución en el rendimiento del frijol a medida que se aumentó la población de maíz (siembra simultánea) y esto puede ser explicado en cierta forma por la mayor competencia por luz.

Wahua, Babalola y Akenova (51) compararon tres cultivares de maíz a fin de conocer cual era el más apropiado para asociarse con caupí y encontraron que a mayor cantidad de luz transmitida por el dosel del maíz hay un mayor crecimiento y rendimiento del caupí asociado.

Dalal (7), asoció maíz con soya en el mismo surco, en surcos alternos y en pares de surcos alternos, encontrando siempre una reducción en el rendimiento de la soya con respecto al monocultivo, lo cual indica que el factor luz es de principal importancia.

Bezerra Neto, citado por Cruz et al (6), encontró superioridad de 9.4 % en la productividad media de diez cultivares de frijol asociados con maíz el cultivar braquítico "Pirañao" en relación a la obtenida en presencia del cultivar "Centralmex" de porte normal.

Neuman, Fleck y De Souza (29), señalan que el descenso en el rendimiento con los más altos niveles de N observado en los cultivos dominados como el frijol y la soya se debe a un mejor aprovechamiento y consecuentemente mayor sombreamiento impuesto por el cultivo de mayor estatura. Este fenómeno ocurrió cuando se asoció frijol + girasol y se aplicaron las dosis

más altas de N ( ).

La reducción en la densidad de flujo de la luz (intensidad) debida a intercepción dentro de un dosel de hojas es usualmente exponencial (47). Szeiciks (45), apunta que los pigmentos de las hojas absorben cerca del 80-90 % de PAR; pero solamente un 20 % de la radiación infraroja (NIR). Dado que en el dosel del cultivo la radiación es transmitida a través y entre hojas, la composición espectral cambia rápidamente con la profundidad del mismo.

De acuerdo con Allen et al (1), tanto los datos experimentales como las simulaciones no solamente muestran un enriquecimiento relativo de irradiación de 730 nm (y NIR) con respecto a irradiación de 660 nm (y PAR) con la profundidad dentro del dosel, sino que además el enriquecimiento relativo es más grande en las áreas sombreadas que en las manchas de sol. La radiación NIR no contribuye a la fotosíntesis; pero sí contribuye a los gastos de balance de energía de las hojas. El enriquecimiento de radiación de 730 nm/600 nm con la profundidad dentro de los doseles puede afectar los procesos fotomorfogénicos en forma diferencial.

Aunque el sombreamiento por el componente más alto de la mezcla generalmente reduce las tasas de fotosíntesis en el dosel más bajo; siempre que el sombreado no sea muy intenso, las plantas del dosel sombreado continuarán creciendo y se adaptarán a los bajos niveles de luz, estas adaptaciones serán efectos de competencia. Las adaptaciones a baja intensidad de luz incluyen tasas de respiración oscura reducidas, disminución en la relación raíz/parte aérea, etc., estos cambios aumentan la oportunidad de sobrevivencia por medio de un aumento en la intercepción de luz y una reducción en la carga respiratoria (47).

### 2.2.2 Aspectos agronómicos relacionados con la competencia por luz

Para Willey (54), en términos de mejoramiento, la meta principal con los cultivos dominados es seleccionar genotipos que crecen bien en ambientes esencialmente modificados por el cultivo dominantes; con referencia específica a la luz, esto usualmente significa menor intensidad y deficiencia en longitudes de onda fotosintéticamente activas.

Wahua, Babalola y Akenova (51), afirman que el mejoramiento y selección de cultivares de plantas para sistemas de cultivos mixtos es extremadamente importante para la superación de los sistemas de producción tradicionales en los trópicos.

Willey y Rao (56), resaltan lo frecuentemente recalcado en cuanto a la identificación de genotipos apropiados como una de las principales formas por medio de las cuales el comportamiento de los intercalados puede ser mejorado.

Según Gomez y Gomez (18), <sup>con</sup> la intensificación del uso de la tierra a través de cultivos intercalados, tanto perennes como anuales, la importancia de la tolerancia a la sombra ha aumentado considerablemente. Para Beets (3), la tolerancia a la sombra es una característica importante en plantas de baja estatura y existe variación respecto a ella entre los diferentes genotipos de leguminosas, por lo cual es útil llevar a cabo tamizados (screening) para encontrar los genotipos más tolerantes.

Harwood y Price (21) consideran que en los escenarios tradicionales, la resistencia a enfermedades e insectos puede no ser tan importante como lo son la tolerancia a la sequía, tolerancia a la sombra, tipo de planta vigoroso y maduración apropiada.

### 2.2.3 Estudios de sombreamiento: métodos usados en el campo

El estudio del efecto de diferentes intensidades y longitudes de onda de radiación sobre las plantas ha sido intenso, especialmente, a nivel de laboratorio o invernadero. A nivel de campo, reducciones en la intensidad de PAR\* y su efecto sobre algunos cultivos ha sido objeto de cierta atención y se ha hecho uso de diferentes materiales y metodologías para reducir la radiación fotosintéticamente activa incidente sobre el terreno, encontrándose generalmente respuestas similares para los diferentes cultivos y metodologías.

Fortuin y Omta (15), estudiaron el efecto de la reducción de la intensidad de luz incidente sobre Solanum nigrum durante todo el ciclo del cultivo, aplicando tratamientos constantes de sombreo de 35-45, 50-60, 75-85 y 90 %, valiéndose de una estructura de bambú fija sobre la cual se puso paja (plantas) de Imperata cilindrica en diferentes cantidades y colocando en los lados paneles plásticos con diferente proporción de fajas pintadas de negro para obtener el sombreamiento deseado. Las plantas de S.nigrum a pesar de ser amantes de la sombra, se vieron muy afectadas en los niveles más altos de intercepción de luz.

Earley, et al (12), tratando de evaluar el efecto de la sombra sobre el maíz en condiciones de campo, colocaron estructuras de madera (marcos) de 8 pies de alto con 4 y 3 pies en la base y la punta, sobre las plantas de maíz. Los niveles de sombreo se obtuvieron cubriendo el 30, 60, 70, 80

---

\* PAR = Radiación Fotosintéticamente Activa.



y 90 % del área exterior de la estructura con tiras de lámina metálica galvanizada de calibre 26. Hubo una reducción esencialmente lineal en la proteína total de las plantas con la disminución de la luz.

Okoli y Wilson (32) en su trabajo referente al grado de influencia de varios niveles de sombreo sobre el desarrollo y crecimiento de la yuca, expusieron plantas jóvenes de yuca a 20, 40 y 60 % de sombra por nueve semanas (cerca del mismo período de sombreo esperado en el intercalado con maíz) mediante el uso de marcos cubiertos parcialmente con tiras de polietileno negro de 2 cm de ancho, espaciadas convenientemente para alcanzar el grado deseado de intercepción, a una altura de 3 m hacia arriba y 0,5 m en los lados. Se encontró que hay diferencias significativas entre 0 vs 20, 40 y 60 % a 17 semanas después de la siembra.

Aclan, citado por Villareal y Lai (49), usó reglillas de madera de 5,08 cm x 5 m, montadas en un marco de madera de forma triangular y distanciadas 15.24, 5.08 y 1,68 cm entre ellas para obtener 25, 50 y 75 % de sombreo, respectivamente. El rendimiento del cultivo de tomate fue afectado progresivamente con los aumentos en el % de intercepción y el método resultó práctico y eficaz.

Nayak et al (30), a fin de conocer la eficiencia fotosintética de dos cultivares de arroz en diferentes estados de crecimiento, aplicaron tratamientos de 35, 50 y 75 % de sombreo artificial uniforme para cada período en estudio, obteniendo respuestas diferenciales para cada situación considerada.

Wilson y Wong (53) encontraron diferentes respuestas cuando aplicaron tratamientos de sombreo de 40 y 60 % a Panicum maximum y Macropthium atropurpureum, usando tela de sombra comercial ("Sarlion" Industries)

sin variar el nivel de sombreo. Rawson y Hindmarsh (36) usaron el mismo material de color negro para tratamientos de 20 y 50 % de intercepción de radiación en el cultivo de girasol (Helianthus annus), siendo este más afectado cuando el sombreo fue mayor.

Marr y Hillyer, citados por Villareal y Lai (49), usaron tela plástica para sombra "Saran" y cuatro intensidades de sombreo -0, 30, 45 y 63 % para evaluar el efecto de la intensidad de luz en la polinización y fertilización del tomate a nivel de campo.

Smith y Whiteman (43) mencionan que los ensayos para probar tolerancia de algunos pastos al sombreo por medio de sombra artificial, omiten otros efectos competitivos del cultivo establecido.

El uso de "solarímetros" para establecer curvas de intercepción de radiación en los sistemas de producción ha sido practicado en el ICRISAT (17); por su parte, Arze y colaboradores (4), en el CATIE, han elaborado curvas de intercepción de PAR para tres (3) biotipos de maíz: "Eladio Hernández" -alto-, "Tuxpeño C-7" -medio- y "Maicito" -bajo- en diferentes poblaciones, mediante el uso de integradores de línea (LI-191 SB) colocados dentro del cultivo y un integrador de punto (LI-190 SB) colocado fuera, para medir la PAR total incidente, relacionando luego ambos valores.

Gardiner y Craker (17) y Sivakumar y Virmani (41) han utilizado metodologías afines o parecidas para elaborar curvas de intercepción y relaciones de radiación interceptada con la producción de materia seca en los sistemas maíz + frijol y maíz + gandul, respectivamente.

---

PAR = radiación fotosintéticamente activa

## 2.3 Interferencia en el espacio radical

### 2.3.1 Generalidades

Cuando dos cultivos son sembrados juntos, la competencia que se desarrolla puede no ser únicamente por luz sino también por agua y nutrientes. Snaydon y Harris (42), hacen ver que la evidencia experimental muestra interacciones normalmente más intensas en la parte subterránea en comparación a la parte aérea, aunque los recursos limitantes en particular y los mecanismos involucrados, raramente han sido estudiados.

En la mayoría de los ambientes agrícolas las condiciones del suelo son subóptimas y dado que los sistemas radicales usualmente se interpenetran libremente, existe la posibilidad de competencia por agua y nutrientes cuando los cultivos se siembran suficientemente cerca como es el caso de los cultivos intercalados (46).

Según Trenbath (47) las raíces toman agua, nutrientes y O<sub>2</sub> del suelo. Cuando un cultivo está en estado de plántula, las raíces estarán suficientemente separadas para que no exista interferencia en la absorción entre radículas vecinas; sin embargo, desde que el área del sistema radicular puede ser arriba de 100 veces el de la parte aérea, el suelo es ocupado prontamente y la competencia por suministros puede comenzar.

Donde el suelo es muy infértil y hay baja densidad de siembra, la competencia entre los sistemas radiculares por los factores del suelo es probablemente la que decide cual componente viene a ser el agresor debido a que el área foliar producida nunca puede ser suficientemente grande como para conducir a una competencia significativa por luz. Experimentos realiza-

dos en potes (macetas) donde la competencia por luz ha sido prevenida mediante particiones, han demostrado que la competencia por los factores del suelo puede, similarmente, producir grandes efectos. Dado que la movilidad del N y agua en el suelo es similar, estos dos factores son los que, probablemente, están sujetos a mayor competencia en el suelo (46).

Snaydon y Harris (42) señalan que los resultados de muchos estudios de cultivos intercalados tienden a ser sesgados hacia la importancia de las interacciones aéreas, debido a las grandes aplicaciones de nutrientes y agua que reducen las usuales deficiencias para estos factores; estas aplicaciones a menudo son enormemente mayores de lo usado en aquellas condiciones de producción donde el cultivo intercalado será probablemente usado.

### 2.3.2 Estudios que consideran competencia por nutrientes

Jackman y Mouat (23), trabajando con mezclas de Agrostis tenuis Sibth y Trifolium repens L., encontraron competencia importante por fósforo cuando el abastecimiento de este elemento era subóptimo y cuando la mezcla era más joven; pero con el tiempo, otros factores los cuales probablemente incluye sombreo de los estolones de Trifolium, se vuelven más importantes.

Dalal (7), reporta la existencia de una mayor competencia por nutrientes (y luz) cuando el maíz y el gandul se sembraron en el mismo hoyo en relación con la siembra en surcos alternos. En otro ensayo, reporta que el rendimiento del maíz fue afectado significativamente solo cuando se sembró con la soya en el mismo surco (8).

Donald (11), asegura que la competencia por un nutriente no ocu-

re si la cantidad de ese nutriente en forma disponible a través del período de crecimiento es suficiente para satisfacer las necesidades de todos los componentes de la mezcla.

Wahua (50), reporta una clara competencia por nitrógeno entre el maíz y el caupí, aclarando que la competencia fue mayor para el caupí; pero ambos cultivos fueron afectados en forma significativa solamente alrededor del tiempo de la antesis. Además, estos cultivos también mostraron competencia por fósforo, potasio y calcio, siendo el caupí el más afectado.

La competencia entre el cultivo principal y los socios probablemente reduce el rendimiento del primero en una cantidad que depende de los requerimientos nutritivos y hábitos de crecimiento de los últimos (11).

Según Mutsaers (28), bajo condiciones tropicales húmedas o subhúmedas el agua no es normalmente un factor limitante y, generalmente, el factor limitante en los cultivos de los pequeños agricultores es el nitrógeno. De sus trabajos con maíz y maní concluye que aparentemente estos cultivos no compiten por el mismo factor limitante del suelo, el cual es probablemente nitrógeno.

En trabajos de soya y maní asociados con maíz, Searle et al (40), no encontraron reducción en el rendimiento del maíz asociado con respecto al monocultivo y esto fué debido, probablemente, a que no hubo competencia por nutrientes (P, K, Ca y S fueron aplicados y los niveles de N en el suelo eran adecuados para un buen rendimiento) y agua (la cual fue siempre suplida).

En los experimentos de Remison (38) con socios de maíz y caupí sembrados en una proporción 1:1 en surcos espaciados 60 cm y con 30 cm entre plantas, aparentemente no ocurrió ninguna competencia por nutrientes ya que las relaciones entre los cultivos no fueron modificadas por la aplicación

de nutrientes. Esta falta de competencia se reduce al hecho de que el caupí se autoabastece de nitrógeno y se considera que el maíz por tener raíces más largas y más densas que las del caupí, presumiblemente explota recursos en niveles más bajos del suelo.

### 2.3.3 Otras interacciones en el espacio radical

Existe cierta evidencia de que el aumento en la absorción de nutrimentos por las mezclas (30-63 %, Dalal, 1974) puede deberse a una interacción favorable de los sistemas radiculares. Los cultivos mixtos pueden extraer nutrimentos de un volumen de suelo mayor que los cultivos puros debido a algún rechazo mutuo de los sistemas radiculares o quizá por mayor contacto de raíces y suelo en el mismo volumen de suelo (39).

Además de competencia, las interacciones entre plantas vecinas pueden también involucrar la acción de exudados tóxicos de las plantas (alelopatía), la transferencia de nitrógeno fijado microbially y procesos concernientes a otros tipos de organismos tales como saprófitos de la rizosfera, microorganismos parasíticos (causantes de enfermedades) e insectos herbívoros (46).

De, R ( 9), usando un nivel cero de fertilización nitrogenada, obtuvo un porcentaje de incremento en el rendimiento de maíz por la siembra de leguminosas mucho más alto que cuando los cultivos crecieron a 120 kg/ha de N y considera esto como una evidencia de la transferencia (común) de N de la leguminosa al cultivo no leguminoso.

Para Willey y Reddy (57), una posible causa de color amarillento y menor crecimiento que presentaron las plantas de mijo cuando estaban aso-

ciadas con maní con aislamiento radical, en relación a las que no tenían aislamiento, ocurrió porque la partición eliminó la transferencia de nitrógeno de la leguminosa a la gramínea y además las raíces del mijo estuvieron imposibilitadas de tomar nitrógeno del espacio radical (surco) del maní.

Respecto a la transferencia de nitrógeno, Henzell y Vallis (22), consideran que no hay evidencia de una transferencia cuantitativamente significativa de nitrógeno de la leguminosa a la gramínea, mientras la planta leguminosa está creciendo activamente. Aparte de la transferencia a través de animales herbívoros; el único mecanismo importante, aparentemente, es la descomposición microbiana de materiales de plantas senescentes y muertas. Searle (10), en su trabajo asociando soya y maní reporta no haber existido contribución de nitrógeno de las leguminosas a la gramínea.

Gray y Bonner (20), mencionan la existencia de efectos detrimen-  
tales ejercidos por una planta en el crecimiento de las plantas que la rodean, ya sean de la misma o de otras especies. Estos efectos pueden deberse en algunos casos a la producción por la planta de compuestos químicos que son inhibitorios o tóxicos a otras plantas.

Tyutyunnikov y Yakovlev (48), reportan un efecto alelopático entre el maíz y la soya consistente en la acumulación de algún metabolito en la zona radicular del maíz, el cual tiene un efecto inhibitorio en el sistema de síntesis de la nitrato reductasa o en la estimulación de la actividad de la misma. Lastuvka, citado por Putnam & Duke (34), demostró que algunas sustancias secretadas por ciertas plantas pueden influenciar la absorción y acumulación de iones por otras plantas. Tomashevskaya y Lugovskaya, citados por Putnam & Duke (34), encontraron la existencia de una absorción mejo-

rada (superior) de fósforo y potasio por los cereales cuando están en presencia de leguminosas.

#### 2.3.4 Estudios de interferencia en el espacio edáfico

El primer intento de cuantificar y separar las interacciones subterráneas y aéreas, fue hecho por Donald en 1958, usando potes (macetas) con particiones verticales subterráneas y aéreas, aplicando solamente en situaciones de competencia aditiva. El método fue modificado por Snaydon en 1971, quién posteriormente (1974), propuso el uso de cajas de competencia largas (simulando surcos) para estudiar situaciones de competencia de reemplazamiento (57). Snaydon y Odion han sugerido que este método puede ser llevado al campo usando láminas de hierro corrugadas enterradas en el suelo, las cuales son más fáciles de usar y preferibles que las láminas de plástico usadas por Bakhuis y Kleter en 1965 (42).

Reddy y Willey (37) en asociados de mijo y maní encontraron valores de Uso Equivalente de la Tierra para largo de raíces mayores de 1 en los intercalados, indicando longitudes de raíces mas grande en el intercalado que en los cultivos solos; pero estos UET fueron mas bajos que los de materia seca o área foliar lo cual sugiere que los efectos (interacción) subterráneos deben haber sido menores en relación a los aéreos.

Willey y Reddy (57) en su trabajo usando plásticos para aislar los espacios radicales en el campo, encontraron que la separación tuvo poco efecto en la superioridad global de rendimiento (LER similares), pero se notó un crecimiento reducido para el mijo y aumentado para el maní, lo cual indica que la partición ejerció cierto efecto en el balance competitivo de los culti-



vos. Por otra parte, en un control intercalado en el cual se hizo zanjas; pero no se puso plásticos, no se experimentó diferencia con el intercalado sin aislamiento radical.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización y características del área experimental

El trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental "La Montaña" del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza en Turrialba, Costa Rica de julio de 1984 a marzo de 1985.

El sitio está ubicado a 9° 53' Latitud Norte y 18° 38' Longitud Oeste a una altura de 602 msnm. Las temperaturas promedio máxima y mínima son de 26,42 y 18,00°C respectivamente, la precipitación promedio anual es de 2661,06 mm y el valor promedio de la humedad relativa es 87,35 %.

Los datos climáticos del período durante el cual se realizó el trabajo se presentan en el Cuadro A.2.

El lote del ensayo estuvo dedicado en los últimos años a cultivos asociados de maíz y otras especies bajo labranza mínima. El suelo es de origen aluvial, serie Instituto Arcilloso, fase normal y clasificado con Inceptisol (Typic Dystropept); textura franco-arcilloso; fertilidad natural media a baja y pH fuertemente ácido.

#### 3.2 Descripción del trabajo experimental

En términos generales, el trabajo estuvo basado en la siembra de cuatro cultivos de porte bajo (dominados) en diferentes condiciones de crecimiento a fin de evaluar su comportamiento y establecer comparaciones entre las mismas.

### 3.2.1 Factores estudiados

#### 3.2.1.1 Tipos de competencia

Se consideran tipos de competencia a las condiciones bajo las cuales crecieron los cultivos, existiendo cuatro niveles:

- a. Asociado con maíz con aislamiento radicular. La separación de los espacios radicales del maíz y el cultivo asociado mediante plásticos, impide la interacción de los sistemas radiculares de los cultivos y, por tanto, evita la interferencia bajo el nivel del suelo. Con esto se logra, teóricamente, que la competencia existente entre los cultivos intercalados sea únicamente por factores en el espacio aéreo, especialmente luz.
- b. Asociado con maíz sin aislamiento radicular. Los cultivos crecen e interactúan libremente, esperándose competencia tanto en el espacio aéreo como en el espacio edáfico.
- c. Sombramiento con mallas. Se trata de lograr a través del uso de mallas calibradas, una intercepción de luz similar a la que ejerce el maíz en sus etapas de crecimiento, haciendo crecer debajo de esa sombra artificial a los cultivos dominados. Al evitar la competencia

probable con el maíz en el espacio edáfico, la reducción en el crecimiento es debida únicamente a la menor cantidad de luz recibida por los cultivos.

- d. Monocultivos. Ejercen función de testigo o control y existen para todos los cultivos. En este sistema se elimina la competencia interespecífica y no se impone sombreamiento a los cultivos dominados.

#### 3.2.1.2 Asocios o cultivos dominados

Para escoger los cultivos a usar en el experimento se tomó en cuenta los siguientes criterios: a) potencial de uso como bioindicador de sombra (arroz), b) producción de raíces tuberosas y posible interferencia física en el espacio edáfico (camote, c) explotación de diferentes fuentes para abastecimiento de recursos limitantes (leguminosas).

Los cultivos usados fueron:

Arroz (Oriza sativa) cv. CR-1113

Camote (Ipomoea batatas) cv. C-15

Frijol adzuki (Vigna angularis) cv. no establecido.

Vigna (Vigna unguiculata) cv. V-47.

Soya\* (Glicine max L. Merrill) cv. PK-7394.

---

\* La soya fue usada en el trabajo de simulación de sombreo únicamente.

### 3.2.1.3 Fertilización

La competencia por un factor de crecimiento solamente se da si ese factor es limitante. A nivel de espacio edáfico, los nutrientes juegan un papel importante como objeto de competencia, por lo tanto, se estableció dos niveles de fertilización en los cultivos dominados: fertilizado y no fertilizado. Esto posibilita la competencia entre los surcos adyacentes de los cultivos intercalados cuando no hay aislamiento radical y permite, a través de comparaciones, establecer la importancia de esa competencia. El nivel fertilizado se estableció en base a recomendaciones generales de fertilización para cada cultivo.

El Cuadro 3A presenta los factores en estudio y los tratamientos.

### 3.2.2.1 Estructuras auxiliares usadas en el experimento

#### 3.2.2.1.1 Aislamiento radicular

Para separar los espacios radicales de los componentes en los socios se abrieron zanjas de 30 m de largo, 0,3 m de ancho y 0,75 de profundidad en cuyas paredes se colocaron láminas de plástico de 30 x 0,75m. Las zanjas fueron rellenas con el mismo material en el orden original de horizontes y regadas por aspersión varias veces para acentar el suelo.

### 3.2.2.1.2 Estructuras de sombreado y mallas usadas

Para montar las mallas en los tratamientos de sombreado artificial se construyeron estructuras de madera y alambre de la siguiente forma: Se enterraron a 1 m de profundidad y cada 5 m postes de 2,5 m de largo alineados a ambos lados de una franja de terreno de 30 x 3 m; los postes pareados se unieron entre sí con una regla de madera (0,05 x 0,10 m) formando marcos sobre las cuales se tendieron y enlazaron 6 líneas de alambre liso.

Las mallas utilizadas son del tipo "Saran" con 20-25-30 (negras) 47-55 y 63 (verdes) % de intercepción de radiación (Cuadro 4A) las cuales se movieron periódicamente para simular el sombreado del maíz.

### 3.2.3 Epocas de asocio

Los cultivos dominados se intercalaron con el maíz en tres épocas respecto a la siembra del último. Las épocas de asocio fueron: siembra simultánea (1ª época), 90 DDSM\* (2ª época) y 110 DDSM (3ª época). En cada una de las épocas de asocio se consideraron los mismos cultivos y los mismos factores a excepción de la fertilización. El maíz no ejerce competencia por nutrientes a 90 y 100 DDSM y por lo tanto no es necesario establecer niveles de fertilización en la 2ª y 3ª épocas, trabajándose solamente con parcelas fertilizadas.

---

\* Días después de la siembra de maíz.

### 3.2.4 Siembra y fertilización

#### 3.2.4.1 Maíz

El maíz (Tuxpeño C-7) fue sembrado en dos fechas, la primera el 25 de julio de 1984 y la segunda el 15 de octubre del mismo año, usándose la primera siembra para las 2ª y 3ª épocas de asocio de los cultivos dominados y la segunda para el asocio en siembra simultánea (1ª época).

Cada parcela constó de 3 surcos de 6 m de largo teniendo un surco borde compartido entre parcelas adyacentes. Se usó distanciamientos de 1 m entre surcos y 0,4 m entre posturas de dos plantas (50000 pt/ha). La fertilización aplicada fue 18.2-54.5-18.2 kg/ha de N, P, K al momento de la siembra y 41.8 kg/ha de N a los 40 días de la siembra.

#### 3.2.4.2 Cultivos dominados

Los cultivos dominados fueron sembrados intercalados con el maíz (con y sin aislamiento radical), debajo de mallas y en monocultivo, en cada una de las épocas de asocio mencionadas anteriormente.

La siembra de arroz, frijol adzuki, vigna y soya se efectuó en dos hileras de 6 m de largo espaciadas 0.4 m en el centro de la calle del maíz, dejando el arroz a chorrillo y 0.1, 0.2 y 0.1 m entre plantas para adzuki, vigna y soya respectivamente. El camote se sembró en una hilera al centro de la calle del maíz a una distancia de 0.4 m entre plantas. Este arreglo fue igual para los intercalados con maíz y debajo de las mallas.

En la 1ª época de asocio (siembra simultánea) se establecieron dos niveles de fertilización, razón por la cual se dividieron las parcelas en dos sub-parcelas de 3 m, dejándo una sin fertilizar y la otra fertilizada de la siguiente manera: 18.2-54.5-18.2 kg/ha de N, P, K al momento de la siembra para todos los cultivos. Para arroz y camote se aplicó además 41.8 kg/ha de N un mes después de la siembra.

En las 2ª y 3ª épocas se aplicaron las mismas dosis de fertilización; pero sin dejar parcelas no fertilizadas en ningún caso.

En todas las épocas se establecieron parcelas de monocultivo para cada cultivo usando densidades comerciales y la misma fertilización que en los socios. En arreglo espacial varió con respecto a los socios; se mantuvo la misma distancia entre plantas, cambiando la distancia entre surcos para aumentar las densidades. La siembra se hizo en surcos igualmente espaciados a 0.4, 0.4, 0.5, 0.5 y 0.5 m entre ellos para arroz, frijol adzuki, soya, vigna y camote, respectivamente.

### 3.2.5 Movimiento de mallas

El sombreamiento del maíz fue simulado por medio de mallas de diferente porcentaje de intercepción de PAR\*, cambiandolas según fuera el sombreamiento producido por maíz en sus diferentes etapas de crecimiento. El monitoreo periódico del porcentaje de sombreo producido por el maíz en el ensayo, se llevó a cabo mediante el uso de dos integradores de línea (LI-191 SB) colocados debajo del dosel del maíz y un integrador de punto (LI-

---

\* PAR = Radiación fotosintéticamente activa.



191 SB) situado fuera del cultivo para medir la cantidad de PAR incidente en cada sitio. Los dos tipos de integradores se conectaron a un Solar Monitor (LI-1776) para la lectura tanto instantánea como integrada (24 h) de los valores de radiación. Los valores obtenidos se relacionaron de la siguiente forma:

$$\% \text{ de intercepción} = 100 \left( \frac{100 \times \text{radiación dentro del maíz}}{\text{radiación fuera del cultivo}} \right)$$

La curva de intercepción de PAR para el maíz Tuxpeño C-7 (45000 pl/ha) elaborada por Arze y colaboradores ( ) (Anexo) sirvió como auxilio en la decisión del momento de efectuar el movimiento de las mallas.

En la 1ª época de asocio (siembra simultánea) el movimiento de las mallas fue realizado de la siguiente manera:

Malla de 25 % de intercepción	-	25	-	30	DDS
" "	30 %	"	"	- 30-	35 DDS
" "	47 %	"	"	- 35 -	45 DDS
" "	55 %	"	"	- 45 -	60 DDS
" "	63 %	"	"	- 60 -	85 DDS
" "	55 %	"	"	- 85 -	95 DDS

La segunda época se inició con una malla de 47 % de intercepción (90 DDS) y al doblar el maíz (110 DDS) se dejó permanentemente una malla de 20 % de intercepción.

En la tercera época (110 DDSM) la siembra se hizo con el maíz ya doblado (relevo) por lo cual se usó durante todo el periodo una malla de 25 % de intercepción de radiación.

### 3.3 Manejo del experimento

#### 3.3.1 Suelo

Debido a que los cultivos fueron sembrados bajo labranza mínima no se realizó ningún tipo de preparación del terreno a excepción de limpieza total sembrando luego a espeque o en surcos superficiales abiertos con azadón.

#### 3.3.2 Combate de malezas

Dos semanas antes de la siembra toda el área del ensayo fue tratada con el herbicida Glifosate en dosis de 1.44 kg ia/ha (Roundup) para eliminar toda la vegetación existente. Posterior a la siembra se hizo una aplicación preemergente de Metabencenotiazuron + Pendimethalina a 0,8 + 0,33 kg ia/ha (Tribunil + Prowl, 1 kg + 1 lt/ha) en las parcelas de maíz + leguminosas y en parcelas de arroz solamente se usó Pendimethalina a 0,66 kg ia/ha (Prowl 2 lt/ha).

La presencia de algunas malezas persistentes como Melampodium perfoliatum, obligó a la realización de deshierbas manuales periódicas para complementar el combate de malezas.

#### 3.3.3 Combate de plagas y enfermedades

El control de las plagas del suelo en todos los cultivos fue realizado con una aplicación de Furadán 5 G (Carbofuran) junto a la semilla en una dosis de 1.5 kg ia/ha.

El maíz recibió un tratamiento de Volaton 2,5 G (Phoxim) en el cogollo en dosis de 2.5 kg ia/ha para el control de Spodoptera frugiperda; mientras que las leguminosas fueron tratadas con Decis 2,5 EC (Decametrina) en dosis de 0.5 lt por hectárea en tres aplicaciones para el control de tortu- guillas como Diabrotica, Epilachna, etc.

Para el control de enfermedades como Pyricularia orizae en arroz y Tanatephorés cucumeris (Rizoctonia solani) en las leguminosas se realizaron aplicaciones quincenales de Benlate 0.5 kg/ha (Benomyl).

#### 3.3.4 Riego

Debido a que el mes de enero de 1985 (Cuadro A2) fue bastante más seco que el promedio para ese mes (42 años) se presentó la necesidad de efectuar dos riegos por aspersión con una duración de ocho horas cada uno para corregir el déficit hídrico que afectó a los cultivos.

#### 3.4 Descripción de la unidad experimental

El tamaño de la unidad experimental varió de acuerdo a la época y al cultivo considerado.

Para maíz, la parcela fue de 3 surcos de 6 m de largo con un surco borde compartido entre parcelas adyacentes. De los tres surcos, dos se utilizaron para muestreos de biomasa y el restante (5 mt) se usó para muestreo de cosecha parcela útil 5 m<sup>2</sup>).

En la primera época (siembra simultánea) las parcelas estuvieron dividi- das en dos cada una, de 3 m de largo, ya que se establecieron dos niveles

de fertilización para los cultivos dominados.

Para los cultivos de arroz, frijol adzuki, vigna y soya; las parcelas estuvieron constituidas de 6 surcos (3 hileras dobles al centro de la calle de maíz) de 3 m de largo en la 1ª época y de 6 m en la 2ª y 3ª época. Los muestreos se realizaron en las hileras dobles de los lados en el surco interior y la cosecha se hizo en los dos surcos centrales dejando 0.25 cm de borde. (Parcela útil de 5 m lineales de surco =  $2.5 \text{ m}^2$ ).

Las parcelas de camote constaron de 3 surcos (1 surco al centro de cada calle de maíz) con las mismas dimensiones usadas para los demás cultivos.

### 3.5 Muestreos

#### 3.5.1 Cronograma y tamaño de las muestras

Todos los cultivos fueron muestreados periódicamente con el objeto de construir curvas de crecimiento por tratamientos y poder comparar el crecimiento de una especie bajo la influencia de diferentes factores.

En la 1ª época (s. simultánea) los muestreos se realizaron de la siguiente forma: maíz, cuatro muestreos a los 25, 40 70 y 85 DDS tomando 4 plantas por muestra y por repetición. Arroz: 30, 45, 75, 90 DDS tomando 1.5 m de surco lineal como tamaño de muestra en cada repetición. Frijol adzuki, soya y vigna fueron muestreados a los 25, 40, 60 y 80 DDS tomando 1.5 m de surco que correspondió a 16 plantas de Adzuki y Soya y 8 de Viga para cada repetición. El camote fue muestreado a los 30, 50, 70 y 90 DDS tomando 4 plantas completas en cada muestreo por repetición.

En la 2ª (90 DDSM) y 3ª (110 DDSM) épocas, se muestreó el arroz a los 30, 45, 75, 90 y 120 DDS; el camote fue muestreado cada 20 días a partir de los 30 días de edad (30, 50, 70, 90, 100 DDS) y el adzuki, soya y vigna cada 10 días a partir de los 20 días de edad. (20, 30, 40, 60, 70 DDS). Para todas las épocas se consideró el mismo tamaño de muestra y se tomó la misma información en cada cultivo, recibiendo todas las muestras el mismo procesamiento.

### 3.5.2 Procesamiento de las muestras

Las muestras de cada cultivo, inmediatamente después de tomadas, fueron trasladadas al laboratorio para su procesamiento.

A excepción del arroz, en todos los cultivos las plantas fueron divididas en hojas, tallos + pecíolos, frutos + inflorescencias y para el caso del camote se separó además las raíces tuberosas. Para el arroz, debido a la dificultad de separar hojas y tallos, se tomó únicamente la biomasa total.

### 3.5.3 Variables consideradas

La separación de las partes de la planta de cada muestra en el laboratorio generó una serie de valores (variables) cuyo peso se expresó en gramos:

PFP	-	Peso Fresco de Hojas
PFT	-	Peso Fresco de tallos (tallos + pecíolos)

- PFf - Peso Fresco de Partes frutales (frutos + inflorescencias)
- PFR - Peso Fresco de Raíces
- PFB - Peso Fresco de Biomasa (arroz)

Una vez obtenidos estos valores, se procedió a separar alicuotas de cada parte de la planta, las cuales se pesaron en fresco y se pusieron a secar en un horno a 70°C durante 48 horas.

Además de estas licuotas, se separó otra pequeña alicuota (adicional) de hojas por muestra para medir el área foliar por métodos electrónicos mediante un medidor de área (Area Meter Li-3100, Lambda Instrument Corporation, Nebraska, U.S.A.) y luego secarlas. Cuando el estudio electrónico no fue disponible, se calculó el área foliar por medio de discos de área conocida para las leguminosas y el camote y mediante la ecuación de  $AF = L \times A \times 0,73$  (25) para el caso de maíz.

Después de obtener los pesos secos de las alicuotas se procedió a calcular los pesos secos totales de cada parte de la planta con la siguiente operación:

$$PS = \frac{PSAL \times PF \text{ total}}{PF \text{ Al}}$$

PSAL = Peso seco de alicuota

PF Total = Peso fresco total

PF Al = Peso fresco de alicuota; obteniéndose:

PSH = Peso seco de hojas

PST = Peso seco ta tallos (tallos + peciolos)

PSPf = Peso seco de partes frutales (frutos + inflorescencias)

PSR = Peso seco de raíces

PSB = Peso seco de Biomasa (arroz)

Para todos los cultivos (excepto arroz) la Biomasa Seca Total se obtuvo sumando el peso seco de todas las variables que se consideraron.

$$BST = PSH + PST + PSPf + PSR^*$$

En arroz;  $BST = PSB$

Al momento de la cosecha, se realizó un muestreo para rendimiento de grano (13-15 %) para maíz, adzuki, vigna y soya y de raíces tuberosas para camote.

Para calcular el Índice de Area Foliar (IAF) se procedió de la siguiente forma: teniendo el área foliar y el peso seco de la alícuota de hojas, se calculó el área foliar de la muestra:

$$AFM = \frac{AF \text{ Al} \times PSH}{PS \text{ Al}}$$

AF Al = Area foliar de la alícuota

PSH = Peso seco de hojas (muestra total)

PS Al = Peso seco de la alícuota a la cual se midió el área foliar.

El IAF es igual a AFM entre el área de estudio que ocupa la muestra:

$$IAF = \frac{AFM \text{ (m}^2\text{)}}{Am \text{ (m}^2\text{)}}$$

Am = Area de ma muestra

---

\* Sólo en camote

### 3.5.4 Uniformización del tamaño de las muestras

Para proceder al análisis, los pesos secos de las variables consideradas así como el área foliar de la muestra, fueron llevados a un tamaño uniforme de  $1 \text{ m}^2$ ; para lo cual se usaron los siguientes factores de correlación:

Maíz	1.25
Vigna y soya	- 1.25 para intercalados y monocultivos
Frijol adzuki	- 1.25 para intercalados y 1.5625 para monocultivo
Arroz	- 1.33 para intercalados y 1.67 para monocultivo.
Camote	- 0.625 para intercalados y 1.00 para monocultivo.

### 3.5.5 Análisis estadístico

Los datos del experimento para la 1ª época fueron analizados como un factorial  $4 \times 4 \times 2 + 1$  en Bloques Completos al Azar. Para las épocas 2ª y 3ª los tratamientos se analizaron mediante el modelo estadístico de Bloques Completos al Azar. El análisis de varianza se realizó en cada época de asocio por muestreo y por cultivo en cada variable considerada.

Para detectar la significancia estadística de las diferencias de los promedios de los tratamientos, se utilizó la prueba de Duncan al nivel del 5 % de probabilidad. Por otra parte, se efectuaron pruebas de contraste ortogonales por muestreo entre grupos de tratamientos.



## 4. RESULTADOS

### 4.1 Siembra Simultánea (1ª época de asocio)

#### 4.1.1 Maíz

El cultivo de maíz se tomó desde dos puntos de vista, por una parte se consideró como sombreador natural (testigo o control) de los demás cultivos asociados en el estudio de simulación y por otra parte es componente del experimento al analizar el aspecto de competencia radicular, evaluándose además su comportamiento al ser asociado con diferentes cultivos.

Se realizó análisis de varianza para Biomasa Seca Total (BST) de maíz en cada muestreo y los valores de F se presentan en el Cuadro 1. El maíz tuvo un crecimiento bastante uniforme (BST) en todos los tratamientos estudiados; el análisis de varianza (Cuadro 1) no detectó diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variación consideradas o su interacción en ningún muestreo.

Al no existir significancia en la prueba de "F" para sistemas (S), tipos de competencia (TC) y la interacción (TCxS) se deduce que la producción de biomasa (crecimiento) del maíz no fue afectada por el cultivo con el cual está asociado (Sistemas) ni por la condición de interferencia radicular bajo la cual esté creciendo, esto es, ya sea con aislamiento radicular o sin él.

Las pruebas de Duncan al 5 % (Cuadro 2) para los promedios (BST) de los tratamientos corroboran lo expresado por el análisis de varianza en los muestreos 1, 2 y 4 al agrupar todas las medias de los tratamientos en la misma categoría; sin embargo, en el muestreo 3 se observan mayores dife-

rencias de los datos (aunque no son significativas con la prueba F), correspondiendo el valor mayor al monocultivo y el menor al tratamiento maíz-vigna sin aislamiento radicular.

El Cuadro 3 presenta las pruebas de Duncan (5 %) sobre los promedios de BST para los tipos de competencia (TC) y Sistemas (S), mostrando resultados semejantes a los Cuadros 1 y 2, en cuanto al comportamiento de los datos en los diferentes muestreos. Nuevamente puede notarse que solamente en el muestreo 3 el TC4 (monocultivo) supera los TC1 (con aislamiento) y TC2 (sin aislamiento); mientras el S6 (monocultivo) tiene una mayor BST\* que los demás sistemas.

El análisis de varianza para el rendimiento en grano del maíz (valores de F) se presenta en el Cuadro 1 y se puede observar como la producción de grano no estuvo influenciada por ninguna de las fuentes de variación consideradas en el experimento.

La utilización de dos niveles de fertilización en los cultivos dominados no afectó de ninguna manera el crecimiento del maíz (Cuadro 4) es decir que la fertilización de los asociados no afectó sus relaciones competitivas con el cultivo dominante.

#### 4.1.2 Cultivos dominados

En los cultivos dominados (arroz, adzuki, vigna, camote y soya) se realizaron análisis de varianza para la variable Biomasa Seca Total (BST) en cada muestreo. Los valores de "F" para las fuentes de variación en todos los cultivos se agrupan en el Cuadro 5.

---

\* Biomasa Seca Total

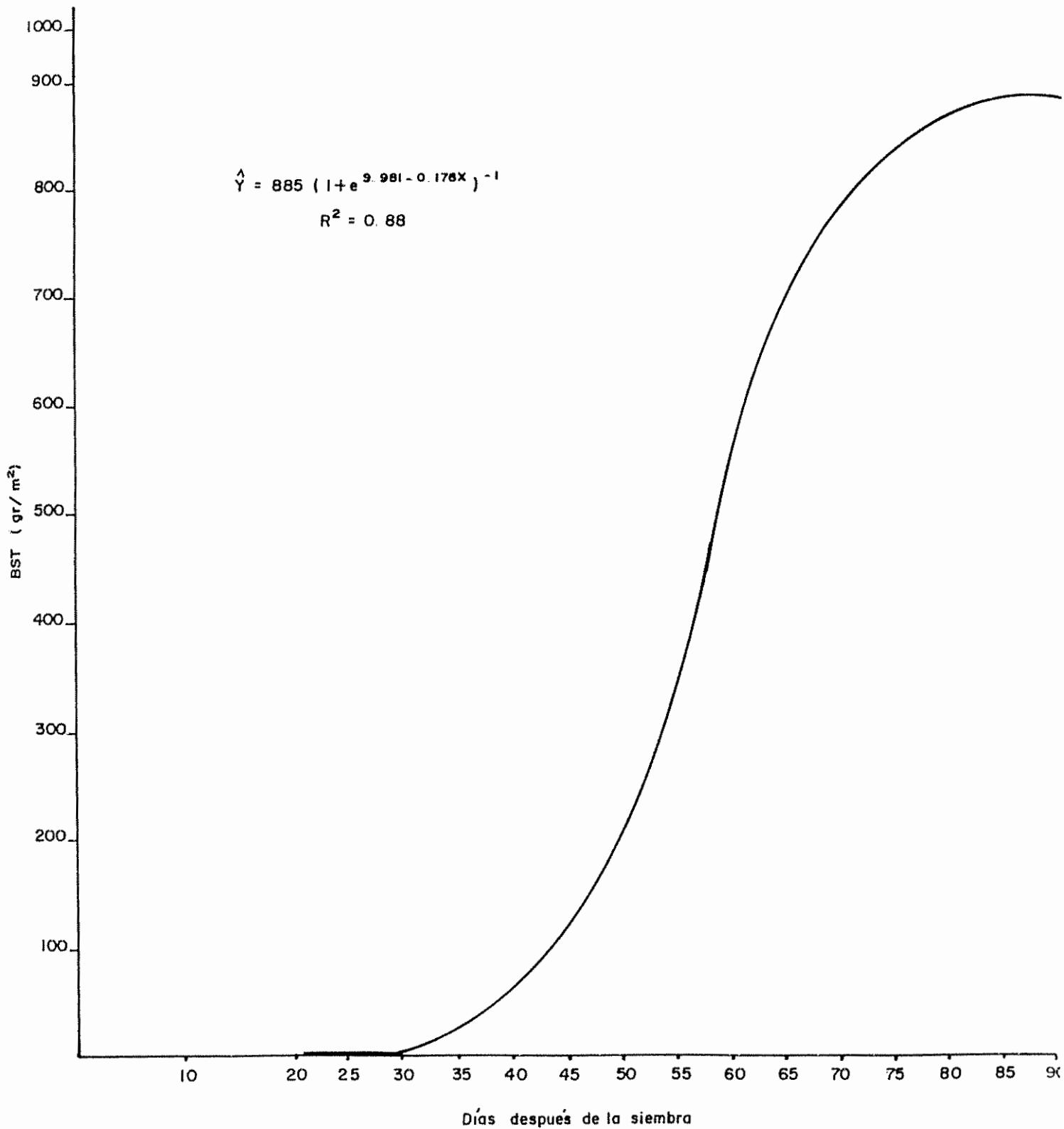


Figura 1. Curva de crecimiento patrón para maíz tuxpeño (asociado y no asociado), biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>).

El Cuadro 6 muestra los resultados ("F" calculada) de las pruebas de contraste ortogonal entre los tipos de competencia (TC) por cultivo y muestreo y los promedios de los mismos a los cuales se les aplicó la prueba de Duncan al 5 %, se presentan en el Cuadro 7.

Los promedios de la biomasa seca total (BST) para cada tipo de competencia (TC 1 = asociado con maíz con aislamiento radicular, TC 2 = asociado con maíz sin aislamiento radicular, TC 3 = sembrado debajo de mallas y TC 4 = monocultivo); en los niveles de fertilizado y no fertilizado, han sido graficados de acuerdo a las fechas de muestreo de cada cultivo elaborando curvas de crecimiento para todos los cultivos en cada una de las situaciones en que estuvieron creciendo. (Figs. 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b, 5a, 5b, 6a, para los cultivos de arroz, adzuki, vigna, camote y soya respectivamente).

#### 4.1.2.1 Arroz

Las curvas de crecimiento del arroz, fertilizado y no fertilizado, se muestran en las Figuras 2a y 2b respectivamente.

El análisis de varianza (Cuadro 5) no detectó diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variación en el primer muestreo, pero en los muestreos 2, 3 y 4 hubo diferencias significativas para Tipos de Competencia y Fertilización. La interacción Tipo de Competencia x Fertilización, fue significativa únicamente en el muestreo 3, por lo cual se asume que en forma global no existió efecto de esta interacción para el cultivo de arroz.

Las pruebas de contraste entre los tipos de competencia (Cuadro 6) no muestran diferencia significativa entre el asocio con aisla-

miento radicular y el que carece de aislamiento (TC1 vs TC2) y la prueba de Duncan (Cuadro 7) no establece diferencias entre ambos en ningún muestreo.

Respecto al cultivo debajo de mallas y los asociados con maíz (TC3 vs TC1 y TC2) se observan diferencias significativas en los muestreos 1, 3 y 4; además, en el muestreo 2 el TC3 es mayor (no significativo) (Cuadro 7), lo cual indica una mayor producción de biomasa del arroz sembrado debajo de las mallas en relación al intercalado con maíz; las Figuras 2a y 2b permiten observar claramente estas tendencias.

La comparación del monocultivo contra los demás tipos de competencia (TC4 vs Resto) no fue significativa para el muestreo 1 aunque la prueba de Duncan (Cuadro 7) lo separa de los demás (mayor densidad del TC4, 250 vs 200 surcos/h)\*; en los muestreos 2, 3 y 4 se encontraron valores de F significativos para este contraste y las pruebas de Duncan (Cuadro 7) muestran superioridad del crecimiento del monocultivo, lo cual es fácilmente apreciable en las Figuras 2a y 2b.

Los niveles de fertilización (F) (Cuadro 5) presentaron diferencias significativas en los muestreos 2, 3 y 4. El efecto global de la fertilización sobre el cultivo se puede apreciar gráficamente en la Figura 7.

---

\* Se hace el comentario de la diferencia de densidad dado que en esta fecha de muestreo, por edad de los cultivos, no es de esperarse efectos de competencia tanto inter como intraespecífica.

#### 4.1.2.2 Frijol Adzuki

El frijol adzuki fue muestreado en tres ocasiones (25, 40, 60 DDS); las curvas de crecimiento para los tipos de competencia en los niveles de fertilizado y no fertilizado se muestran en las Figuras 3a y 3b.

El análisis de varianza (Cuadro 5) detectó diferencias altamente significativas para tipos de competencia en el muestreo 1 y para fertilización en el 1º y 2º muestreos. La interacción tipo de competencia x fertilización no fue significativa en ningún muestreo.

Las pruebas de contrastes (Cuadro 6) para TC1 vs TC2 (con aislamiento radical y sin él) no revelan significancia en ninguno de los muestreos, esto significa que no hubo efecto del aislamiento radicular sobre el crecimiento del adzuki y por lo tanto no existió competencia con el maíz a nivel de espacio edáfico.

La comparación TC3 vs TC1 y TC2 (mallas vs asociados) fue significativa solamente en el muestreo 1, en este caso los asociados superaron a las mallas (Cuadro 7) probablemente porque el maíz protegió a las plántulas de adzuki de la acción del viento; en los muestreos 2 y 3 no hubo significancia para el contraste y la prueba de Duncan (Cuadro 7) los clasifica como estadísticamente iguales. Estos resultados revelan una simulación aceptable del sombreado de maíz por las mallas dado que la producción de biomasa en estos tipos de competencia fue bastante similar.

El monocultivo (TC4) rindió siempre más que los otros tipos de competencia (Cuadro 7); la comparación TC4 vs Resto fue significativa en el muestreo 1 (mayor densidad del monocultivo son respecto a los asociados, 250000 vs 200000 pt/ha) y en el 3.

La fertilización (Cuadro 5) fue significativa en los muestreos 1 y 2; al observar el Cuadro A1, se nota mayor BST del fertilizado con respecto al no fertilizado (no significativo) en todos los tipos de competencia y la Figura 7 muestra el efecto, en forma general, de la fertilización sobre el cultivo de frijol adzuki.

Las Figuras 3a y 3b hacen posible apreciar las tendencias de las curvas en los diferentes tipos de competencia, permitiendo una mejor comparación del crecimiento del cultivo en las diferentes situaciones bajo las cuales se desarrolló.

En cuanto al rendimiento de grano (Cuadros 14, 15 y 16), el frijol adzuki presentó su mayor producción cuando creció en monocultivo en relación a los otros tipos de competencia, los cuales presentaron un comportamiento similar.

#### 4.1.2.3 Vigna

Los análisis para el cultivo de Vigna se presentan en los Cuadros 5, 6 y 7. Los gráficos de las curvas de crecimiento para los tipos de competencia en los niveles de fertilizado y no fertilizado se encuentran en las Figuras 4a y 4b, respectivamente.

El análisis de varianza (Cuadro 5) produjo valores de "F" no significativos para todas las fuentes de variación en el muestreo 1. Los tipos de competencia (TC) fueron significativamente diferentes solo en el muestreo 4; la fertilización (F) en el 2º y 3º y se presenta significancia para la interacción en el muestreo 2.

La comparación TC1 vs TC2 (aislado vs no aislado) es significativa en los muestreos 2 y 4 aunque el análisis de varianza no establece diferencias entre tipos de competencia en el muestreo 2. Estos resultados, así como el mayor peso de BST para TC1 en el muestreo 3 (Cuadro 7), evidencian una mayor producción de biomasa de la vigna asociada con maíz en la condición de aislamiento radicular e induce a ser interpretados como una evidencia de competencia en el espacio edáfico entre los cultivos de maíz y vigna (maíz afecta a la vigna).

Referente a la simulación del sombreado del maíz por las mallas se observa que la comparación TC3 vs TC1 y TC2 (Cuadro 6) no fué significativa en ningún muestreo. Asimismo, las pruebas de Duncan (Cuadro 7) revelan que no existe, en términos generales, diferencia entre el crecimiento de la vigna asociada con maíz, en relación al cultivo debajo de las mallas, Para los muestreos 2, 3 y 4, la producción de biomasa de la vigna fue superior en el Tipo de Competencia 1 con respecto al Tipo de Competencia 3.

El mayor crecimiento del monocultivo se hizo evidente a partir del muestreo 3 (Cuadro 7) aunque la comparación TC4 vs Resto fue significativa únicamente en el muestreo 4 (Cuadro 6).

En el Cuadro 5 se observan valores de "F" significativos para fertilización en los muestreos 2 y 3. El Cuadro A1 permite notar un mayor rendimiento del cultivo fertilizado en relación al no fertilizado en los tres primeros muestreos y la Figura 7 representa gráficamente el efecto de la fertilización sobre el cultivo durante todo el ciclo de crecimiento.

El análisis de varianza para rendimiento de la vigna (Cuadro 14) presenta valores de "F" altamente significativos para TC y significativos para fertilización y la interacción (TC x F). Las pruebas de con-



traste revelan significancia para TC3 vs TC1 -TC2 y TC4 vs Resto (Cuadro 15). El mayor rendimiento correspondió al monocultivo (TC4) el cual fué superior a los demás al realizar la prueba de Duncan al 5 % (Cuadro 16), mientras el TC3 (mallas) rindió menos que los TC 1 y 2, los cuales tuvieron un comportamiento similar.

#### 4.2.1.4 Camote

El análisis de varianza (Cuadro 5) detectó diferencias significativas para tipos de competencia (TC) en todos los muestreos y para fertilización en los muestreos 2 y 3.

Las pruebas de contraste (Cuadro 6) mostraron valores de F no significativos para TC1 vs TC2 en todos los muestreos, por lo tanto el aislamiento del espacio radical no ejerció ningún efecto sobre el crecimiento del camote, (y por lo tanto) no existe competencia en el espacio edáfico entre el camote y el maíz,

El contraste TC3 vs TC1 y TC2 fue significativo solamente en el muestreo 1, encontrándose el valor menor para TC3 (Cuadro 7) lo cual puede atribuirse a que las plantas de camote sembradas debajo de las mallas estuvieron más expuestas al viento (mayor desecación) en relación a las intercaladas con maíz. En los muestreos 2, 3 y 4 no existen diferencias de crecimiento (Cuadros 6 y 7) entre el TC3 (debajo de mallas) con respecto al TC1 y TC2 (asociados con maíz) indicando esto una simulación eficiente del sombreamiento del maíz por las mallas.

La comparación TC4 vs Resto fue significativa en todos los muestreos. El monocultivo fue sembrado con una densidad superior respec-

to a los demás tipos de competencia (40000 pl/ha vs 25000 pl/ha) y esto explica el mayor valor de la Biomasa Seca Total en los muestreos 1 y 2, sin embargo, en los muestreos 3 y 4 la BST del monocultivo supera en más del doble a los demás tipos de competencia (Cuadro 7) indicando esto una marcada influencia de la sombra en el crecimiento del camote. En el monocultivo las plantas estuvieron expuestas a una mayor competencia intraespecífica, mientras que en los demás TC hubo una disminución considerable de la competencia intraespecífica; pero se introduce la competencia interespecífica ejercida por el maíz (y simulada por las mallas) y manifestada principalmente por el sombreamiento.

Los valores de "F" para fertilización en el análisis de varianza (Cuadro 5) fueron significativos en los muestreos 2 y 3 y en Cuadro A1 se aprecia que en el muestreo 4 también hubo un rendimiento mayor (BST) del cultivo fertilizado aunque no existen diferencias significativas. La Figura 7 permite observar el efecto global de la fertilización en el cultivo de camote.

Los gráficos de las curvas de crecimiento del camote para los tipos de competencia (fertilizado y no fertilizado) se presentan en las Figuras 5a y 5b.

#### 4.2.1.5 Soya

En el cultivo de soya se consideraron 3 tipos de competencia, TC2 = asociado con maíz, TC3 = sembrado debajo de mallas y TC4 = monocultivo, por lo tanto no participó en el análisis de interacciones subte-

rráneas, haciendolo únicamente en el trabajo de simulación. Además se trabajó con un solo nivel de fertilización en todos los tratamientos.

El análisis de varianza (Cuadro 5) considera únicamente los tipos de competencia (TC) como fuente de variación. En el muestreo 1 hay significancia para TC, cosa que no ocurre en los restantes muestreos.

La comparación TC3 vs TC2 (Cuadro 6) es significativa solamente en el 1º muestreo y la prueba de Duncan (Cuadro 7) revela que las plantas intercaladas con maíz (TC2) no difirieron significativamente de aquellas sembradas bajo las mallas (TC3) lo que evidencia un buen resultado de la simulación. A diferencia de otros cultivos, el TC2 tuvo valores de BST ligeramente superiores al TC3 (Cuadro 7).

El contraste TC4 vs Resto, fue significativo en los muestreos 1 y 3 (Cuadro 6) mientras que la prueba de Duncan (Cuadro 7) considera los valores del monocultivo (TC4) como superior a los demás TC en todos los muestreos.

La Figura 6 presenta el gráfico de las curvas de crecimiento para tipos de competencia y se observa las tendencias más uniformes de las curvas así como la similitud entre las curvas TC2 y TC3.

El análisis de varianza (5 %) para rendimiento (Cuadro 14) no establece diferencias entre los tipos de competencia y la prueba de contrastes TC4 vs Resto (Cuadro 15) tampoco es significativa (5 %); pero la prueba de Duncan 5 % (Cuadro 16) establece superioridad del rendimiento del monocultivo con respecto a los otros Tipos de Competencia. El contraste TC3 vs TC2 es significativo y la prueba de Duncan 5 % (Cuadro 16) no revela diferencia entre ambos TC con respecto al rendimiento de grano.

Cuadro 1. Valores de "F" calculada para los análisis de varianza de Biomasa Seca Total (BST) por muestreo y de rendimiento (grano) a la cosecha en el cultivo de maíz.

Fuentes de variación	M U E S T R E O				Muestreo de rendimiento (granos)
	I	II	III	IV	
Tc	0,21	1,20	1,17	0,30	2,06
S	0,22	0,54	1,84	0,40	1,44
TcXS	0,45	0,11	0,70	3,23	3,51

Tc: Tipo de competencia

S : Sistema

\*: Significativo (0,05 - 0,01)

Cuadro 2. Prueba de Duncan al 5% para los promedios de tratamientos (BST) por muestreo en el cultivo de maíz.

T R A T A M I E N T O S		M U E S T R E O S				90 DDS
-----		25	40	70	-----	IV
S	TC	I	II	III	-----	IV
1	1	7,3658 a	44,759 a	425,86 ab	785,5 a	
1	2	7,0189 a	46,025 a	380,38 abc	1.112,2 a	
2	1	6,8678 a	39,366 a	384,57 abc	961,7 a	
2	2	7,4892 a	44,452 a	417,18 abc	830,1 a	
3	1	7,2254 a	42,975 a	363,74 bc	888,7 a	
3	2	7,2427 a	48,231 a	357,75 c	837,0 a	
4	1	7,3253 a	43,545 a	385,44 abc	818,9 a	
4	2	7,8002 a	44,508 a	402,67 abc	867,5 a	
6	4	7,5961 a	47,789 a	437,71 a	855,6 a	
Promedio general		7,33	44,63	395,03	884,58	

S = 1 : Maíz-arroz  
 S = 2 : " -Frijol Adzuki  
 S = 3 : " -Vigna  
 S = 4 : " -Camote  
 S = 6 : Monocultivo (maíz)

TC 1 : Con aislamiento radicular  
 TC 2 : Sin aislamiento radicular  
 TC 4 : Monocultivo

\* Valores seguidos de letra (s) igual (es) no son significativamente diferentes (Duncan 5%).

Cuadro 3. Prueba de Duncan (5%) en los promedios de Biomasa Seca Total por muestreo para Tipos de Competencia (TC) y Sistemas (S) en el cultivo de maíz.

Factores	M U E S T R E O S			
	I	II	III	IV
TC				
1	7,20 a	42,66 a	389,90 a	864,72 a
2	7,40 a	45,80 a	389,50 b	911,71 a
4	7,60 a	47,79 a	437,71 a	855,64 a
S				
1	7,19 a	45,39 a	403,12 ab	950,88 a
2	7,18 a	41,91 a	400,88 ab	859,89 a
3	7,23 a	45,60 a	360,75 b	862,87 a
4	7,56 a	44,03 a	394,05 ab	843,21 a
6	7,60 a	47,79 a	437,71 a	855,64 a

TC : Tipos de competencia S: Sistema

1. Con aislamiento radical
2. Sin aislamiento radical
4. Monocultivo

1. Maíz-Arroz
2. Maíz-Adzuki
3. Maíz-Vigna
4. Maíz-Camote
6. Maíz (monocultivo)

Cuadro 4. Análisis de varianza (valores de "F") para Biomasa Seca Total considerando la fertilización de los cultivos dominados como fuente de variación en el cultivo de maíz. (Factorial).

Fuente de variación	M U E S T R E O S		
	I	II	III
TC	0,19	1,08	1,28
F	0,79	0,10	1,04
TC*F	0,00	0,00	0,00
S	0,19	0,49	2,02
TC*S	0,40	0,10	0,77
S*F	0,78	0,64	1,71
TC*S*F	0,28	0,64	2,11

R : Repetición  
 TC: Tipo de competencia  
 F : Fertilización  
 S : Sistema

\* Significativo (0,05 - 0,01)

\*\* Altamente significativo (< 0,01)

Cuadro 5. Valores de "F" calculado para los análisis de varianza de Biomasa Seca Total correspondiente a los cultivos dominados en la época I de asocio (Siembra Simultánea) con maíz.

Muestras	Fuente de variación	Arroz	Frijol Ad-zuki	Vigna	Camote	Soya
I	TC	3,11	10,81**	1,67	32,14**	120,16**
	F	0,22	8,16*	0,67	2,08	
	TC * F	0,53	1,94	0,79	0,34	
II	TC	6,53*	1,94	2,96	10,06**	7,37
	F	6,41*	6,39	39,62**	14,36**	
	TC * F	0,06	1,36	3,76*	0,87	
III	TC	59,32**	2,55	1,83	59,37**	9,69
	F	123,38**	2,36	5,89*	4,80*	
	TC * F	21,44**	0,27	0,60	2,85	
IV	TC	13,05**		8,05**	30,39**	3,32
	F	30,22**		0,54	3,98	
	TC * F	1,17		0,60	0,47	

TC : Tipo de competencia

F : Fertilización

\* Significativo (0,05 - 0,01)

\*\* Altamente significativo (> 0,01)



Cuadro 6. Pruebas de contraste ortogonal (valores de "F") para los tipos de Competencia de los cultivos dominados (BST) en el asocio con maíz en siembra simultánea.

Muestreros	Contrastes	Arroz	Frijol Adzuki	Vigna	Camote	Soya <sup>1</sup>
I	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	1,77	2,85	3,32	0,02	
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>1</sub> y TC <sub>2</sub>	5,46*	6,13*	1,67	5,18*	27,35*
	TC <sub>3</sub> vs Resto	2,09	23,47	0,02	91,23*	212,96*
II	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	1,53	0,17	8,63*	1,08	
	TC <sub>3</sub> vs TC <sub>1</sub> y TC <sub>2</sub>	4,45	1,37	0,17	0,06	1,22
	TC <sub>3</sub> vs Resto	13,61*	2,32	0,07	29,05*	13,52
III	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	0,74	0,00	0,67	0,07	
	TC <sub>3</sub> vs TC <sub>1</sub> y TC <sub>2</sub>	16,38*	0,84	0,02	2,38	0,41
	TC <sub>3</sub> vs Resto	160,82*	6,80*	4,79*	175,66*	18,98*
IV	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	0,65		5,95*	0,12	
	TC <sub>3</sub> vs TC <sub>1</sub> y TC <sub>2</sub>	5,78*		0,03	0,07	0,12
	TC <sub>3</sub> vs Resto	32,73*		18,19	90,97*	6,52

TC: Tipo de competencia

\* Significativo al 5%

TC<sub>1</sub> : Asociado con maíz con aislamiento radicular (plásticos)

TC<sub>2</sub> : Asociado con maíz sin aislamiento radicular

TC<sub>3</sub> : Debajo de mallas (simulación)

TC<sub>4</sub> : Monocultivos

1 La soya no tiene TC<sub>1</sub> por la cual el contraste es TC<sub>3</sub> vs TC<sub>2</sub>.

Cuadro 7. Prueba de Duncan 5% para los promedios de los Tipos de Competencia de los (BST) de los cultivos dominados en la 1<sup>a</sup> época (siembra simultánea).

Muestreros	Tipos de Competencia	Arroz	Frijol Adzuki	Vigna	Camote	Soya
I	1	4,92	2,60	2,40	11,15	9,76
	2	6,03	2,26	3,08	11,02	8,72
	3	7,16	1,99	2,32	9,37	13,33
	4	8,35	3,64	2,38	22,45	13,33
II	1	23,18	8,82	21,10	31,26	
	2	27,97	8,93	15,44	28,77	39,37
	3	32,65	10,56	18,95	29,59	35,48
	4	50,98	13,72	20,76	47,39	59,34
III	1	76,86	30,16	76,39	121,86	
	2	72,55	30,04	68,36	124,98	104,92
	3	92,21	32,92	71,05	139,52	97,24
	4	167,76	50,48	109,45	346,03	182,50
IV	1	87,97		151,35	153,67	
	2	81,06		107,88	146,57	159,96
	3	102,34		127,09	145,41	149,33
	4	157,80		262,48	417,54	258,00

Valores seguidos de letra (s) igual (es) no son significativamente diferentes al 5%.

TC1: Asociado con maíz con aislamiento radicular.

TC2: Asociado con maíz sin aislamiento radicular.

TC3: Debajo de mallas (simulación).

TC4: Monocultivos.

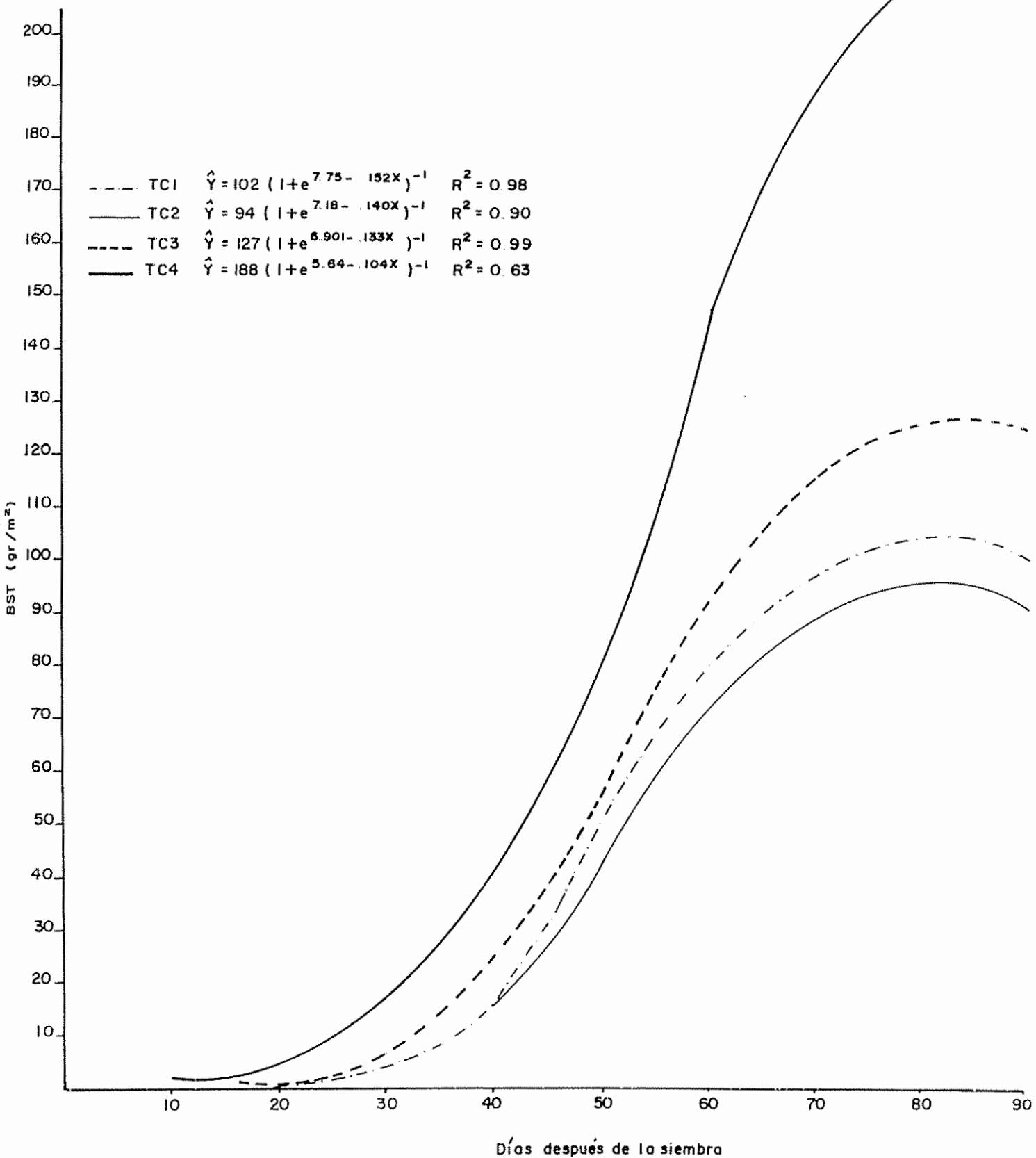


Figura 2a. Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de arroz fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>).

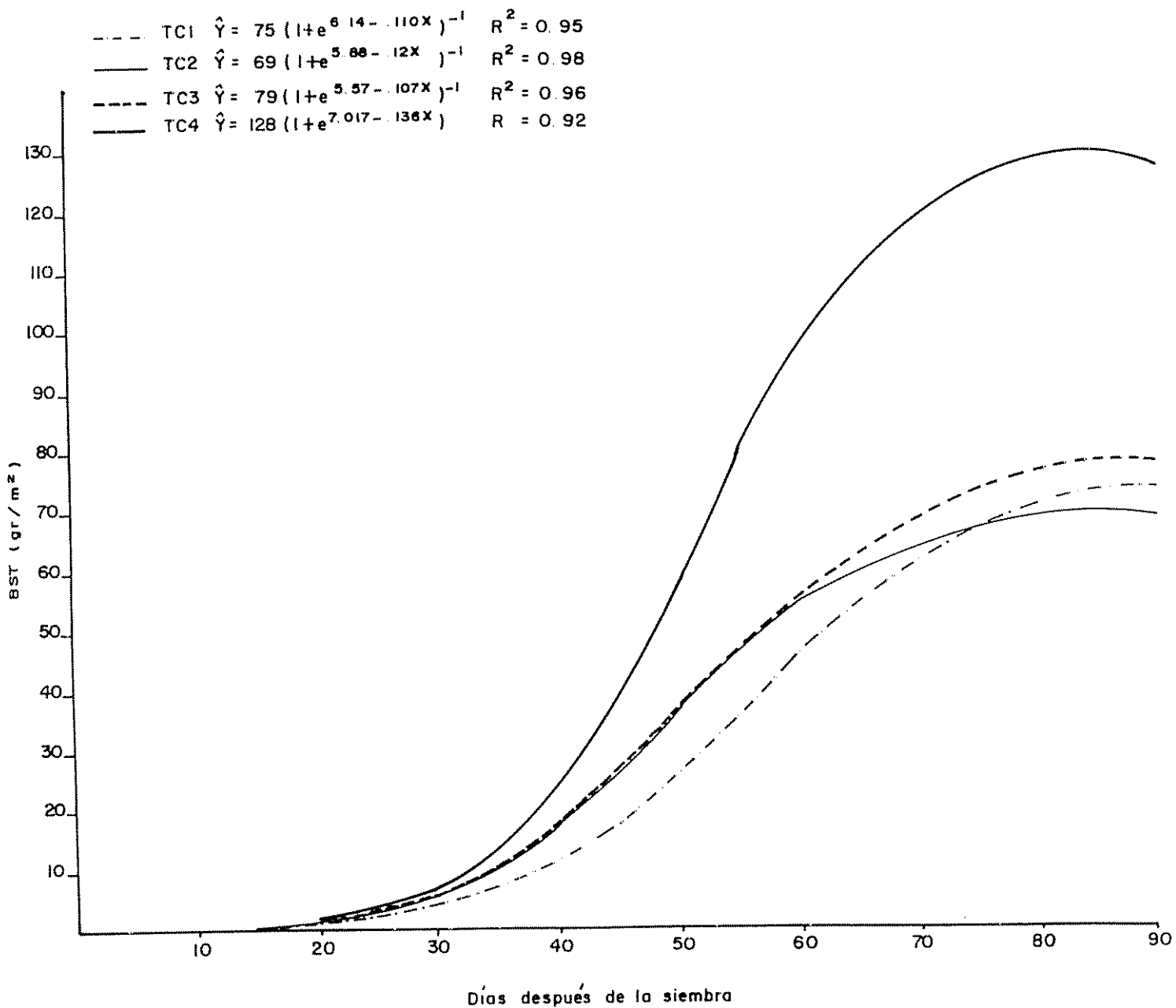


Figura 2b. Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de arroz no fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr / m<sup>2</sup>).

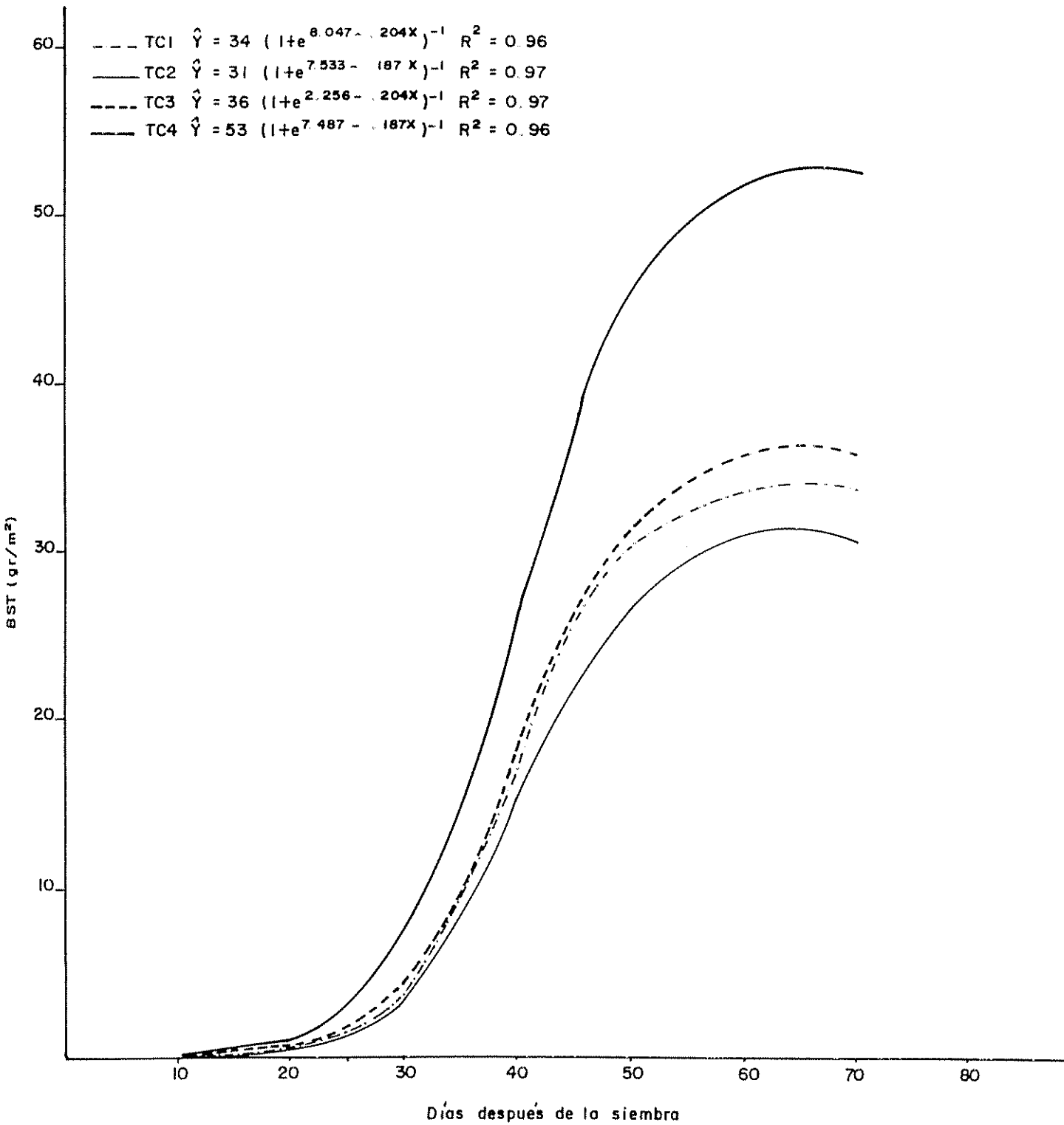


Figura 3a. Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de frijol adzuki fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>).

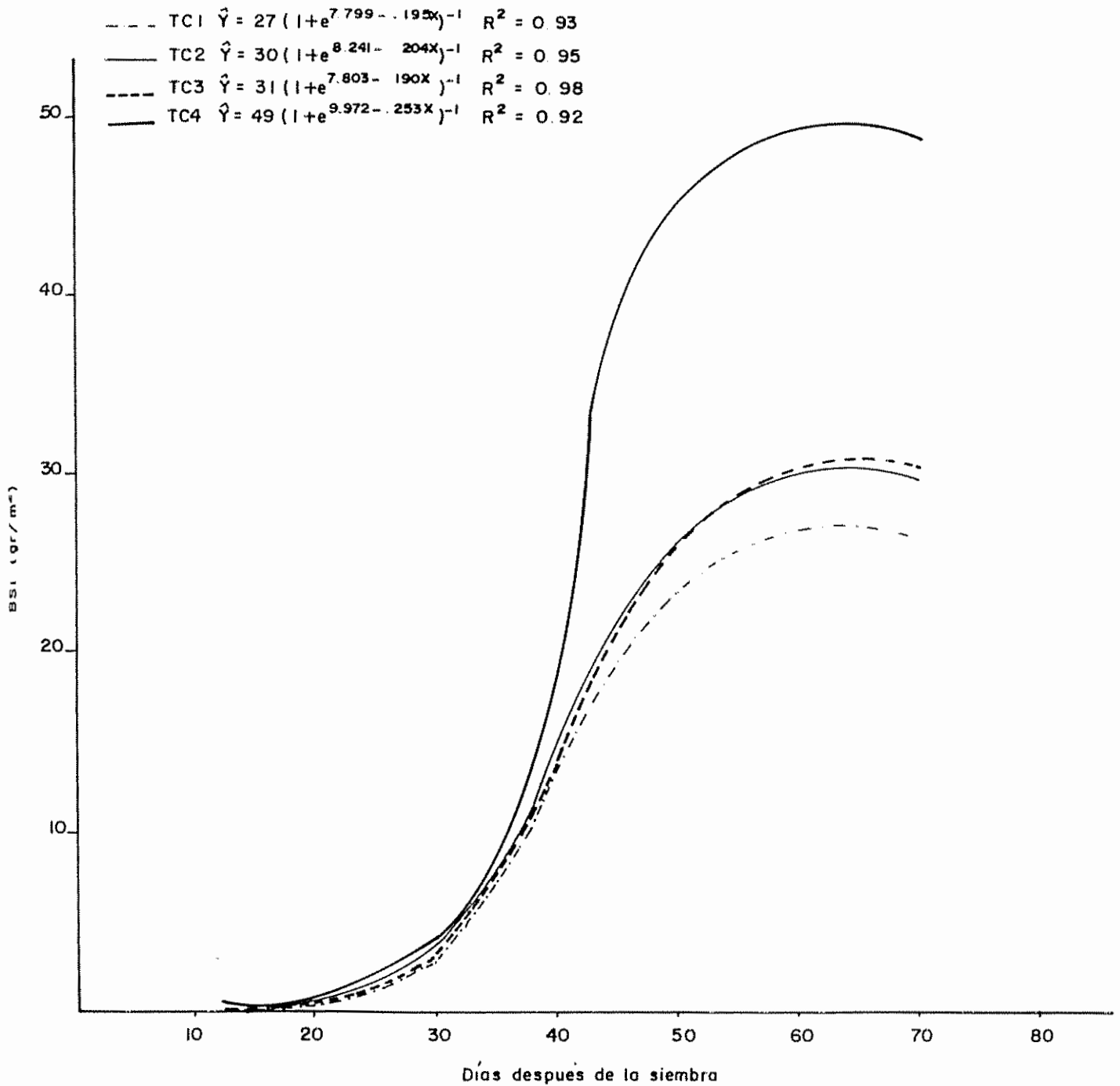


Figura 3b. Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de frijol adzuki no fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>).

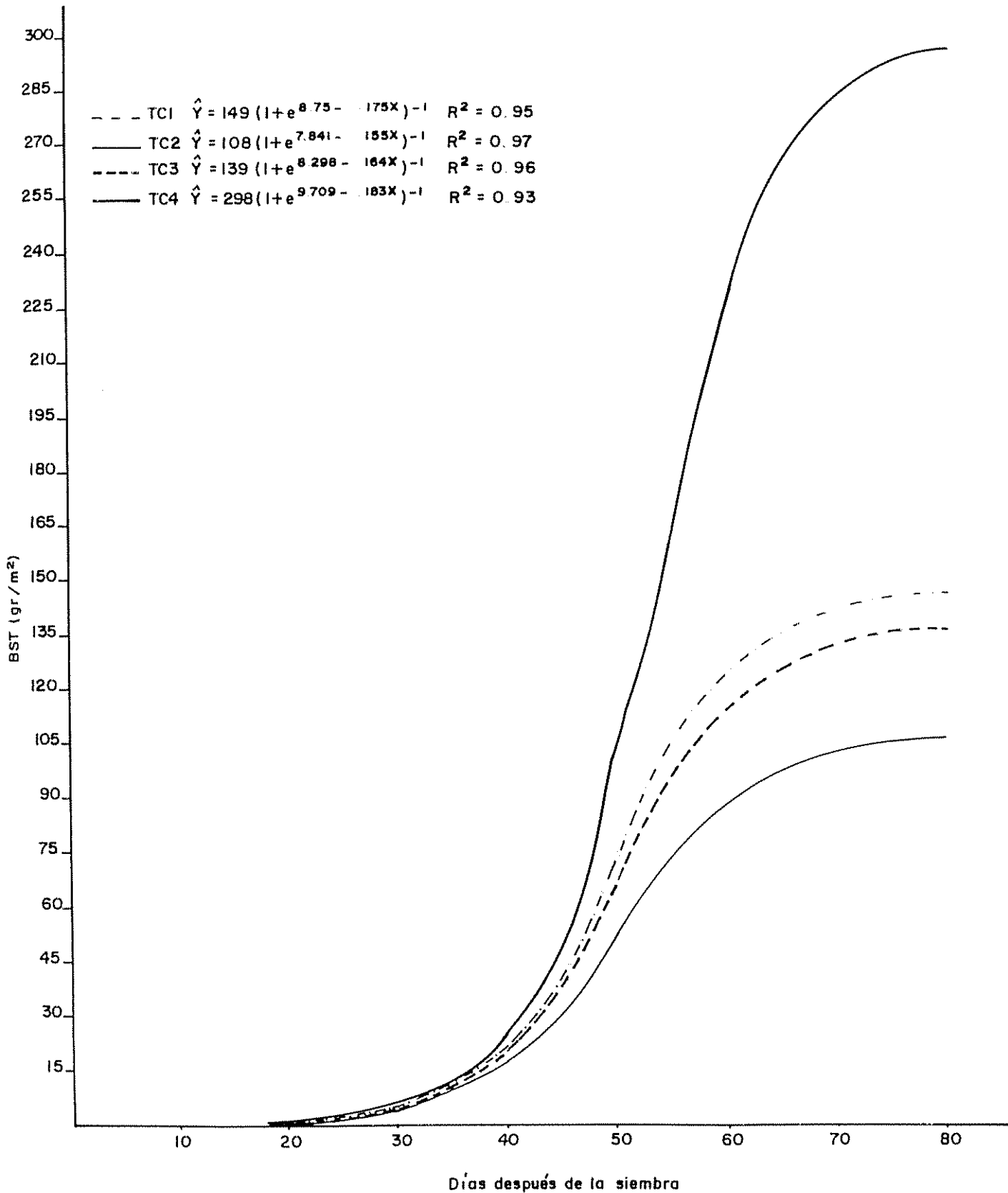


Figura 4a. Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de vinya fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>).

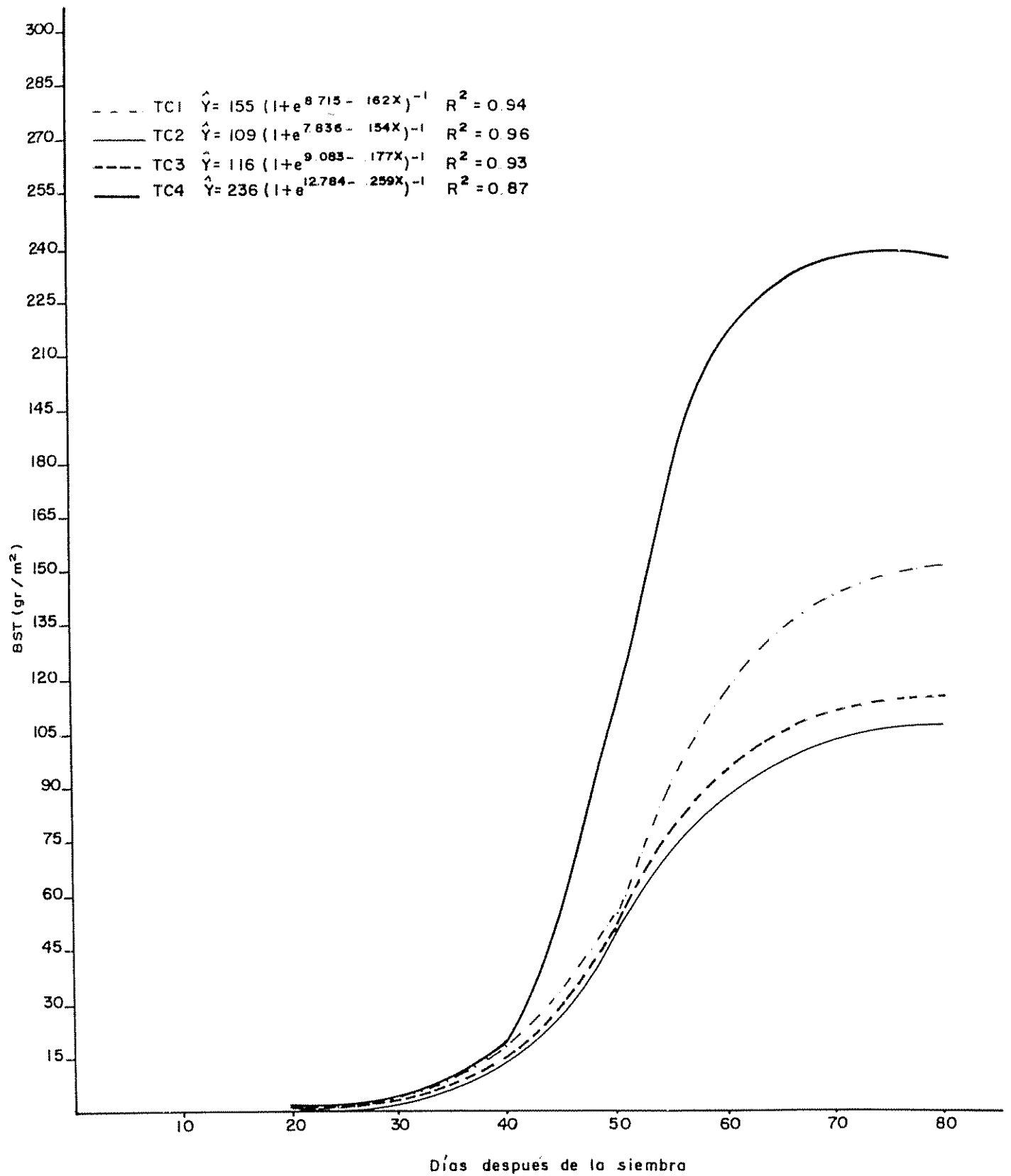


Figura 4 b. Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de vinya no fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>)



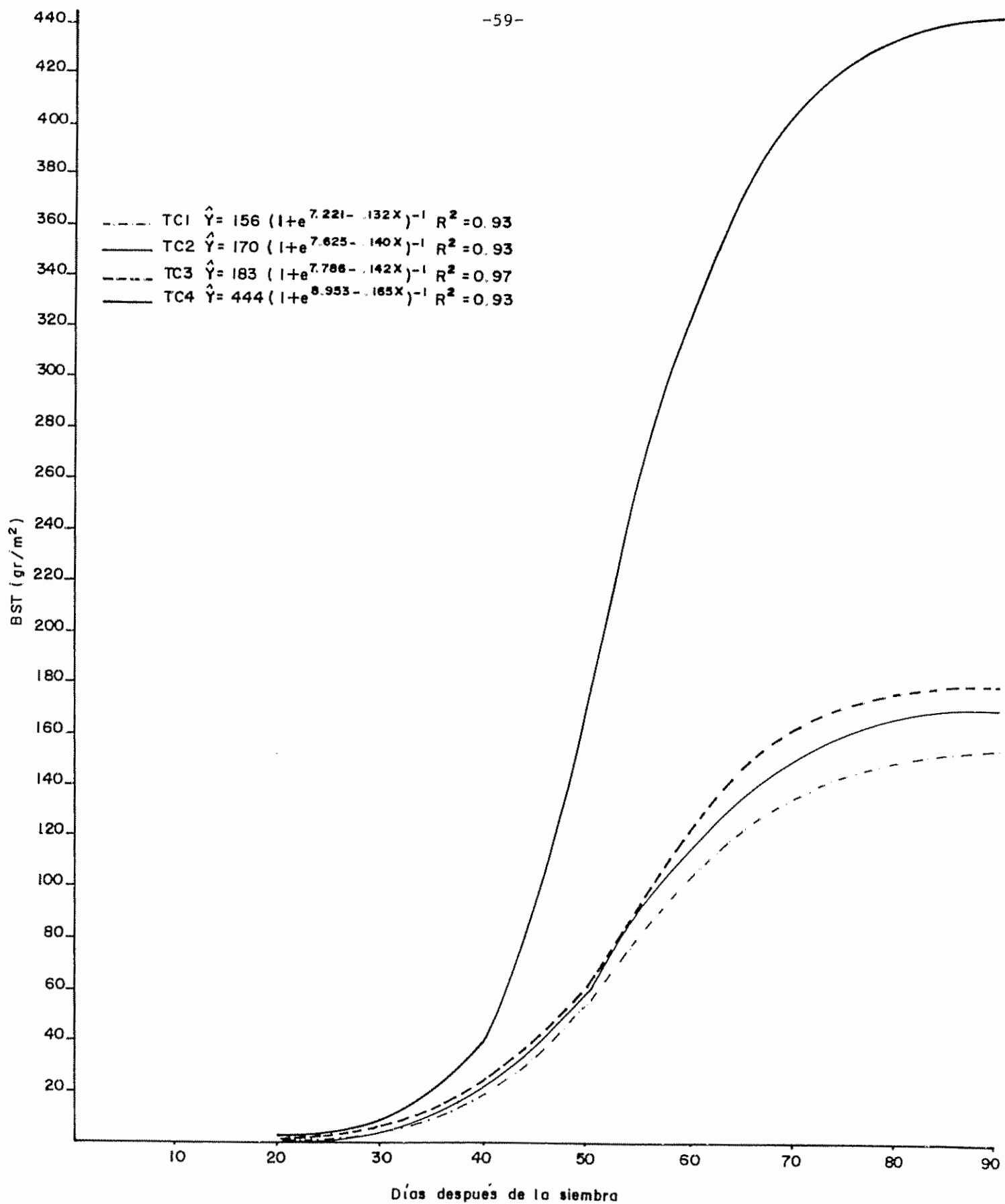


Figura 5a. Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de camote fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr / m<sup>2</sup>)

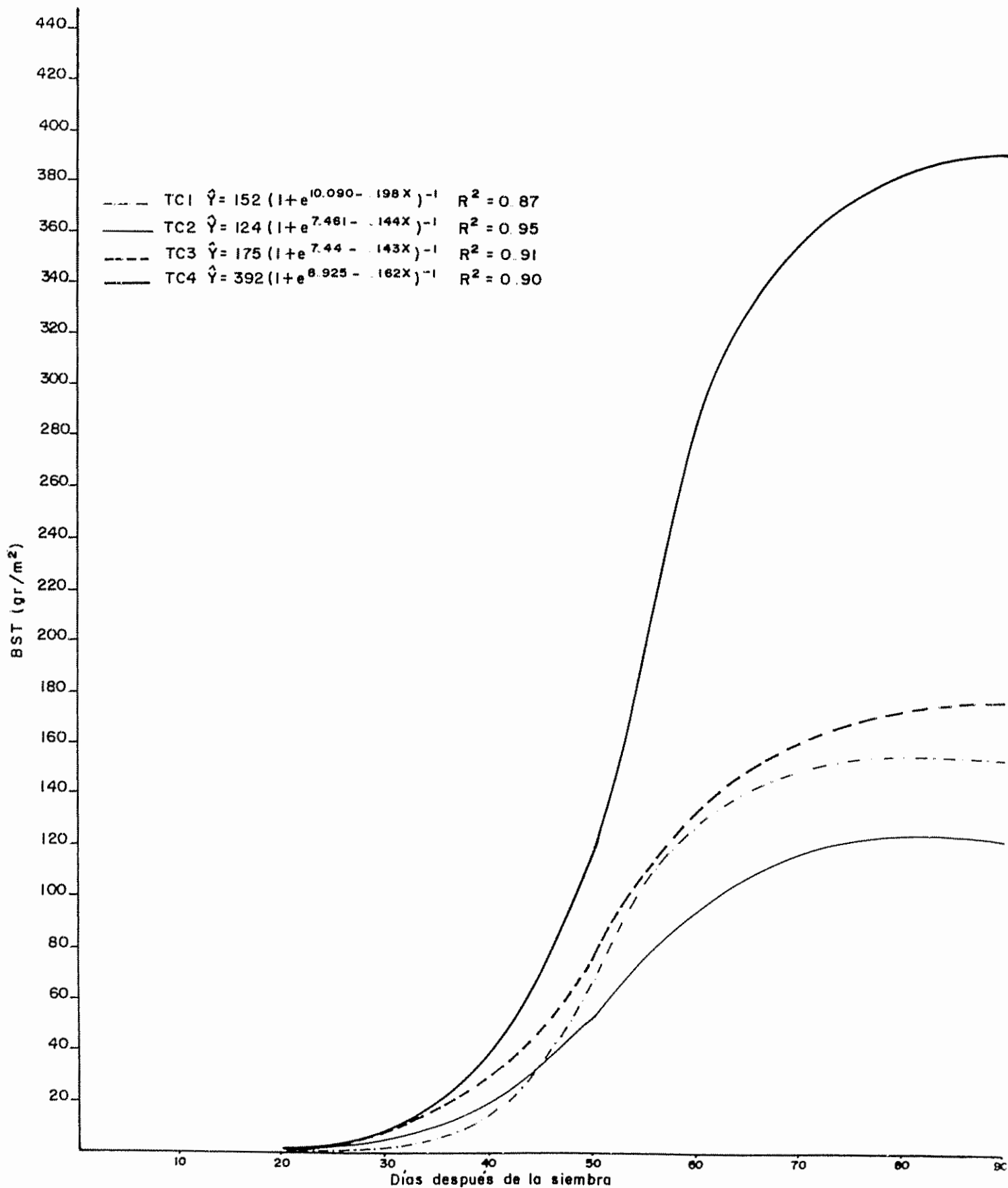


Figura 5b. Curvas de crecimiento para los tipos de competencia de camote no fertilizado (siembra simultánea), biomasa seca total (gr/m<sup>2</sup>)

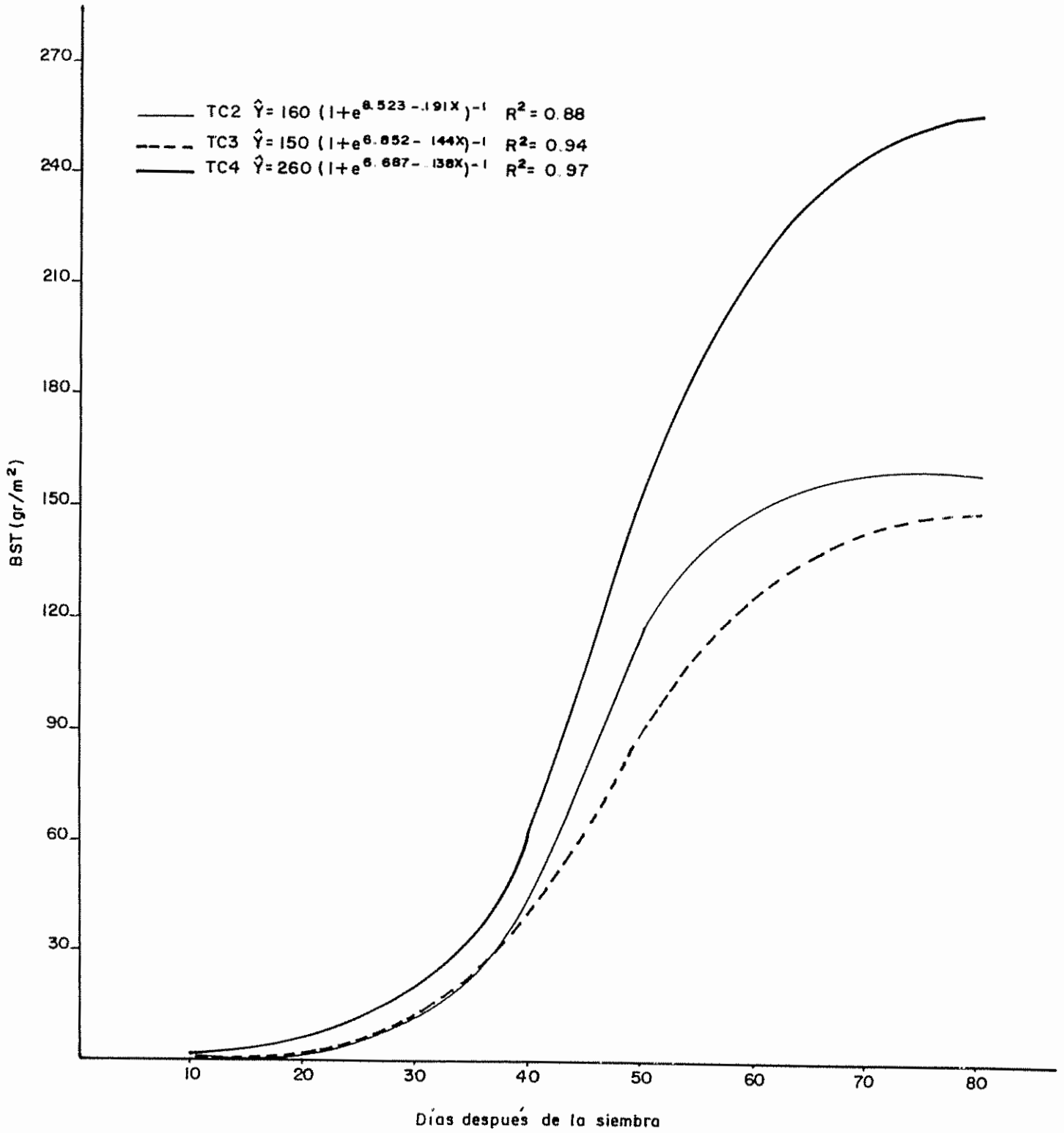


Figura 6. Curvas de crecimiento de la soya en cada tipo de competencia (fertilizado - siembra simultánea).

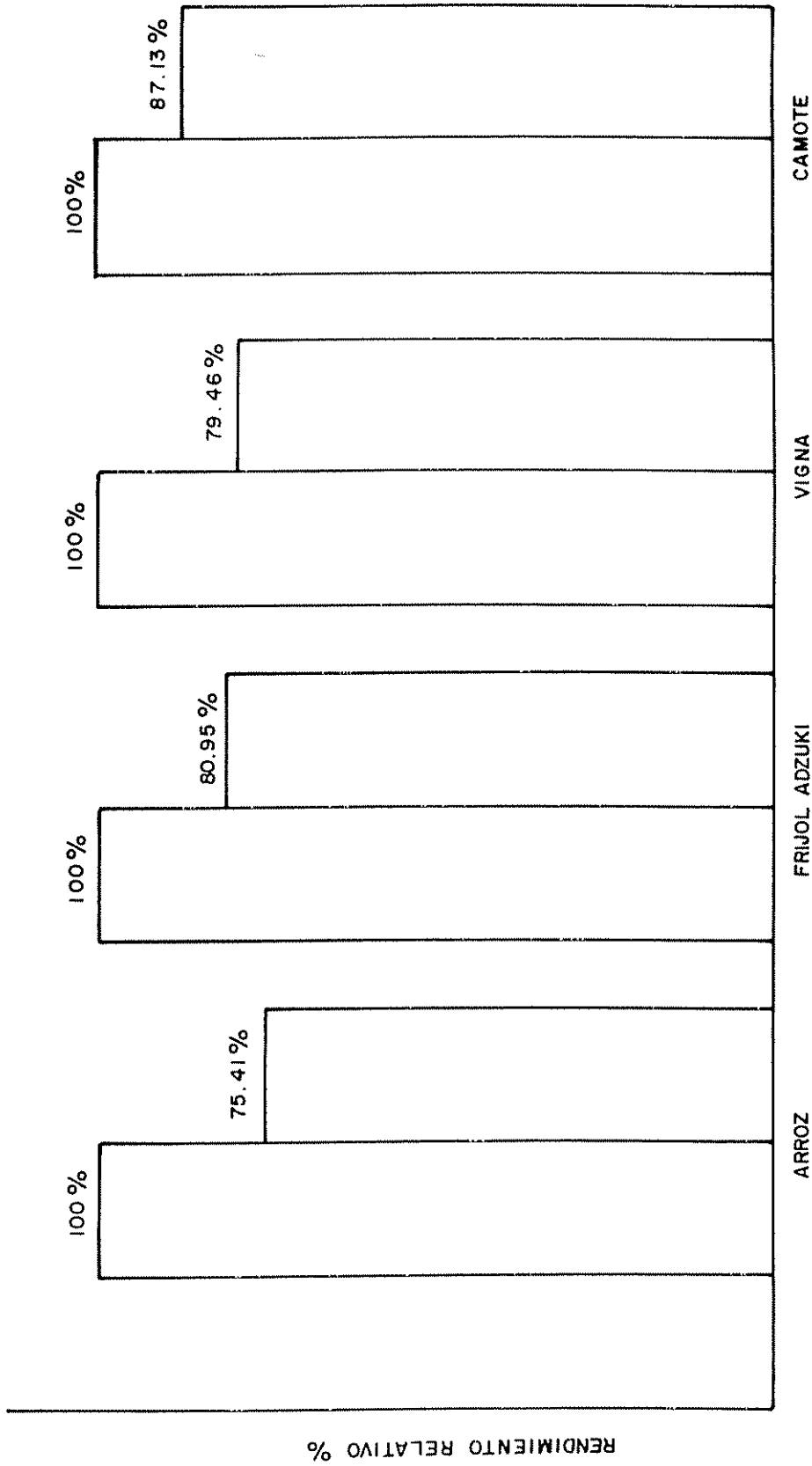


Figura 7. Reducción relativa del rendimiento de biomasa seca total en los cultivos dominados por efecto de el nivel no fertilizado en relación al fertilizado (100%).

#### 4.2 Segunda época de asocio (90 DDSM)

En esta época todas las parcelas fueron fertilizadas (ver Materiales y Métodos) y el análisis de varianza para los tipos de competencia se realizó usando el modelo de Bloques al Azar. Los valores de "F" calculada para el análisis de varianza en todos los muestreos y cultivos se presentan en el Cuadro 8 y para las pruebas de contraste ortogonal en el Cuadro 9; las pruebas de Duncan 5 % se presentan en el Cuadro 10.

##### 4.2.1 Arroz

El análisis de varianza para TC en el cultivo de arroz (Cuadro 8) presenta valores de "F" no significativos en los muestreos 1, 2 y 3 y significativo en el muestreo 4.

Las pruebas de contraste ortogonal (Cuadro 9) muestran que no hubo significancia para ninguna de las comparaciones en los muestreos 1 y 2; pero la comparación TC3 vs TC1 - TC2 es significativa en los muestreos 3 y 4 y TC4 vs Resto en el 4º muestreo.

El crecimiento del arroz sembrado debajo de mallas (TC3) tuvo un comportamiento diferente en relación al intercalado con maíz. En los muestreos 3 y 4 el contraste TC3 vs TC1-TC2 (Cuadro 9) es significativo correspondiendo el valor más alto al TC3 (Cuadro 10) y en el muestreo 2 el cultivo debajo de mallas tuvo una biomasa mayor que los intercalados (Cuadro 10); notándose entonces que el arroz en términos generales creció mejor bajo la sombra artificial en relación al sombreado por el maíz.

El contraste ortogonal TC4 vs Resto fue significativo solamente en el muestreo 4 (Cuadro 9) siendo mayor el monocultivo (Cuadro 10) y la prueba de Duncan 5 % lo separa de los demás Tipos de Competencia en el muestreo 3. En el muestreo 2 hubo diferencia, aunque no significativa, del monocultivo en relación a los demás tratamientos (Cuadro 10) y en general el crecimiento del cultivo solo, fue superior al intercalado y al de las mallas.

La comparación del arroz asociado con maíz con aislamiento radicular versus el no aislado (TC1 vs TC2) no fue significativa en ningún muestreo (Cuadro 9); en consecuencia no hubo diferencias de crecimiento entre ambos tipos de competencia y por lo tanto no se manifestó ninguna clase de interferencia en el espacio edáfico entre el maíz y el arroz.

#### 4.2.2 Frijol Adzuki

Los valores de "F" en el análisis de varianza para Biomasa Seca Total (BST) de los Tipos de Competencia (Cuadro 8) resultaron no significativos en los muestreos 1, 2 y 3; altamente significativos en el 4º y 5º y significativo en el muestreo 6.

El contraste ortogonal TC3 vs TC1-TC2 tuvo valores de "F" significativos en los muestreos 3, 4, 5 y 6 (Cuadro 9) siendo mayor la BST en el cultivo debajo de mallas (Cuadro 10). La prueba de Duncan 5 % (Cuadro 10) considera superior al TC3 en relación a los intercalados en los muestreos 4, 5 y 6 y en los muestreos 2 y 3 sucede lo mismo aunque no en forma significativa. Estos resultados muestran una tendencia hacia una mayor producción de biomasa del cultivo debajo de mallas al compararlo con los asociados y pueden atribuirse parcialmente a efectos microambientales que afectaron en mayor

proporción al adzuki intercalado con el maíz.

El monocultivo (TC4) tuvo en todos los muestreos (excepto el 2º) una mayor Biomasa Seca Total (Cuadro 10); pero la prueba de contrastes TC4 vs Resto (Cuadro 9) y la prueba de Duncan 5 % (Cuadro 10) establecen diferencia y superioridad, respectivamente, solo en los muestreos 4, 5 y 6.

El adzuki intercalado se comportó de manera similar bajo las condiciones de aislamiento y no aislamiento radicular. El contraste TC1 vs TC2 (aislado vs no aislado) no fue significativo en ningún muestreo (Cuadro 9) y la prueba de Duncan 5 % (Cuadro 10) los agrupa en una misma categoría de tal forma que no hay evidencia de efectos de interferencia en el espacio edáfico del frijol adzuki y maíz.

El análisis de varianza para rendimiento (Cuadro 14) establece diferencias significativas entre los Tipos de Competencia. La prueba de contraste (Cuadro 15) fue significativa para TC1 vs TC2 y altamente significativa para TC3 vs TC1-TC2 y TC4 vs Resto. De acuerdo con la prueba de Duncan 5 % (Cuadro 16) el mayor rendimiento fue para el monocultivo siguiéndole el cultivo debajo de mallas y por último los intercalados con maíz (TC1 y TC2).

#### 4.2.3 Vigna

La producción de biomasa de este cultivo fue significativamente diferente entre tratamientos (según el análisis de varianza, Cuadro 8) en los muestreos 1, 2, 4 y 5; mientras que los valores de "F" no fueron significativos en los muestreos 3 y 6.

Las pruebas de contraste ortogonal (Cuadro 9) para TC3 vs TC1 y TC2 fueron significativas en los muestreos 2, 4 y 5, lo cual evidencia un com-

portamiento diferente de la vigna (mayor producción) cuando estuvo debajo de mallas en relación al intercalado, esto se puede observar en el Cuadro 10 donde además se presenta un mayor rendimiento (no significativo) del cultivo debajo de mallas para los muestreos 3 y 6.

El monocultivo fue significativamente diferente de los otros Tipos de Competencia en los muestreos 1, 4 y 5, de acuerdo con las pruebas de contraste ortogonal para TC4 vs Resto (Cuadro 9). El Cuadro 10 muestra valores de Biomasa Seca Total mayores para el monocultivo en todos los muestreos a excepción del 2º, aunque la prueba de Duncan 5 % considera superior al monocultivo en relación a los demás Tipos de Competencia en los muestreos 1, 4 y 5 únicamente.

El crecimiento de la vigna, expresado como peso seco de biomasa, no fue afectado por el aislamiento radicular. En todos los muestreos la prueba de contrastes TC1 vs TC2 arrojó valores de "F" no significativos (Cuadro 9); es decir no se detectaron efectos de competencia radicular entre el maíz y la vigna.

El análisis de varianza para rendimiento (Cuadro 14) las pruebas de contraste (Cuadro 15) y la prueba de Duncan 5 % para los rendimientos de los Tipos de Competencia muestran producciones de grano similares entre los diferentes tratamientos.

#### 4.2.4 Camote

La producción de biomasa del camote fue similar en los diferentes Tipos de Competencia, como lo demuestra el análisis de varianza (Cuadro



8) al presentar valores no significativos de "F" para TC en todos los muestreos.

En las pruebas de contraste TC3 vs TC1-TC2 se presentó significancia solamente en el muestreo 5 (Cuadro 9) cuando el cultivo debajo de las mallas superó a los intercalados (Cuadro 10). En los demás muestreos la prueba de Duncan 5 % (Cuadro 10) considera iguales los promedios de estos Tipos de Competencia y esto denota similitud en el crecimiento del camote debajo de mallas en relación al intercalado, exceptuando el muestreo 5 donde se observó mayor producción de biomasa debido a la presencia de una cantidad superior de raíces tuberosas.

El monocultivo fue estadísticamente igual, en cuanto a la producción de biomasa, a los demás tratamientos ya que el contraste TC4 vs Resto (Cuadro 9) no fue significativo en ningún muestreo. En el Cuadro 10 se observa superioridad del monocultivo en los muestreos 2 y 3 quizá relacionada con su mayor densidad en relación a los otros Tipos de Competencia (40,000 vs 25.000 plt/ha) aunque la prueba de Duncan 5 % no establece en términos generales diferencias entre el cultivo solo y los asociados. Desde el punto de vista de rendimiento por planta, el monocultivo fue inferior a los demás Tipos de Competencia por estar sometido a mayor competencia intraespecífica, la cual tuvo un efecto depresivo superior al de la competencia interespecífica provocada por la presencia del maíz o mallas sobre los demás tratamientos.

El camote creció en igual forma cuando se sembró asociado al maíz con o sin aislamiento radicular. Las pruebas de contraste TC1 vs TC2 (aislado vs no aislado) no fueron significativas en ningún muestreo (Cuadro

9) y la prueba de Duncan 5 % (Cuadro 10) se separa los promedios de ambos Tipos de Competencia; esto indica la ausencia de interferencia en el espacio radical del sistema maíz-camote intercalados.

#### 4.2.5 Soya

Los valores de "F" en el análisis de varianza para tratamientos en el cultivo de soya (Cuadro 8) no fueron significativos en ningún muestreo a excepción del sexto.

El crecimiento del TC3 (mallas) y TC2 (intercalado) fue similar como se observa en el Cuadro 9 al no haber significancia por el contraste TC3 vs TC2 en ningún muestreo. Las pruebas de Duncan (Cuadro 10) agrupan las medias de estos tratamientos en la misma categoría.

El monocultivo tuvo rendimientos de biomasa que están muy cercanos a los demás tratamientos en los muestreos 1 al 5; pero en el muestreo 6 hay diferencias significativas para TC4 vs Resto y la prueba de Duncan lo separa de las otras medias. Este mayor rendimiento probablemente esté asociado con un mayor peso de partes frutales en el monocultivo en relación a la malla y el intercalado.

El análisis de varianza para rendimiento (cuadro 14) presenta un valor de "F" altamente significativo para TC. Las pruebas de contraste ortogonal arrojaron valores de "F" altamente significativos para TC3 vs TC" y TC4 vs Resto (Cuadro 15).

En el Cuadro 16, se observa que la prueba de Duncan 5 % establece diferencias entre el rendimiento del cultivo intercalado en relación a las mallas. Esta menor producción de granos fue ocasionada por el acame experimentado por la soya intercalada con maíz, lo cual redujo la cantidad y calidad del grano cosechado.

Cuadro 8. Valores de "F" calculados para los análisis de varianza de biomasa seca total correspondiente a los cultivos dominados en la 2ª época de asocio (90 DDSM).

Muestras	Fuentes de Variación	C U L T I V O S				
		Arroz	Frijol Adzuki	Vigna	Camote	
I	TC	0,15	2,80	13,14*	1,72	3,39
II	TC	3,37	0,79	16,23*	3,47	1,02
III	TC	5,80	4,54	1,06	0,66	0,14
IV	TC	11,53*	42,75**	32,10**	0,17	1,02
V	TC		43,99**	14,70*	3,40	1,05
VI	TC		8,56*	0,25		16,58*

\* Significativo (0,05 - 0,01)

\*\* Altamente significativo (< 0,01)

Cuadro 9. Pruebas de contraste ortogonal (valores de F) para los tipos de competencia de los cultivos dominados (BST) en la 2ª época de asocio (90 DDSM).

Muestreo	Contrastes	Arroz	Frijol Adzuki	Vigna	Camote	Soya
I	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	0,36	1,89	0,57	2,89	
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>1</sub> y TC <sub>2</sub>	0,09	0,94	2,40	1,88	3,96
	TC <sub>3</sub> vs Resto	0,00	5,57	34,44**	0,37	2,81
II	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	0,48	1,22	1,89	1,92	
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>1</sub> y TC <sub>2</sub>	6,33	1,09	46,49**	1,90	0,09
	TC <sub>3</sub> vs Resto	3,29	0,05	0,31	6,58	1,95
III	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	1,38	0,38	0,10	0,90	
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>1</sub> y TC <sub>2</sub>	12,0*	10,56*	1,16	0,74	0,01
	TC <sub>3</sub> vs Resto	4,02	2,68	2,01	0,32	0,28
IV	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	4,90	6,06	0,01	0,22	
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>1</sub> y TC <sub>2</sub>	11,82*	49,15**	66,24**	0,23	1,15
	TC <sub>3</sub> vs Resto	17,88*	73,04**	30,05**	0,06	0,89
V	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>		1,21	6,03	0,00	
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>1</sub> y TC <sub>2</sub>		19,27*	12,90	8,59	1,55
	TC <sub>3</sub> vs Resto		111,49**	25,17**	1,63	0,54
VI	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>		1,22	0,09		
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>1</sub> y TC <sub>2</sub>		11,62*	0,04		4,04
	TC <sub>3</sub> vs Resto		12,83*	0,61		29,11*

\* Significativo (0,05 - 0,01)

TC1 = Asociado con maíz con aislamiento radical

TC2 = Asociado con maíz sin aislamiento radical

TC3 = Debajo de mallas (simulación)

TC4 = Monocultivo

\*\* Altamente significativo (< 0,01)

Cuadro 10. Pruebas de Duncan para los promedios (BST) de los Tipos de Competencia de los cultivos dominados en la 2ª época de asocio (90 DDSM).

Muestreo	Tipo de Competencia	Arroz	Frijol Adzuki	Vigna	Camote	Soya
I	1	27,71 a	3,42 ab	4,25 b	37,46 a	
	2	22,48 a	2,67 ab	4,71 b	25,69 a	9,00 a
	3	27,40 a	2,58 b	3,7 b	23,37 a	7,54 a
	4	27,39 a	4,53 a	8,25 a	35,57 a	11,25 a
II	1	69,02 ab	9,92 a	16,25 b	105,55 b	
	2	48,96 b	14,50 a	14,20 b	124,92 a	25,43 a
	3	121,75 ab	15,96 a	24,04 a	131,93 ab	26,37 a
	4	150,88 a	12,97 a	15,00 b	158,87 a	25,37 a
III	1	183,20 bc	29,71 a	50,42 a	274,97 a	
	2	141,93 c	24,75 a	51,33 a	232,12 a	54,54 a
	3	268,09 ab	49,83 a	61,12 a	287,28 a	54,94 a
	4	310,97 a	52,50 a	79,37 a	314,90 a	60,87 a
IV	1	338,06 bc	49,23 c	93,50 c	409,00 a	
	2	281,24 c	37,89 c	94,74 c	349,57 a	110,55 a
	3	386,10 b	71,54 b	170,90 b	431,49 a	123,79 a
	4	484,69 a	103,65 a	209,08 a	381,18 a	144,50 a
V	1	89,98 bc	89,98 bc	188,03 c	448,67 a	
	2	79,61 c	79,61 c	229,60 bc	447,53 a	168,37 a
	3	120,65	120,65	261,49 b	687,75 a	187,66 a
	4	219,04 a	219,04 a	347,73 a	686,14 a	182,18 a
VI	1	118,17 bc	118,17 bc	342,83 a		210,99 b
	2	92,18 c	92,18 c	327,72 a		243,32 b
	3	174,54 ab	174,54 ab	343,25 a		364,96 a
	4	231,42 a	231,42 a	406,72 a		

#### 4.3 Tercera época de asocio (110 DDSM)

Para esta época, los datos de cada muestreo fueron analizados (análisis de varianza) utilizando el modelo de Bloques al Azar. Los valores de "F" calculada para el análisis de varianza y para las pruebas de contrastes ortogonales se presentan en los Cuadros 11 y 12 respectivamente, la prueba de Duncan 5 %, sobre los promedios de los Tipos de Competencia se encuentra en el Cuadro 13.

Una observación general para todos los cultivos es que, a excepción del 3º muestreo en frijol adzuki y el 5º en la vigna, no existió significancia para la comparación TC1 vs TC2 lo cual se interpreta como una ausencia "total" de interferencia en el espacio edáfico.

##### 4.3.1 Arroz

El Cuadro 11 presenta valores de "F" altamente significativos para el análisis de varianza de los Tipos de Competencia en todos los muestreos. Las pruebas de contraste (Cuadro 12) TC4 vs Resto (monocultivo) fueron altamente significativos en todos los muestreos y TC3 vs TC1-TC2 fue significativa en los muestreos 3 y 4.

Las pruebas de Duncan 5 % (Cuadro 13) permiten observar diferencias muy claras entre el monocultivo y los demás tratamientos; estas diferencias tan grandes pueden estar relacionadas, por una parte con la mayor densidad y uniformidad del monocultivo y por otra con una mayor fertilidad del área donde se sembró el monocultivo en donde el suelo estaba mejor provisto de materia orgánica al no haber sido cultivado en los últimos años y acumula-

do basura proveniente de las limpiezas de la parte central del área experimental.

La producción de biomasa del arroz debajo de las mallas fue superior al intercalado en el 2º, 3º y 4º muestreos aunque esta diferencia fue significativa solo en los muestreos 3 y 4. Estos resultados muestran una tendencia a un mayor crecimiento del arroz debajo de las mallas en relación al intercalado y esto significa que el crecimiento del arroz debajo de las cañas de maíz no solamente fue influido por el sombreo sino también por factores microambientales. En las 2º y 3º épocas de asocio se observó un mejor establecimiento del cultivo cuando se sembró debajo de mallas y en monocultivo en relación a los intercalados con maíz; esto puede estar relacionado con el posible efecto residual del herbicida (atrazina) que fue usado en aplicación total para maíz en años anteriores.

#### 4.3.2 Frijol adzuki

El análisis de varianza entre los Tipos de Competencia arrojó valores de "F" (Cuadro 11) significativos en los muestreos 3, 4, 5 y 6.

Las pruebas de contraste (Cuadro 12) presentan valores de "F" significativos para TC4 vs Resto (monocultivo vs todos los tratamientos) en los muestreos 3, 4, 5 y 6 y la prueba de Duncan 5 % (Cuadro 13) considera mayor el promedio del monocultivo en los mismos muestreos. El monocultivo tuvo una mayor peso seco de biomasa (BST) en los muestreos 1 y 2 aunque no significativo. La mayor Biomasa Seca Total del monocultivo está relacionada con diferencias de densidad (20 % mayor) y el hecho de no estar expuesto a las condiciones de microambientales y de sombreo impuestas a los demás Tipos

de Competencia.

El comportamiento del cultivo debajo de mallas fue un poco diferente al de los intercalados, ya que aunque la comparación TC3 vs TC1-TC2 fue significativa solamente en el muestreo 6, el primero tuvo mayor biomasa en los muestreos 3, 4 y 5 (no significativo) (Cuadro 13). Estos resultados muestran que, aparentemente, las plantas de adzuki intercaladas en el maíz fueron afectadas por otros factores además del sombreado en relación a las que crecieron debajo de las mallas.

El análisis de varianza para rendimiento de grano dió un valor de "F" significativo para TC (Cuadro 14). Las pruebas de contraste fueron significativas para TC3 vs TC1-TC2 y TC4 vs Resto (Cuadro 15), mientras la prueba de Duncan 5 % (Cuadro 16) considera al monocultivo superior a los intercalados aunque igual a las mallas y a estas igual al TC1; pero mayor que el TC2. Los resultados del rendimiento de grano concuerdan aproximadamente con los de producción de biomasa del cultivo.

#### 4.3.3 Vigna

Para el cultivo de vigna, se obtuvo valores significativos de "F" calculada en el análisis de varianza (Cuadro 11) de los Tipos de Competencia (TC) en los muestreos 3 y 5.

La comparación del monocultivo contra los demás tratamientos (TC4 vs Resto) fue significativa solamente en el muestreo 3 (Cuadro 12); pero en términos generales hubo una ligera ventaja del monocultivo (no significativa) sobre los demás tratamientos, especialmente los intercalados (Cuadro 13).



Al igual que en los cultivos anteriores, el tratamiento con mallas (TC3) mostró una tendencia a producir mas biomasa en relación a los intercalados (TC1 y TC2). El contraste TC3 vs TC1-TC2 fue significativo en los muestreos 3 y 5, pero además hubo mayor BST del cultivo debajo de mallas en el muestreo 4; esto permite notar que también la vigna se comportó diferente cuando se sombreó con mallas en relación al sombreo de las cañas de maíz en los intercalados y sugiere la existencia de otros factores (microambiente, suelo) los cuales están limitando el crecimiento de las plantas en el asocio.

Los resultados de los análisis para rendimiento de grano (Cuadros 14, 15 y 16) son un poco contradictorios si se los relaciona con la producción de biomasa en los diferentes Tipos de Competencia; pero parecen lógicos al considerar que hubo mayor ataque de virus en los tratamientos de monocultivo y mallas en relación a los intercalados. Aparentemente, el ataque de virus afectó en mayor magnitud a la producción de grano que a la de biomasa seca total.

#### 4.2.4 Camote

En el Cuadro 11 (análisis de varianza) se presentan valores significativos de "F" calculada para Tipos de Competencia (TC), únicamente en los muestreos 2 y 3.

El monocultivo (TC4) de camote tuvo una Biomasa Seca Total similar a los demás tratamientos a pesar de su mayor densidad de siembra y probablemente debido a un retraso en el inicio del crecimiento ocasionado por la mayor exposición de las plantas al sol y al viento en relación a las mallas

e intercalados. En los muestreos 2 y 3, el contraste TC4 vs Resto (Cuadro 12) y la prueba de Duncan 5 % (Cuadro 13) revelan diferencias significativas a favor del monocultivo. En los siguientes muestreos (4 y 5) no se observó diferencias significativas; pero en el Cuadro 13 se nota un menor peso de biomasa del monocultivo en relación a los demás tratamientos; esto se relaciona con la mayor competencia interespecífica de las plantas en monocultivo en comparación con los demás Tipos de Competencia los cuales fueron sembrados en menor densidad (62,5 % del monocultivo), aunque estuvieron sujetos a una ligera competencia interespecífica (25 % sombra).

La producción de biomasa fue muy similar entre el cultivo debajo de mallas y el intercalado; solamente en el 3º muestreo la Biomasa Seca Total del TC3 (mallas) fue inferior al intercalado - TC1 y TC2 (Cuadros 12 y 13). El Camote fue el cultivo que presentó mayor similitud de crecimiento bajo la condición de sombreo con mallas en relación al intercalado o sea que la presencia de las cañas de maíz o condiciones de suelo diferentes no afectaron su crecimiento en términos de producción de biomasa.

#### 4.3.5 Soya

Los valores de "F" en el análisis de varianza (Cuadro 11) no fueron significativos en ningún muestreo, lo mismo se observa para los contrastes TC2 vs TC3 y TC4 vs Resto en el Cuadro 12.

En el Cuadro 13 se puede notar que a partir del 2º muestreo el monocultivo rindió más que los demás TC. Estos resultados aunque no sean estadísticamente diferentes evidencian que hubo cierto efecto del sombreo sobre la producción de biomasa de la soya, sobre todo al final del ciclo.

Referente al cultivo en mallas (TC3) y al intercalado (TC2) se observa una tendencia a un mejor crecimiento del primero, aunque esta tendencia es menos pronunciada que para los otros cultivos leguminosos.

El análisis de varianza para rendimientos de grano (Cuadro 14) presenta un valor significativo de "F" calculada para Tipos de Competencia (TC). La comparación del tratamiento con mallas (TC3) y el intercalado (TC2) no fue significativa (Cuadro 15) y la prueba de Duncan agrupa ambos Tipos de Competencia como estadísticamente iguales (Cuadro 16).

El monocultivo tuvo un rendimiento de grano estadísticamente superior (Cuadros 15 y 16) a los otros tratamientos. Este resultado evidencia que para cultivos de porte bajo, una reducción del 25 % de la luz incidente durante todo el ciclo resulta en una reducción de aproximadamente el 40 % en el rendimiento de grano.

Cuadro II. Valores de "F" calculado para los análisis de varianza de Biomasa Seca Total correspondiente a los cultivos dominados en la 3ª época de asocio (110 DDSM) con maíz.

Muestreros	Fuentes de Variación	C U L T I V O S					
		Arroz	Frijol adzuki	Vigna	Camote	Soya	
I	TC	28,39**	2,65	0,46	1,09	6,54	
II	TC	23,86**	1,85	1,40	17,68**	0,16	
III	TC	28,55**	13,32*	15,68*	12,71*	0,75	
IV	TC	12,02**	14,99*	1,60	0,70	0,70	
V	TC	-	7,02*	8,56*	0,17	6,29	
VI	TC	-	34,19*	1,15	-	3,03	

TC : Tipos de Competencia

\* : Significativo (0,05 - 0,01)

\*\* : Altamente significativo (< 0,01)

Cuadro 12. Pruebas de contraste ortogonal (valores de F) para los Tipos de Competencia de los cultivos dominados (BST) en la 3<sup>a</sup> época de asocio (110 DDSM).

Muestreo	Contrastes	C U L T I V O S				
		Arroz	Frijol Adzuki	Vigna	Camote	Soya
I	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	1,06	5,80	0,00	2,05	
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub> y TC <sub>3</sub>	0,99	0,06	0,82	1,22	0,53
	TC <sub>3</sub> vs Resto	83,11**	2,09	0,58	0,00	12,37
	TC <sub>4</sub>					
II	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	0,11	0,03	0,32	5,03	
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub> y TC <sub>3</sub>	1,59	0,03	0,00	5,81	0,13
	TC <sub>3</sub> vs Resto	69,87**	5,50	3,87	42,19**	0,18
	TC <sub>4</sub>					
III	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	0,91	9,42*	0,15	2,61	
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub> y TC <sub>3</sub>	8,31*	6,64	26,62**	18,22*	1,18
	TC <sub>3</sub> vs Resto	76,42**	23,92**	20,28**	19,12*	0,31
	TC <sub>4</sub>					
IV	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	0,25	0,09	0,02	0,10	
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub> y TC <sub>3</sub>	7,55*	2,66	2,77	1,28	0,23
	TC <sub>3</sub> vs Resto	28,25**	42,40**	2,00	0,71	1,18
	TC <sub>4</sub>					
V	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>		1,80	13,00*	0,16	
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub> y TC <sub>3</sub>		0,24	8,60*	0,12	3,93
	TC <sub>3</sub> vs Resto		18,93*	4,08	0,22	8,66
	TC <sub>4</sub>					
VI	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>		1,62	0,01		
	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub> y TC <sub>3</sub>		29,41**	0,71		0,04
	TC <sub>3</sub> vs Resto		71,56**	3,26		6,03
	TC <sub>4</sub>					

\* Significativo (0,05 - 0,01)  
 \*\* Altamente significativo (< 0,01)

TC<sub>1</sub> : Asociado con maíz con aislamiento radicular  
 TC<sub>2</sub> : Asociado con maíz sin aislamiento radicular  
 TC<sub>3</sub> : Debajo de mallas (simulación)  
 TC<sub>4</sub> : Monocultivo

Cuadro 13. Pruebas de Duncan para los promedios de los Tipos de Competencia (BSF) de los cultivos dominados en la 3ª época de asocio (110 DDSM).

Muestreo	Tipo de Competencia	Arroz	Frijol Ádzuki	Vigna	Camote	Soya <sup>i</sup>
I	1	17,20 a	2,51 a	2,73 a	25,40 a	-
	2	20,22 b	3,10 a	2,77 a	30,11 a	6,01 a
	3	16,18 b	2,75 a	3,44 a	24,60 a	6,15 a
	4	54,50 a	3,12 a	1,84 a	33,31 a	5,52 a
II	1	47,28 b	5,89 a	12,19 a	144,49 b	-
	2	44,41 b	5,71 a	12,84 a	165,42 b	17,36 a
	3	55,41 b	5,66 a	12,49 a	135,45 b	16,70 a
	4	151,72 a	8,16 a	13,02 a	247,50 a	17,70 a
III	1	128,71 b	11,79 c	37,78 b	287,70 abc	-
	2	154,31 b	16,50 bc	38,69 b	311,17 b	46,32 a
	3	208,36 b	17,57 b	48,95 a	257,27 c	50,81 a
	4	489,72 a	26,26 a	50,72 a	352,97 a	58,47 a
IV	1	215,84 b	30,70 b	83,63 a	422,02 a	-
	2	247,07 b	31,48 b	85,90 a	392,17 a	96,44 a
	3	379,28 b	34,74 b	108,22 a	498,34 a	107,28 a
	4	738,42 a	54,65 a	112,61 a	311,25 a	141,03 a
V	1	-	69,45 b	136,30 b	723,72 a	-
	2	-	59,13 b	188,54 a	777,23 a	190,39 b
	3	-	67,49 b	199,21 a	709,49 a	203,27 ab
	4	-	109,64 a	199,12 a	658,61 a	236,31 a
VI	1	-	85,25 c	214,49 a	-	-
	2	-	78,62 c	219,84 a	-	219,54 a
	3	-	106,42 b	197,70 a	-	212,65 a
	4	-	151,90 a	295,24 a	-	362,49 a

Valores seguidos de letra (s) igual (es) no son estadísticamente diferentes al 5%.

I. La soya no tiene ICI.

IC1 : Asociado con maíz con aislamiento radicular.

IC2 : Asociado con maíz sin aislamiento radicular.

IC3 : Debajo de mallas (simulación).

IC4 : Monocultivo.

Cuadro 14. Análisis de varianza (valores de "F") para rendimiento de los cultivos dominados (leguminosas).

Epoca	F. V	C U L T I V O S		
		Adzuki	Vigna	Soya
0 DDSM (1 <sup>o</sup> )	TC	15,96**	281,96**	6,25
	F	2,08	6,52	--
	TC*F	0,35	5,05*	--
90 DDSM (2 <sup>o</sup> )	TC	6,55*	0,70	35,02**
110 DDSM (3 <sup>o</sup> )	TC	7,67*	6,95*	6,77*

TC : Tipos de Competencia.

F : Fertilización

\* : Significativo (0,05 - 0,01)

\*\* : Altamente significativo (< 0,01)

Cuadro 15. Pruebas de contraste ortogonal del rendimiento (valores de "F") para los tipos de competencia de los cultivos dominados.

Epoca	Contrastes	C U L T I V O S		
		Adzuki	Vigna	Soya
0 DDSM	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	0,01	2,47	-
	TC <sub>3</sub> vs TC <sub>1</sub> TC <sub>2</sub>	0,43	10,64**	0,46*
	TC <sub>3</sub> vs Re <sub>sto</sub>	47,43**	832,77**	12,04
90 DDSM	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	13,52*	1,71	-
	TC <sub>3</sub> vs TC <sub>1</sub> TC <sub>2</sub>	111,68**	0,35	41,48**
	TC <sub>3</sub> vs Re <sub>sto</sub>	63,00**	0,03	21,74**
110 DDSM	TC <sub>1</sub> vs TC <sub>2</sub>	1,35	0,02	-
	TC <sub>3</sub> vs TC <sub>1</sub> TC <sub>2</sub>	13,82*	20,72**	0,24
	TC <sub>3</sub> vs Re <sub>sto</sub>	7,84*	0,09	12,80*

\* : Significativo (0,05 - 0,01)

\*\* : Altamente significativo (< 0,01)

TC1: Asociado con maíz con aislamiento radicular.

TC2: Asociado con maíz sin aislamiento radicular.

TC3: Debajo de mallas (simulación).

TC4: Monocultivo.



Cuadro 16. Pruebas de Duncan para el rendimiento promedio de los tipos de competencia en los cultivos dominados.

Epoca	TC	C U L T I V O S			
		Adzuki	Vigna	Soya	
0 DDSM (1°)	1	63,35 b	83,97 b		
	2	64,88 b	66,32 bc		363,40 b
	3	71,80 b	43,40 c		392,23 b
	4	217,05 a	529,85 a		
90 DDSM (2°)	1	346,17 c	587,07 a		541,85 b*
	2	223,10 d	384,63 a		809,27 a
	3	590,93 b	565,50 a		957,40 a
	4	756,80 a	569,10 a		
110 DDSM (3°)	1	271,47 bc	460,13 a		605,5 b
	2	223,6 c	473,87 a		641,7 b
	3	380,17 ab	114,77 b		1.089,8 a
	4	506,00 a	335,90 ab		

Valores seguidos de letra (s) igual (es) no son significativamente diferentes al 5%.

- TC1: Asociado con maíz con aislamiento radicular.
- TC2: Asociado con maíz sin aislamiento radicular.
- TC3: Debajo de mallas (simulación).
- TC4: Monocultivo.

## 5. DISCUSION

### 5.1 Interferencia en el espacio edáfico

#### 5.1.1 Maíz

En los diferentes sistemas estudiados (monocultivo y asociados) el maíz presentó un comportamiento similar en cuanto a producción de biomasa y rendimiento de grano. La separación del espacio edáfico de los cultivos intercalados (aislamiento radicular) no ocasionó diferencias en el crecimiento del maíz en relación al asocio sin aislamiento.

La similitud de comportamiento encontrada entre el maíz intercalado y el monocultivo evidencia la ausencia de interferencia (competencia por agua y nutrientes) a nivel de espacio edáfico por parte de los cultivos dominados sobre el maíz, el cual al ser el cultivo dominante no fue sujeto a sombreado y por lo tanto solo podía ser afectado por interacciones entre los sistemas radiculares.

La imposibilidad del sistema radicular de los cultivos dominados para incursionar en el espacio edáfico del maíz en las parcelas con aislamiento, no determinó un aumento en el crecimiento del último en relación a las parcelas sin aislamiento; esto revela la incapacidad de los cultivos dominados para competir por agua y nutrientes con el maíz. Esta incapacidad se debió a una temprana competencia por luz y consecuentemente a un menor crecimiento global y una reducida relación raíz/parte aérea (46); al respecto, Donald y Milthorpe, citados por Trenbath (47), señalan que si una planta individual o un componente en un cultivo intercalado absorbe menos de su

"cuota" de un factor de crecimiento por el cual se está compitiendo (en este caso luz), es probable que adquiriera una correspondientemente menor proporción de todos los factores de crecimiento (pierde capacidad de competencia).

Existen una serie de trabajos en los cuales no se reporta efectos negativos de los cultivos dominados sobre el maíz, entre ellos: Mutsaers (22), asociando maíz y maní; Searle (40), con maíz-soya y maíz-maní; Remison (38), usando maíz-caupí y Dalal (8), en asociados de maíz-soya, quienes los han atribuido a la no existencia de competencia por nutrientes.

Resultados aparentemente diferentes a los encontrados en este trabajo son reportados por Willey y Reddy (57), quienes usando aislamientos radiculares (plásticos) con mijo (dominante) y maní (dominado), observaron amarillamiento y menor crecimiento del mijo intercalado con aislamiento radicular en relación al intercalado sin aislamiento. Esto lo atribuyeron a la imposibilidad del sistema radicular del mijo para explotar el espacio edáfico del maní y así complementar su absorción de nitrógeno. En nuestro caso se asume un contenido suficiente de nutrientes y agua en el volumen de suelo próximo a las raíces del maíz ya que su posible capacidad para incursionar en el espacio edáfico de los cultivos dominados en las parcelas sin aislamiento (TC2) no influyó en un mayor crecimiento en relación a las plantas aisladas.

#### 5.1.2 Cultivos dominados

Los cultivos intercalados con el maíz experimentaron una sensible caída en su producción de biomasa y rendimiento de grano en comparación con sus respectivos monocultivos. Esto se debe, principalmente, al sombreado

a que fueron sometidos durante casi todo el período de crecimiento [ 3 ].

La reducción en el crecimiento en las parcelas no fertilizadas fue en forma global porcentualmente mayor en los monocultivos en relación a los intercalados (Cuadro A1), probablemente porque la competencia por luz limitó la absorción de nutrientes de los cultivos intercalados ( \* ), o sea que las plantas bajo sombra tuvieron menores requerimientos de nutrimentos.

Los niveles de fertilización no afectaron las relaciones de competencia de los cultivos en los intercalados; es decir, los cultivos dominados no se volvieron mas competitivos al ser fertilizados ni fueron mas suprimidos al no ser fertilizados. Por otra parte no se evidenció ningún provecho para el maíz de la fertilización de los cultivos dominados en las parcelas fertilizadas ya que, como se mencionó anteriormente, el maíz no necesitó incursionar el espacio edáfico de los otros cultivos por estar suficientemente abastecido de nutrientes.

El comportamiento de los cultivos, a excepción de la vigna, en las parcelas fertilizadas y no fertilizadas fue similar cuando estuvieron con aislamiento radicular o sin el, por lo tanto se debe considerar insignificante el traslado de fertilizantes de un surco a otro (terrenos planos) y la competencia de los sistemas radiculares del maíz y los socios.

En el caso del frijol adzuki, no se presentó competencia por nutrientes con el maíz debido a su autoabastecimiento de nitrógeno a través de fijación ( 28 ) y a su ciclo de crecimiento mas corto, lo cual evitó que sus necesidades máximas por nutrientes coincidieran con las del maíz. [ 3 ]. El arroz y el camote, fueron muy afectados en su crecimiento por el sombreo, de tal forma que dado el reducido macollaje del arroz y la mínima tuberización del camote intercalados, estos no presentaron demandas pico de nutrientes

que pudieran provocar competencia. Referente a esto, Willey (54) menciona que aún donde los períodos de crecimiento son similares, los cultivos componentes pueden tener sus demandas pico por nutrientes a diferentes estados de crecimiento; siendo éste un efecto temporal que puede ayudar a asegurar que la demanda no exceda la tasa a la cual los nutrientes pueden ser suplidos por la solución del suelo.

La mayor producción de biomasa y rendimiento de la vigna cuando creció bajo condiciones de aislamiento radicular en comparación a la no aislada; está relacionado, probablemente, con una demanda pico de nutrientes coincidente con el período de máxima absorción del maíz (50), el cual por desarrollar un sistema radicular más extenso absorbe el nitrógeno más libremente de la solución del suelo (38), limitando así la absorción de este elemento por la vigna.

## 5.2 Simulación del sombreado del maíz

### 5.2.1 Siembra simultánea

Debajo de las mallas (TC3) los cultivos dominados, a excepción del arroz presentaron valores de Biomasa Seca Total y rendimiento similares a los intercalados. No obstante, es posible notar tendencias de un comportamiento ligeramente diferente entre los cultivos dominados con respecto a la simulación del sombreado. Sin considerar el primer muestreo; se observa un ligero aumento de biomasa para las plantas debajo de mallas en los cultivos de frijol adzuki y camote, una pequeña disminución en el caso de la soya, mientras la vigna tuvo en promedio de los intercalados un comportamiento similar al de las mallas.

Una causa posible de estas tendencias puede estar relacionada con respuestas diferenciales de los cultivos dominados a los cambios microambientales que ocurren dentro del dosel de los cultivos dominantes y afectan el crecimiento de los primeros. Por otra parte, probablemente, exista diferencias en la magnitud de esos cambios microambientales cuando se compara un área sombreada por mallas y una plantación de maíz. Estas diferencias pueden estar relacionadas con calidad de luz (PAR), distribución de la radiación, humedad relativa, temperatura, etc; lo cual posiblemente afecte el crecimiento de las plantas en una forma diferente a la del dosel de maíz.

El arroz produjo mayor cantidad de biomasa (significativo) cuando estuvo debajo de las mallas en relación al intercalado (67.4 y 53.5 % del monocultivo). Esto quizá esté relacionado con la menor capacidad de las plantas C4 para crecer bajo condiciones de radiación empobrecida de longitudes de onda fotosintéticamente activa que ocurre debajo del dosel de cultivos de mayor altura y de ahí su mejor comportamiento debajo de las mallas, las cuales al ser cuerpos opacos inertes, no es de esperar que cambien la composición de la luz, sino únicamente su cantidad y distribución debajo de ellas.

## 5.2.2 Segunda época de asocio (90 DDSM)

### 5.2.2.1 Arroz

En esta época de asocio el arroz presentó una tendencia similar a la primera en cuanto a la producción de mayor cantidad de biomasa debajo de mallas en relación al promedio de los intercalados pudiéndose aplicar el razonamiento anterior (época 1) referido a la calidad de la luz, aunque

en este caso el arroz creció debajo del dosel del maíz sin doblar durante 20 días; después de ese período el maíz fue doblado y redujo su función fotosintética.

Debe destacarse que, en términos generales (2ª y 3ª épocas), se observó un pobre establecimiento del arroz cuando se sembró intercalado, esto afectó los resultados; quizá podría existir algún tipo de toxicidad ya sea de residuos de herbicidas (probablemente atrazina) aplicado en años anteriores u otro tipo de interferencia causada por el maíz (microambiente) el cual afectó el establecimiento del cultivo.

#### 5.2.2.2 Frijol adzuki, vigna y soya

El crecimiento y producción de estos cultivos fue también superior en la mayoría de los casos cuando crecieron debajo de las mallas en comparación con el promedio de los intercalados, aunque las diferencias existentes muchas veces no fueron estadísticamente significativas.

Esta diferencia en comportamiento tiene su base en el mayor ataque de mal de talluelo (Damping off) causado por Rizoctonia solani, sobre las plantas de adzuki y vigna y al acame experimentado por la soya intercalados. Todas las plantas debajo del maíz presentaron ahilamiento (etiología), el cual no se presentó debajo de las mallas por la penetración más uniforme de la luz; este ahilamiento fue el causante del debilitamiento de los tallos volviéndolos más susceptibles a enfermedades y acame.

### 5.2.2.3 Camote

El camote presentó las mismas tendencias que los cultivos anteriores aunque no fue afectado por enfermedades o por aspectos de radiación. La mayor producción de biomasa del cultivo bajo las mallas en el muestreo 5 en relación a los intercalados se debió a una producción bastante superior de raíces tuberosas, la mayor tuberización puede deberse a una menor compactación del suelo debajo de las mallas ya que en las franjas donde se sembraba maíz hubo un mayor tráfico de personas (deshierbas, etc) y mayor interferencia física por las plantas y sistemas radiculares del maíz (incluyendo raíces de maíz de ciclos anteriores).

### 5.2.3 Tercera época de asocio (110 DDSM)

La tercera época de asocio correspondió a una siembra de relevo, llevándose a cabo con las plantas de maíz dobladas. Esto descarta la existencia de diferencias en calidad de luz incidente entre las mallas y los intercalados.

#### 5.2.3.1 Arroz

El arroz produjo mayor cantidad de biomasa debajo de las mallas en comparación con el intercalado; aunque estas diferencias no fueron significativas con la prueba de Duncan, si lo fueron con el contraste (TC3 vs TC1-TC2) en los dos últimos muestreos. Este hecho conduce a pensar en dos posibles causas: a) el suelo era menos fértil en las parcelas donde



se había sembrado maíz durante los últimos 3 ciclos, lo cual afectó el crecimiento del arroz intercalado\* y b) el microambiente debajo de las cañas de maíz fue modificado, permitiendo un mayor desarrollo de enfermedades foliares como Piricularia orizae en relación al cultivo debajo de mallas. En todo caso debe considerarse que existen otros factores que afectaron y podrían afectar a los trabajos de simulación de sombreado.

#### 5.2.3.2 Adzuki, soya y vigna

Las mismas tendencias fueron observadas para adzuki y soya, pero en menor proporción en relación al arroz. La biomasa y el rendimiento fueron menores en los intercalados aunque estas diferencias rara vez llegaron a ser estadísticamente significativas. Nuevamente podría hacerse alusión a diferencias en calidad del suelo y a factores de microambiente afectados por la presencia de las cañas de maíz.

El comportamiento de la vigna, especialmente en cuanto al rendimiento de grano, fue afectado por una mayor incidencia de virosis en las parcelas debajo de las mallas en relación a las intercaladas, donde posiblemente la presencia de las cañas de maíz disminuyó la llegada y movimiento de insectos vectores (24). La producción de biomasa se afectó más hacia el fin del ciclo del cultivo ya que cada vez aparecían más plantas enfermas y la producción de grano fue significativamente menor en las parcelas debajo de las mallas (aparentemente la virosis afectó más drásticamente la producción de grano).

---

\* Se notó mayor amarillamiento general del arroz intercalado (2º y 3º época).

#### 5.2.3.3 Camote

El camote creció de una forma muy similar cuando estuvo debajo de las mallas e intercado (promedio de TC1 y TC2), siendo el cultivo menos afectado por las posibles diferencias de fertilidad del suelo y las variaciones microambientales debajo de la caña de maíz. Debido a su habito de crecimiento y por disponer de raíces adventicias en los nudos de sus ramificaciones laterales, está capacitado para explotar muy bien el suelo siempre que esté creciendo bajo condiciones aceptables de luz.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten hacer las siguientes conclusiones:

1. Bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo el experimento, no se presentó un efecto importante de las interacciones en el espacio edáfico de los cultivos intercalados.

Dado que en la mayoría de los casos los agricultores de escasos recursos no usan fertilizantes, se recomienda evaluar el efecto de estas interacciones en casos de suelos menos fértiles y sin la aplicación de fertilizantes.

2. El maíz tuvo un comportamiento similar en todos los sistemas estudiados o sea que no presentó diferencias en su crecimiento ocasionadas por el cultivo acompañante, además el monocultivo no fué diferente al asociado.

3. La simulación del sombreado se realizó en forma aceptable cuando se trató de adzuki, vigna, soya y camote, sembrado menos eficiente en el caso del arroz.

La técnica de simulación con mallas se puede considerar apropiada para realizar trabajos de selección de material genético que se va a asociar; pero se debiera establecer un factor de corrección dado que aparentemente el ambiente debajo del dosel de maíz difiere del de debajo de las mallas y esto afecta en forma diferente a los cultivos.

4. La escogencia de una planta como bioindicadora de sombreado debe considerar aspectos relacionados con facilidad de manejo, establecimiento de poblaciones uniformes y poca variabilidad genética lo cual no parece muy fácil con arroz. Según lo observado en este trabajo el cultivar de soya (PK-7394) podría usarse en trabajos futuros para correlacionar su producción de biomasa con la cantidad de luz interceptado por un dosel mas alto.
  
5. La siembra simultánea del maíz y los demás cultivos fue en todos los casos la época que mas afectó el crecimiento y rendimiento de los cultivos dominados. Para los cultivos de ciclo corto (soya, adzuki) es posible realizar dos siembras durante el ciclo del maíz (0 y 90 DDSM) y obtener buenos resultados en términos de producción y uso de la tierra.

LITERATURA CITADA

1. ALLEN, L.H., Jr., SINCLAIR, T.R. y LEMON, E.R. Radiation and microclimate relationships in multiple cropping systems. In: Symposium on multiple cropping, Knoxville, 1975. Proceedings. Madison, Wis, American Society of Agronomy, 1976. pp 235-253 (ASA Special Publication No. 27).
2. BALDY, CH. Cultures associées et productivité de l'eau. In: Ann agron. 14, 1963 (4), 489-534.
3. BEETS, W. Multiple cropping and tropical farming systems. Westview Press Inc. Boulder, Colorado E.U. 156 p. 1982.
4. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL. Progress report to the International Fund for Agricultural Development on the use of TA GRANT N° 38B. Turrialba, Costa Rica. 1984. pp. 49-66. Crop. physiology.
5. CORDERO, A. y McCOLLUM, R.E. Yield potential of interplanted annual food crops in Southeastern U.S. Agronomy Journal. (71(5): 834-842. 1979.
6. CRUZ, J.C. et al. Avaliação de cultivares de milho associado com feijão. Pesq. agrop. bras. 19(2): 163-168. 1984.
7. DALAL, R.C. Effects of intercropping maize with pigeon peas on grain yield and nutrient uptake. Expl. Agric. 10(3): 219-224. 1974.
8. \_\_\_\_\_. Effect of intercropping of maize with soyabean on grain yield. Tropical Agriculture (Trinidad). 54(2): 189-191. 1977.
9. DE, R. Role of legumes in intercropping systems. In: Nuclear techniques in the development of management practices for multiple cropping systems. Proceedings: Advisory Group Meeting on Nuclear Techniques in Development of Fertilizer and Water Management Practices for Multiple Cropping Systems. 8-12 October 1979, Ankara, Turkey, IAEA, Wien, 1980, p. 73-84.
10. DE GROT, W. Density of dry beans (Phaseolus vulgaris) interplanted with maize (Zea mays) - summary. In. Symposium on Multiple Cropping, Knoxville, 1975. Proceedings. Madison, Wis, American Society of Agronomy, 1976. pp 235-253 (ASA Special Publication No. 27).
11. DONALD, C.M. Competition among crop and pasture plants. Adv. Agron. 15: 1-118. 1963.
12. EARLEY, E.B., et al. Effects of shade on maize production under field conditions. Crop Science. 6(1): 1-7. 1966.

13. EDJE, O.T. Comparative development and yield and other agronomic characteristics of maize and groundnut in monoculture and in association. In: Symposium on Intercropping in Semi-Arid Areas, Za., Morogoro, Tanzania, 1980. Intercropping: Proceedings. Edited by C.L. Keswain y B.J. Ndunguro. Ottawa, 1982. pp. 96-101.
14. ENYI, B.A.C. Effects of intercropping maize or sorghum with cowpeas, pigeon peas or beans. *Expl. Agric.* 9(1): 83-90. 1973.
15. FORTUIN, F.T.H.M. y OMTA, S.W.P. Growth analysis and shade experiments with Solanum nigrum L., the black night shade, a leaf and fruit vegetable in West Java. *Neth. J. Agric. Sci.* 28(4):199-210. 1980.
16. FRANCIS, C.A.; FLOR, C.A y TEMPLE, S.R. Adapting varieties for intercropped systems in the tropics. In: Symposium on Multiple Cropping, Knoxville, 1975. Proceeding. Madison, Wis, American Society of Agronomy, 1976. pp 235-253 (ASA Special Publication No. 27).
17. GARDINER, T.R. y CRACKER, L.E. Bean growth and light interception in a bean-maize intercrop. *Field crops research.* 4(4): 313-320. 1981.
18. GOMEZ, A.A. y GOMEZ, K.A. Multiple cropping in the humid tropics of asia. *Otaetae, Ont., IDRC.* 248 p. 1983.
19. GONZALES, R. Relaciones entre la morfología de las plantas y la radiación solar dentro de cultivos de maíz, yuca y plátano. M.S Tesis UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica. 102 p. 1976.
20. GRAY, R. y BONNER, J. An inhibitor of plant growth from the leaves of Encelia farinosa. *Amer. J. of Botany.* 35(1): 52-57. 1948.
21. HARWOOD, R.R. y PRICE, E.C. Multiple cropping in tropical asia. In: Symposium on multiple cropping, Knoxville, 1975. Proceedings. Madison, Wis, American Society of Agronomy, 1976. pp 235-253 (ASA Special Publication No. 27).
22. HENZELL, E.F. y VALLIS, I. Transfer of nitrogen between legumes and other crops. In: AYANABA, A. y DART, P. (Eds): Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics. J. Willey & Sons, Chichester. pp: 73-88. 1977.
23. JACKMAN, R.H. y MOUAT, M.C.H. Competition between grass and clover for phosphate. *New Zealand J. Agric. Res.* 15(4): 653-675. 1972.
24. LITSINGER, J.A. y MOODY, K. Integrated pest management in multiple cropping systems. In: Symposium on Multiple Cropping. Knoxville, 1975. Proceedings. Madison, Wis, American Society of Agronomy, 1976. pp 293-316 (ASA Special Publication No. 27).

25. McKEE, G.W. A coeficient for computing leaf area in hibrid corn. *Agronomy Journal*. 56(2): 240-241.
26. MORENO, R.A. Intercropping with sweet potato (*Ipomoea batatas*). CATIE, Turrialba, Costa Rica.
27. MUGABE, N.R., SINGE, M.E. y SIBUGA, K.P. A study of crop weed competition in intercropping. In: Symposium on Intercropping in Semi-Arid Areas, Za., Morogoro, Tanzania, 1980. Intercropping: Proceedings. Edited by C.L. Keswani y B. J. Ndunguro. Ottawa, 1982. pp. 96-101.
28. MUTSAERS, H.J.W. Mixed cropping experiments with maize an groundnuts. *Neth. J. Agric. Sci.* 26(4): 344-53. 1978.
29. NAUMAN, M.C.M. , FLECK, N.G. y DE SOUZA, R. S. Comportamento dos componentes do rendimento de culturas consorciadas. *Pesq. agropec. bras.* 19(8): 985-997. 1984.
30. NAYAK, S.K., JANARDHAN, K.V. y MURTY, K.S. Phostosynthetic efficiency of rice as influenced by light intensity and quality. *Indian Journal of Plant Physiology*. XXI: 48-52. 1978.
31. OKIGBO, B.N. Evaluation of plant interactions and productivity in complex mixtures as a basis for improved cropping systems design. In: Proceedings of the International workshop on Intercropping Hyderabad, 1979. ICRISAT. 1981. pp. 155-179.
32. OKOLY ,P.S.O. y WILSON, G.F. Cassava response to shade under field conditions. IITA, Annual Report. 1981. pp: 21-22.
33. PINCHINAT, A.M., SORIA, J. y BAZAN, R. Multiple cropping in tropical america. In: Symposium on multiple Cropping, Knoxville, 1975. Proceedings. Madison, Wis, American Society of Agronomy, 1976. pp 235-253 (ASA Special Publication No. 27).
34. PUTNAM, A.R. y DUKE, W.B. Allelopathy in agroecosystems. *Ann. Rev. Phytopathol.* 16: 431-451. 1978.
35. RADKE, J.K. y HAGSTROM, R.T. Strip intercropping for wind protection. In: Symposium on Multiple Cropping, Knoxville, 1975. Proceeding. Madison, Wis, American Society of Agronomy, 1976. pp 201-222 (ASA Special Publication No. 27).
36. RAWSON, H.M. y HINDMARSH, J.H. Light, leaf expansion and seed yield in sunflower. *Aust. J. Plant Physiol.*, 10: 25-30. 1983.
37. REDDY ,M.S. y WILLEY, R.W. A study of pearl millet/groundnut intercropping with particular emphasis on the effeciences of leaf canopy and rooting pattern. In: Proceedings of the International Workshop on Intercropping. Hyderabad, 1979. ICRISAT. 1981. pp. 202-209.

38. REMISON, S.V. Neighbour effects between maize and cowpea at various levels of N and P. *Expl. Agric.* 14(3): 205-212. 1978.
39. SANCHEZ, P. Suelos del trópico: características y manejo. Traducido por Edilberto Camacho. San José, Costa Rica: IICA. 660 p. 1981.
40. SEARLE, P.G.E., et al. Effect of maize + legume intercropping systems and fertilizer nitrogen on crop yields and residual nitrogen. *Field Crops Research.* 4(2): 133-145. 1981.
41. SIVAKUMAR, M.V.K. y VIRMANI, S.M. Crop productivity in relation to interception of photosynthetically active radiation. *Agricultural and Forest Meteorology.* 31(2): 131-141. 1984.
42. SNAYDON, R.W. y HARRIS, P.M. Interactions belowground- The use of nutrients and water. In: Proceedings of the International Workshop on Intercropping. Hyderabad, 1979. ICRISAT. 1981. pp. 188-201.
43. SHITH, M.A. y WHITEMAN, P.C. Evaluation of tropical grasses in increasing shade under coconut canopies. *Expl. Agric.* 19: 153-161. 1983.
44. SOUZA FILHO, B.F. y ANDRADE, M.J.B. Influencia de diferentes poblaciones de plantas no consorcio milho x feijao. *Pesq. agrop. bras., Brasilia.* 19(4): 469-471. 1984.
45. SZEICK, G. Solar radiation in crop canopies. *Journal of Applied Ecology.* 11(3): 1117-1156. 1974.
46. TRENBATH, B.R. Biomass productivity of mixtures. *Advances in Agronomy.* ASA. 26: 177-210. 1974.
47. \_\_\_\_\_. Plant interaction in mixed crop communities. In: Symposium on Multiple Cropping, Knoxville, 1975. Proceedings. Madison, Wis, American Society of Agronomy, 1976. pp. 129-169. (ASA Special Publication No. 27).
48. TYUTYUNNIKOV, A.I., YAKOVLEV, A.A. y KATS, G. Prediction of optimum component composition to mixed plantings of annual fodder crops. *Soviet Agriculture Sciences.* No. 10: 6-9. 1976.
49. VILLARREAL, R. y LAI, S.H. Developing vegetable crop varieties for intensive cropping systems. In: Symposium on Cropping System Research and Development for the Asian Rice Farmes, Los Baños, 1976. Proceedings. Los Baños, Philippines, IRRI. 1977. pp. 373-396.
50. WAHUA, T.A.T. Nutrient uptake by intercropped maize and cowpeas and a concept of nutrient supplementation index (NSI). *Expl. Agric.* 19(3): 263-275. 1983.
51. \_\_\_\_\_, BABALOLA, O y AKENOVA, E. Intercropping morphologically different types of maize with cowpeas: LER and growth attributes of associated cowpeas. *Expl. Agric.* 17: 407-413. 1981.



52. WEIN, H.C. y SMITHSON, J.B. The evaluating of genotypes for intercropping. In: proceedings of the International Workshop on Intercropping. Hyderabad, 1979. ICRISAT. 1981. pp. 188-201.
53. WILSON ,J.R. y WONG ,C.C. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of Green Panic and Siratro pastures. Aust. J. Agric. Res., 33: 937-949. 1982.
54. WILLEY, R.W. Intercropping-its importance and research needs. Par 1. Competition and yield advantages. Field Crop Abstracts. 32(2): 1-10.
55. \_\_\_\_\_. Intercropping - its importance and research needs. Part 2. Agronomy and research approaches. Field Crop Abstracts. 32(2): 73-85. 1979.
56. \_\_\_\_\_. y RAO, M.R. Genotypes studies at ICRISAT. In: Proceedings of the International Workshop on Intercropping. Hyderabad, 1979. ICRISAT. 1981. pp. 188-201.
57. \_\_\_\_\_. y REDDY, M.S. A field technique for separating above -and below- ground interaction in intercropping: An experiment with pearl millet/groundnut. Expl. Agric. 17: 257-264. 1981.
58. WILLIAMS, W.A. Competition for light between annual species of trifolium during the vegetative phase. Ecology. 44(3): 475-485. 1963,

APENDICE

Cuadro A 1. Producción de biomasa de los cultivos dominados por tipo de competencia en las condiciones de fertilizado y no-fertilizado por ciento del promedio de F2 en relación a F1 y prueba de bondad de ajuste ( $\chi^2$ ) para los niveles de fertilizado (observado) vs no-fertilizado (esperado) en todos los muestreos.

Cultivos	DDS*	TC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	TC <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	TC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	TC <sub>4</sub> F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	Promedio de F2 en relación F1	$\chi^2=(O-E)^2$ 0 (5%)			
ARROZ	30	5.23	4.92	4.61	5.76	6.02	6.29	7.22	7.15	7.09	9.52	8.35	7.18	
	45	26.94	23.18	19.42	32.52	27.96	23.41	85.62	32.64	29.67	55.08	50.98	46.88	SIGNIFI-
	75	97.13	76.85	56.58	77.79	72.56	67.34	118.08	92.20	66.33	228.61	167.76	106.91	CATIVA
	90	101.84	87.97	74.10	93.88	81.06	68.24	126.41	102.33	78.26	187.83	157.79	127.76	
F2/F1x100( $\bar{x}$ )**		72.81%		85.11%		74.89%		68.82%						$\bar{x}$ %=75.41
FRIJOL	25	2.74	2.60	2.47	2.41	2.25	2.10	2.19	1.99	1.79	4.44	3.64	2.84	SIGNIFI-
	40	10.92	8.78	6.65	10.41	8.93	7.73	10.70	10.56	10.42	17.34	13.72	10.10	CATIVA
	60	33.66	30.16	26.66	30.43	30.03	29.64	35.51	32.91	30.31	52.10	50.48	48.86	
F2/F1x100( $\bar{x}$ )		76.75		86.92		88.16		72.00						$\bar{x}$ %=80.95
VIGNA	25	2.46	2.39	2.33	2.92	3.07	3.23	2.64	2.32	2.00	2.86	2.37	1.89	
	40	27.09	21.10	15.11	16.47	15.43	14.40	24.76	18.95	13.14	29.17	20.76	12.35	SIGNIFI-
	60	88.73	76.38	64.04	69.84	68.36	66.88	84.23	71.05	47.87	120.73	109.44	98.15	CATIVA
	80	148.53	151.34	154.06	107.38	107.87	108.37	138.42	127.08	115.74	297.24	266.61	235.99	
F2/F1x100( $\bar{x}$ )		81.58		98.68		70.29		67.28						$\bar{x}$ %=79.46
CANOTE	30	11.69	11.15	10.60	11.87	11.02	10.16	9.37	9.37	9.37	23.10	22.45	21.80	
	50	32.86	31.46	30.06	33.08	28.77	24.46	34.82	29.59	24.31	52.47	47.39	42.30	SIGNIFI-
	70	116.55	121.86	127.17	134.14	124.98	115.82	155.64	139.52	123.40	388.34	346.03	303.70	CATIVA
	90	155.34	153.67	151.99	169.51	146.57	123.63	165.36	145.41	125.46	443.50	417.54	391.58	
F2/F1x100( $\bar{x}$ )		97.28		79.70		86.19		85.37						$\bar{x}$ %=87.13

\* Días después de la siembra

TC<sub>1</sub> = Asociado con maíz con aislamiento radical

\*\* Promedio de F2 en todos los muestreos.

TC<sub>2</sub> = Asociado con maíz sin aislamiento radical

TC<sub>3</sub> = Debajo de malla (stimulación)

TC<sub>4</sub> = Monocultivo

F<sub>1</sub> = Fertilizado

F<sub>2</sub> = No fertilizado

Cuadro A2. Condiciones climáticas durante junio 84 a marzo 85 según la estación meteorológica del campo Experimental "La Montaña". CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1985.

MESES	Temperatura (°C)*		Precipitación (mm) Promedio Mensual 42 años	Humedad Relativa* (%)	Radiación solar* (CAL/cm <sup>2</sup> /día)
	MAX	MIN			
JUNIO	26.8	18.3	222.8	82.9	420.8
JULIO	26.4	17.4	270.1	81.2	437.5
AGOSTO	25.7	17.9	246.7	83.7	410.0
SEPTIEMBRE	26.4	17.3	278.6	79.2	442.9
OCTUBRE	25.5	17.9	249.0	79.5	429.4
NOVIEMBRE	24.8	17.3	133.5	78.6	405.3
DICIEMBRE	23.2	15.7	356.3	84.5	350.7
ENERO	25.36	15.24	38.2	85.57	442.13
FEBRERO	25.31	16.27	156.3	88.88	399.50
MARZO	26.46	15.87	34.9	87.04	521.68

\* Valores Promedios

Localización: 9°53' Lat. Norte  
83°38' Long. Oeste

Altura: 602 msnm.

CUADRO DE TRATAMIENTOS

## FACTORES

- Asocios (S)
- Tipos de competencia (TC)
- Fertilización (F)

Asocios (S)	Tipos de Competencia (TC)	Fertilización (F)
1- Arroz	1- Asociado con maíz con aislamiento radical	1- Fertilizado
2- Frijol Adzuki	2- Asociado con maíz sin aislamiento radical	2- No Fertilizado
3- Vigna V-47	3- Con mallas	
4- Camote	4- Monocultivo	

1. S <sub>1</sub> TC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	17. S <sub>3</sub> TC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>
2. S <sub>1</sub> TC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	18. S <sub>3</sub> TC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>
3. S <sub>1</sub> TC <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	19. S <sub>3</sub> TC <sub>2</sub> F <sub>1</sub>
4. S <sub>1</sub> TC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	20. S <sub>3</sub> TC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
5. S <sub>1</sub> TC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	21. S <sub>3</sub> TC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
6. S <sub>1</sub> TC <sub>3</sub> F <sub>2</sub>	22. S <sub>3</sub> TC <sub>3</sub> F <sub>2</sub>
7. S <sub>1</sub> TC <sub>4</sub> F <sub>1</sub>	23. S <sub>3</sub> TC <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
8. S <sub>1</sub> TC <sub>4</sub> F <sub>2</sub>	24. S <sub>3</sub> TC <sub>4</sub> F <sub>2</sub>
9. S <sub>2</sub> TC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	25. S <sub>4</sub> TC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>
10. S <sub>2</sub> TC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	26. S <sub>4</sub> TC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>
11. S <sub>2</sub> TC <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	27. S <sub>4</sub> TC <sub>2</sub> F <sub>1</sub>
12. S <sub>2</sub> TC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	28. S <sub>4</sub> TC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
13. S <sub>2</sub> TC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	29. S <sub>4</sub> TC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
14. S <sub>2</sub> TC <sub>3</sub> F <sub>2</sub>	30. S <sub>4</sub> TC <sub>3</sub> F <sub>2</sub>
15. S <sub>2</sub> TC <sub>4</sub> F <sub>1</sub>	31. S <sub>4</sub> TC <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
16. S <sub>2</sub> TC <sub>4</sub> F <sub>2</sub>	32. S <sub>4</sub> TC <sub>4</sub> F <sub>2</sub>

33. Maíz monocultivo

Cuadro 4 A. Característica de las mallas usadas para simular el sombreado del maíz.

1. Dimensiones de cada rollo

Ancho 12 pies (3.65 m)

Largo 328 pies (100.00m)

Area= 3936 pies<sup>2</sup> (365 m<sup>2</sup>)

<u>Tipo</u>	<u>Estilo</u>	<u>% Sombra</u>
Saran	5182100	20
Polipropylene	5187907	25
Polipropylene	5187109	30
Saran	5180302	47
Saran	5180502	55
Saran	5180602	63
Saran	5180902	73
Saran	5181702	80
Saran	5180702	92

$$A: Y= 177.66-3.63x+0.0219x^2$$

$$M: Y= 176.41-3.14x+0.0181x^2$$

$$B: Y= 103.51-1.04x+0.0088x^2$$

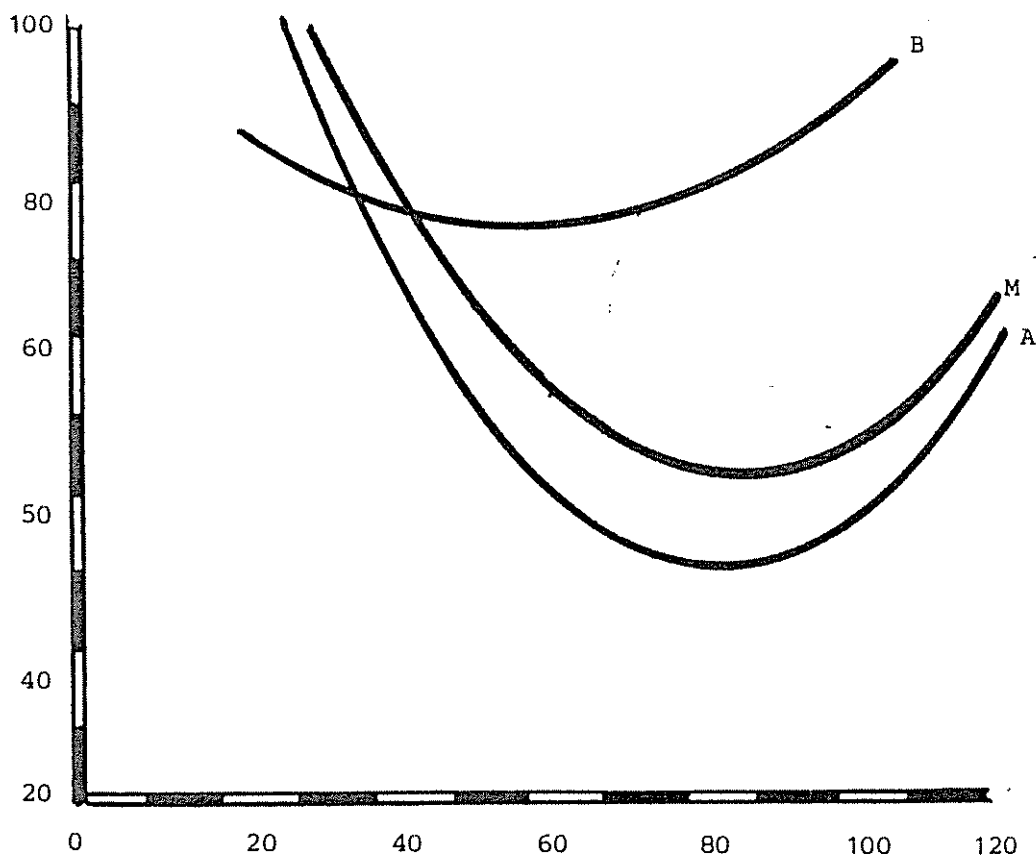


Figura A.1 Radiación solar fotosintéticamente activa no interceptada entre hileras de maíz de las variedades: Eladio Hernández (alto=A) tuxpeño c.7 (medio=M) y maicito (bajo=B) sembrados a 45.000 plantas/ha.