



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"I Z T A C A L A"**

**EFICIENCIA DE LA ASOCIACION MAIZ - FRIJOL
BAJO DOS NIVELES DE TECNOLOGIA EN
CÓATEPEC, VER.**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGIA
P R E S E N T A N
MA. DE LOURDES RUIZ ZAMARRIPA
GUILLERMO FRANCISCO CHAVEZ BARRIOS**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTO

Manifestamos nuestro más sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Al Dr. Luis Fanjul por su valiosa asesoría en la dirección de la presente Tesis.

Al Dr. Arturo Gómez-Pompa Dir. Gral. del Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB).

A la M.C. Margarita Soto Dir. del Programa Formación Académica del INIREB, por habernos proporcionado instalaciones y recursos.

A la Biól. Arlette López Coordinadora de la Carrera de Biología de la ENEPI, por la realización del convenio ENEPI - INIREB.

Al Ing. Norberto Juárez jefe de la División de Hidrometría dependiente de la SARH Xalapa, Ver.

A los señores Abundio Martínez y Mario Fernández, la confianza que tuvieron al permitirnos trabajar en sus parcelas.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) dependiente de la SARH por facilitarnos semilla.

De una manera especial al Ing. Antonio López por su amistad y sugerencias.

Y en general, a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron para que la presente Tesis fuese posible.

Con cariño,

A mis padres:

FORTINO Y MANUELA

Por la paciència y el apoyo que
me brindaron.

A mis hermanos:

SILVIA

ADRIANA

PATRICIA

y en especial a HECTOR por
su colaboración

LOURDES.

Sea esta una pequeña
muestra de gratitud,

A mis padres:

JORGE Y LEONILA

Por el apoyo, la confianza y
el ejemplo que siempre me han
dado.

A mis hermanos:

HECTOR y JAIME

Por el respeto y cariño que
siempre nos ha unido.

A mis familiares y amigos

GUILLERMO.

I N D I C E

Contenido	pág.
Agradecimiento	i
Dedicatoria	ii
Lista de cuadros y figuras	iii
Resumen	iv
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	5
3. REVISION DE LITERATURA	9
3.1 Tecnología agrícola tradicional (TAT)	
3.1.1 Características	
3.1.2 Importancia	
3.2 Tecnología comercial tecnifica- da (TCT)	12
3.2.1 Características	
3.2.2 Insumos	
3.3 Asociación maíz-frijol	14
3.3.1 Importancia	
3.3.2 Diferentes arreglos de siembra	
3.3.3 Selección de variedades para la asociación	
3.3.4 Ventajas y desventajas de la asociación	

3.3.5	Razón de superficie equivalente (RSE)	
3.4	Resultados hasta ahora obtenidos en la asociación maíz - frijol	21
3.4.1	Rendimiento y sus componentes	
3.5	Eficiencia energética de los sistemas productivos	24
4.	DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	26
4.1	Localización	
4.2	Clima	
4.3	Suelos	
5.	MATERIAL Y METODOS	29
5.1	Germoplasma	
5.2	Labores culturales	
5.2.1	Preparación del terreno	
5.2.2	Fertilización	
5.2.3	Siembra	
5.2.4	Control de malezas	
5.2.5	Control de plagas y enfermedades	
5.3	Diseño experimental	36
5.3.1	Tratamientos	
5.3.2	Muestreos	
5.3.3	Análisis estadístico	

5.4	Parámetros estudiados e instrumentos de medición	39
5.4.1	Frijol	
5.4.2	Maíz	
5.4.3	Otros parámetros estudiados	
	a).- Transmisión relativa de luz (TRL)	
	b).- Balance de nutrientes y contenido relativo de agua en el suelo (θ_w %)	
	c).- Eficiencia energética (Er)	
6.	RESULTADOS	45
6.1	Datos climatológicos	
6.2	Resultados obtenidos para maíz sitio I	
6.2.1	Acumulación de materia seca	
6.2.2	Area foliar por planta e índice de área foliar (IAF)	
6.2.3	Producción y distribución de materia seca	
6.3	Resultados obtenidos para frijol sitio I	56
6.3.1	Acumulación de materia seca	
6.3.2	Area foliar por planta e índice de área foliar (IAF)	

6.3.3	Producción y distribución de ma <u>ter</u> ia seca	
6.4	Resultados del análisis energético sitio 1	62
6.5	Resultados obtenidos para maíz sitio 2	65
6.5.1	Acumulación de materia seca	
6.5.2	Area foliar por planta e índice de área foliar (IAF)	
6.5.3	Producción y distribución de ma <u>ter</u> ia seca	
6.6	Resultados obtenidos para frijol sitio 2	74
6.6.1	Acumulación de materia seca	
6.6.2	Area foliar por planta e índice de área foliar (IAF)	
6.6.3	Producción y distribución de materia seca	
6.7	Resultados del análisis energético sitio 2	81
7.	DISCUSION	85
7.1	Rendimiento y los componentes del rendimiento	
7.1.1	Tecnología agrícola tradicional (TAT)	

*

	7.1.2 Tecnología comercial técnica (TCT)	
	7.2 Análisis energético.	99
8.	CONCLUSIONES	103
9.	LITERATURA CITADA	104
10.	APENDICE.	115

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS

1.	Resumen de algunos de los resultados obtenidos por diferentes investigadores en estudios de asociación maíz-frijol de temporal (tomado de Lépez, I. 1978).	23
2.	Características del germoplasma empleado.	30
3.	Distancia entre surcos y entre plantas y densidades de siembra empleadas en los dos sitios.	32
4.	Lista de las arvenses encontradas.	35
5.	Indices y parámetros del rendimiento a la cosecha (sitio 1).	50
6.	Parámetros medidos a la cosecha (sitio 1)	51
7.	Insumos, rendimiento y eficiencia energética (Er) por ha en 7 arreglos de siembra para los sistemas de cultivo de maíz y frijol (sitio 1).	64
8.	Indices y parámetros del rendimiento a la cosecha (sitio 2)	68
9.	Parámetros medidos a la cosecha (sitio 2)	70
10.	Insumos rendimiento y eficiencia energética (Er) por ha en 7 arreglos de siembra para los sistemas de cultivo de maíz y frijol (sitio 2).	83

11. Registros de radiación solar ($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{día}$), apéndice temperatura ($^{\circ}\text{C}$) máxima y mínima y precipitación pluvial (mm) de mayo a diciembre de 1983 en el sitio experimental.
12. Análisis de varianza de la materia seca total (kg/planta) a los 97 y 194 días después de la siembra (dds) para los tratamientos con frijol criollo: asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2 (sitio 1). apéndice
13. Análisis de varianza de la materia seca total (kg/m^2) a los 97 y 194 dds para los tratamientos con frijol criollo: asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2 (sitio 1). apéndice
14. Análisis de varianza del área foliar/planta (m^2) de los 61 a los 79 dds para los tratamientos con frijol criollo: asociado, intercalado, unicultivo 1, y unicultivo 2 (sitio 1). apéndice
15. Análisis de varianza del IAF de los 61 a los 79 dds para los tratamientos con frijol criollo: asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2 (sitio 1). apéndice
16. Análisis de varianza de la materia seca total kg/m^2 a la cosecha (150 dds) para los tratamientos con maíz vc. V-524: asociado, intercalado y unicultivo (sitio 2). apéndice
17. Análisis de varianza del área foliar/planta (m^2) de los 42 a los 76 dds para los tratamientos con maíz vc. V-524: asociado, apéndice

intercalado y unicultivo (sitio 2).

18. Análisis de varianza del IAF de los 42 a apéndice
los 76 dds para los tratamientos con
maíz vc. V-524: asociado, intercalado y
unicultivo (sitio 2).
19. Análisis de varianza de la materia seca apéndice
total (kg/m^2) a los 88 y 109 dds para los
tratamientos con frijol vc. Flor de Ma-
yo y vc. Jamapa: asociado, intercalado,
unicultivo 1 y unicultivo 2 (sitio 2).
20. Análisis de varianza del área foliar/ apéndice
planta (m^2) de los 18 a los 59 dds pa-
ra los tratamientos con frijol vc. Flor
de Mayo y vc. Jamapa: asociado, interca-
lado, unicultivo 1 y unicultivo 2 (si-
tio 2).
21. Análisis de varianza del IAF de los 18 apéndice
a los 59 dds para los tratamientos con
frijol vc. Flor de Mayo y vc. Jamapa:
asociado, intercalado, unicultivo 1 y
unicultivo 2 (sitio 2).
22. Valores máximos de área foliar (cm^2) y apéndice
medias por repetición para los trata-
mientos con maíz criollo: asociado, in-
tercalado y unicultivo (sitio 1).
23. Valores máximos de área foliar (cm^2) y apéndice
medias por repetición para los trata-
mientos con maíz vc. V-524: asociado,
intercalado y unicultivo (sitio 2).

24. Valores de regresión, peso seco (g) y apéndice área foliar (m^2) para los tratamientos con frijol criollo: asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2 (sitio 1).
25. Valores de regresión, peso seco (g) y apéndice área foliar (m^2) para los tratamientos con frijol vc. Flor de Mayo y vc. Jamaica: asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2 (sitio 2).
26. Transmisión relativa de luz (TRL%) por apéndice tratamiento medida a los 67 dds (sitio 1).
27. Transmisión relativa de luz (TRL%) por apéndice tratamiento medida a los 66 dds (sitio 2).
28. Resultados del análisis de suelos inicial y final y método empleado en cada determinación (sitio 1).
29. Resultados del análisis de suelos inicial y final y método empleado en cada determinación (sitio 2).
30. Diferencia en humedad, peso seco (g) y apéndice contenido relativo de agua en el suelo ($0w\%$) por tratamiento de junio a noviembre de 1983 (sitio 1).
31. Diferencia en humedad, peso seco (g) y apéndice contenido relativo de agua en el suelo ($0w\%$) por tratamiento de junio a octubre de 1983 (sitio 2).

32. Insumos, prácticas agrícolas, rendimiento, tiempo invertido (hr) y gasto energético probable en 7 arreglos de siembra para los sistemas de cultivo de maíz y frijol (sitio 1). apéndice
33. Insumos, prácticas agrícolas, rendimiento, tiempo invertido (hr) y gasto energético probable en 7 arreglos de siembra para los sistemas de cultivo de maíz y frijol (sitio 2). apéndice

FIGURAS	pág.
1. Mapa de la región central de Veracruz.	6
2. Mapa y coordenadas de la zona de estudio.	27
3. Arreglos de siembra de los cultivos.	33
4. Diseño experimental.	37
5. Radiación solar ($J/m^2/día$), temperatura ($°C$) máxima y mínima mensual y precipitación pluvial (mm) de mayo a diciembre de 1983 en el sitio experimental.	46
6. Peso seco total por planta (a) y peso seco total por m^2 (b) de la parte aérea de plantas de maíz bajo diferentes tratamientos: asociado, intercalado y unicultivo ($6.2\text{ pl}/m^2$). Los puntos representan la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard.	48
7. Area foliar por planta (a) e IAF (b) durante la fase de crecimiento de los tratamientos con maíz asociado, intercalado y unicultivo. Los puntos representan la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard.	52
8. Producción y distribución de materia seca por planta en 4 estadios de crecimiento de los diferentes tratamientos con maíz. Los números que aparecen a un lado de las histogramas representan el porcentaje del peso seco total representado por: T (tallos), H (hojas), PE (pedúnculo y espatas), O (olote) y G (grano).	54

9. Peso seco total por planta (a) y peso seco total por m^2 (b) de los tratamientos con frijol: asociado ($4.1 \text{ pl}/m^2$), intercalado ($3.5 \text{ pl}/m^2$), unicultivo 1 ($13.8 \text{ pl}/m^2$) y unicultivo 2 ($13.8 \text{ pl}/m^2$). Los puntos representan la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard. 57
10. Area foliar por planta (a) e IAF (b) durante la fase de crecimiento de los tratamientos con frijol; asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2. Los puntos representan la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard. 59
11. Producción y distribución de materia seca por planta de frijol en 4 estadios de crecimiento bajo distintos tratamientos: asociado y unicultivo 1 (a); intercalado y unicultivo 2 (b). Los números que aparecen dentro de los histogramas representan el porcentaje del peso seco total representado por: T (tallos), H (hojas), P (pericarpio) y S (semillas). 61
12. Transmisión relativa de luz (TRL) en (a) y (b) a los 67 días después de la siembra y contenido relativo de agua en el suelo ($\theta_w\%$) en (c) y (d) para los tratamientos con maíz: asociado, intercalado y unicultivo. Así como para los tratamientos con frijol: unicultivo 1 y unicultivo 2. 63

13. Peso seco total por planta (a) y peso seco total por m^2 (b) de la parte aérea de plantas de maíz bajo diferentes tratamientos: asociado ($7.6 \text{ pl}/m^2$), intercalado ($7.6 \text{ pl}/m^2$) y unicultivo ($11.7 \text{ pl}/m^2$). Los puntos representan la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard. 66
14. Area foliar por planta (a) e IAF (b) durante la fase de crecimiento de los tratamientos con maíz: asociado, intercalado y unicultivo. Los puntos representan la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard. 71
15. Producción y distribución de materia seca por planta en 4 estadios de crecimiento de los diferentes tratamientos con maíz. Los números que aparecen a un lado de los histogramas representan el porcentaje del peso seco total representado por: T (tallos), H (hojas), PE (pedúnculo y espatas), O (olote) y G (grano). 73
16. Peso seco total por planta (a) y peso seco total por m^2 (b) de los tratamientos con frijol: asociado ($3.8 \text{ pl}/m^2$), intercalado ($7.1 \text{ pl}/m^2$), unicultivo 1 ($4.5 \text{ pl}/m^2$) y unicultivo 2 ($21.5 \text{ pl}/m^2$). Los puntos representan para el asociado y el unicultivo 1 la media de 5 plantas y para el intercalado y unicultivo 2 la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard. 75

17. Area foliar por planta (a) e IAF (b) durante la fase de crecimiento de los tratamientos con frijol: asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2. Los puntos representan la media de 5 plantas para el asociado y unicultivo 1 y la media de 10 plantas para el intercalado y unicultivo 2. Las barras representan una vez el error standard.

77

18. Producción y distribución de materia seca por planta de frijol en 4 estadios de crecimiento bajo distintos tratamientos: asociado y unicultivo 1 en (a) intercalado y unicultivo 2 en (b). Los números que aparecen dentro de los histogramas representan el porcentaje del peso seco total representado por: T (tallos), H (hojas), P (pericarpio) y S (semillas).

80

19. Transmisión relativa de luz (TRL) en (a) y (b) a los 66 días después de la siembra y contenido relativo de agua en el suelo ($\theta_w\%$) en (c) y (d). Para los tratamientos con maíz: asociado, intercalado y unicultivo, así como para los tratamientos con frijol: unicultivo 1 y unicultivo 2.

82

RESUMEN

El ensayo se realizó en Coatepec, Ver. En él se evaluó la asociación maíz-frijol en dos sitios experimentales con manejo agronómico contrastante: el sitio 1 con manejo tradicional, semillas "criollas" bajo nivel de insumos industriales y un alto aporte de mano de obra; el sitio 2 con manejo comercial tecnificado, variedades mejoradas y un alto aporte de insumos industriales y energía fósil (pesticidas, maquinaria, fertilizante y combustible, entre otros).

Para frijol se utilizaron semillas con hábito de crecimiento indeterminado (guía) y semillas con hábito de crecimiento determinado (arbustivo).

Se analizó rendimiento en grano así como algunos de los más importantes componentes de éste: producción y distribución de materia seca, área foliar e índice de área foliar (IAF), altura de la planta, longitud del tallo, No. de nudos, No. de semillas, No. de vainas y No. de ramas, entre otros. Se realizó también un análisis para evaluar la eficiencia energética (Er) de los sistemas de cultivo de maíz y frijol.

Para el rendimiento en grano (ton/ha) se encontró que en general, los tratamientos del sitio 2 superaron a los tratamientos del sitio 1. En ambos sitios destacaron en rendimiento las variedades de frijol de hábito de crecimiento indeterminado en unicultivo. Sin embargo, en el sitio 2 se lograron mayores rendimientos (5.0 ton/ha) que para el sitio 1 (2.6 ton/ha).

Para los tratamientos con maíz en el sitio 2, el unicultivo mostró el más alto rendimiento (13.4 ton/ha), mientras que en el sitio 1 el intercalado logró el mayor valor (5.4 ton/ha).

Asimismo se encontró que al sumar los rendimientos de maíz y de frijol en asociación (ton/ha), siempre se obtuvo una ganancia adicional que no se logró obtener en los unicultivos (RSE).

En general se observó que a altas densidades de población hubo una mayor producción de área foliar por unidad de superficie (IAF), lo que repercutió en una mayor acumulación de la materia seca y en un alto rendimiento en grano. La distribución de la materia seca fué similar para todos los casos, lo cual indica que la asignación de recursos fué independiente del tipo de asociación.

La eficiencia energética (E_r) se determinó en todos los sistemas de siembra para los dos sitios (maíz asociado, maíz intercalado, maíz unicultivo, frijol asociado, frijol intercalado, frijol unicultivo 1 y frijol unicultivo 2).

De este análisis se desprende que en general el sitio 1 fue más eficiente que el sitio 2, pero esta diferencia estuvo dada no por los altos rendimientos en grano en el sitio 1, sino por la baja cantidad de insumos en él invertidos.

1. INTRODUCCION

La tecnología agrícola tradicional se caracteriza por una serie de prácticas y elementos culturales seleccionados empíricamente y transmitidos de generación en generación. La utilización de insumos industriales es mínima, sus objetivos de producción están orientados al autoconsumo y por tanto hay una escasa acumulación de excedentes de producción.

La asociación maíz-frijol ha sido el ejemplo más citado bajo este tipo de agricultura. Esta forma de cultivo se practica en México desde épocas precortesianas y en la actualidad sigue siendo de gran importancia en la producción de alimentos básicos, por la extensión que ocupa en el territorio mexicano.

Por la frecuencia con que se cultiva el sistema maíz-frijol, se considera que ambas especies han logrado establecer en la asociación un equilibrio en la capacidad de competencia (Márquez y Jassa, 1975) citado por Ortiz, C. (1981), lo cual se debe a la heterogeneidad genética de ambas especies.

Por su parte la tecnología comercial tecnificada se caracteriza porque su conocimiento es relativamente reciente, derivado principalmente de la investigación científica.

Esta agricultura de tipo industrial, pugna por el establecimiento de sistemas de siembra en unicultivo con fuertes subsidios de energía fósil, donde la inversión energética es tan alta que desplaza a quienes no pueden costearla (Odum, E. 1972).

Los unicultivos prosperan en condiciones agrícolas y económicas privilegiadas, lo cual no ocurre en la gran mayoría de las zonas de temporal del territorio mexicano que es en donde se encuentra el 80% de la población rural mexicana (Anaya, G. 1981).

Los objetivos de producción de este tipo de agricultura están orientados a la acumulación de capital y dirige sus explotaciones esencialmente al mercado nacional y extranjero y no al mercado regional.

Por otra parte la problemática desde el punto de vista alimentario, energético y de espacio, conduce a considerar la necesidad de conocer cual es la eficiencia de los sistemas de producción agrícola, en este caso particular la asociación maíz-frijol.

Los trabajos sobre asociación maíz-frijol se han centrado principalmente en el rendimiento y los componentes del rendimiento de las variedades involucradas en la asociación. De todos estos trabajos (Moreno, R. 1972; Tanaka, A. y J. Yamaguchi, 1977; Fanjul, P. 1978; Lépez, I. 1978) se desprende que los parámetros más usuales en la evaluación de los cultivos son: el área foliar e IAF, producción y distribución de materia seca y rendimiento en grano, entre otros.

Sin embargo otra forma de abordar el estudio de los sistemas de producción es aquella que pretende determinar la eficiencia energética (Er) de cada uno de ellos. Trabajos de esta índole son los de Heichel, G. (1976), Caballero, N. (1978) y Marchetti, C. (1979) quienes determinaron la efi -

ciencia de algunos sistemas agrícolas y concluyen que en la agricultura comercial tecnificada la energía que se obtiene es sustancialmente menor que la energía que se invierte. A su vez Pimentel, D. et al. (1973) y Rappaport, R. (1971) concluyen que desde el punto de vista económico los sistemas con agricultura comercial tecnificada son mejores, pero que en términos energéticos los sistemas con agricultura tradicional son mas eficientes.

Lamentablemente países en vías de desarrollo como México siguen las tendencias dictadas por los países desarrollados, es decir, al uso indiscriminado de insumos.

El presente trabajo pretende abordar el estudio del sistema de producción maíz-frijol bajo dos manejos diferentes, siendo entonces el objetivo:

Evaluar la asociación maíz-frijol en términos de rendimiento, componentes del rendimiento y eficiencia energética (Er) bajo dos sistemas de manejo contrastantes: tradicional y comercial tecnificado.

Para ello partimos de que la asociación maíz-frijol bajo un manejo agrícola tradicional supera en eficiencia al mismo sistema bajo un manejo comercial tecnificado, tomando en cuenta los siguientes supuestos:

- 1.- Existen diferencias entre sistemas de manejo.
- 2.- Existen diferencias entre asociación y unicultivo.

3.- Estas diferencias son válidas ya sea que se utilice un criterio económico ó bien un criterio energético.

2. ANTECEDENTES DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La región Xalapa (ver Marten, G. y L. Sancholuz 1981) se caracteriza en las partes altas por un bosque de coníferas (4000 msnm), zonas con agricultura de subsistencia en las alturas intermedias templado-húmedas (2000 msnm) y el cultivo de gran variedad de productos tropicales en las zonas más bajas (300 msnm).

En los alrededores de la ciudad de Xalapa, (Fig. 1) se encuentran pequeños agricultores con escasos recursos técnicos y económicos, ya que el papel de la ciudad como fuente de trabajo y de asistencia técnica es poco importante, a excepción de algunos ingenios azucareros y beneficios de café.

La actividad lechera en esta zona, ha cobrado mucha importancia debido a una gran demanda de productos lácteos en las ciudades (Xalapa y Coatepec principalmente).

Ante este panorama, los agricultores han ampliado la superficie dedicada al cultivo de forrajes y en consecuencia el área dedicada al cultivo de alimentos de subsistencia (maíz y frijol) ha disminuído considerablemente. A esto se suma la crisis cafetalera y el desplazamiento de este cultivo por la caña de azúcar.

El cultivo de café es el sistema agrícola más importante en la región, el cual abarca 45,677 ha (Fuentes, F. y O. Toledo, 1977). La importancia ecológica de éste cultivo, está dada fundamentalmente por su similitud con el bosque caducifolio (Jimenez, A. 1981) y por crecer favorablemente en las pendientes de las regiones montañosas, donde otros cultivos han tenido dificultad para

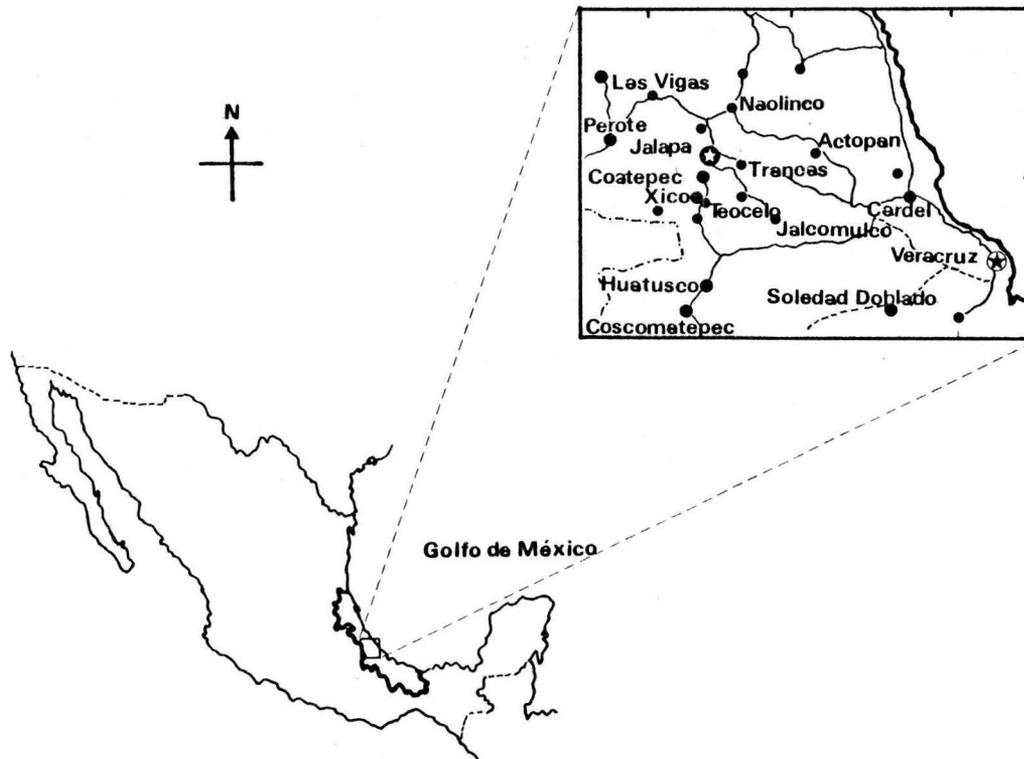


Fig. 1. Mapa de la región central de Veracruz.

producir en forma adecuada tanto económica como eco
lógicamente.

Sin embargo, el café es un producto que fluctúa fuertemente en su precio afectando principalmente al pequeño cafeticultor. De tal forma que se prevee la posibilidad de que un buen número de pequeños cafeticultores abandonen este cultivo, para dedicarse a otras actividades agrícolas como la caña de azúcar, ganadería intensiva y a la siembra de cultivos anuales (Geréz, F. et al. 1982).

Sin embargo, para el caso de la caña de azú
car las temperaturas de la región resultan relativa
mente bajas y la insolación no es la más adecuada lo cual hace que la productividad de este cultivo en la región sea pobre. Aunado a esto se debe mencionar el monopolio en los ingenios azucareros el cual afecta negativamente a los pequeños producto
res. En cuanto al maíz, al sembrarse en terrenos con fuertes pendientes incrementa la erosión, caso similar se presenta con la ganadería cuando se le añade el sobrepastoreo en laderas.

La intensificación del uso del suelo bajo este manejo traerá consigo la pérdida casi definitiva de cualquier actividad productiva a corto plazo, vislumbrándose así un panorama más alarmante que el de la crisis cafetícola al no producirse alimentos de subsistencia, ya que esta transformación se está dando sin ninguna asesoría y bajo ningún antecedente ecológico (Geréz, F. et al. 1982).

Ante esta problemática, el presente trabajo plantea el estudio de los sistemas de cultivo de

maíz y frijol en la región a fin de comparar la efi
ciencia en el uso de los recursos.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 Tecnología agrícola tradicional (TAT)

3.1.1 Características

La tecnología agrícola tradicional (TAT) es producto de la acumulación de experiencias milenarias, se leccionadas en base a pruebas empíricas transmitidas de generación en generación y que predominan en gran parte del país.

El apego de esta agricultura a los conocimientos ancestrales la hace verse como obsoleta e improductiva, motivo por el cual ha sido relegada de los programas de investigación así como de financiamiento económico.

Hernández, X. y A. Ramos, (1981) definen la TAT como "la serie de prácticas y elementos culturales no originados por los mecanismos modernos de ciencia y tecnología y que sirven de base para el manejo de los recursos naturales por la población rural, en casi la totalidad de nuestro territorio". Es decir, que la actividad del hombre en un ambiente natural significa la apropiación y explotación de los recursos, lo cual a su vez implica su transformación a través del tiempo perfeccionando y desechando, lo que finalmente conduce al conocimiento tradicional. Por ello, el estudio de los sistemas de producción en base a su manejo tradicional es de suma importancia ya que éste se ha ido perdiendo en áreas de una tecnología comercial poco diversificada para la amplia gama de condiciones ambientales existentes en México.

El desarrollo de esta agricultura de "temporal" está relacionado con la aplicación de tecnologías regionales y tradicionales dirigidas principalmente al autoconsumo, es decir, que la mayor parte de la producción no llega al mercado regional, sino que se consume dentro de la unidad doméstica.

Por ello es necesario que antes de desechar este tipo de agricultura se estudie, para ver en que medida es factible mejorarla. A continuación se enlistan algunas de las más importantes características técnicas y sociales de este tipo de agricultura:

1. Es una agricultura ampliamente diversificada en tecnología.
2. Posee un plasma germinal con alta variabilidad genética nativo de mesoamérica: maíz, frijol, chile y calabaza, principalmente.
3. Estos cultivos sembrados en asociación están adaptados a prácticas y a calendarios agrícolas que responden a las peculiaridades del medio natural y social.
4. El uso de insumos industriales es mínimo.
5. Prioridad hacia una producción que proporcione seguridad más que cantidad para subsistir aun en los años malos.
6. Soporta una alta presión demográfica.

3.1.2 Importancia

Día con día se hace más evidente la importancia de los sistemas de producción agrícola en un país como México, cuyo sector es relevante dentro del contexto de la economía nacional, así como la búsqueda de mejores alternativas de uso del suelo.

Es hasta hace poco que se ha despertado gran interés por estudiar los sistemas tradicionales de producción y se está reconociendo el valor del conocimiento tradicional en su aportación al desarrollo agrícola del país.

Autoconsumo y TAT están íntimamente ligados lo cual se manifiesta por las siguientes cifras: en 1981 se cultivaron alrededor de 16 millones de hectáreas, de estas, 11.5 millones estaban bajo condiciones de temporal y fueron explotadas por el 80% de la población rural de México, predominando la agricultura tradicional (Anaya, G. 1981).

Resulta entonces importante fomentar los estudios tendientes a fortalecer el conocimiento de estos sistemas de producción agrícola, los cuales se basan fundamentalmente en el uso de mano de obra, fuentes naturales de energía y el conocimiento empírico acumulado, cuantificando en ellos los flujos energéticos y la productividad (Inzunza, R. et al. 1978).

Dentro del territorio nacional hay zonas cuya contribución al conocimiento de los sistemas tradicionales se han destacado. Entre estas la región del Sureste en particular; los Estados de Tabasco, Campeche y Veracruz aportan el 23% de la producción

de maíz en condiciones de temporal y generalmente bajo sistemas de producción tradicional (Córdoba, G. 1979).

3.2 Tecnología comercial tecnificada (TCT)

3.2.1 Características

La tecnología comercial tecnificada (TCT)* y la TAT representan concepciones económicas y sociales distintas. La principal diferencia es el objetivo que cada una de ellas persigue, así como las regiones donde se practican. El caso del Noroeste del país y el bajío son regiones que cuentan con una serie de características privilegiadas geográfica y económicamente además de toda una serie de intereses dirigidos a producir cultivos altamente redituables (maíz forrajero, sorgo, trigo, cebada y hortalizas, principalmente).

Este tipo de agricultura requiere para su funcionamiento de toda una infraestructura y de un amplio financiamiento dedicado a la investigación (Niño, V. 1981). Sin embargo, la investigación que se ha generado no ha tenido el impacto esperado pues a pesar de que ha contribuido al incremento en la producción de alimentos requiere de grandes inversiones de capital y no encuentra equilibrio entre la producción y el mercado regional Larios, J.

* Entendemos por tecnología comercial tecnificada aquella donde el aporte de insumos industriales juega un papel importante (pesticidas, fertilizante químico, maquinaria y riego entre otros), está basada en el unicultivo y la producción que de éstos se obtiene es orientada a un sistema de mercado nacional y extranjero, principalmente.

1979). Es por esta razón que muchos programas de desarrollo en el campo mexicano han fracasado en zonas temporaleras descapitalizadas y es en estas regiones donde se localiza la mayoría de la población rural mexicana.

Como características técnicas y sociales de este tipo de agricultura se señalan las siguientes:

1. Prospera en condiciones privilegiadas de producción, principalmente en terrenos planos, buenos suelos y riego.
2. Su conocimiento es relativamente reciente, derivado principalmente de la investigación científica y transmitida por un aparato impersonal propagandístico (Revolución Verde).
3. Sus objetivos de producción son orientados a la acumulación de capital y dirige sus explotaciones esencialmente al mercado nacional y extranjero y no al mercado regional.
4. Requiere de una alta disponibilidad de capital.

3.2.2 Insumos

La TCT pugna por el establecimiento de unicultivos con fuertes subsidios de energía y las inversiones requeridas son elevadas por lo que se desplaza a quienes no pueden pagarlas (Odum, E. 1972).

La eficiencia en el uso de la energía invertida (energía radiante más insumos) muestra un orden decreciente desde los ecosistemas naturales, hasta los agroecosistemas que utilizan la TCT, mientras que los agroecosistemas tradicionales se sitúan en un nivel intermedio (Krishnamurthy, L. et al.

1978). Pimentel, D. et al. (1973) en un estudio de producción en maíz concluyen; "La impresionante producción agrícola de los E.U.A., ha sido lograda gracias al uso de grandes cantidades de energía fósil". Sin embargo, es útil preguntarse, si la eficiencia en el uso de la energía en sistemas con mayor producción disminuye cuando se adopta la tecnología. Bajo estas condiciones se puede afirmar que en sistemas con TCT hay un uso más intensivo de insumos y mayor conversión de energía solar por las plantas, sin embargo en proporción la energía que se recupera es mucho menor. Asimismo esta agricultura se ha desarrollado tendiendo al uso de más insumos en una dirección tal que la energía que se recupera no justifica el uso de la energía que se invierte (Marchetti, C. 1979).

3.3 Asociación maíz-frijol

3.3.1 Importancia

El maíz y el frijol son los dos cultivos que destacan en nuestro país como principales productos alimenticios. La asociación de estos cultivos es el más claro ejemplo de los sistemas de producción tradicionales y se practica en México en alrededor de un millón de hectáreas, principalmente bajo condiciones de temporal (Censo Agrícola Ganadero y Ejidal 1970, SARH, Dirección General de Estadística).

Este sistema de cultivo tiene gran importancia económica y social por estar ampliamente extendido en el territorio nacional y por el profundo arraigo en la cultura de los pueblos mesoamericanos. Se viene practicando en México desde épocas precortesianas y en la actualidad sigue siendo de gran importancia en la producción de alimentos, especialmente por pequeños agricultores (Lépiz, I. 1974) y es dirigida principalmente al autoconsumo.

3.3.2 Diferentes arreglos de siembra

Dada la gran diversidad ecológica, étnica y cultural en nuestro país, existen distintos arreglos de siembra en la asociación maíz-frijol, los cuales en parte están relacionados con el uso de diferentes variedades de maíz y de frijol (Márquez, S. 1981) así como también por la fecha, métodos de siembra y densidades, entre otros.

Ramírez, V. (1981) hace una descripción detallada de las terminologías empleadas por varios investigadores para definir el sistema maíz-frijol:

AUTOR	SISTEMA	DESCRIPCION
Márquez, S. (1977)	Unicultivo	Se establece un solo cultivo en el mismo lugar.
	Monocultivo	Se establece año tras año.
Francis, C. et al. (1977)	Monocultivo	La siembra de una variedad de una sola especie a densidad "normal".
	Múltiple	La siembra de más de una especie en el mismo terreno durante el mismo año.
Márquez, S. (1977)	Multicultivo	Igual a la definición de Francis, Flor y Temple (1977) para múltiple.

	Yuxtaposición	Las plantas de una especie coexisten con las de otras especies sin entremezclarse.
	Asociación	La distribución de los cultivos tiende más hacia una completa mezcla.
Higuera, M. (1971)	Múltiple	Se mantiene ocupado el espacio todos los meses del año.
Francis, C. et al. (1977)	Intercalado	Siembra simultánea de dos o más cultivos en el mismo terreno en surcos independientes pero vecinos.
Márquez, S. (1977)	Intercalado	Igual a la definición de Francis, Flor y Temple (1977) para intercalado.
Higuera, M. (1971)	Intercalado	Aprovechamiento de los espacios vacíos que dejan los cultivos de período vegetativo largo con otros de ciclo corto.

Laing, D. (1976)	Asociación	Siembra en forma directa y al mismo tiempo de dos cultivos.
Francis, C. et al. (1977)	Mixto	Igual a la definición de Laing, D. (1976) sobre asociación.
Laing, D. (1976)	Relevo	Siembra de un cultivo seguido por la siembra de otro cuando el primero ha llegado a la madurez fisiológica.
Francis, C. et al. (1977)	Dobles	Igual a la definición de relevo de Laing, D. (1976).
Márquez, S. (1977)	Rotación	Igual a la definición de relevo de Laing, D. (1976).

Para los fines del presente trabajo se consideró la definición de unicultivo hecha por Márquez, S. (1977), la de asociación de Laing, D. (1976) y la definición de intercalado de Francis, C. et al. (1977).

3.3.3. Selección de variedades para la asociación.

En la asociación maíz-frijol siempre se busca obtener mejores rendimientos en base a un aprovechamiento de las características de crecimiento de cada una

de las especies que se asocian. Así el frijol casi siempre es el cultivo secundario, pues la fecha de siembra se elige de acuerdo con las necesidades del maíz (Ramirez, V. 1981).

Respecto a la selección de variedades en la asociación maíz-frijol, Adams W. (1973) sugiere que a través de miles de años en este tipo de siembra ha habido una selección empírica intencional de características de ambas especies en busca de mayor compatibilidad.

Márquez y Jassa (1975), citado por Ortíz, C. 1981, opinan que en la asociación maíz-frijol existe un equilibrio de la capacidad de competencia entre especies y entre genotipos de la misma especie.

Paniagua, G. (1977) señala que no se puede seleccionar una variedad por su rendimiento en unicultivo cuando se pretenda cultivarla en asociación, ya que en general las variedades que producen altos rendimientos en unicultivo, presentan tendencias a bajos rendimientos en asociación.

Se proponen como características útiles para estos sistemas: insensibilidad al fotoperíodo, precocidad y resistencia al acame en el caso del maíz sembrado a altas densidades. Otros autores (Francis, C. 1977 y Barriga, P. 1972) sugieren como características fenotípicas importantes en la asociación; el número de hojas por planta, el ángulo foliar, la producción de materia seca y la altura de la planta.

3.3.4 Ventajas y desventajas de la asociación

De la asociación maíz-frijol se tienen distintas opiniones pero en general hay acuerdo en que el ob

jetivo de ésta, es lograr un aumento en la producción así como una mayor variedad de alimentos.

Una de las principales ventajas de la asociación, es la búsqueda de la eficiencia agronómica en el uso del suelo, la cual se logra al mantenerlo ocupado durante todo el año o gran parte de él, así como proporcionar estabilidad en el uso de la mano de obra y una mejor distribución de los ingresos durante el año (Moreno, R. 1972).

Ortíz, C. (1981) menciona que en la asociación se busca generar una cubierta vegetal cuyo perfil tienda a ubicar estratos de área foliar bien definidos y que además sea desuniforme para una mejor captación de la luz en el perfil de la misma. Lépez, I. (1974) señala también algunas de las ventajas de la asociación en relación a las siembras en unicultivo: mayor uso de mano de obra, optimización de los recursos en espacio y tiempo, mayor protección del suelo contra la erosión, estabilidad en producción y precios en el mercado y mejor control de malezas por introducción de leguminosas.

Sin embargo, otros autores (Weier, E. y G. Barbour, 1970) aclaran que en la asociación se generan efectos de competencia entre ambas especies y que esta se acentúa a altas densidades de población y en mayor grado del maíz hacia el frijol, puesto que las especies compiten por humedad en el suelo, por luz, por nutrientes y por CO_2 atmosférico. Asimismo se ha mencionado que bajo condiciones de buena humedad en el suelo y disponibilidad de nutrientes el factor que limita la producción de cultivos es la radiación solar (Thomas, M. 1965). A este respecto Lépez, I. (1978) señala que la penetración de luz dentro de las comunidades de plantas se ve afectada por la orientación de los surcos, por la

distribución de las plantas, por el estadio de desarrollo y por el ángulo de las hojas.

Otro trabajo (Miranda, C. 1977) indica que el éxito de la asociación depende en gran parte de las variedades consideradas mencionando que se busca una variedad de maíz que le sirva de soporte al frijol y no le reste luminosidad.

Asímismo Trenbath, B. (1976) menciona que estas variedades deben poseer una rápida expansión del área foliar, hojas delgadas que minimicen el efecto de penumbra, hojas horizontales bajo condiciones de día nublado y plagiotrópicas en días soleados, una buena disposición de las hojas, plantas con eficiente distribución de materia seca y tallos de rápida expansión en respuesta al sombreado.

Investigadores como Linton (1948, citado por Lépez, I. 1974), observaron que en los cultivos asociados los rendimientos son menores que en las siembras en unicultivo, sin embargo al obtener la ganancia neta por hectárea sumando los rendimientos de ambos cultivos en asociación, esta forma de cultivo resulta superior al unicultivo. Por su parte Williams, W. et al. (1968) se refieren a la invasión de malezas e informan que, ésta es menor en la asociación que en el unicultivo y que la competencia temprana de malezas es determinante de tal forma que un deshierbe a tiempo equivale al deshierbe durante todo el ciclo y que un deshierbe tardío equivale a no deshierbar.

3.3.5 Razón de superficie equivalente (RSE)

El Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI) para ayudar a juzgar si una serie de cultivos debe sembrarse en una asociación de n com-

ponentes más bien que en unicultivo, ha desarrollado el concepto "razón de superficie equivalente" (RSE) el cual resulta ser un excelente parámetro para evaluar la conveniencia de la asociación de diferentes cultivos.

Aplicando la expresión a la asociación maíz-frijol:

$$RSE = \frac{Fa}{Fu} + \frac{Ma}{Mu}$$

Donde:

Fa = rendimiento del frijol en asociación

Fu = rendimiento del frijol en unicultivo

Ma = rendimiento del maíz en asociación

Mu = rendimiento del maíz en unicultivo.

La suma de las fracciones indica la superficie de frijol y de maíz que tendría que sembrarse bajo unicultivo para obtener los mismos resultados por hectárea.

Si la RSE es igual a 1 el rendimiento de los diferentes componentes de la asociación se puede obtener en áreas sembradas en unicultivo. Si la RSE es menor que 1 el unicultivo es el más viable. Si la RSE es mayor que 1 el cultivo en asociación es el más viable.

3.4 Resultados hasta ahora obtenidos en la asociación maíz-frijol

3.4.1 Rendimiento y sus componentes.

En México varios autores (Lépez, I. 1974; Platero, E. 1975; Sánchez, D. 1975; Esquivel A. 1976; Solorzano, V. 1977; y Pérez T. 1975) han encontrado que la asociación maíz-frijol representa una buena alternativa en el uso de los recursos del campesino (al-

gunos de estos trabajos se resumen en el Cuadro 1) ya que las siembras asociadas han sido más remunerativas que las siembras en unicultivo.

Sarpa, J. (1977) observó que el rendimiento del maíz no disminuye como consecuencia de la asociación. Sin embargo Santa Cecilia, F. y C. Viera (1978) encontraron que por efecto de una fuerte competencia por parte del maíz, el frijol asociado disminuye su rendimiento en grano.

En Costa Rica, Soria, J. et al. (1975) encontró que los cultivos asociados fueron más eficientes en rendimiento que los unicultivos. En Colombia, Francis, C. et al. (1978) concluyen en trabajos de esta misma naturaleza que los rendimientos de maíz no se vieron afectados cuando se asocia con frijol. Camarena, M. y A. Cerrate (1976) en Perú encuentran lo mismo.

De los trabajos de Lépez, I. (1974 y 1978) se desprenden los siguientes resultados:

- El maíz provoca una disminución en el rendimiento del frijol de mata y semiguía en la asociación.
- Al disminuir las densidades de población del maíz en asociación el frijol puede rendir tanto como el co sechado en siembras en unicultivo y viceversa.
- Al aumentar las densidades de población del frijol en la asociación, se reduce el rendimiento del maíz.

El mismo investigador encuentra de la expresión de área foliar lo siguiente:

AUTOR	AÑO	LUGAR	TESTIGO (\$/ha)	MEJOR ASOC. (\$/ha)	DIFERENCIA	\$ SOBRE TESTIGO
Lépiz I.R.	1969	INIA, Chapingo	1,125 (F)	2,365	1,240	110
Moreno R.O.	1972	C.P., Puebla	2,393 (F)	5,955	2,562	148
Ruiz, B.A.	1972	Plan Puebla	2,053 (M)	5,969	2,916	95
Lépiz I.R.	1972*	INIA, Pue-Tlax.	2,164 (M)	2,832	668	31
Platero H.O.	1975**	C.P., Chapingo	7,340 (F)	8,200	860	12
Sánchez D.S.	1977	ENA, Chapingo	5,792 (M)	10,118	4,326	75

* Media de cinco localidades

** Media de tres experimentos

Cuadro 1. Resumen de algunos de los resultados obtenidos por diferentes investigadores en estudios de asociación maíz-frijol de temporal (tomado de Lépiz, I. 1978).

- A mayor ciclo vegetativo de las variedades de frijol ó de maíz ocurre una mayor producción de área foliar.
- El efecto de la competencia interespecífica e intraespecífica hace que el área foliar del maíz se vea reducida.
- El índice de área foliar en la asociación fue superior al de frijol ó maíz en unicultivo.

3.5 Eficiencia energética de los sistemas productivos.

Determinar la eficiencia de un sistema obliga al conocimiento del mismo y lamentablemente en México la descripción de los sistemas de producción agrícola no se ha hecho todavía en su totalidad.

Se menciona que los agricultores tradicionales son eficientes en el uso de sus recursos así lo demuestran los trabajos de Ruvalcaba, J. y Chargoy, S. (1978) y particularmente los estudios sobre asociación que se pueden resumir en los trabajos de los siguientes investigadores: para el Valle de México, Lépiz, I. (1974 y 1978), Platero, E. (1975) y Sánchez, D. (1975); en la zona norte de Puebla y en especial el área del Plan Puebla Moreno, R. (1972), Ruíz, B. y A. Turrent (1973), y Esquivel, A. (1976); en Jalisco Pérez, T. (1975); y en Aguascalientes Solórzano, V. (1977). Destacándose de los trabajos anteriores que este sistema de producción es mucho más eficiente en el uso de los recursos del campesino tradicional (materia orgánica, abonos, rastrojos, semilla "criolla*", entre otros) y en la utilización en tiempo y espacio de los recursos naturales disponibles (agua, luz y suelo, entre otros).

* Una semilla criolla es aquella que se obtiene a través de un proceso empírico de selección.

Sin embargo, una forma de evaluación poco común en el sistema de producción maíz-frijol es aquella basada en la determinación energética (E_r) presente (balance entre la energía invertida y la energía recuperada) como un parámetro para indicar su capacidad para transformar los recursos naturales disponibles. Heichel, G. (1976) Marchetti, C. (1979) la definen como: "el cociente de la energía recuperada (E_s) de un sistema (output) entre la energía invertida (E_i) al mismo sistema (input)" $E_r = E_s/E_i$. Al respecto Larios, J. (1979) dice "... en América Latina no se han efectuado estudios sobre el uso de la energía. A nivel de la economía centroamericana no se han hecho comparaciones de sistemas de cultivo bajo el enfoque de eficiencia energética". Sin embargo, existen los trabajos de Marchetti, C. (1979) y Pimentel, D y Cruze, T. (1979) en México, en los cuales se estimó la eficiencia energética de cultivos de maíz.

Tales estudios son de suma importancia, puesto que la agricultura de estos países tiende a desarrollarse siguiendo las pautas dictadas por la tecnología agrícola de los países avanzados (v.g. tendiendo al uso de más insumos industriales). Por otra parte los estudios energéticos comparativos de los sistemas tradicionales de cultivos asociados son extremadamente escasos. El trabajo de Caballero, N. (1978) en México es uno de ellos.

Es ante este panorama que se hace necesario retomar el estudio de los sistemas de producción ya existentes en nuestro país (para el presente trabajo la asociación maíz-frijol) con el fin de determinar su eficiencia como sistema de producción y su eficiencia en el uso de la energía.

4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1 Localización

La zona de estudio está enclavada en la vertiente oriente del Cofre de Perote. Su localización es la siguiente: $19^{\circ}31' N$; $97^{\circ} 00' 0$ y 1252 msnm (Fig. 2). La topografía es abrupta con pendientes pronunciadas, del orden del 15% al 50% y con relieve típicamente colinado (Márten, G. y L.A. Sancholúz, 1981).

Miranda, F. y Hernández, X. (1963) definen la vegetación de la zona como bosque caducifolio, (bosque mesófilo de montaña; Rzedowski, J. (1978) el cual ha sido desplazado casi en su totalidad por cultivos perennes (cafetal y frutales) y de escarda (caña de azúcar y maíz). El cafeto es el cultivo principal de la zona y también los potreros con pastos inducidos.

El bosque caducifolio y de encino en esta área, es el punto de unión entre la flora de afinidad boreal y la de afinidad meridional lo que junto con la variedad de clima, suelo y relieve presentes justifican la gran diversidad florística encontrada (Zolá, B. 1980).

El presente trabajo se realizó en dos sitios experimentales (sitio 1 y sitio 2) distantes 2 kilómetros aproximadamente (Fig. 2) y con características de manejo agronómico contrastante; el sitio 1 con manejo tradicional y el sitio 2 con manejo comercial tecnificado.

4.2 Clima

La zona se caracteriza por un clima semicálido-húmedo (A) C (fm) a (i') g, con verano caliente y poca oscilación térmica (García, E. 1964). Con una precipi-

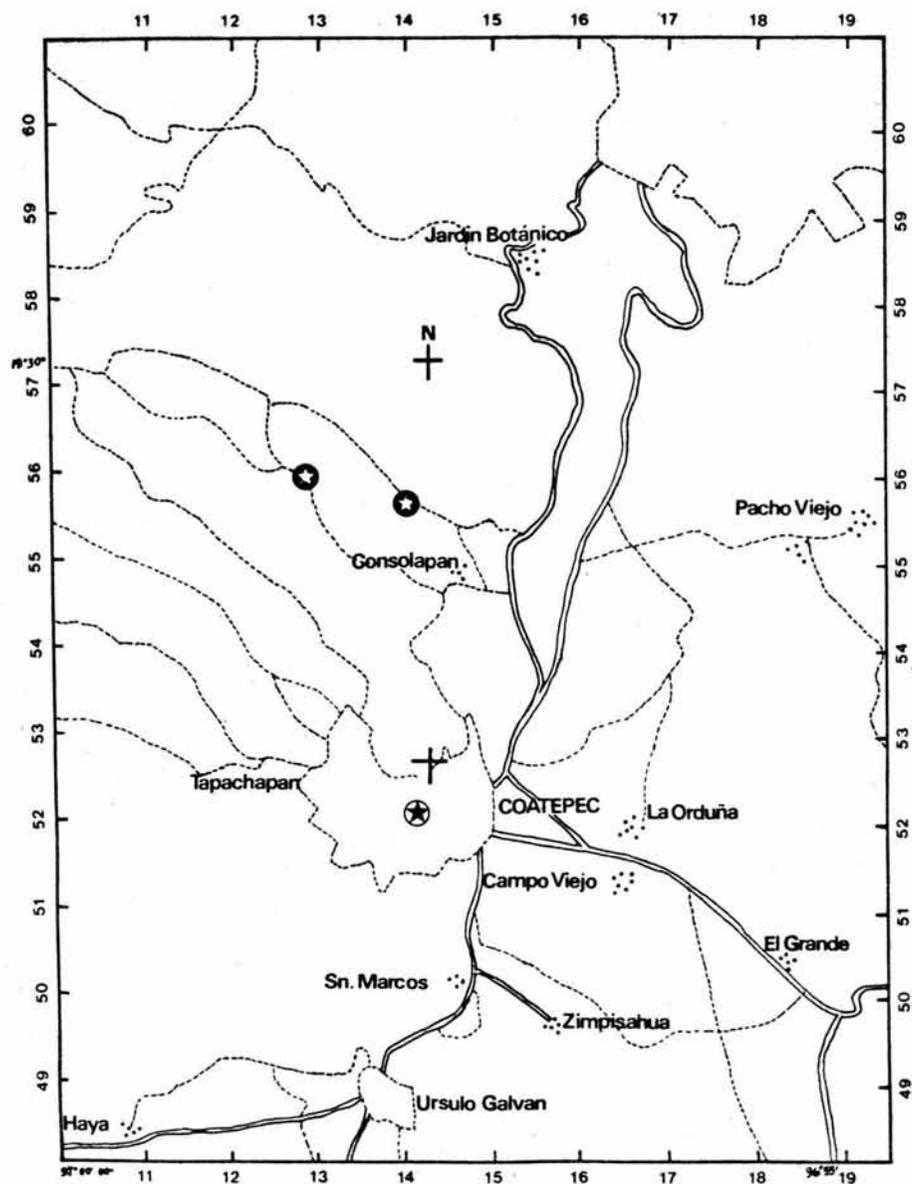


Fig. 2 Mapa y coordenadas de la zona de estudio.

carreteras asfaltadas	———
caminos vecinales	- - - - -
poblados	· · · · ·
sitio 1 y sitio 2	★

tación pluvial en el mes más seco (enero) de 61 mm y de 374 mm en el mes más húmedo (junio). La pre ci pi ta ci ó n pluvial anual es de 1957 mm. La tem pe ra t u r a media anual es de 18.9°C, con una tem pe ra t u r a en el mes más frío (enero) de 15.7°C y con una tem pe ra t u r a en el mes más cálido (mayo) de 22°C.

4.3 Suelos

Los suelos de la región son derivados de cenizas volcánicas y pertenecen a las series Mollandept y Ocrandept de acuerdo al sistema de clasificación de la zona (Ramos, S. et al. 1982).

5. MATERIAL Y METODOS

5.1 Germoplasma

Las semillas que se sembraron en el sitio 1 (manejo tradicional) fueron las mismas que utilizan año con año los campesinos de la zona y de las cuales ellos mismos seleccionan y almacenan cierta cantidad para que sea sembrada al año siguiente: maíz "criollo" ancho, frijol "criollo" tlalchete y frijol "criollo" Yamanke (ver cuadro 2).

Las semillas que se utilizaron en el sitio 2 (manejo comercial tecnificado) fueron adquiridas en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y se seleccionaron de acuerdo a características como capacidad adaptativa, rendimiento, altitud y clima de la zona donde fueron inicialmente sembradas: maíz vc. V-524, Frijol vc. Jamapa y frijol vc. Flor de Mayo (ver cuadro 2). Cabe señalar que no se encontraron antecedentes de que dichas semillas fuesen conocidas en la zona de estudio.

5.2 Labores culturales

5.2.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno en el sitio 1 fue hecha por dos campesinos, utilizando azadones para aflojar y remover la tierra, preparándola para el momento de la siembra.

En el sitio 2 la preparación del terreno se realizó con un pequeño tractor chino modelo "Wong--Sem", el cual removió y preparó el suelo para la siembra.

	NOMBRE CIENTIFICO	VARIEDAD	ORIGEN	HABITO DE CRECIMIENTO
Sitio 1	<u>Zea mays</u>	*"Criollo blanco" ó "Criollo ancho "	Tuzamapan, Ver	-
	<u>Phaseolus vulgaris</u>	"Criollo Yamanke"	Monte Blanco, Ver	IV
	<u>Phaseolus vulgaris</u>	"Criollo Tlalchete"	Huatusco, Ver	I
Sitio 2	<u>Zea mays</u>	**vc-V-524 P.G.	INIA (SRV PV 81)	-
	<u>Phaseolus vulgaris</u>	vc.Flor de Mayo	INIA	III-IV
	<u>Phaseolus vulgaris</u>	vc.Jamapa	INIA (S. ixc. Nay. 01-81-82)	II

* raza Dtzibacal (Wellhausen, E. et al. 1951)

** vc.= variedad cultivada

Cuadro 2. Características del gemoplasma empleado

5.2.2 Fertilización

En el sitio 1 la mayor parte de los residuos agrícolas fueron reintegrados nuevamente al suelo y en ocasiones le adicionan gallinaza, pero en este caso no se hizo ninguna aplicación.

En el sitio 2 tampoco se aplicó fertilizante alguno durante el experimento aunque en todos los ciclos agrícolas anteriores se había aplicado en cantidades variadas y en diferentes concentraciones.

5.2.3 Siembra

La siembra en el sitio 1 se realizó a mano el 27 de mayo de 1983 después de una abundante lluvia que los campesinos consideraron propicia. Se sembró en día viernes y en luna llena por considerarse de importancia para los campesinos.

En el sitio 2 la siembra se realizó a mano un día después que en el sitio 1, aprovechando la humedad remanente del suelo.

En los tratamientos donde hubo fallas de germinación se resembró a fin de alcanzar las densidades planeadas.

En el Cuadro 3 se enlistan las variedades empleadas, la distancia entre surcos y entre plantas así como las densidades de siembra logradas con tal disposición para cada tratamiento.

Para las variedades tipo guía se colocaron espalderas hechas con varas de cafeto (Coffea arabica L.) las cuales sirvieron de sostén para su crecimiento. La Fig. 3 muestra el arreglo de siembra de los cultivos.

SITIO	SIMBOLOS	CULTIVO	No. DE SEMILLAS	VARIETADES	DISTANCIAMIENTO (m)		DENSIDAD (PLANTAS/HA)
					SURCOS	PLANTAS	
1	M*	Maíz	tres	"criollo"	0.84**	0.84	62,130
1	M	Maíz	tres	"criollo"	0.84	0.84	62,130
1	F*	Frijol de guía	dos	"criollo"	0.84	0.84	41,420
1	F*	Frijol de mata	dos	"criollo"	0.84	0.42	38,502
1	F	Frijol de guía y mata	dos	"criollo"	0.42	0.42	138,461
2	M*	Maíz	dos	vc.V-524	0.84	0.42	76,923
2	M	Maíz	tres	vc.V-524	0.65	0.55	117,159
2	F*	Frijol	tres	vc.Flor de Mayo	0.84	0.42	38,461
2	F	Frijol de guía	una	vc.Flor de Mayo	0.50	0.50	45,562
2	F*	Frijol de mata	dos	vc.Jamapa	0.84	0.42	71,005
2	F	Frijol de mata	dos	vc.Jamapa	0.50	0.20	215,384

* Cultivos en asociación (asociado e intercalado)

** 0.84 m Distancia comúnmente empleada en la región ("vara")

Cuadro 3. Distancia entre surcos y entre plantas y densidades de siembra empleadas en los 2 sitios.

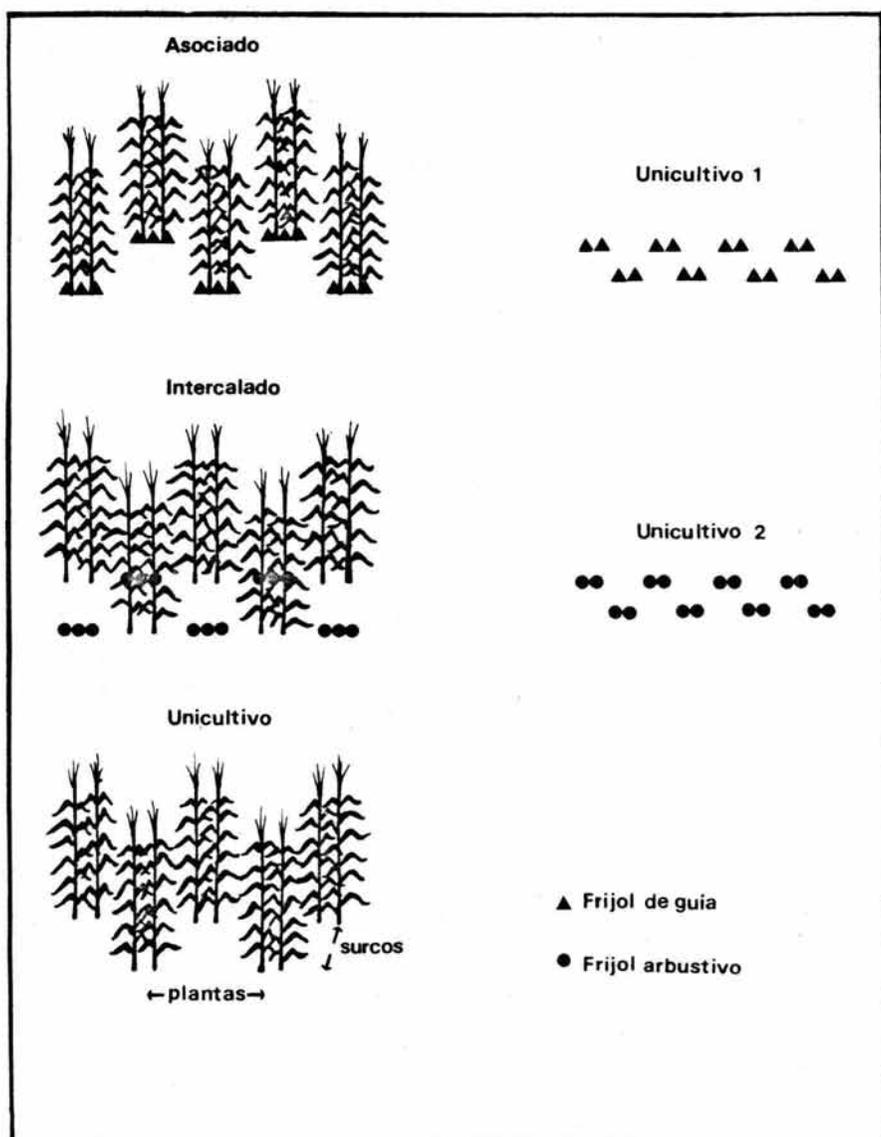


Fig. 3. Arreglos de siembra de los cultivos.

5.2.4 Control de malezas

Se hicieron 2 deshierbes con azadón a los 17 y 48 días después de la siembra tanto para el sitio 1 como para el sitio 2.

Se hicieron varios muestreos a lo largo del ciclo de cultivo para conocer que tipo de malezas se presentaban. Estas, se identificaron y la lista se muestra en el Cuadro 4.

5.2.5 Control de plagas y enfermedades.

Las principales plagas que atacaron a los cultivos fueron insectos de las familias Formicidae ("hormigas"), Locustidae ("chapulines") y Coccinellidae ("catarinitas").

En el sitio 1 se aplicó cal como desinfectante a los 74 días después de la siembra.

En el sitio 2 se hicieron las siguientes aplicaciones preventivas:

- 14 de junio: Tamarón 1 cm³/l (0.5 dimetil fosforoamidotioato) no menos del 50% equivalente a 600 g de l.a./l para prevenir el ataque de la "mosquita blanca" (Trialeurodes vaporariorum).
- 28 de julio: Dipterex 80% para prevenir el ataque del "gusano cogollero" (Spodoptera fu giperda).
- 4 de agosto: Tamarón 1 cm³/l (0.5 dimetil fosforoamidotioato), no menos del 50% equivalente a 600 g de l.a./l para prevenir el ataque del "frailecillo" (Macrodac tylus mexicanus).

No.	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	AUTOR
1.	Compositae	<u>Galinsoga quadriradiata</u>	Ruiz & Pavón
2.	Gramineae	<u>Digitaria sp</u>	
3.	Commelinaceae	<u>Commelina sp.</u>	
4.	Compositae	<u>Melanpodium microcephallum</u>	Lees
5.	Oxalidaceae	<u>Oxalis corniculata</u>	L.
6.	Campanulaceae	<u>Specularia perfoliata</u>	DC
7.	Commelinaceae	<u>Tripogandra sp</u>	
8.	Compositae	<u>Bidens pilosa</u>	L.
9.	Compositae	<u>Melanpodium divaricatum</u>	(Rich.) DC.
10.	Compositae	<u>Erechtites valerianaefolia</u>	(Wolff) DC.
11.	Gramineae	<u>Panicum viscidellum</u>	Scribn.
12.	Compositae	<u>Erechtites valerianaefolia</u>	(Wolff) DC.
13.	Crassulaceae	<u>Bryophyllum pinnatum</u>	(Lam.) Kurz
14.	Compositae	<u>Eupatorium sordidum</u>	Lees.
15.	Labiatae	<u>Salvia albiflora</u>	Martens & Galeotti

Cuadro 4. Lista de las arvenses encontradas.

En el sitio 1 el frijol sufrió ataque de Uromyces phaseoli ("Chahuixtle") el cual se manifestó como un marchitamiento de las hojas propagándose rápidamente, contra lo cual se colocaron objetos brillantes y trapos de color rojo para combatirlo, según criterio seguido por los campesinos de la zona. Los resultados fueron positivos ya que el ataque a las plantas cedió.

5.3 Diseño experimental

La asociación maíz-frijol así como sus correspondientes unicultivos, se evaluó durante el ciclo agrícola primavera-verano de 1983, bajo dos sistemas de manejo (tradicional y comercial tecnificado) en dos sitios experimentales (sitio 1 y sitio 2 respectivamente) dentro de un diseño de cuadro latino con 5 repeticiones (Fig. 4).

El tamaño de la parcela experimental fue para todos los tratamientos de 17.0 m² (3.36 m X 5.04 m) En todas las parcelas se muestrearon solamente los surcos centrales, las orillas no se tomaron en cuenta eliminando así el efecto de bordo.

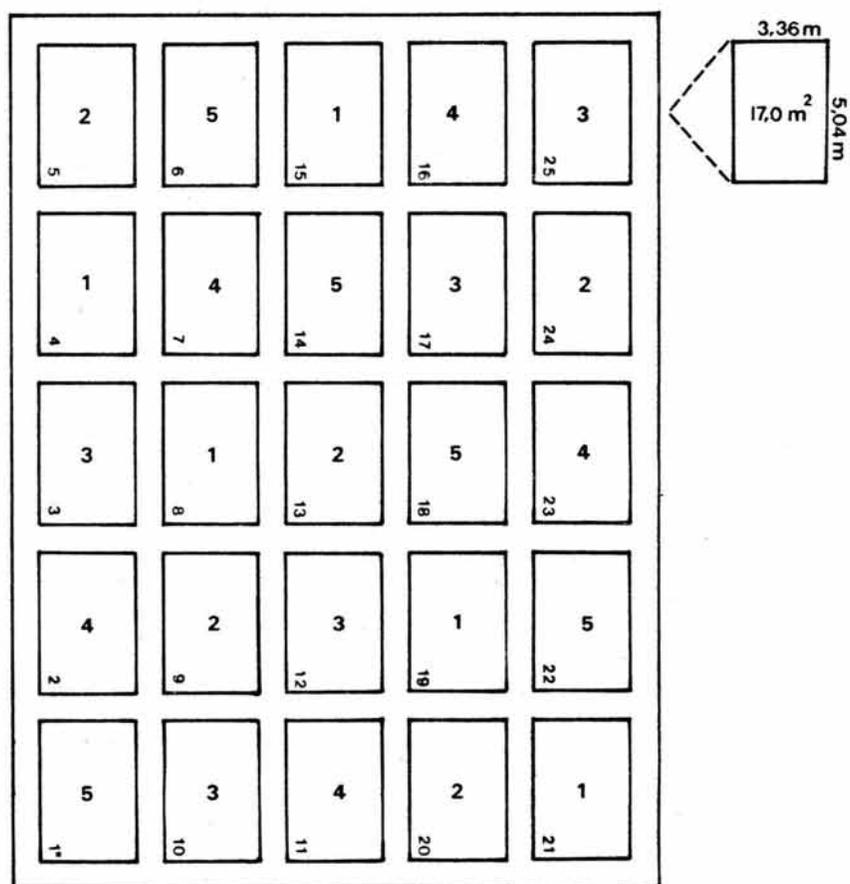
5.3.1 Tratamientos

La disposición de los tratamientos fue la siguiente:

Sistema asociado	El frijol de guía se depositó al pie de la mata de maíz.
Sistema intercalado	El frijol arbustivo se intercaló entre planta y planta de maíz sobre el mismo surco.
Sistema unicultivo	Maíz solo.

TRATAMIENTOS

- 1 ASOCIADO
- 2 INTERCALADO
- 3 UNICULTIVO
- 4 UNICULTIVO 1
- 5 UNICULTIVO 2



6) No. de parcela

Fig. 4. Diseño experimental.

Sistema unicultivo 1 Frijol de guía solo.

Sistema unicultivo 2 Frijol arbustivo solo.

En todos los casos maíz y frijol se sembraron simultáneamente.

5.3.2 Muestreos

Para todos los tratamientos con maíz se realizaron 5 muestreos: En el sitio 1 se hicieron a los 61, 79, 101, (116 para el unicultivo) 135 y 165 (194 para el asociado) días después de la siembra.

Para el frijol de guía se efectuaron también 5 muestreos: a los 61, 79, 101, 135 y 194 días después de la siembra. El frijol de mata (ciclo de crecimiento más corto) se muestreó en 4 ocasiones; a los 42, 59, 81 y 97 días después de la siembra.

En el sitio 2, la distribución de los muestreos para los tratamientos con maíz fue la siguiente: asociado a los 59, 76, 97, 109, 129 y 150 días después de la siembra; para el intercalado a los 18, 42, 79, 88 y 150 días después de la siembra; finalmente el unicultivo a los 59, 76, 97 y 150 días después de la siembra.

Para el frijol de guía (vc. Flor de Mayo) se efectuaron los siguientes muestreos: a los 59, 76, 97, 109 y 129 días después de la siembra. Para el frijol arbustivo (vc. Jamapa) a los 18, 42, 79 y 88 días después de la siembra.

En cada muestreo se tomaron 2 plantas por parcela cuidando que éstas estuviesen siempre en competencia perfecta.

5.3.3 Análisis estadístico

Para el análisis de todos los parámetros tanto para frijol como para maíz se utilizaron 2 plantas por parcela, haciendo un total de 10 repeticiones, a excepción de la vc. Flor de mayo para la cual se tomó únicamente 1 planta por parcela, haciendo un total de 5 repeticiones.

La variación en los datos se evaluó por medio del análisis de varianza (ANVA) con un nivel de significancia del 5%.

5.4 Parámetros estudiados e instrumentos de medición

El análisis del rendimiento y sus componentes se hizo mediante la determinación de los siguientes parámetros:

5.4.1 Frijol

- Altura del dosel vegetal. Se tomó desde la base del tallo hasta la última hoja (se utilizó un estadal con altura de 4 m y una cinta métrica).
- Longitud del tallo principal. Se midió a partir del primer nudo hasta la espiga.
- Área foliar por planta e índice de área foliar (IAF). Se tomaron 2 plantas de cada variedad de frijol, las hojas verdes fueron dibujadas en papel y se les determinó el área haciendo pasar por sus bordes la puntilla de un graficador Tektronik Mod. 4054 con 64 Kbytes de memoria y equipado con tableta para digitalización, el cual dió el área en cm^2 . El IAF se calculó utilizando la siguiente expresión: $\text{IAF} = \frac{\text{área foliar del dosel vegetal}}{\text{m}^2 \text{ de lámina/m}^2 \text{ de superficie sembrada}}$.

- Número de ramas totales por planta.
- Número de vainas normales por planta (se consideró normal cuando midió más de 5 cm y no tenía las semillas abortadas).
- Número de hojas trifoliadas por planta.
- Número de semillas normales por planta.
- Peso seco de la lámina foliar por planta. Las diferentes partes vegetativas se secaron en una estufa de circulación forzada Mod. MAPSA HDT-867 a 70°C durante 48-72 horas. Estas muestras se pesaron en una balanza con una precisión de 10^{-3} g.
- Número de granos por m^2 .
- Peso seco total por m^2 .
- Peso seco de la parcela útil (se consideró parcela útil el peso seco de todas las plantas que se encontraban en la parcela a excepción de aquellas que se encontraban en la orilla).
- Rendimiento en grano ($kg \cdot ha^{-1}$) en base a 14% de humedad.
- Inicio y fin de la floración (el inicio se consideró cuando el 10% de las plantas tenían por lo menos una flor y el fin cuando el 90% de las plantas ya no tenía flores).
- Índice de cosecha (peso seco del grano/peso seco total).

- Razón de superficie equivalente (ver pág. 20)

5.4.2 Maíz

- Altura del dosel vegetal. Se tomó desde la base del tallo hasta la última hoja.
- Longitud del tallo principal. Se midió a partir del primer nudo hasta la espiga.
- Área foliar por planta e índice de área foliar (IAF). Se tomaron 2 plantas de cada parcela para todos los tratamientos. Las hojas verdes (se consideró verde cuando más de la mitad de la hoja se encontraba sin clorosis), fueron medidas, se tomó el largo por el ancho y se multiplicó por una constante 0.75 (Montgomery, F. 1911), y mediante la suma de todas las hojas de cada planta se obtuvo el área foliar.
- Número de nudos en el tallo principal.
- Número de hojas de planta.
- Número de semillas normales por planta (se consideró abortada cuando el cotiledón no estaba contraído).
- Número de granos por m^2 .
- Peso seco de la lámina foliar por planta.
- Peso seco del tallo principal por planta.
- Peso seco del pedúnculo y espigas por planta.

- Peso seco del olote por planta.
- Peso seco del grano normal por planta.
- Peso seco de 100 semillas normales por planta.
- Peso seco de la parcela útil.
- Peso seco total por m^2 .
- Inicio y fin de floración (inicio, cuando el 10% de las plantas empezaron a espigar y fin cuando el 10% faltaba por espigar).
- Rendimiento de grano con 14% de humedad ($kg \cdot ha^{-1}$).
- Índice de cosecha (peso seco del grano/peso seco total).
- Razón de superficie equivalente (RSE), Ver pág. 20.

5.4.3 Otros parámetros estudiados

a).- Transmisión relativa de Luz (TRL)

La transmisión relativa de luz se registró a los 67 días después de la siembra para el sitio 1 y a los 66 días después de la siembra para el sitio 2, las determinaciones se hicieron a las 12 p.m. y a 0.4, 0.8, 1.2, y 1.5 m de altura a partir del suelo, utilizando un radiómetro Wilhelm Lambridge y se calculó utilizando la siguiente expresión:

$$TRL = \frac{I_d}{I_0} \times 100$$

donde;

I_d = radiación incidente

I_o = radiación dentro del dosel en cada una de las alturas.

b).- Balance de nutrientes y contenido relativo de agua en el suelo ($\theta_w\%$)

Se realizaron dos muestreos de suelos, al inicio y al final del experimento con el fin de conocer su estado nutricional (Cuadros 28 y 29). Se analizaron: textura, pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica (MO), N, P, K, y cationes intercambiables (Na, Mg, y Ca) en el laboratorio de análisis de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB).

Para determinar la humedad presente en el suelo se tomaron dos muestras en cada uno de los tratamientos (en total 10 por muestreo) con las cuales se determinó el porcentaje de agua en el suelo ($\theta_w\%$). Las muestras se tomaron mensualmente, con una barrena a una profundidad de 15 cm y se analizaron por el método gravimétrico, se utilizó para ello una estufa de circulación forzada para obtener la diferencia del peso fresco y el peso seco (48 hr a 70 °C).

c).- Eficiencia energética (Er).

El análisis energético se hizo en base a la medición y registro de los insumos (tiempo de trabajo, insecticidas, semillas, fertilizante y otros) invertido en cada fase de cultivo (barbecho, siembra, dobla, limpias y otros) para cada uno de los 7 siste -

mas de siembra (maíz asociado, maíz intercalado, maíz unicultivo, frijol asociado, frijol unicultivo 1, frijol intercalado, frijol unicultivo 2), desde la preparación del terreno hasta la cosecha de la semilla, así como la producción ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de cada cultivo en cada sistema, y la equivalencia de ambos en términos energéticos; 3,240 Mcal/kg para maíz y 3,920 Mcal/kg para frijol.

Los valores de tiempo de trabajo empleado (hr hombre/ha) y su equivalencia energética se determinaron a partir de los valores de gasto energético encontrados por Sherman (1952), citados por Caballero, N. (1978) previamente calculados para un individuo promedio (57 kg de peso).

finalmente estos valores fueron multiplicados por los de tiempo de trabajo empleado, para obtener la cantidad de energía utilizada en cada práctica.

6. RESULTADOS

6.1 Datos Climatológicos

Los registros climatológicos que describen las condiciones ambientales durante la fase experimental de mayo a diciembre de 1983, se muestran en la Fig. 5. Durante los meses de junio, julio y agosto la radiación solar fue relativamente estable y se mantuvo a un nivel aproximado de $0.45 \text{ J/m}^2/\text{día}$. Sin embargo a finales de agosto se presentó un descenso progresivo, para alcanzar el nivel más bajo en diciembre ($0.25 \text{ J/m}^2/\text{día}$) lo cual fue ocasionado por el inicio de la temporada de lluvias. La radiación solar se midió con un piranógrafo mecánico Mod. R-401.

Las temperaturas máximas y mínimas (medidas con termómetros de máxima y mínima) flucturaron entre 24° y 31°C y entre 12° y 18°C respectivamente. El mes más frío fue diciembre y el mes más caluroso fue junio.

La precipitación pluvial registrada (pluviómetros Tru-Check graduados en pulgadas) indica que el mes más húmedo fue septiembre con 220 mm y el mes más seco fue mayo con 20 mm. No hubo meses sin lluvia.

Los resultados obtenidos se presentan, primeramente para el sitio 1, seguido de los resultados para el sitio 2.

6.2 Resultados obtenidos para maíz sitio 1.

6.2.1. Acumulación de materia seca

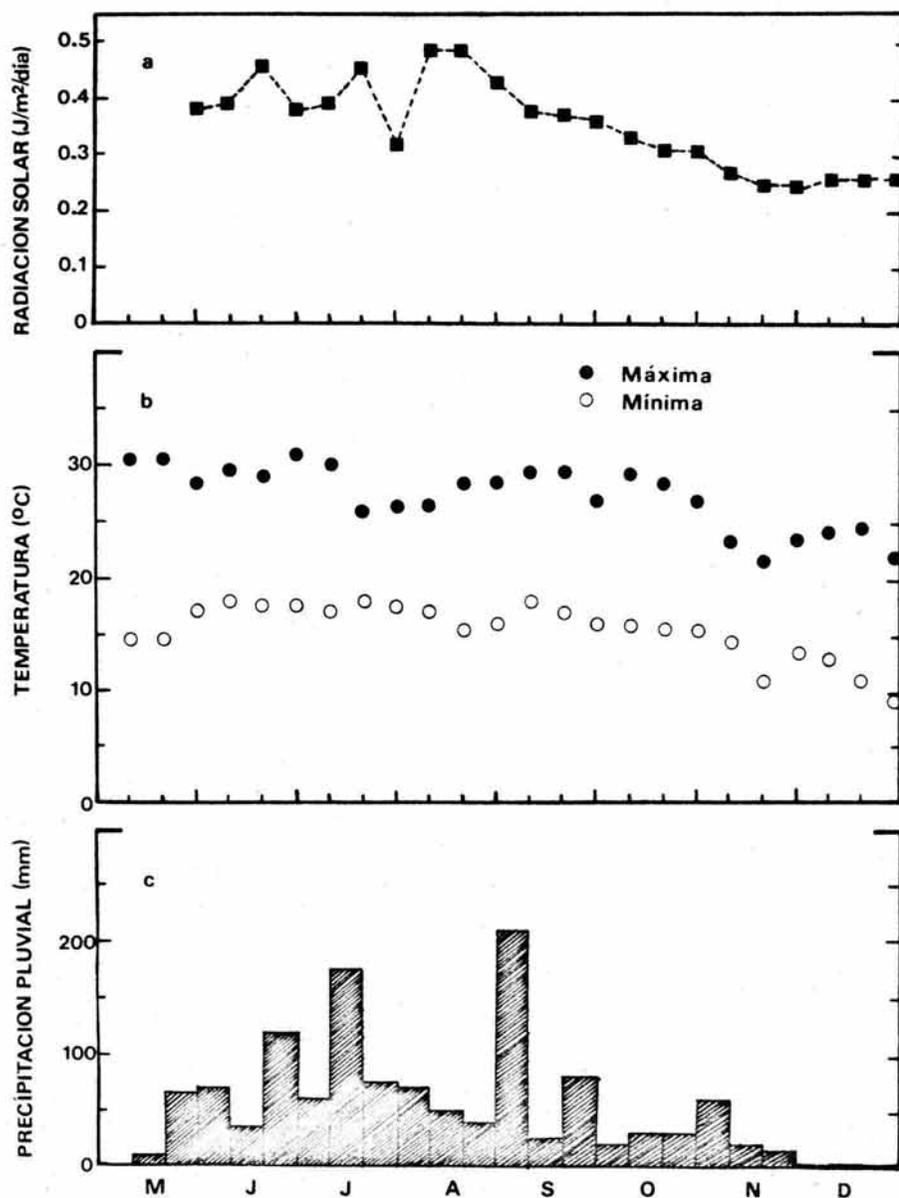


Fig. 5. Radiación solar ($J/m^2/día$), temperatura ($^{\circ}C$) máxima y mínima mensual y precipitación pluvial (mm) de mayo a diciembre de 1983 en el sitio experimental.

La acumulación de materia seca por planta en los tratamientos con maíz criollo (asociado, intercalado y unicultivo), se muestran en la Fig. 6. En la Fig. 6a. se aprecia un comportamiento similar para los 3 tratamientos hasta los 80 días después de la siembra. Sin embargo a los 101 días después de la siembra, el asociado superó al intercalado y al unicultivo en 40% y 50% respectivamente ($P > 0.05$).

A los 135 días después de la siembra y hasta el final del ciclo de crecimiento (194 días después de la siembra) el intercalado superó al unicultivo y al asociado 1 en 28% respectivamente ($P > 0.05$). En esta misma fecha se presentó la mayor acumulación de materia seca para todos los tratamientos.

Los mismos resultados calculados por unidad de superficie (Fig. 6b) muestran un patrón de variación semejante al de la Fig. 6a. (acumulación de materia seca/planta) debido probablemente a que se empleó una misma densidad en todos los tratamientos (6.2 pl/m^2).

El descenso que se aprecia en el asociado en el período de 80 a 100 días después de la siembra, se debió a que las plantas de frijol de guía con el que se asoció el maíz cubrieron en gran parte a las plantas de este, lo cual aparentemente provocó una disminución en la radiación incidente y por lo tanto también en la tasa de acumulación de materia seca.

Cabe señalar, que para estos tres tratamientos con maíz criollo la madurez fisiológica se alcanzó a los 165 días después de la siembra en todos los casos, sin embargo en esa fecha no se realizaron muestreos para el asociado, sino hasta los 194 días después de la siembra, fecha en que se cosechó el

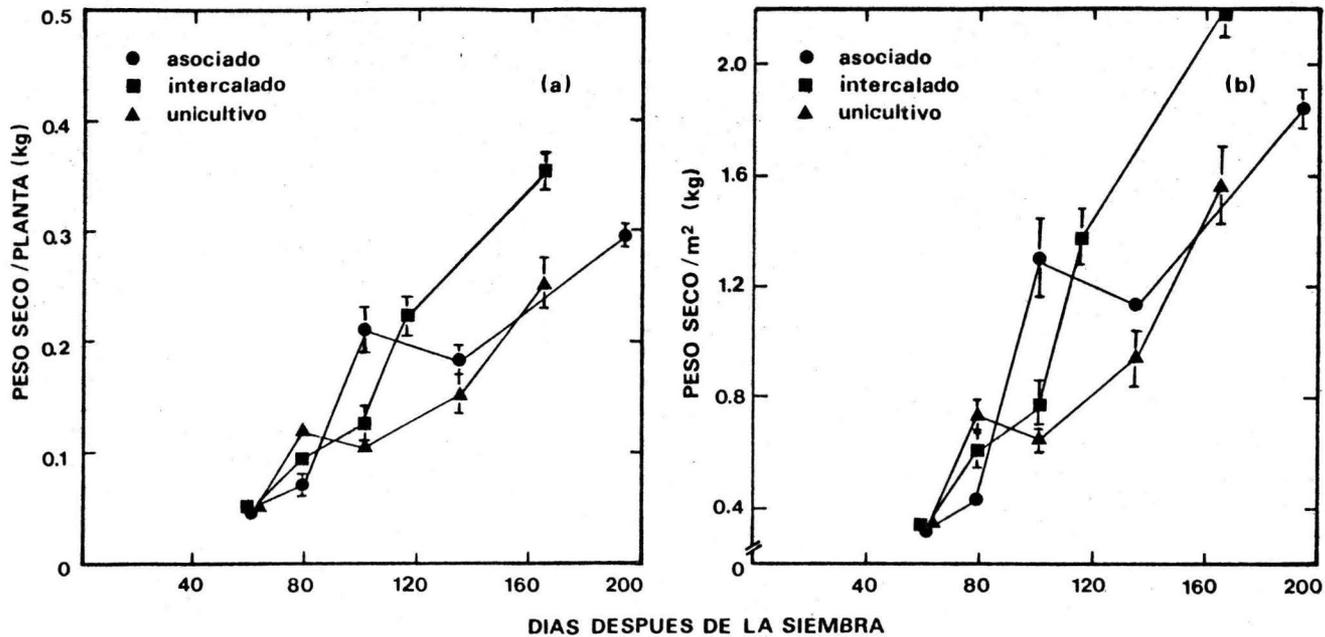


Fig. 6. Peso seco total por planta (a) y peso seco total por m² (b) de la parte aérea de plantas de maíz bajo diferentes tratamientos: asociado, intercalado y unicultivo. Los puntos representan la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard.

frijol (criollo de guía) con el que estuvo asociado. Al analizar la producción por día o tasa de crecimiento relativo (TCR) se tienen valores de $9.5 \text{ g/m}^2/\text{día}$ para el asociado y el unicultivo y $13.2 \text{ g/m}^2/\text{día}$ para el intercalado. (Cuadro 5).

En conclusión los resultados indican que la mayor tasa de acumulación de materia seca se presentó en el intercalado. Esta mayor acumulación aparentemente está asociada con el uso de una variedad de frijol criollo arbustivo, la cual causó menor competencia por luz y agua al maíz (Fig. 12). Además cabe señalar que debido a fallas de germinación, este frijol se sembró 20 días después que el maíz, lo cual pudo haber provocado una competencia aun menor que en el caso del asociado y el unicultivo. La menor acumulación de materia seca se observó en el unicultivo y finalmente el tratamiento asociado (maíz con frijol criollo de guía) el cual presentó un rendimiento intermedio.

Los resultados anteriores se ven confirmados por el comportamiento de otros componentes morfológicos (Cuadro 6), tales como: longitud del tallo, peso seco total, peso seco del tallo y número de granos/ m^2 los cuales se ven favorecidos en los 2 tratamientos en asociación (asociado e intercalado).

6.2.2 Área foliar por planta e índice de área foliar (IAF).

En la Fig. 7a se muestra la producción de área foliar de maíz criollo bajo los diferentes tratamientos a los que fue sometido. A los 79 días después de la siembra el intercalado y el unicultivo presentaron el máximo de área foliar mientras que en el asociado este valor se presentó 22 días después. El unicultivo

PARAMETRO*	Fasoc.	Funic.1	Finterc.	Funic.2	Masoc.	Minterc	Munic.	M+F 1	M+F 2
DENSIDAD/ha	41,420	138,461	35,502	138,461	62,130	62,130	62,130	82,840	76,922
Rendimiento ton/ha (14% de humedad)	1.0	2.6	0.21	1.2	3.6	5.4	4.2	4.6	5.6
Indice de cosecha (%)	0.4	0.3	0.61	0.6	0.2	0.24	0.27	--	--
Razón de superficie equivalente (RSE)	--	--	--	--	--	--	--	0.67	1.04
Indice de área foliar máximo (IAF)	1.1	5.4	0.1	1.9	4.4	4.5	4.7	--	--
Tasa de crecimiento relativo (TCR g/m ² /día)	1.2	4.4	0.3	2.0	9.5	13.2	9.5	--	--
Días a la floración	136	136	53	53	73	73	73	--	--
Días a la cosecha	194	194	97	97	194	165	165	--	--

* Valores extrapolados.

Cuadro 5. Indices y parámetros del rendimiento a la cosecha (sitio 1).

PARAMETRO	Fasoc.	Funic.1	Finterc.	Funic.2	Masoc.	Minterc	Munic
PLANTAS/m ²	4.1	13.8	3.5	13.8	6.2	6.2	6.2
Altura de la planta (cm)	193±17*	210±13	44±2	41±3	337±9	323±13	291±15
Longitud del tallo (cm)	358±17	439±24	92±9	66±6	305±8	210±11	255±15
No. de nudos en el tallo/pl	34±4	39±3	10±1	10±0.4	14±0.3	15±0.4	14±0.5
Peso seco parcela útil (Kg/m ²)	1.81	9.78	0.237	2.251	13.389	15.921	11.423
Peso seco total (gr/m ²)	252±7	867±159	35±5	202±25	1845±55	2193±178	1573±260
Peso seco del tallo (gr/m ²)	93±15	408±80	2±1	37±5	914±77	839±83	604±99
Peso seco del grano (gr/m ²)	101±20	270±52	21±3	21±15	368±76	548±61	426±98
Peso seco de org.reprod.(gr/m ²)	153±28	417±84	27±4	74±9	758±120	1220±138	795±160
Peso seco de 100 semillas (g)	21.3	21.3	15.4	15.4	25.4	25.4	25.4
No. de granos/m ²	654.3	1981.5	139.6	729.3	4244.0	7,128.0	1,795.0
No. de vainas normales/m ²	124±35	313±112	23±4	156±18	---	---	---
No. de vainas vanas /m ²	37±9	197±60	3±1	19±4	---	---	---
Semillas normales/vaina/m ²	13.6	88.5	21.3	10.3	---	---	---
Semillas vanas/vaina/m ²	2.3	10.2	2.2	12.3	---	---	---
No. de ramas totales/pl.	40±12	50±9	8±1	13±1	---	---	---

* Los valores representan la media de 10 plantas ± una vez el error standard ($\delta\bar{x}$)

Cuadro 6. Parámetros medidos a la cosecha (sitio I).

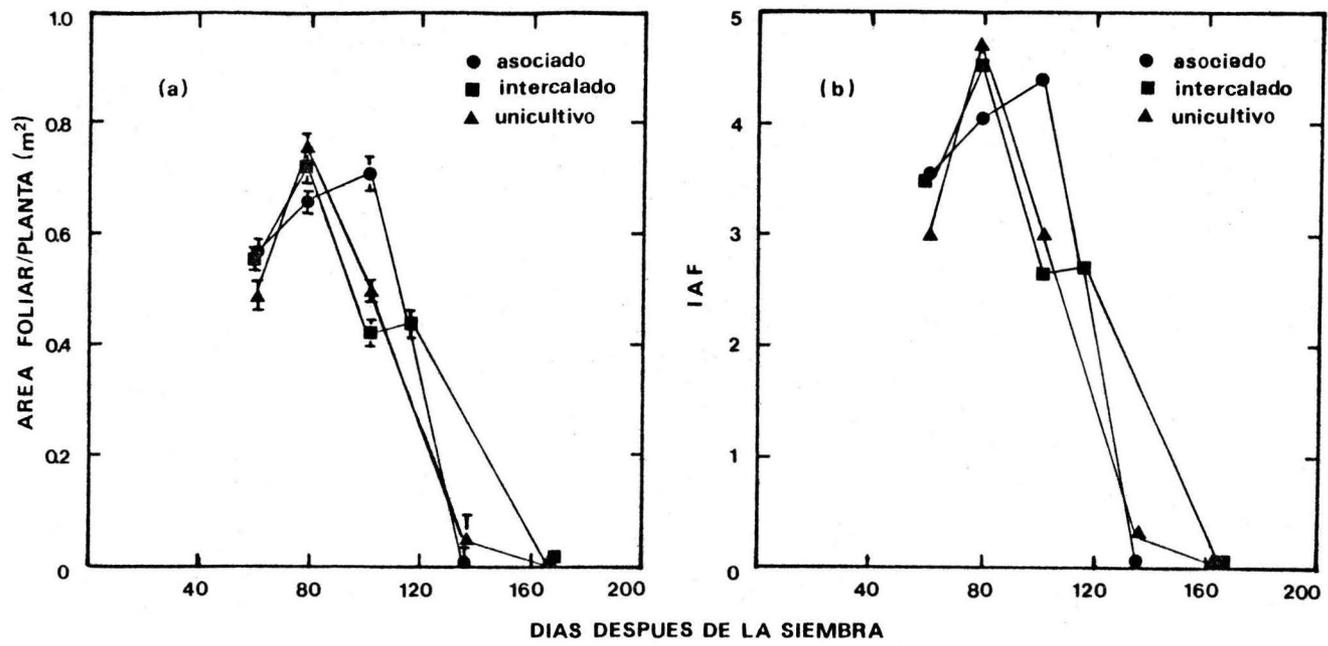


Fig. 7. Area foliar por planta (a) e IAF (b) durante la fase de crecimiento de los tratamientos con maíz asociado, intercalado y unicultivo. Los puntos representan la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard.

mostró finalmente el más alto valor en tanto que el menor valor lo mostró el asociado y a un nivel intermedio el intercalado ($P \geq 0.05$).

En cuanto a los resultados de IAF (Fig. 7b) se observaron los mismos patrones de variación que en la Fig. 7a debido a que en todos los tratamientos la densidad empleada fue la misma. Los valores máximos de IAF se encontraron en un rango de 4.0 a 5.0 para todos los casos ($P \geq 0.05$).

El descenso que se observa en el área foliar por planta y en el IAF a partir de los 101 días después de la siembra se debió a la senescencia y caída de las hojas y a que solo se consideró el área foliar verde.

En conclusión, por efecto de una misma densidad (6.2 pl/m^2) en los tres tratamientos, el patrón de variación del área foliar por planta e IAF es muy semejante. Por otra parte, el retraso que mostró el maíz asociado con frijol criollo de guía se debió al ciclo de crecimiento "largo" de este frijol (194 días después de la siembra). Estos resultados son consistentes con los presentados en la Fig. 6, lo cual sugiere la existencia de una estrecha relación entre la producción de área foliar por planta y la tasa de acumulación de materia seca.

6.2.3. Producción y distribución de materia seca

La producción y distribución de materia seca en los diferentes órganos de las plantas en cuatro estadios de crecimiento para los tratamientos con maíz criollo se presenta en la Fig. 8.

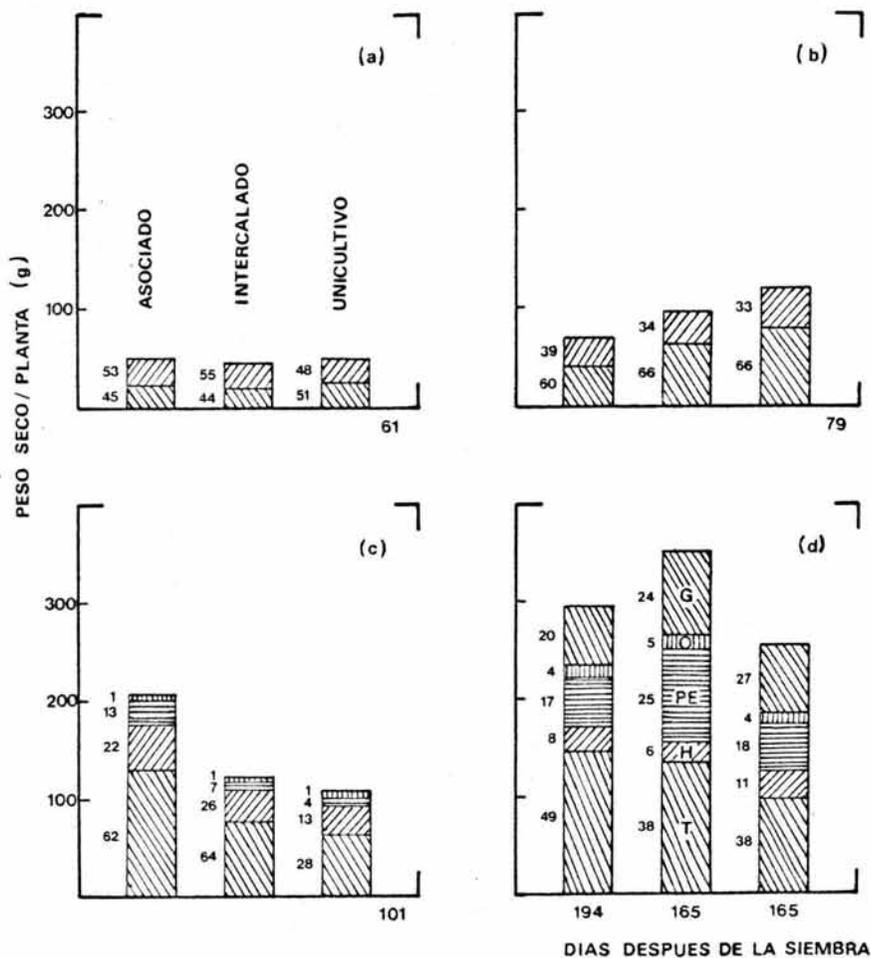


Fig. 8. Producción y distribución de materia seca por planta en 4 estadios de crecimiento de los diferentes tratamientos con maíz. Los números que aparecen a un lado de los histogramas representan el porcentaje del peso seco total representado por: T (tallos); H (hojas), PE - (pedúnculo y espatas), O (olote) y G (grano).

A los 61 días después de la siembra (Fig. 8a) La proporción de peso seco en las hojas fue semejante y equivalente a la del culmo (tallo). A los 79 días después de la siembra la proporción del incremento en peso seco del culmo y de las hojas (Fig. 8b) también fue semejante; sin embargo hay una mayor asignación de materia seca en esa etapa al culmo (64%) que a las hojas (35%).

En este sitio, la floración fue muy irregular, la primera flor apareció a los 73 días después de la siembra, y a los 101 días después de la siembra hubo una aparición incipiente de órganos reproductivos (conjunto espatas, pedúnculo, olote y grano) mientras que el porcentaje de hojas (20%) y de culmo (51%) disminuyó (Fig. 8c).

Finalmente a la cosecha, hubo una disminución en la proporción de peso seco correspondiente a hojas y culmo y un aumento en el conjunto espatas, pedúnculo, olote y grano. En esta etapa el peso seco del grano aumentó considerablemente, lo que parece indicar que hay una movilización de recursos de los órganos vegetativos hacia los órganos reproductivos. Para todos los casos aproximadamente un 41% de materia seca fue asignada a tallos, 8% a hojas, 20% al pedúnculo y espatas, 4% al olote y 23% al grano.

En conclusión, en los tres tratamientos se observó una distribución similar de materia seca, lo cual significa que la asignación de recursos a los distintos órganos es independiente del tipo de asociación, no así en el rendimiento (peso seco del grano/planta) donde el tipo de asociación sí afectó la distribución ya que se encontró una mayor asignación

en el unicultivo (27%) que en los asociados (20% y 24% para el asociado y el intercalado, respectivamente).

6.3 Resultados obtenidos para frijol Sitio I

6.3.1 Acumulación de materia seca

La producción de materia seca expresada en peso seco por planta (Fig. 9a) muestra que en los tratamientos con frijol criollo, el asociado y el unicultivo 1 presentaron la mayor acumulación de peso seco a lo largo de todo su ciclo de crecimiento, alcanzando ambos el máximo desarrollo a la cosecha (194 días después mientras que los tratamientos intercalado y unicultivo 2 mostraron siempre menor acumulación de materia seca hasta el final de su ciclo de crecimiento (97 días después de la siembra) destacando el unicultivo sobre el intercalado ($P \leq 0.05$).

Por otra parte, del análisis de la materia seca por unidad de superficie (Fig. 9b) se observó a la cosecha una mayor diferencia entre el unicultivo 1 (0.867 kg/m^2) y el asociado (0.251 kg/m^2) del 71% ($P \leq 0.05$). Esta diferencia entre el unicultivo 1 y el asociado se comprende mejor al analizar otros componentes del rendimiento los cuales se vieron afectados como consecuencia de la asociación: longitud, del tallo, número de nudos en el tallo principal, número de vainas/ m^2), peso seco de la parcela útil, peso seco total de la planta, peso seco del tallo y peso seco del grano.

Para el unicultivo 2 (0.201 kg/m^2) con respecto al intercalado (0.034 kg/m^2) esta diferencia fue del 84% a los 97 días después de la siembra ($P \leq 0.05$).

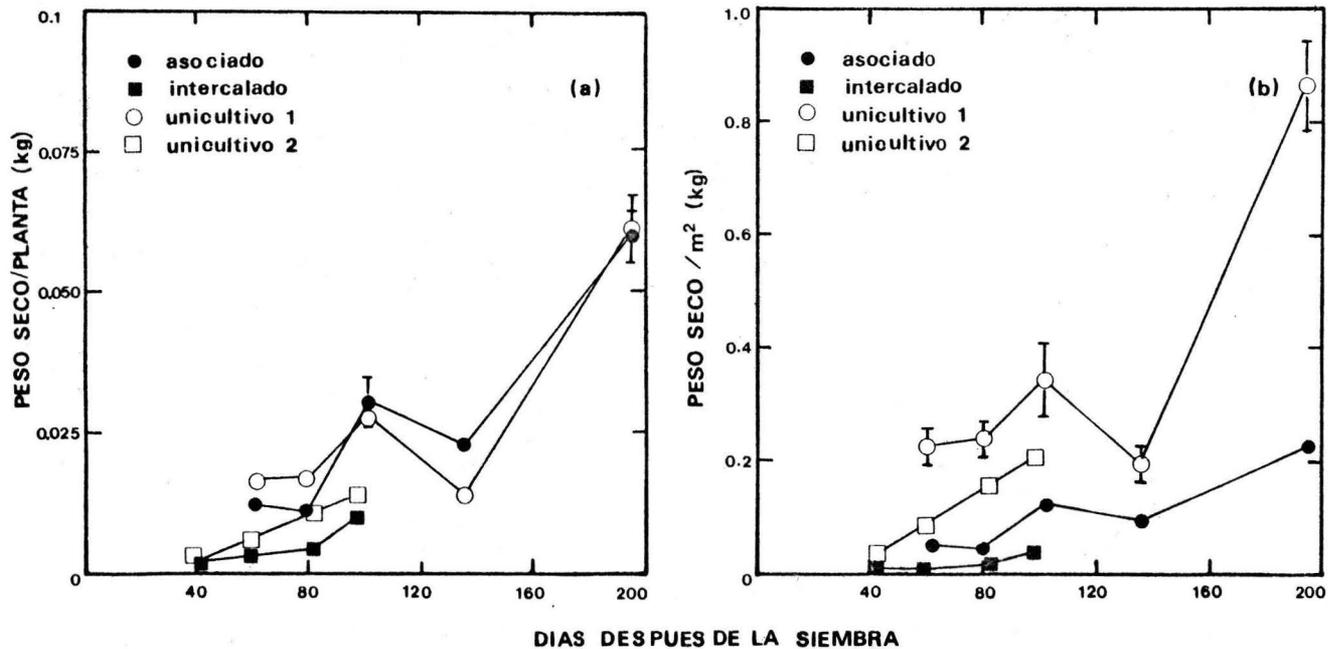


Fig. 9. Peso seco total por planta (a) y peso seco total por m² (b) de los tratamientos con frijol: asociado (4.1 pl/m²), intercalado (3.5 pl/m²), unicultivo 1 (13.8 pl/m²) y unicultivo 2 (13.8 pl/m²). Los puntos representan la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard.

En este caso, en la intercalación también se ven reducidos algunos de los principales componentes del rendimiento: peso seco total, peso seco del tallo, peso seco de órganos reproductivos, peso seco de la parcela útil y número de granos/m².

En conclusión, el comportamiento de las variedades de frijol criollo de guía en los diferentes tratamientos fué estable ya que no hubo diferencias en producción de materia seca por efecto del manejo que se le dió. Es decir, que esta variedad es menos susceptible al efecto de la competencia del maíz, ya que tanto en unicultivo como en asociación la producción de materia seca fue similar.

6.3.2 Area foliar por planta e índice de área foliar (IAF)

En la Fig. 10a se muestra la producción de área para todos los tratamientos con frijol criollo. A los 79 días después de la siembra, el unicultivo 1 fue el tratamiento que exhibió la mayor producción de área foliar, seguido del asociado: La diferencia entre el unicultivo 1 (0.35 m²) y el asociado (0.27m²) fue del 31% (P < 0.05).

Por otra parte, a los 59 días después de la siembra en los criollos arbustivos, el unicultivo 2 presentó una mayor producción de área foliar (0.15m²) que el intercalado (0.05 m²) lo cual representa una diferencia del 68% (P < 0.05).

La falta de producción del área foliar observada después de los 80 días después de la siembra se explica por la senescencia de las hojas, la cual es muy marcada en ésta última fase de crecimiento y también debido a que únicamente se consideró el área

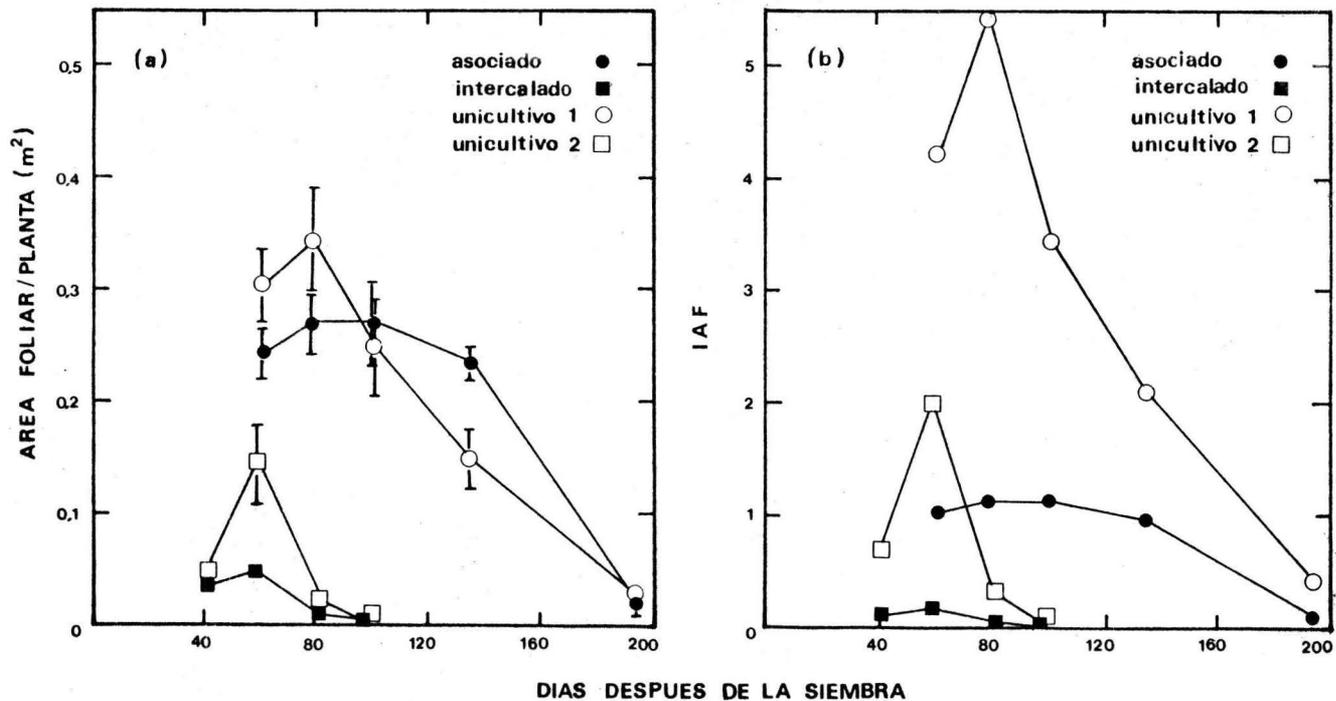


Fig. 10. Area foliar por planta (a) e IAF (b) durante la fase de crecimiento de los tratamientos con frijol; asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2. Los puntos representan la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard.

foliar verde.

Por otra parte, el IAF que se muestra en la Fig. 10b, señala que los tratamientos unicultivo 1 y unicultivo 2 superaron a sus homólogos en asociación. La diferencia entre los tratamientos con frijol criollo de guía del unicultivo 1 y asociado fue de 81% y la diferencia entre los tratamientos con frijol criollo arbustivo del unicultivo 2 e intercalado fue de 93% ($P < 0.05$).

En conclusión, se destaca la mayor producción de área foliar en los criollos de guía con respecto a los criollos arbustivos y la superioridad de los unicultivos sobre los asociados.

6.3.3 Producción y distribución de materia seca

La producción y distribución de materia seca, acumulada en los distintos órganos de las plantas para los tratamientos con frijol criollo en 4 estadios del crecimiento se muestra en la Fig. 11. En la fig. 11a se presenta el frijol criollo de guía y en la fig. 11b al frijol criollo arbustivo.

A los 61 días después de la siembra, para los criollos de guía hubo una asignación de materia seca similar a tallos (42%) y a hojas (54%). Igual comportamiento se presentó a los 42 días después de la siembra para los criollos arbustivos con 39% y 55% para tallos y hojas respectivamente.

Resultados muy similares se observan a los 101 días después de la siembra en el peso seco de tallos y hojas, el cual se mantiene constante hasta los 135 días después de la siembra. Un comportamiento semejante se presenta en los criollos arbustivos para di

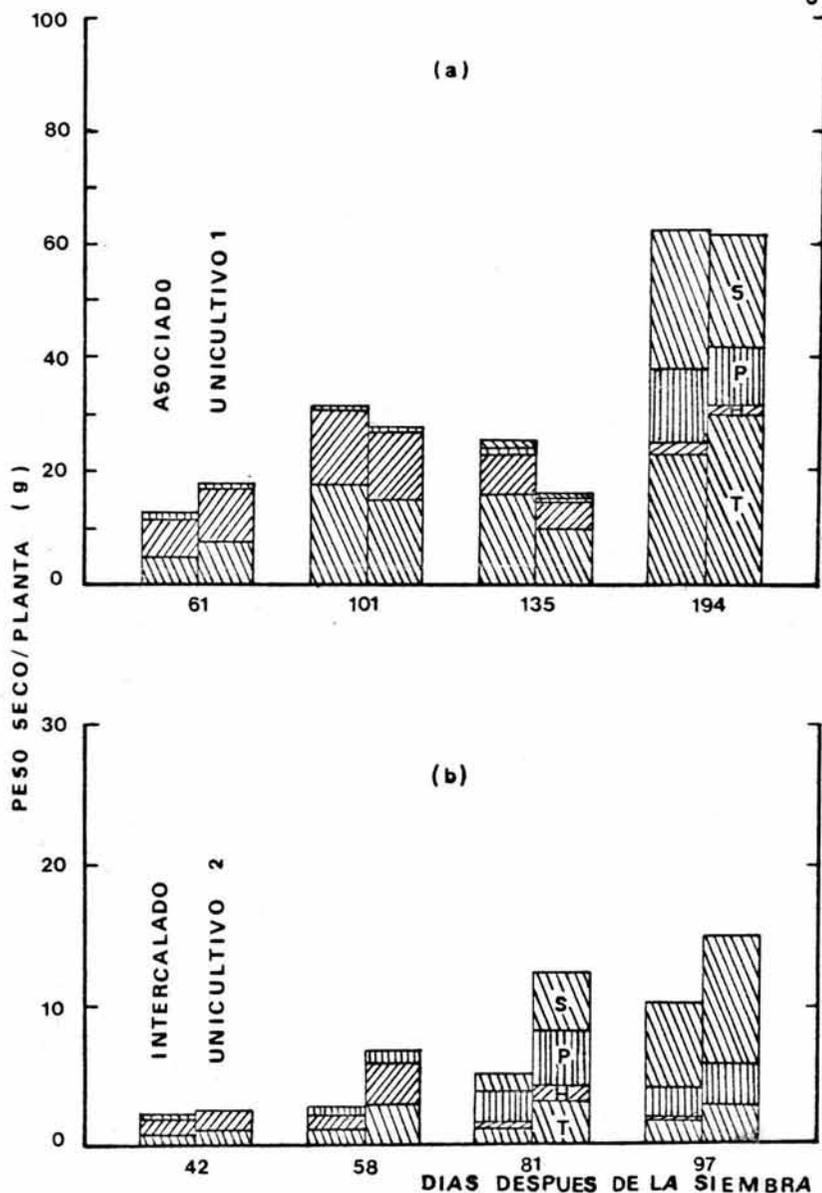


Fig. 11. Producción y distribución de materia seca por planta de frijol en 4 estadios de crecimiento bajo distintos tratamientos: asociado y unicultivo 1 (a); intercalado y unicultivo 2 (b). Los números que aparecen dentro de los histogramas representan el porcentaje del peso seco total representado por: T (tallos), H (hojas), P (pericarpio) y S (semillas).

chos órganos a los 59 días después de la siembra.

Seguido de ésto, ocurre una disminución en el peso seco de las hojas (30%) y aumento en peso seco de tallos (65%). En esta etapa (135 días después de la siembra) ya hay una incipiente asignación en peso seco a órganos reproductivos (3%). Por otra parte para los criollos arbustivos el peso seco de tallos y hojas permanece constante. Sin embargo, el peso seco del pericarpio y la semilla aumenta 43% y 31% respectivamente a los 81 días después de la siembra.

Finalmente, a la cosecha (194 días después de la siembra) para los criollos de guía hubo un incremento activo en el peso seco de tallos, pericarpio y semilla así como una disminución en peso seco de hojas. En promedio, el 42% de la materia seca es asignado a tallos 2% a hojas, 19% a pericarpio y 36% a la semilla.

6.4 Resultados del análisis energético sitio 1

De acuerdo al cálculo de la eficiencia energética (E_r), en los tratamientos con maíz criollo (asociado, intercalado y unicultivo) el intercalado logró el más alto valor ($E_r = 83.3$) el unicultivo mostró un valor intermedio ($E_r = 63.2$) y finalmente el asociado con el valor más bajo ($E_r = 54.5$), ver Cuadro 9.

El mayor porcentaje de energía cultural* requerida por los tratamientos con maíz criollo, fue consumido por la mano de obra (76%) empleada en las distintas labores culturales (siembra, deshierbes, aporque, dobla y desgranado) y el resto (24%) estuvo representado por la semilla utilizada en la siembra.

* Energía dedicada al cultivo.

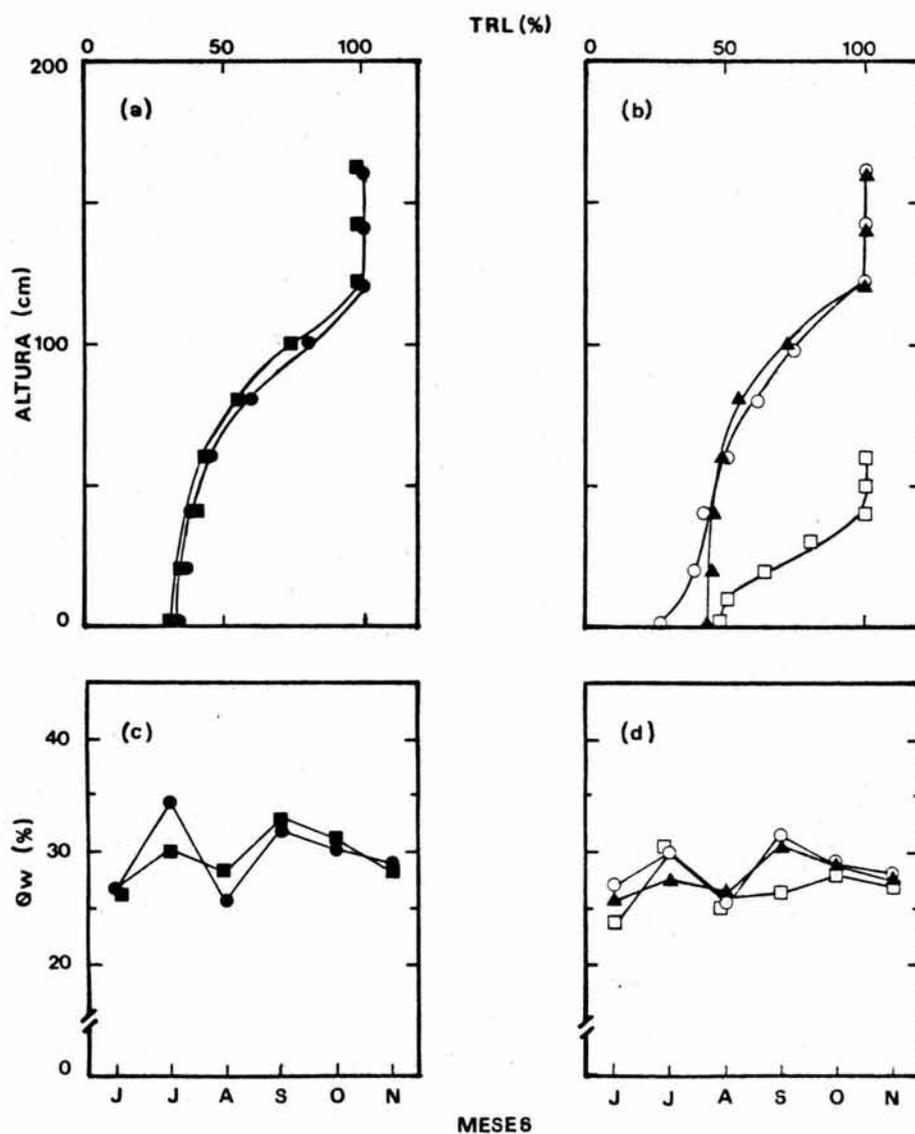


Fig. 12. Transmisión relativa de luz (TRL) en (a) y (b) a los 67 días después de la siembra y contenido relativo de agua en el suelo (θ_w %) en (c) y (d). Para los tratamientos con maíz: asociado (●), intercalado (■) y unicultivo (▲). Y para los tratamientos con frijol: unicultivo 1 (○) y unicultivo 2 (□).

INVERSION (input) Kcal	F asoc. Kcal	F interc. Kcal	F unic. 1 Kcal	F unic. 2 Kcal	M asoc. Kcal	M interc. Kcal	M unic. Kcal
Preparación del terreno (barbecho)	63,983	63,983	63,983	63,983	63,983	63,983	63,987
Siembra	8,720	8,720	8,720	8,720	8,720	8,720	8,720
Resiembra	17,658	17,658	17,658	17,658	17,658	17,658	17,658
1o. deshierbe	27,411	27,411	27,411	27,411	27,411	27,411	27,411
2o. deshierbe y aporque	20,550	20,550	20,550	20,550	20,550	20,550	20,550
Dobla	-	-	-	-	10,647	10,647	10,647
Cosecha	18,252	18,252	18,252	18,252	18,252	18,252	18,252
Desgranado	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800
Aplicación de cal	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Espalderas	-	-	228,488	-	-	-	-
Semilla sembrada	29,952	18,542	100,148	72,402	54,914	54,914	54,914
Total	199,326	187,916	498,010	338,976	234,935	234,935	234,945
GANANCIA (output)							
Cosecha (Kcal)	3,396,000	723,348	9,169,200	4,109,160	12,806,400	19,105,200	14,959,600
Er= <u>Kcal recuperadas</u> <u>Kcal invertidas</u>	17.03	3.84	18.41	12.12	54.51	81.32	63.24

Cuadro 7. Insumos, rendimiento y eficiencia energética (Er) por ha en 7 arreglos de siembra para los sistemas de cultivo de maíz y frijol (sitio I).

En cuanto a los tratamientos con frijol criollo en las dos variedades empleadas (criollo de guía y criollo arbustivo) se observó que la variedad de guía superó a la variedad arbustiva en eficiencia energética tanto en asociación como en unicultivo (para el unicultivo 1 $E_r = 18.41$; para el unicultivo 2 $E_r = 12.12$; para el asociado $E_r = 17.03$ y para el intercalado $E_r = 3.84$), lo cual es consistente con los resultados de rendimiento y los componentes de éste, presentados en secciones anteriores.

En cuanto a la distribución y cantidad de insumos empleados en los tratamientos con frijol, fue semejante que para los tratamientos con maíz. La mano de obra fue el principal aporte de energía cultural (85%) y el restante (15%) fue por concepto de semilla de siembra a excepción del unicultivo 2 donde el consumo energético de la mano de obra fue igual al de la semilla de siembra (50%). Este comportamiento pudo deberse a la resiembra del frijol tlalchete y a que en unicultivo se empleó mayor cantidad de semilla que su homólogo (frijol intercalado).

6.5 Resultados obtenidos para maíz sitio 2

6.5.1 Acumulación de materia seca

La dinámica de producción de materia seca por planta en los distintos tratamientos con maíz (vc.V-524) se muestran en la Fig. 13

A los 42 días después de la siembra el intercalado mostró un desarrollo más precoz en acumulación de materia seca por planta (Fig. 13a). Cabe señalar que en esa etapa no se realizaron muestreos para el asociado y el unicultivo. Sin embargo a los 59 días después de la siembra estos tratamientos mostraron

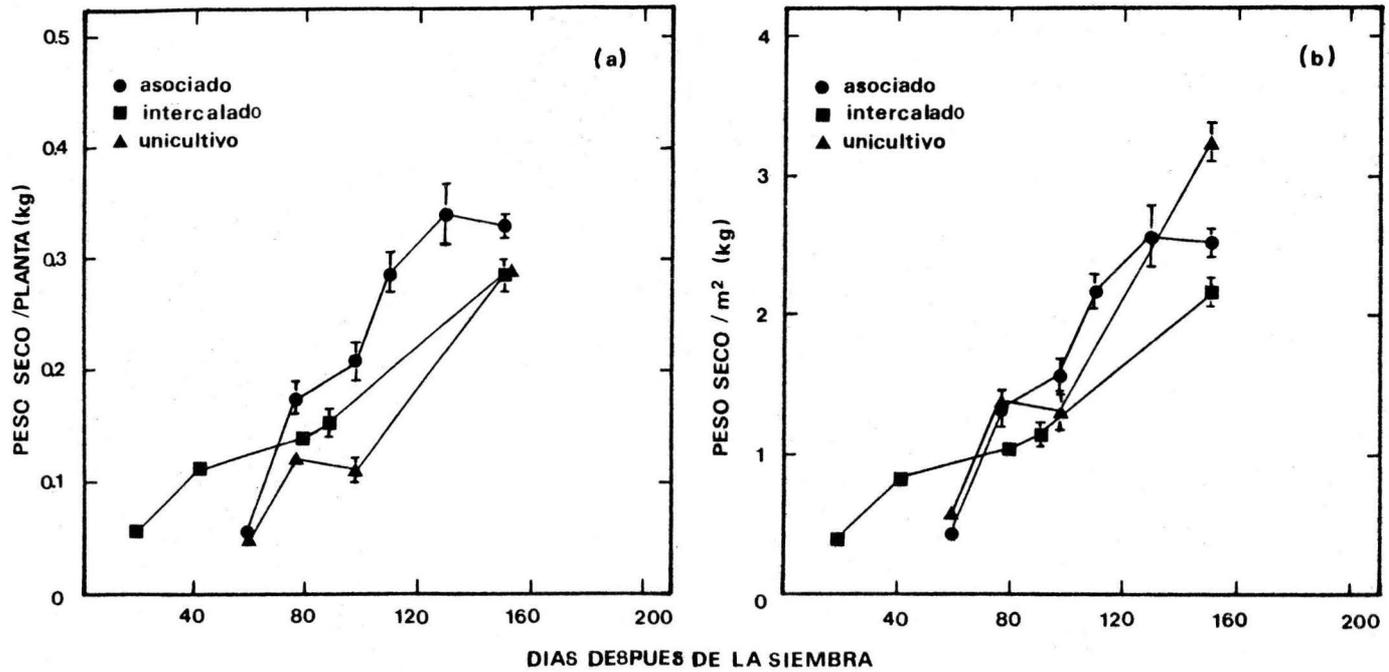


Fig. 13. Peso seco total por planta (a) y peso seco total por m² (b) de la parte aérea de plantas de maíz bajo diferentes tratamientos: asociado, intercalado y unicultivo. Los puntos representan la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard.

menor acumulación de materia seca que el intercalado en una etapa más temprana (42 días después de la siembra), mientras que 17 días después de esta fecha, el asociado produjo mayor cantidad de materia seca por planta, superando al intercalado y al unicultivo en 20% y 31% respectivamente. A la cosecha (150 días después de la siembra) el asociado superó finalmente al intercalado y al unicultivo ($P > 0.05$).

Los mismos resultados, pero calculados por unidad de superficie se presentan en la Fig. 13b, en ésta se aprecia a los 150 días después de la siembra (cosecha) que la mayor producción de biomasa se presentó en el unicultivo con una densidad de 11.7 pl/m^2 , seguido del asociado 1 y finalmente el intercalado, ambos con igual densidad (7.6 pl/m^2). Es decir, que el intercalado mostró los rendimientos más bajos (2.2 kg/m^2) siendo superado por el unicultivo y el asociado 1 en 33% y 23% respectivamente ($P < 0.05$). Lo cual indica que en términos de competencia intraespecífica el maíz en unicultivo presentó mayor producción de materia seca y en términos de competencia interespecífica el asociado 1 y el intercalado acumularon menor cantidad de materia seca.

La madurez fisiológica para los 3 tratamientos se alcanzó a los 150 días después de la siembra, fecha en que se cosecharon todos los tratamientos con maíz. En base a esto, la producción por día (TCR) fue de: $16.8 \text{ kg/m}^2/\text{día}$ para el asociado; $14.5 \text{ kg/m}^2/\text{día}$ para el intercalado y finalmente $21.7 \text{ kg/m}^2/\text{día}$ para el unicultivo (Cuadro 8).

En conclusión, las diferencias en producción de biomasa para el unicultivo respecto al asociado y al intercalado observadas a los 150 días después de la siembra (cosecha) se deben al uso de un mayor

PARAMETRO *	Fasoc.	Funic.1	Finterc	Funic.2	Masoc.	Minterc	Munic.	M+F 1	M+F 2
DENSIDAD /ha	38,461	45,562	71,005	215,384	76,923	76,923	117,159	115,384	147,928
Rendimiento ton/ha (14% de humedad)	0.65	5.02	0.58	3.26	10.32	8.49	13.43	10.97	9.07
Indice de cosecha (%)	0.62	0.69	0.44	0.57	0.40	0.38	0.41	—	—
Razón de superficie equivalente (RSE)	—	—	—	—	—	—	—	1.79	1.62
Indice de área foliar máximo (IAF)	0.9	4.6	4.3	4.3	7.2	6.2	9.2	—	—
Tasa de crecimiento relativo (TCR g/m ² /día)	0.7	5.5	1.4	6.4	16.8	14.5	21.7	—	—
Días a la floración	66	66	44	44	72	72	72	—	—
Días a la cosecha	129	129	88	88	150	150	150	—	—

* Valores extrapolados

Cuadro 8. Indices y parámetros del rendimiento a la cosecha (sitio 2).

número de plantas por hectárea, además de que en el caso de los tratamientos en asociación, algunos componentes morfológicos del rendimiento (peso seco total, peso seco del tallo, peso seco del grano, peso seco de la parcela útil y número de granos/m²) se vieron afectados (Cuadro 9).

6.5.2 Área foliar por planta e índice de área fo - liar (IAF)

La producción de área foliar por planta en los trata mientos con maíz se muestra en la Fig. 14a en ésta se aprecia a los 42 días después de la siembra para el intercalado un desarrollo más precoz que corres - ponde al valor máximo de área foliar para este trata miento, mientras que, a los 79 días después de la siembra se observó el máximo valor de área foliar pa ra el asociado y el unicultivo.

De los tratamientos analizados, el asociado fue el que mostró el más alto valor de área foliar (0.95 m²/pl) seguido del intercalado (0.81 m²/pl) y finalmente el unicultivo (0.79 m²/pl) en el período de 40 a 80 días después de la siembra ($P \leq 0.05$).

El descenso en área foliar que se aprecia a partir de los 80 días después de la siembra, se debe a que sólo se consideró el área foliar verde.

Por otra parte, la Fig. 14b muestra el índice de área foliar, en ésta se observa que probablemente por efecto de una mayor densidad de población el uni cultivo superó a los tratamientos en asociación, alcanzando un valor máximo de 9, seguido del asociado con un valor de 7 y por último el intercalado con un valor de 6 ($P \leq 0.05$).

PARAMETRO	Fasoc.	Funic.1	Finterc	Funic.2	Masoc.	Minterc	Munic
PLANTIAS/m ²	3.8	4.5	7.1	21.5	7.6	7.6	11.7
Altura de la planta(cm)	* 88±16	184±12	49±9	37±5	279±10	274.±9	273±9
Longitud del tallo(cm)	209±30	240±28	78±8	96±5	245±10	249±9	239±8
No. de nudos en el tallo/pl	17±2	24±2	9±1	11±1	12±1	12±1	12±1
Peso seco parcela útil(kg/m ²)	0.9	7.21	1.2	6.4	22.0	19.0	30.1
Peso seco total(gr/m ²)	104±23	722±116	130±23	570±76	2534±155	2186±144	3261±242
Peso seco del tallo(gr/m ²)	25±4	79±24	26±4	140±17	683±60	645±69	877±95
Peso seco del grano (gr/m ²)	65±20	503±76	58±9	327±47	1033±70	848±80	1341±116
Peso seco org. reprod.(gr/m ²)	80±24	642±96	77±11	419±59	1562±113	1315±123	1980±187
Peso seco de 100 semillas (g)	31.1	31.1	14.3	14.3	28.9	28.9	28.9
No. de granos/m ²	222.6	1608.2	342.2	1816.7	2189.3	3363.9	6251.3
No. de vainas normales/m ²	46±12	301±35	55.3±16	320±86	---	---	---
No. de vainas vanas/m ²	7±4	35±4	21±4	64±10	---	---	---
Semillas normales/vaina/m ²	18.2	24.6	43.8	121.9	---	---	---
Semillas vanas/vaina/m ²	1.7	1.9	3.4	12.4	---	---	---
No. de ramas totales/pl	23±2	35±8	16±1	21±2	---	---	---

* Los valores representan la media de 10 plantas ± una vez el error standard (SX)

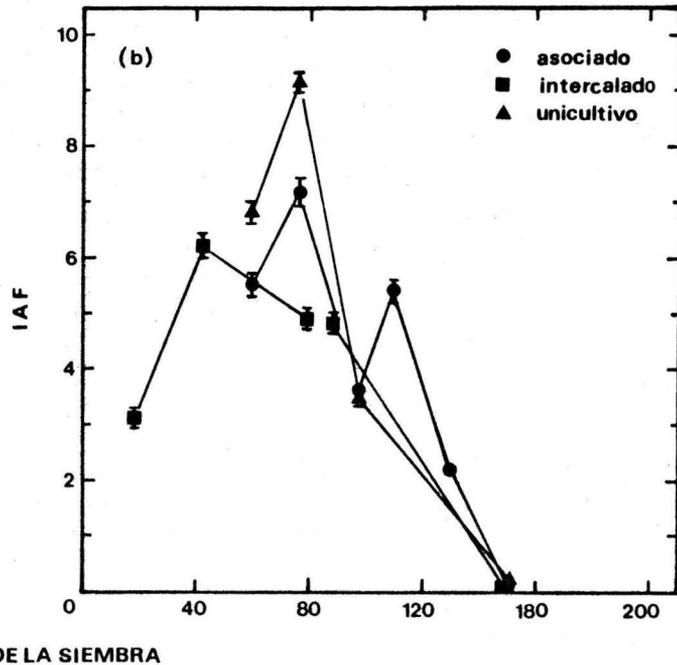
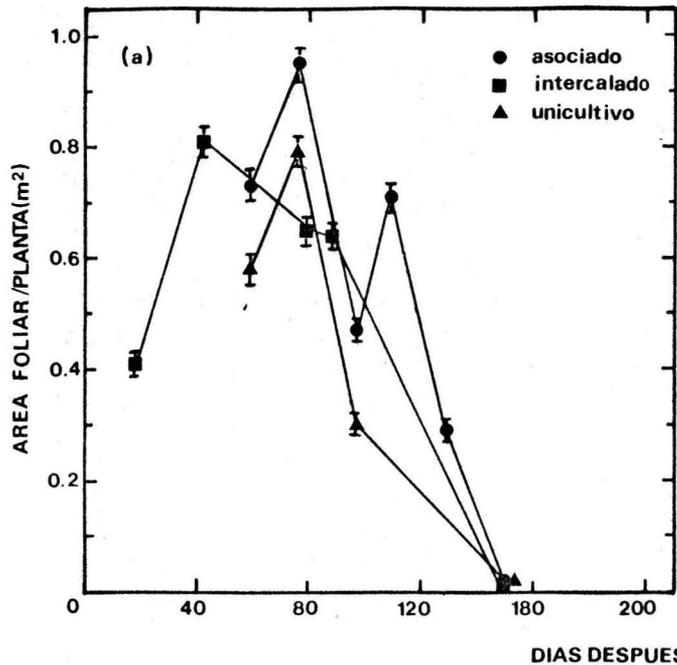


Fig. 14. Area foliar por planta (a) e IAF (b) durante la fase de crecimiento de los tratamientos con maíz: asociado, intercalado y unicultivo. Los puntos representan la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard.

Estos resultados son consistentes con los presentados en la Fig. 13 y confirman que la mayor competencia intraespecífica se observó en el tratamiento intercalado el cual mostró menor IAF a pesar de que contó con igual densidad que el asociado (7.6 pl/m^2).

En conclusión, estos resultados indican que a bajas densidades hay una menor producción de área foliar por unidad de superficie, lo cual redundará en una disminución en la acumulación de materia seca.

6.5.3 Producción y distribución de materia seca

En la Fig. 15, se presenta la producción y distribución de materia seca en los diferentes órganos de las plantas de maíz en 4 estadios de crecimiento. Para el asociado y el unicultivo en el período de 42 a 59 días después de la siembra (Fig. 15a) la proporción de peso seco en las hojas fue semejante y equivalente a la del culmo 51% y 49% respectivamente. Mientras que para el intercalado hubo una mayor asignación de materia seca en esa etapa al culmo (67%) que a las hójas (29%). Asimismo, el tratamiento intercalado mostró una incipiente aparición (5%) de órganos reproductivos (pedúnculo y espatas).

De los 88 a los 97 días después de la siembra, hubo una disminución en el peso seco del culmo (48%) y aumento en el peso seco de los órganos reproductivos (espatas, pedúnculo, olote y grano) en tanto que el porcentaje en peso seco de hojas permaneció constante (Fig. 15c).

A los 150 días de la siembra (cosecha) el peso seco del grano se incrementa notablemente, así como el peso seco de los órganos reproductivos. En este

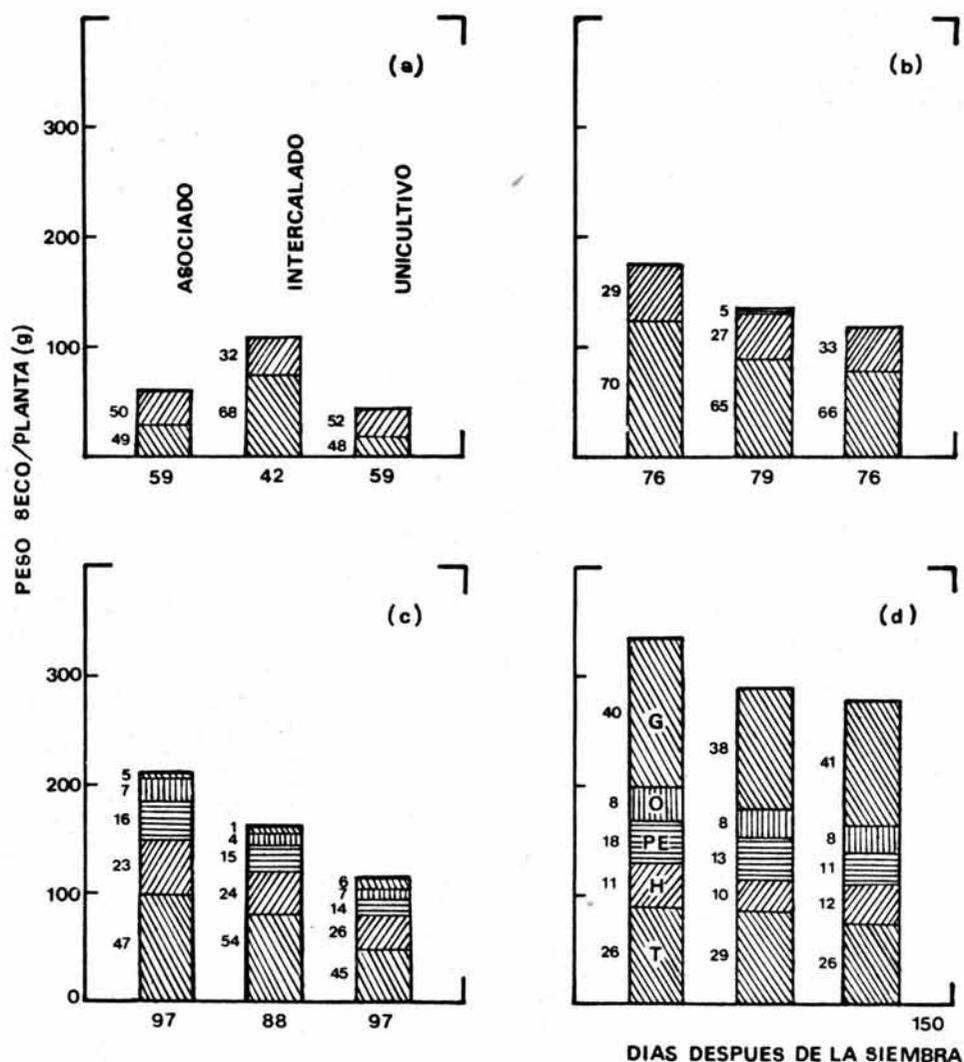


Fig. 15. Producción y distribución de materia seca por planta en 4 estadios de crecimiento de los diferentes tratamientos con maíz. Los números que aparecen a un lado de los histogramas representan el porcentaje del peso seco total representado por: T (tallos), H (hojas), PE (pedúnculo y espigas), O (olote) y G (grano).

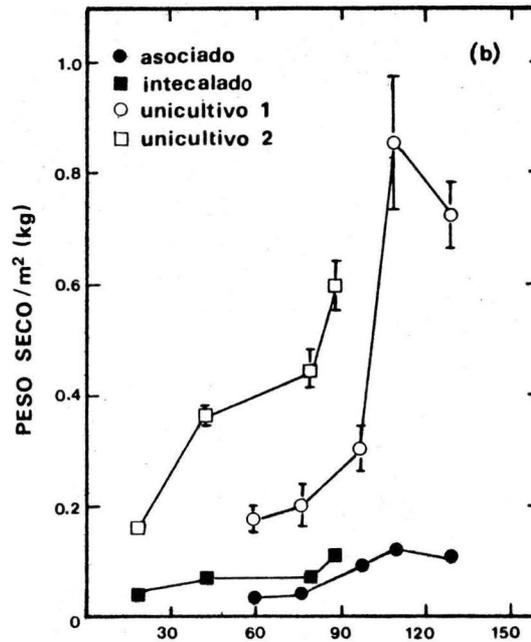
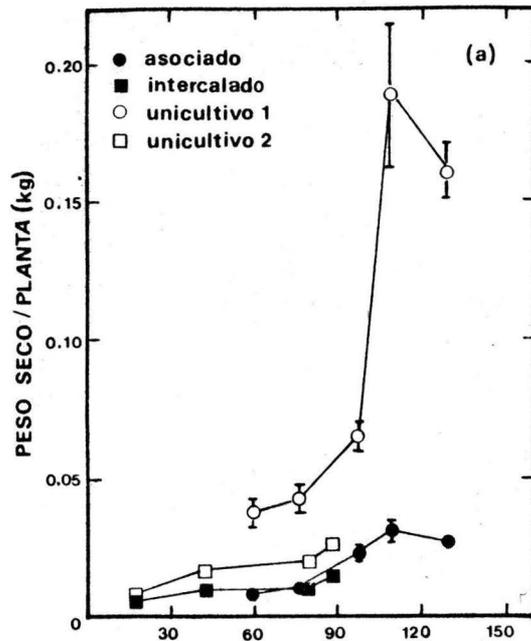
período hubo una disminución en el peso seco de las hojas, cuando el incremento en peso seco del grano se acentuó, lo cual parece indicar que hay una movilización de azúcares del culmo hacia los órganos reproductivos. Para todos los casos, aproximadamente un 27% de la materia seca se concentró en tallos, 11% en hojas, 12% en pedúnculo y espatas, 8% en olate y 40% en el grano. Para todos los tratamientos hubo una distribución similar de la materia seca, lo cual indica que la asignación de recursos es independiente del manejo al que se sometieron las plantas de maíz.

6.6 Resultados obtenidos para frijol sitio 2

6.6.1 Acumulación de materia seca.

La Fig. 16a, muestra la dinámica de producción de materia seca por planta para la vc. flor de mayo de hábito de crecimiento indeterminado y vc. Jamapa de hábito de crecimiento determinado en los distintos tratamientos de frijol.

El tratamiento unicultivo 1 (hábito indeterminado) destaca por acumular la mayor cantidad de materia seca, logrando a los 110 días después de la siembra su máximo valor (0.2 kg/pl) por debajo de este tratamiento se encontró el frijol asociado, el cual registró un valor menor (0.03 kg/pl) con una diferencia porcentual con respecto al unicultivo del 83% ($P > 0.05$) dato que es importante señalar por la gran diferencia que representa en rendimiento en grano. Otros resultados confirman la superioridad del unicultivo sobre el asociado: número de granos/m², número de vainas normales y vanas/m², y peso seco de la parcela útil.



DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA

Fig. 16. Peso seco total por planta (a) y peso seco total por m^2 (b) de los tratamientos con frijol: asociado ($3.8 \text{ pl}/m^2$), intercalado ($7.1 \text{ pl}/m^2$), unicultivo 1 ($4.5 \text{ pl}/m^2$) y unicultivo 2 ($21.5 \text{ pl}/m^2$). Los puntos representan para el asociado y el unicultivo 1 la media de 5 plantas y para el intercalado y unicultivo 2 la media de 10 plantas. Las barras representan una vez el error standard.

Respecto a los tratamientos de hábito determinado, el unicultivo 2, si bien superó a su homólogo en asociación, esta diferencia entre tratamientos estadísticamente no fue significativa ($P > 0.05$). Otros parámetros del rendimiento: longitud del tallo, peso seco del grano, número de granos/m², número de vainas normales y vainas/m² y número de semillas normales y vainas/m², mostraron ser afectados en la asociación.

Por otra parte en el análisis de peso seco por unidad de superficie (Fig. 16b) se observó un patrón de variación semejante al de la Fig. 16a, excepto por el tratamiento unicultivo 2 de hábito de crecimiento determinado, el cual superó por mucho al intercalado con una diferencia del 77% ($P < 0.05$). Estos resultados se explican de alguna manera por el efecto de las distintas densidades de población empleadas para ambos tratamientos (ver pie de Fig. 16).

En conclusión, los resultados de acumulación de materia seca por planta y por m² para ambas variedades en asociación, refleja el efecto competitivo del maíz hacia el frijol, el cual ajusta su crecimiento en respuesta al manejo en asociación, mostrando con ello caracteres de alta plasticidad.

6.6.2 Área foliar por planta e índice de área foliar (IAF)

En la Fig. 17, se muestra el área foliar y el índice de área foliar (IAF) para los distintos tratamientos con frijol.

En la Fig. 17a, a los 59 días después de la siembra el unicultivo 1 exhibió con respecto a los demás tratamientos la mayor producción de área fo -

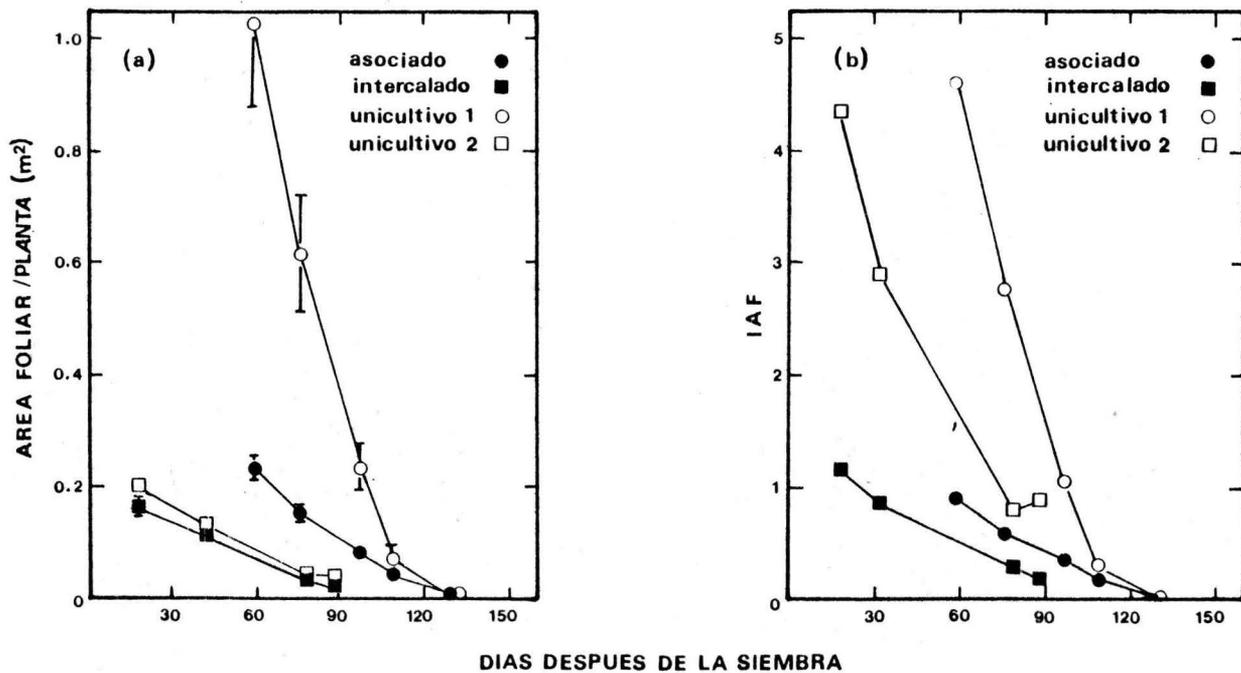


Fig. 17. Area foliar por planta (a) e IAF (b) durante la fase de crecimiento de los tratamientos con frijol: asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2. Los puntos representan la media de 5 plantas para el asociado y unicultivo 1 y la media de 10 plantas para el intercalado y unicultivo 2. Las barras representan una vez el error standard.

liar por planta ($1.0 \text{ m}^2/\text{pl}$) mientras que el asociado presentó un valor menor ($0.2 \text{ m}^2/\text{pl}$) con una diferencia del 76% ($P \leq 0.05$).

Los tratamientos unicultivo 2 e intercalado mostraron un comportamiento similar a lo largo de todo su ciclo de crecimiento aunque el área foliar del unicultivo 2 ($0.2 \text{ m}^2/\text{pl}$) siempre se encontró por encima del intercalado ($0.07 \text{ m}^2/\text{pl}$), siendo no significativa esta diferencia.

Para todos los tratamientos el descenso en el área foliar que se aprecia en ambas variedades en las últimas fases de crecimiento, se debe a que ya no hay producción de área foliar, a la senescencia y caída de las hojas, así como también a que sólo se consideró el área foliar verde.

El índice de área foliar (IAF) muestra que los tratamientos en unicultivo (1 y 2) exhibieron un índice de área foliar mayor (4.6) que sus homólogos en asociación (1.0). A este respecto, Fanjul, P. (1978) informa haber obtenido en la vc. Flor de Mayo a esa fecha un IAF de 3.8 en condiciones óptimas de crecimiento y a una densidad de $1 \text{ pl}/\text{m}^2$. Mientras que para la vc. Jamapa no se tiene patrón de comparación.

La diferencia en IAF que se encontró para los tratamientos con hábito de crecimiento indeterminado fue del 80%, mientras que para los tratamientos de hábito de crecimiento determinado fué del 73% ($P < 0.05$).

En conclusión, se destaca la superioridad en producción de área foliar e IAF de los tratamientos en unicultivo sobre los tratamientos en asociación y de la variedad de hábito indeterminado sobre la variedad de hábito determinado.

6.6.3 Producción y distribución de materia seca

La Fig. 18 muestra la producción y distribución de materia seca para las variedades de frijol en los distintos tratamientos. En la Fig. 18a se presentan los resultados para la variedad con hábito de crecimiento indeterminado (vc. Flor de Mayo) y en la Fig. 18b a la variedad con hábito de crecimiento determinado (vc. Jamapa).

De los 59 a los 76 días después de la siembra en la vc. Flor de Mayo se registró un aumento proporcional del peso seco de pericarpio y semilla. Mientras que el peso seco total y el peso seco de hojas disminuyó.

Un comportamiento similar ocurrió para la vc. Jamapa de los 18 a los 42 días después de la siembra.

De los 97 a los 129 días después de la siembra por la vc. Flor de Mayo hubo una disminución en el peso seco de tallos y hojas (129 días después de la siembra). El peso seco del pericarpio se mantuvo constante, mientras que el peso seco de semillas se incrementó.

La vc. Jamapa de los 79 a los 88 días después de la siembra presentó un comportamiento similar.

La disminución en peso seco de los órganos vegetativos (hojas y tallos) observado en ambas variedades posiblemente fue ocasionado por la demanda activa de azúcares de los órganos reproductivos (pericarpio y semilla).

Para la vc. Flor de Mayo bajo unicultivo hubo una mayor asignación de recursos al grano y al pericarpio (69% y 19% respectivamente) en relación al

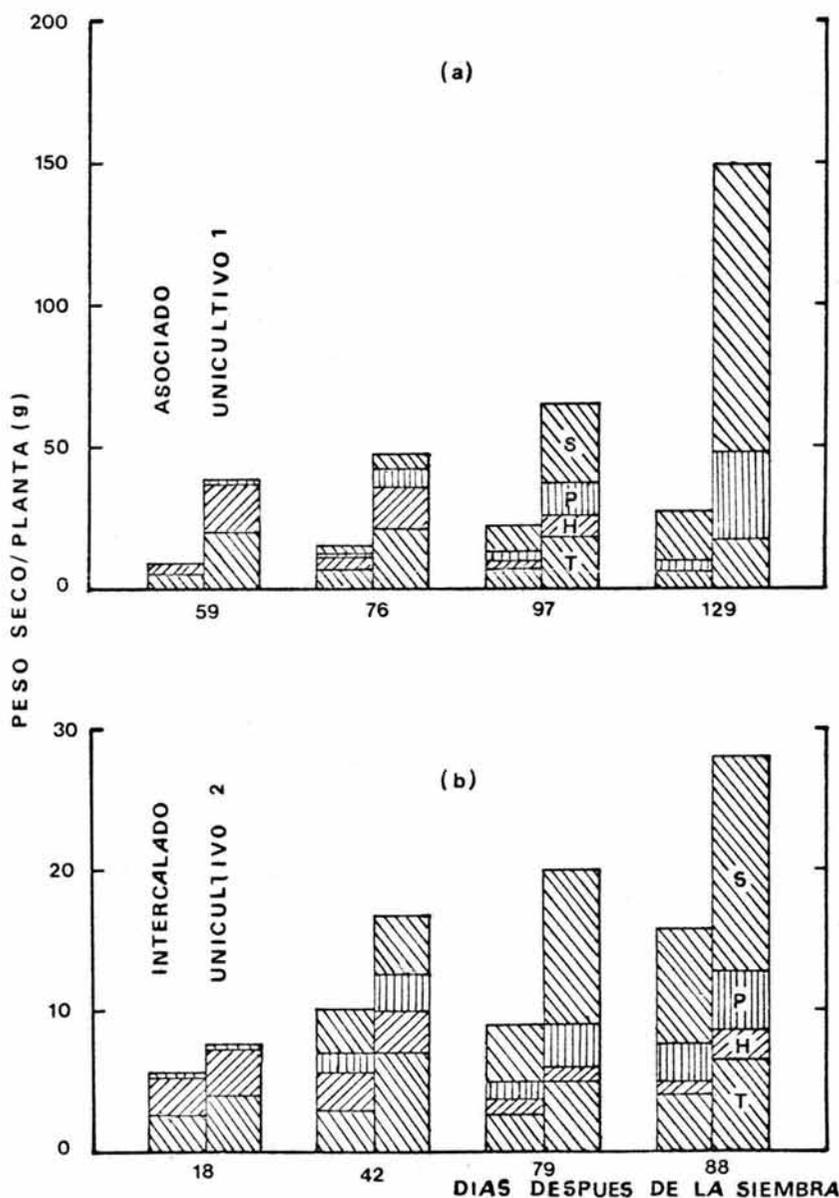


Fig. 18. Producción y distribución de materia seca por planta de frijol en 4 estadios de crecimiento bajo distintos tratamientos: asociado y unicultural 1 en (a); intercalado y unicultural 2 en (b). Los números que aparecen dentro de los histogramas representan el porcentaje del peso seco total representado por: T (tallos), H (hojas), P (pericarpio) y S (semilla).

tratamiento en asociación (62% y 13% respectivamente) en base al peso seco total.

Para el caso de la vc. Jamapa, si bien se observó un ligero aumento en producción de materia seca acumulada en el pericarpio (18%) en ambos tratamientos, la asignación a la semilla no fue significativamente diferente. Asimismo en esta última fase el decremento que se observó en el peso seco de las hojas, ya mencionado anteriormente, es causado al producirse abundante absición* de éstas, llegando a cero a la cosecha (129 días después de la siembra para la vc. Flor de Mayo y 88 días después de la siembra para la vc. Jamapa).

6.7 Resultados del análisis energético sitio 2.

En el Cuadro 10 se muestra el rendimiento energético obtenido al comparar los diferentes arreglos de siembra empleados en el sistema con manejo comercial tecnificado.

De los tratamientos con maíz vc. V-524; asociado, intercalado y unicultivo, éste último resultó ser el más eficiente ($Er = 4.95$), seguido de éste se encontró el asociado ($Er=3.89$) y finalmente el intercalado ($Er=3.20$), lo cual es consistente con los resultados del rendimiento y los componentes de éste presentados anteriormente.

Para los diferentes tratamientos con frijol, cabe señalar la superioridad en eficiencia energética de los tratamientos en unicultivo ($Er = 1.83$ para la vc. Flor de Mayo y $Er = 1.19$ para la vc. Jamapa),

* Absición.- caída de hojas

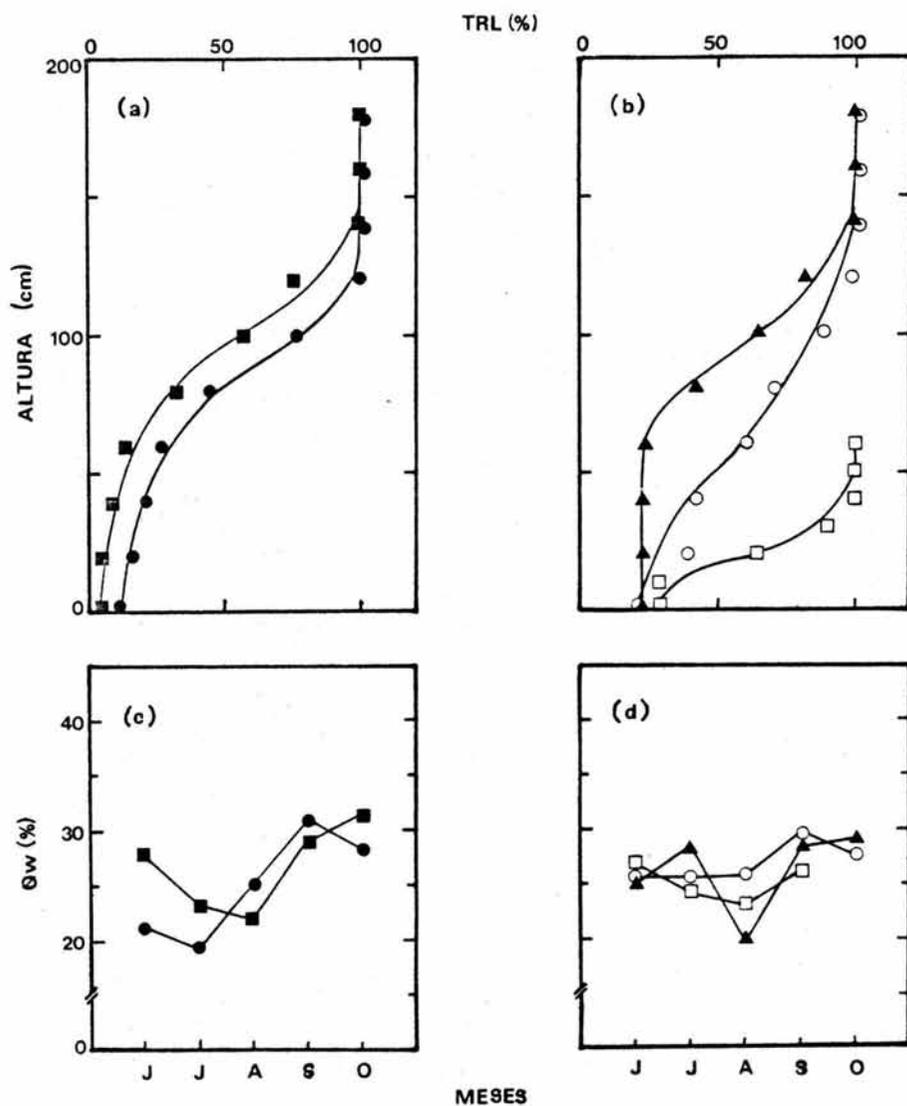


Fig. 19. Transmisión relativa de luz (TRL) en (a) y (b) a los 66 días después de la siembra y contenido relativo de agua en el suelo (θ_w %) en (c) y (d). Para los tratamientos con maíz: asociado (●), intercalado (■) y unicultivo (▲). Y para los tratamientos con frijol: unicultivo 1 (○) y unicultivo 2 (□).

INVERSION (input)	F asc. Kcal	F interc. Kcal	F unic. 1 Kcal	F unic. 2 Kcal	M asoci. Kcal	M interc. Kcal	M unic. Kcal
Preparación del terreno (tractor)	8,530,000	8,530,000	8,530,000	8,530,000	8,530,000	8,530,000	8,530,000
Combustible	490,000	490,000	490,000	490,000	490,000	490,000	490,000
Siembra	11,772	11,772	11,772	11,772	11,772	11,772	11,772
Resiembra	6,976	6,976	6,976	6,976	1,700	1,700	1,700
1o. deshierbe	26,262	26,262	26,262	26,262	26,262	26,262	26,262
2o. deshierbe y aporque	15,886	15,886	15,886	15,886	59,150	59,150	59,150
Dobla	—	—	—	—	15,987	15,987	15,987
Cosecha	19,266	19,266	19,266	19,266	19,266	19,266	19,266
Desgranado	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400
Fumigación	10,640	10,640	10,640	10,640	4,720	4,720	4,720
Plaguicidas	77,000	77,000	77,000	77,000	90,401	90,401	90,401
Espalderas	—	—	228,488	—	—	—	—
Semilla sembrada	40,616	34,469	48,087	104,562	77,360	77,360	117,798
Total	9,233,818	9,227,671	9,399,633	9,297,764	9,332,018	9,332,018	9,442,600
GANANCIA (output)							
Cosecha (Kcal)	2,234,568	1,976,472	17,285,640	11,104,920	36,366,000	29,893,200	46,771,200
Er= $\frac{\text{Kcal recuperadas}}{\text{Kcal invertidas}}$	0.24	0.21	1.83	1.19	3.89	3.20	4.95

Cuadro 10. Insumos, rendimiento y eficiencia energética (Er) por ha en 7 arreglos de siembra para los sistemas de cultivo de maíz y frijol (sitio 2).

en relación con los tratamientos en asociación ($E_r = 0.24$ para la vc. Flor de Mayo y $E_r = 0.21$ para la vc. Jamapa).

Por otro lado destacó la vc. Flor de Mayo de hábito indeterminado sobre la vc. Jamapa de hábito determinado a pesar de que la primera en unicultivo requirió un alto aporte energético por concepto de colocación y uso de espalderas.

En este sitio el mayor aporte de energía cultural fue consumida por la tracción mecánica (92%) y los insecticidas (0.8%) en menor proporción.

7. DISCUSION

7.1 Rendimiento y los componentes del rendimiento

7.1.1 Tecnología agrícola tradicional (TAT)

El campesino es quien dispone, hace uso de la tecnología tradicional y efectúa de acuerdo a los recursos disponibles (económicos, naturales y sociales) una selección empírica de sistemas de manejo, semillas criollas, hábitos y ciclos de crecimiento, fechas de siembra, entre otras prácticas culturales, de tal forma que se pueda lograr un equilibrio entre la demanda económica y alimentaria ya que muchas veces busca la seguridad y la estabilidad en la producción más que ganancias económicas. La fecha de siembra es una práctica cultural importante para el campesino, como un factor que involucra una serie de conocimientos transmitidos y asimilados a través de los años. Este elemento de la TAT es esencial, ya que en el caso del presente trabajo se encontró que la siembra simultánea ó posterior de uno de los componentes de la asociación afecta significativamente el comportamiento del otro componente, como fue el caso del frijol "criollo arbustivo" el cual vió disminuído su rendimiento en asociación y en unicultivo por efecto de haberse sembrado 20 días después que el maíz. Otro factor involucrado en esta selección y que influye en el rendimiento en grano, es la densidad de siembra, la cual generalmente en la TAT es baja (para el caso del presente trabajo, la densidad fue para todos los tratamientos con maíz de 6.2 plantas/m²). Sin embargo con una alta densidad se requiere un aporte adicional de insumos (fertilizante, riego, terrenos planos y buenos suelos, entre otros), con lo cual en la mayoría de los casos no se cuenta. Esto es del conocimiento del campesino y de aquí que se haga énfasis

en la selección de las densidades de siembra en cada sistema de cultivo de acuerdo con los recursos disponibles. Es decir que con bajas densidades obtiene una producción relativamente baja de maíz y/o frijol pero sin una inversión extra de insumos.

En los cuadros 5 y 6 se han presentado los resultados de los componentes del rendimiento en los diferentes tratamientos con maíz criollo; asociado, intercalado y unicultivo, algunos de estos componentes como ya se vió resultaron favorecidos en la asociación. Con base en los resultados de acumulación de materia seca, el unicultivo fue el tratamiento que mostró la más baja acumulación por planta y por m^2 y la más alta correspondió al intercalado.

La producción de la materia seca estuvo estrechamente relacionada con la producción del área foliar e IAF durante las primeras fases de crecimiento.

Todo lo anterior se manifiesta en el rendimiento del grano en donde el tratamiento intercalado logró la mayor asignación de fotosíntatos hacia los órganos reproductivos (grano). Al respecto Tanaka, A. y J. Yamaguchi, (1977) señalaron la importancia que tiene la demanda de azúcares por los órganos reproductivos, todo esto representado finalmente por el número de hileras y el número de granos por hilera en la mazorca.

Esta teoría de la fuente y la demanda fisiológica es un instrumento útil al describir la producción de la materia seca. En la planta de maíz durante el llenado del grano las hojas son consideradas como la fuente y mazorca como la demanda de fotosíntatos (productos de la fotosíntesis). Este

tiene gran importancia fisiológica, ya que si estos productos son utilizados por una parte para producir crecimiento estructural y por otra para el crecimiento de órganos reproductivos, la planta más eficiente será aquella que utilice mayor proporción de fotosintatos para el crecimiento de los órganos que constituyen la demanda de interés para el agricultor (Fanjul, P. 1978). En este caso el grano de maíz.

Las diferencias observadas en el rendimiento en los distintos tratamientos obedecen a la interacción desarrollada con los tipos de hábito de crecimiento del frijol (guía y arbustivo) que se asociaron al maíz. Es decir, que el tipo de hábito de crecimiento del frijol es un factor que influye en el rendimiento y sus componentes. A este respecto Francis, C. et al., (1982) informaron que las variedades de frijol arbustivo tienen menor influencia sobre el maíz debido a que son de ciclo "corto" y de hábito de crecimiento determinado. Cabe señalar, que el frijol criollo arbustivo fue sembrado 20 días después que el maíz, emergiendo cuando éste último ya contaba con cierta altura, aunado a la baja densidad del frijol (3.5 pl/m^2) y la altura máxima registrada para este (44 cm), significaron menor competencia hacia el maíz.

En el caso del asociado, se vió reflejado el efecto competitivo del frijol criollo de guía sobre el maíz particularmente a la densidad de población empleada para este frijol (4.1 pl/m^2) ya que este cubrió casi en su totalidad a las hojas del maíz lo que provocó una disminución de la materia seca. Estos resultados confirman lo que Tanaka A y J. Yamaguchi, (1977) mencionan al describir la importancia que tiene para la planta de maíz la posición de las hojas destacando que las hojas de los estratos supe

riores juegan un papel más importante en el llenado del grano que las inferiores, es decir, que las variedades de frijol de guía influyen más sobre los componentes del rendimiento del maíz que las variedades arbustivas.

En general, la distribución de materia seca en todos los tratamientos fue independiente del manejo que se les dió. Es decir, que las plantas de maíz regularon la asignación de recursos en forma independiente al sistema de manejo y de una manera similar a la descrita por Hanway, (1963) citado por Tanaka, A y J. Yamaguchi (1977):

- Fase vegetativa inicial: La producción de materia seca es lenta, brotan las hojas y se inicia la diferenciación de los órganos reproductivos.
- Fase vegetativa activa: Se desarrollan las hojas, el culmo y el primordio de los órganos reproductivos.
- Fase inicial de llenado del grano: Fase transitoria entre la vegetativa y el llenado del grano.
- Fase activa de llenado de grano: El peso seco del grano aumenta rápidamente y el de los órganos vegetativos disminuye ligeramente. Hay translocación de fotosíntatos de los órganos vegetativos a los órganos reproductivos.

En cuanto a los tratamientos con frijol: asociado (criollo de guía con maíz), unicultivo 1 (criollo de guía solo), intercalado (criollo arbustivo con maíz) y unicultivo 2 (criollo arbustivo solo), los resultados presentados en los Cuadros 5 y 6, indican que algunos componentes morfológicos del rendimiento fueron afectados como consecuencia de la asociación, lo cual confirma para este caso que en la asociación se generan efectos de competencia

entre ambas especies y principalmente del maíz hacia el frijol, a pesar del equilibrio en la capacidad de competencia que Márquez y Jassa, 1975 (citado por Ortiz C. 1981) señalan.

Se observó además que debido a una relativamente baja densidad del maíz (6.2 pl/m^2) los tratamientos de frijol en asociación produjeron tanta cantidad de materia seca total como los tratamientos en unicultivo lo que a su vez confirma los resultados encontrados por Lépez, I. (1978) quien afirma que al disminuir las densidades de población del maíz en asociación, el frijol puede rendir tanto como el cosechado en siembras en unicultivo.

Sin embargo, los tratamientos unicultivos 1 y 2 (13.8 pl/m^2) superaron a sus homólogos en asociación (4.1 pl/m^2 para la variedad de guía y 3.5 pl/m^2 para la variedad arbustiva) por efecto de las densidades empleadas acumulando mayor materia seca por m^2 aquellos tratamientos que contaron con más altas densidades.

A su vez, las variedades de hábito de crecimiento indeterminado destacaron sobre las variedades de hábito de crecimiento determinado, debido principalmente a la duración del ciclo de crecimiento de la variedad criolla de guía (194 días a la cosecha) lo cual se tradujo en mayor área foliar, mayor duración del área foliar y mayor acumulación de materia seca representando finalmente un alto rendimiento en grano en comparación con la variedad criolla arbustiva (97 días a la cosecha). A este respecto Adams, W. (1973) sugiere que en las variedades de hábito de crecimiento indeterminado, la formación sucesiva de meristemos apicales (órganos vegetativos) después de la floración pueden constituirse como órganos de demanda fisiológica, es -

tableciéndose una competencia por los fotosintatos entre éstos y el crecimiento de los órganos reproductivos (flores y vainas) lo cual repercute negativamente en la retención de vainas y en el rendimiento en grano; y se señala, que es deseable seleccionar variedades con crecimiento determinado con el fin de eliminar esta competencia. Han sido muchos los programas de fitomejoramiento genético que han sido enfocados hacia la formación de nuevas variedades con alto potencial de rendimiento; sin embargo no se ha comprendido bien que existen muchas variedades criollas sin estudiar y que presentan ese alto potencial, seleccionado probablemente desde muchos años atrás por el agricultor tradicional. Ya se ha hecho referencia anteriormente a la selección hecha por el agricultor tradicional, ya que para el caso de las variedades de frijol se podría asociar al maíz un frijol de producción relativamente baja pero de ciclo largo. Para el caso del rendimiento y de biomasa aumentaron conforme aumentó la diferencia en el ciclo vegetativo.

Por otro lado el índice de cosecha, es la relación del peso seco del grano dividido por el peso total, de la materia seca, producida por la planta a lo largo de todo el ciclo de crecimiento por unidad de superficie. Este índice permite comparar la eficiencia para el rendimiento entre diferentes cultivos. Sin embargo, las especies que pierden gran parte del área foliar a lo largo del período de crecimiento presentan un problema para determinar el índice de cosecha; para obtener el valor del peso seco total de la materia seca producida por la planta a lo largo de todo el ciclo de crecimiento es necesario ir sumando toda la materia seca que se desprende de las plantas durante el período de crecimiento (hojas, botones, flores y vainas jóvenes)

ya que de lo contrario el peso seco total de las plantas será muy inferior a la verdadera biomasa producida. En el presente trabajo para el cálculo del índice de cosecha no se incluyó en el peso seco total de las plantas, la materia seca de las láminas foliares caídas así como tampoco la materia seca de los órganos reproductivos perdidos. Este índice no permite hacer comparaciones en términos de eficiencia para el rendimiento entre diferentes cultivos, sin embargo, sí permite comparar la eficiencia para el rendimiento entre diferentes variedades de frijol e incluso para una misma variedad bajo diferentes condiciones de cultivo. Ascencio, J. y J. Fargas (1973) reportaron como índice de cosecha promedio para frijol un valor de 0.5. Para el caso del presente trabajo se encontró que los valores más cercanos al reportado fueron para los tratamientos con hábito de crecimiento determinado.

Por otra parte, la distribución de materia seca en los primeros estadios muestra un patrón similar. Sin embargo en las etapas finales se apreció una mayor asignación de recursos a tallos, pericarpio y semilla en todos los tratamientos. Esto de alguna manera está relacionado con una mayor demanda de fotosintatos representado por el número de órganos reproductivos por unidad de superficie (número de vainas/m², número de granos/vaina, peso seco del grano, lo que a su vez constituye la demanda de interés para la cosecha), y por el movimiento (translocación) de fotosintatos desde los órganos vegetativos.

En cuanto al rendimiento en grano de frijol, en la asociación siempre fue menor que en los unicultivos. Asimismo, el parámetro razón de superficie equivalente (RSE) no se vió favorecido en la

asociación, ya que el valor obtenido indica que el rendimiento en asociación se pudo haber obtenido en siembras en unicultivo (Cuadro 5).

7.1.2 Tecnología comercial tecnificada (TCT)

Los componentes del rendimiento en los diferentes tratamientos con maíz vc.V-524 se reportan en los Cuadros 8 y 9 donde se observa que tales componentes bajo un manejo comercial tecnificado se vieron afectados en la asociación, principalmente el peso seco total y el número de granos/m².

En relación a la acumulación de materia seca y área foliar por planta el tratamiento unicultivo mostró el menor valor lo cual es resultado de una densidad alta (11.7 pl/m²) lo que probablemente provocó competencia por nutrientes y también por luz (Fig. 19). Sin embargo, el análisis de la producción de la materia seca por m² indica que por efecto de la densidad de población empleada en el unicultivo (117,500 pl/ha) éste, logró la mayor acumulación de la materia seca e índice de área foliar (IAF) con respecto a los tratamientos en asociación.

Establecer densidades de población altas en un sistema con TCT es también justificable por el hecho de que tal sistema soporta altas densidades, debido al alto aporte de insumos en él invertidos (riego, fertilizante químico, insecticidas y semillas mejoradas, entre otros). A pesar de esto, se considera que la densidad para el tratamiento unicultivo no fue la más adecuada ya que este tratamiento si bien mostró la mayor acumulación de materia seca por m², IAF y rendimiento en grano (kg/m²) con respecto al asociado y al intercalado (ambos con igual densidad 7.6 pl/m²) el unicultivo no jus-

tifica esta diferencia en densidades; es decir, que este tratamiento con una densidad superior logra cierto incremento en el rendimiento y en los componentes de éste, pero este incremento no es proporcional a densidad en él empleada, indicando con esto que existen rangos óptimos en densidad para cada cultivo y que para el caso de este tratamiento el valor óptimo se hubiese logrado con una densidad menor. Los resultados anteriores se ven complementados con los registros de transmisión relativa de luz (TRL) donde se observa que la intercepción de luz en el unicultivo fue menor en comparación con el tratamiento asociado a pesar de que éste último contó con una densidad similar al unicultivo considerando tanto la densidad del maíz y la densidad del frijol (11.5 pl/m^2).

Mientras tanto, el maíz en asociación con frijol vc. Flor de Mayo no se vió afectado al menos así queda demostrado por los valores de área foliar y acumulación de materia seca. Esto posiblemente se debió al uso de una densidad relativamente baja del frijol vc. Flor de mayo (3.8 pl/m^2), a diferencia del intercalado el cual con igual densidad de maíz que el asociado, vió reducido su rendimiento y los componentes de éste a pesar de que el frijol arbustivo parece establecer menor competencia con el maíz (Francis, C. et al. 1982) en este caso la densidad empleada de frijol (7.1 pl/m^2) resultó ser alta, acentuando así los efectos de la competencia. En el caso del frijol arbustivo de ciclo corto sustrajo rápidamente nutrientes, en tanto que el maíz por su altura estuvo en ventaja por la intercepción de luz de los estratos superiores en comparación con el frijol.

Así también, en el tratamiento intercalado

se observó un desarrollo precoz en acumulación de materia seca que correspondió al máximo valor de área foliar e IAF (42 días después de la siembra). Asimismo para el intercalado ocurrió una aparición incipiente de órganos reproductivos en etapas mucho más tempranas (79 días después de la siembra) en comparación con el asociado y el unicultivo (97 días después de la siembra) indicando con esto que el maíz sufrió fuertes cambios que modificaron su desarrollo fisiológico. Es decir que el maíz puede ajustar su crecimiento cuando se establece una fuerte competencia interespecífica con el frijol, mostrando así la presencia de caracteres con alta plasticidad genética.

Por otro lado, los resultados de TRL (Fig. 19) demuestran que la menor intercepción de luz en los estratos inferiores la mostró el intercalado y el asociado, lo cual se debió a la presencia del frijol, sin embargo, ésto no tuvo tanto efecto en el maíz como en el frijol.

La asignación a los distintos órganos indica que aún con diferente manejo la planta ajusta sus recursos y los distribuye para todos los casos en forma similar. Es decir, que al igual que para el sitio I la asignación de materia seca para todos los tratamientos fue consistente con las 4 fases del crecimiento descritas por Tanaka, A. y J. Yamaguchi (1977) ya mencionadas anteriormente, en donde se hace referencia a la acumulación de fotosintatos y a la distribución de los mismos representado finalmente por el rendimiento en grano.

Por otra parte se observó que al igualar la superficie sembrada la suma del rendimiento en grano y la acumulación de materia seca total produci-

da por cada cultivo integrante de la asociación, generalmente proporcionó mayor peso seco que los unicultivos correspondientes (RSE).

En conclusión, se puede decir que si bien con manejo comercial tecnificado se emplean altas densidades de población porque existe la capacidad agrícola de sustentación, esto resulta relativo pues se ha visto que se generan efectos de competencia. Sin embargo de cualquier forma existe la necesidad de incrementar estudios referentes a densidad, ya que son útiles para determinar el grado de cobertura óptimo, v.g. el tamaño de la fuente y la eficiencia del área foliar para una demanda determinada por el número de plantas por unidad de superficie. Y que si bien el unicultivo es la base de este sistema, la asociación permite regular el tiempo de permanencia del sistema en el campo, lo cual contribuye a minimizar los riesgos involucrados con una producción basada sólo en el unicultivo.

Para las variedades de frijol vc. Flor de Mayo (hábito indeterminado) y vc. Jamapa (hábito determinado) analizadas bajo este sistema, nuevamente se aprecia la diferencia en rendimiento de cada una de ellas. En primer término como consecuencia del tipo de hábito de crecimiento se observó que la vc. Jamapa acumuló menor cantidad de crecimiento indetermi- nado. La vc. Flor de Mayo bajo condiciones de unicultivo produjo la mayor acumulación de materia seca a pesar de contar con una baja densidad (45,562 plantas / ha) en relación a la vc. Jamapa también en unicultivo (215,348 plantas/ha). Es decir, que se destacó el alto potencial de rendimiento de la variedad tipo IV, el cual está asociado con un alto nivel de producción de materia seca y un alto índice de área foliar (IAF), lo cual está dado probablemente por un ciclo de crecimiento más largo. Ya que en tér -

minos de eficiencia para el rendimiento las variedades tipo IV aún siendo más tardías producen más granos de frijol por día y por unidad de superficie que las variedades de hábito arbustivo. Esta eficiencia podría estar explicada por una demanda de mayor tamaño representada por un mayor número de órganos reproductivos por unidad de superficie (mayor número de vainas/m², mayor número de granos por vaina y menor porcentaje de abscisión total), lo cual representa el objeto de interés para el agricultor.

En este sentido se dice (Tanaka, A. y A. Fujita, 1979) que la capacidad de la demanda que es la capacidad de los granos para aceptar fotosintatos es el factor limitante y es controlada por la capacidad fotosintética de la planta, de aquí que la cantidad de área foliar disponible y la duración del área foliar sea un parámetro importante que caracteriza la fuente de los fotosintatos. A este respecto, Fanjul, P. (1978) sugiere que la reducción en la producción de órganos reproductivos como resultado de la caída de éstos, es el ajuste de la demanda a la capacidad potencial de la fuente de fotosintatos.

Por otra parte, con el mismo nivel de tecnología y empleando este tipo de variedades mejoradas, los rendimientos y la biomasa de los unicultivos fueron en general superiores a los obtenidos por los mismos cultivos en asociación, lo cual podría deberse entre otras razones, a la competencia interespecífica por nutrientes, agua y luz. La vc. Flor de Mayo que es unicultivo resultó ser productiva, en asociación redujo la acumulación de la materia seca y algunos de los principales componentes morfológicos se vieron afectados, lo cual probablemente podría estar manifestando poca conveniencia para asociarse con ese maíz a esa densidad, ya

que la interacción que cada variedad de frijol y de maíz puedan establecer, es diferente.

Sin embargo, la vc. Jamapa tanto en asociación como en unicultivo no mostró diferencia en cuanto a producción de materia seca aunque sus componentes morfológicos si se vieron afectados, lo cual podría sugerir mayor compatibilidad con ese maíz a esa densidad.

La densidad de población como se puede ver es otro factor importante que limita el rendimiento. Las densidades óptimas reportadas en CIAT (CIAT, Informe Anual, 1974) para las variedades tipo IV oscilan entre 16 y 40 plantas/m² y según CIAT en su Informe Anual (1976) las variedades tipo IV muestran una respuesta aparentemente lineal con densidades de hasta 100 plantas/m², mientras que las variedades del tipo I, II y III no responden con densidades superiores a 25 plantas/m², aunque Immer A. et al. (1977) en pruebas de aclareo encuentran que los mayores rendimientos en grano se lograron con densidades altas (28.8 plantas/m²) y Kohashi S. (datos inéditos) eleva esta cifra a 42.6 plantas/m².

De cualquier forma, una baja densidad (v.g. inferior al óptimo) repercute en un menor IAF, se considera que con un IAF cercano a 4 el autosombreo producido se traduce en menores rendimientos (Lépez, I. 1978). Para el caso del presente trabajo se encontró en la vc. Flor de Mayo y la vc. Jamapa en unicultivo un valor de IAF de 4.3 indicando con esto una baja eficiencia por efecto de competencia interespecífica. Esto indica que además de la competencia por luz, puede existir competencia por agua y por nutrientes.

La distribución vertical del área foliar en

el dosel vegetal es importante ya que el índice de área foliar (IAF) en los diferentes estratos puede ser modificado mediante la utilización de soportes artificiales (espalderas) como en el caso de la vc. Flor de Mayo en unicultivo, permitiendo con esto que los estratos más cercanos al suelo reciban mayor cantidad de luz lo que aumenta la fotosíntesis realizada por las hojas de los estratos inferiores.

Es por esto necesario tener una idea del cambio en la transmisión relativa de luz (TRL) y de los puntos de compensación de la luz para comprender mejor el comportamiento de la relación fuente-demanda a través de estudios de densidad de siembra.

La distribución de materia seca fue diferente para todos los tratamientos. Para la vc. Flor de Mayo en unicultivo se destinó una mayor cantidad de recursos al grano y al pericarpio que en el asociado. Sin embargo, la vc. Jamapa en unicultivo destinó mayor porcentaje de materia seca a grano, pericarpio y tallos que bajo asociación indicando así que el tipo de manejo modificó la distribución de la materia seca.

En relación al rendimiento en grano, hubo una marcada reducción en la vc. Flor de Mayo en asociación, lo cual se debió por un lado a que esta variedad ha sido seleccionada para siembras en unicultivo y probablemente posea poca adaptación para el rendimiento en siembras asociadas. Caso similar se presentó para la vc. Jamapa la cual mostró un período en que la baja intensidad luminosa por la presencia de maíz redujo drásticamente el rendimiento en grano de frijol. Este período se encontró después de la floración, la cual coincidió con un período de poca humedad en el suelo (Fig. 12).

Cabe señalar a manera de observación, que si bien el uso de las variedades mejoradas representa una alta capacidad productiva, es también evidente la mayor susceptibilidad de estas semillas al ataque de plagas y enfermedades, así como los altos requerimientos de insumos.

7.2 Análisis energético.

En los sistemas analizados al aumentar la energía dedicada al cultivo (energía cultural) consumida en las prácticas agrícolas y la cantidad de insumos industriales invertidos (maquinaria, combustible fósil, fertilizantes químicos y pesticidas entre otros) aumentó el rendimiento obtenido por concepto de grano, no así la eficiencia energética del sistema (Er).

Este efecto fué más marcado en los sistemas analizados en el sitio 2 (manejo comercial tecnificado) en donde los valores de Er superaron a los reportados por otros autores. Pimentel, D. y Cruze, T. (1977) reporta para un cultivo de maíz en E.U.A. con un alto aporte de insumos industriales una $Er = 2.44$ y Marchetti, C. (1979) para el mismo cultivo en un sistema que el denomina "American farmer", encuentra un valor $Er = 2.16$.

Para el caso del presente trabajo en los tratamientos con maíz vc. V-524 se encontró que el asociado e intercalado fueron poco eficientes en el uso de la energía, ya que el unicultivo mostró el valor mayor de Er (4.95), sin embargo la diferencia de Er del asociado (2.89) y el intercalado (3.29) no es significativa, indicando con ésto en términos energéticos, los costos de producción difieren mínimamente ya sea que se siembre un cultivo en asociación o en unicultivo. Tomando en

cuenta que en el primero se obtiene una ganancia extra en rendimiento en grano por concepto de frijol (RSE).

En cuanto a los tratamientos con frijol se observó que la variedad de guía (vc. Flor de Mayo) fue más eficiente que la variedad arbustiva (vc. Ja mapa). Esto se debió fundamentalmente a un hábito y ciclo de crecimiento más largo, lo cual se tradujo en una acumulación mayor de materia seca total representada finalmente por un alto rendimiento energético en comparación con la variedad arbustiva. Asimismo se encontró que los unicultivos fueron más eficientes que los sistemas asociados (ver Cuadro 12).

Este comportamiento es consistente con los resultados del rendimiento y los componentes de este ya presentados en secciones anteriores. Sin embargo a la fecha no se conocen valores de Er para cultivos de frijol, por lo tanto se considera que aun no hay suficiente evidencia de que los valores de Er encontrados sean representativos.

Para los tratamientos analizados en el sitio 1 (manejo tradicional) el mayor aporte energético fue por concepto de mano de obra empleada en prácticas culturales (siembra, deshierbes, aporque, dobla y desgranado), lo cual significó un bajo consumo de energía cultural.

Por otro lado los valores de Er en maíz bajo este manejo no siguieron el patrón de comportamiento anterior (sitio 2). En el sitio 1 se encontró que el intercalado se vió favorecido observándose el mayor valor de Er (81.3), el cual difiere por mucho del asociado (Er = 54.5) y del unicultivo (Er = 63.2).

A este respecto Pimentel, D. y Cruze T. (1977) reportan para un sistema tradicional (roza--tumba y quema) en México un valor de $Er = 10.0$. Mientras que Marchetti, C. (1979) en un sistema que denomina agricultura neolítica "Mexican farmer" reporta un valor de $Er = 40.0$.

Si se analizan los valores ya encontrados por otros autores se tienen varios puntos a discutir. El bajo valor encontrado en el primer caso (10.0) puede deberse al alto consumo de energía invertida en la "roza" y la "tumba". A este respecto Sherman (1952) citado por Caballero, N. (1978), considera a la "roza" y "tumba" como ejercicio muy intenso lo cual incrementa el gasto energético (600 kcal/hr de trabajo). En el segundo caso el valor de $Er = 40.0$ no especifica si el gasto energético de la maquinaria utilizada (bueyes y azadones) es solamente por su uso ó se incluye también la energía empleada por concepto de la alimentación y crianza de los animales. A este respecto Pimentel, D. y Cruze, T. (1977) menciona que un animal de tiro (buey) de 300 kg de peso consume al día 20,000 kcal en su alimentación. A esto podría deberse el valor alto que reporta Marchetti, C. (1979).

En cuanto a los tratamientos con frijol se observó que al igual que para el sitio 2 la variedad criolla de guía ("Yamanke") fue más eficiente que la variedad criolla arbustiva ("Tlalchete"), debido a las mismas razones ya expuestas.

Sin embargo a diferencia del sitio 2 se encontró que los valores del Er del frijol criollo de guía fueron similares en asociación y unicultivo ($Er = 17.03$ y $Er = 18.41$ respectivamente). Mientras que el frijol criollo arbustivo en unicultivo obtuvo un mayor valor de Er (12.12) que en asociación (3.84).

Por otro lado como ya se mencionó anterior-

mente no existe patrón de comparación para un cultivo de frijol, por tanto no es posible aún concluir acerca de los valores de Er encontrados. Los valores de Er bajo un manejo tradicional fueron más altos que los encontrados con un manejo comercial tecnificado. Esto de alguna manera indica el alto consumo energético de los insumos industriales invertidos bajo dicho manejo. Sin embargo la diferencia en la eficiencia energética del sistema tradicional con respecto al sistema comercial tecnificado está dado no por los altos rendimientos en grano sino más bien por el bajo nivel de insumos que en él se invirtieron.

Por otra parte, se observó un comportamiento consistente de los valores de Er encontrados en todos los tratamientos y en los dos sistemas de manejo con los resultados del rendimiento y los componentes del rendimiento, indicando con ésto que aquellos tratamientos que acumularon la mayor biomasa total (incluyendo grano) lograron los más altos valores de área foliar e IAF expresado todo esto por un alto rendimiento en grano. Asimismo esto correspondió con los valores más altos de eficiencia energética (Er).

En conclusión, se observó para ambos sitios que los unicultivos superaron los tratamientos en asociación y que la inversión energética fue mayor en el sitio 2 (manejo comercial tecnificado) que en el sitio 1 (manejo tradicional). Sin embargo los valores de eficiencia en éste último fueron mayores que en el primero.

En base a la discusión anterior se establecen las siguientes conclusiones:

8. CONCLUSIONES

1. En general, el rendimiento en grano de frijol y de maíz en asociación fué mayor que el rendimiento de ambas especies en unicultivo (RSE).
2. Tanto en asociación como en unicultivo el sitio 2 (TCT) produjo los más altos rendimientos.
- 3.- El sitio 1 (TAT) mostró mayor eficiencia energética que el sitio 2 (TCT); sin embargo, esta diferencia estuvo dada no por un alto rendimiento en grano, sino por la baja cantidad de insumos en él invertidos.
4. La densidad de siembra influyó significativamente en el comportamiento de las variedades de maíz y de frijol, su mayor efecto se reflejó en la acumulación de la materia seca total.

9. LITERATURA CITADA

- Adams, W. M. 1973. Arquitectura vegetal y eficiencia fisiológica de la planta de frijol. El potencial del frijol y de otras leguminosas de grano comestible en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia 181-188 pp.
- Anaya, G. M. 1981. Optimización del aprovechamiento del agua de lluvia para la producción agrícola bajo condiciones de temporal deficiente. In: Agroecosistemas de México: Contribuciones a la Enseñanza, Investigación y Divulgación Agrícola. E. Hernández-Xolocotzi ed. 2a. Ed. pp 85-100, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Ascensio, J. y J. Fargas. 1973. Análisis del crecimiento del frijol (Phaseolus vulgaris L. var. Turrialba-4) cultivado en solución nutritiva. Turrialba 23: 420-428.
- Barriga, P. B. 1972. Mejoramiento por ideotipo en Maíz. Turrialba 22: 454-461.
- Caballero, N. J. 1978. Estudio botánico de la región del río Uxpanapa, Ver. El uso agrícola de la selva. Biótica 2: 63-83.
- Camarena, M. F. y A. V. Cerrate. 1976. Comportamiento del maíz en sistemas de mono-

cultivo asociado con frijol en 3 siembras posteriores. In: Contribuciones del PCIM y Proyecto Menestras de la UNALM. No. extraordinario de Investigación Lima, Perú pp 34-38.

Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal. 1970. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección General de Estadística. México.

Chargoy, S. C. 1978. El policultivo como un sistema eficiente en el aprovechamiento de los recursos bajo condiciones de temporal. In: Seminarios Regionales sobre Agroecosistemas con Énfasis en el Estudio de Tecnología Agrícola Tradicional. S. R. Gliessman ed. pp 34-43 Cárdenas, Tabasco, México.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. Informe Anual. 1974. Cali, Colombia.

_____, 1976. Idem.

Córdoba, G. A. 1979. Comparación del Potencial de Rendimiento de las Variedades Tropicales Bajo dos Sistemas de Producción Agrícola. Tesis de Licenciatura; Colegio Superior de Agricultura Tropical. Cárdenas, Tabasco, México.

De la Loma, J. L. 1966. Experimentación Agrícola. 2a. Ed. UTEHA México 489 p.

Esquivel, A. C. 1976. Evaluación de Variedades de

frijol y Maíz en el Cultivo de Asociación Maíz-Frijol en la Parte Baja de la Zona II del Area del Plan Puebla. Tesis en Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo. México 136 p.

Fanjul, P. L. 1978. Análisis de Crecimiento de una Variedad de Phaseolus vulgaris L. de Hábito de Crecimiento Indeterminado y Ensayo para el Estudio de las Relaciones entre la Fuente y la Demanda de Fotosintatos. Tesis M. en C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México 139 p.

Francis, C. A. 1977. Interacción genotipo por sistemas en la asociación maíz-frijol. In: Trópico. Curso Intensivo de Producción de Frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp 1-25 Cali, Colombia (mimeografiado).

_____, C. A. Flor y S. R. Temple. 1977. Apuntes del Curso Intensivo de Adiestramiento en Producción Para Investigadores de Frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia (mimeografiado).

_____, C. A. Flor y M. Prager. 1978. Effects of bean association on yields and components of maize. Crop. Sci. 18:760-764.

_____, M. Prager and G. Tejada. 1982. Density interactions in tropical inter -

cropping. II. maize (Zea mays L.) and bush beans (Phaseolus vulgaris L.)
Field Crops Research 5: 252-264.

- Fuentes, F. R., y O. Toledo. 1977. Estrategias de Ecodesarrollo para las Zonas Cafetaleras de México. Avance de Investigación del Area Agronómica. Centro de Ecodesarrollo-Instituto Mexicano del Café- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México.
- García, E. 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación de Koppen para adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Geréz, F. P., A. D. Golberg, S. B. Olivieri y M. S. Fernández. 1982. Diagnóstico de la situación de la cafecultura en el área central de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, México (mimeografiado).
- Heichel, G. H. 1973. Comparative efficiency of energy use in crop production. New Haven, Connecticut Agricultural Experimental Station. Bulletin 739. 26 pp.
- _____, 1976. Agricultural production and energy resources. Am. Sci. 64: 64-72.

- Hernández-X. E. y A. R. Rodríguez. 1981. Metodología para el estudio de los agroecosistemas con persistencia de tecnología agrícola tradicional. In: Agroecosistemas de México: Contribuciones a la Enseñanza, Investigación y Divulgación Agrícola. E. Hernández-Xolocotzi ed. 2a. Ed. pp 321-333. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Immer, A. M., R.A. Fischer and J. Kohashi, S. 1977. Effects of plant density and thinning on high-yielding dry beans (Phaseolus vulgaris L.) in México. Expl. Agric. 13: 325-335.
- Inzunza, R. F., S. R. Gliessman y R. E. García, 1978. Sistema modular de producción diversificada. In: Seminarios Regionales sobre Agroecosistemas con Énfasis en el Estudio de Tecnología Agrícola Tradicional. S. R. Gliessman ed. pp 44-48 Cárdenas, Tabasco, México.
- Jimenez, A. E. 1981. Ecología del Agroecosistema Cafetalero. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Krishnamurthy, L., R. E. García y S. R. Gliessman. 1978. El impacto del hombre al cambiar las propiedades funcionales de los agroecosistemas tradicionales y modernos. In: Seminarios Regionales sobre Agroecosistemas con Énfasis en el Estudio de la Tecnología Agrícola

Tradicional. S. R. Gliessman ed., pp 109-115 Cárdenas, Tabasco, México.

- Larios, J. F. 1979. Uso de energía en los sistemas de cultivo de maíz y frijol en El Salvador. Turrialba 29: 129-137.
- Lépiz, I. R. 1974. Asociación de cultivos maíz-frijol. Folleto Técnico No. 58 INIA, SAG, México.
- _____. 1978. La Asociación Maíz-frijol y el Aprovechamiento de la Luz Solar. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México 304 p.
- Marchetti, C. 1979. On energy and agriculture from hunting and gathering to landless farming. IIASA. Austria 15 pp.
- Márquez, S. F. 1981. Clasificación teconológica de los sistemas de producción agrícola (agroecosistemas) según los ejes espacio y tiempo. In: Agroecosistemas de México: Contribuciones a la Enseñanza Investigación y Divulgación Agrícola. E. Hernández-Xolocotzi ed. pp 255-275. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Márten, G. y L. A. Sancholúz. 1981. Planeación ecológica del uso de la tierra y evaluación de la capacidad de sustentación de la región Xalapa. Biótica 2: 123-153.

- Miranda, C. S. 1977. Rendimiento del frijol sembrado solo y asociado con maíz. In: Avances de la Enseñanza, y la Investigación. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México 68 pp.
- Miranda, F. y Hernández-X, E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot.* 18: 29-179.
- Montgomery, F. G. 1911. Correlation studies in corn. *Hebr. Agric. Exp. Stn.* 24 Th. *Annu. Dep.* 108-159 pp.
- Moreno, R. O. 1972. Las Asociaciones de Maíz-frijol: Un uso Alternativo de la Tierra. Tesis M. en C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 80 pp.
- Niño, V. E. 1981. Las interrelaciones sociales para el desarrollo In: Agroecosistemas de México: Contribuciones a la Enseñanza, Investigación y Divulgación Agrícola. E. Hernández-Xolocotzi ed. 2a. Ed. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México pp 151-155.
- Odum, E. P. 1972. *Ecología*. 2a. Ed. Interamericana. México.
- Ortiz, C. J. 1981. Interrelaciones ambientales de los agroecosistemas y su investigación. In: Agroecosistemas de México: Contribuciones a la enseñanza, Investigación y Divulgación Agrícola. E. Hernández-Xolocotzi ed. 2a. Ed. pp.277-289. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

- Paniagua, G. C. 1977. Identification and Stability on Traits Important to Yield of Beans in Associated Culture Tesis Ph. D. East Lansing, Michigan St. University 125 p.
- Pérez, T. H. 1975. Comparación del Rendimiento Económico en la Asociación Maíz-Frijol. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara Zapopan, Jal, 50 p.
- Pimentel, D., L. E. Hurd, A. C. Bellotti, M. J. Forster, I. N. Oka, O. D. Sholes, R. J. Whitman. 1973. Food production and energy crisis. Science 182: 443-449.
- _____, and E. C. Teruhune. 1977. Energy and food. In: Ann. Rev. Energy 2: 171-195.
- Platero, E. O. 1975. Análisis de Rendimiento de Grano y Económico de las Asociaciones Maíz-Frijol en la Región Este del Valle de México. Tesis M. en C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México 125 p.
- Ramírez, V. M. 1981. Morfología, Area foliar y Peso Seco del Frijol Canario 107, Negro 150 (Phaseolus vulgaris L.) y Maíz H-28 (Zea maíz L.) Asociados. Tesis M. en C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México 95 p.
- Ramos, S., E. Vallejo y N. Aguilera, 1982. Edafología del cafetal. In: Estudios Ecológicos en el Agroecosistema Cafetalero.

- E., Jiménez-Avila, A., Gómez-Pompa, eds pp 13-32. Editorial Continental S.A. México.
- Rappaport, R. A. 1971. The flow of energy in an agricultural society. *Scientific American* 225: 117-122, 127-132.
- Ruiz, B. A. y A. Turrent. 1973. Respuesta de la asociación maíz-frijol a las dosis de nitrógeno, fósforo y densidades de población de maíz. Informe de Investigación del Plan Puebla. 6a. Reunión Anual. Puebla, México. (mimeografiado).
- Rzedowsky, J. La Vegetación de México. Limusa, 2a. ed. (1978).
- Ruvalcaba, J. 1978. La práctica del aterrazamiento como fundamento para una agricultura intensiva con base en el temporal. In: Seminarios Regionales sobre Agroecosistemas con Énfasis en el Estudio de la Tecnología Agrícola Tradicional. S. R. Gliessesman ed. pp. 95-107 Cárdenas, Tabasco, México.
- Sánchez, D. F. 1975. Estudio de Rentabilidad Económica de la Asociación Maíz-Frijol en la Zona de Influencia de Chapingo. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México 63 p.
- Santa Cecilia, F. C. y C. Viera. Associated cropping of bean and maize. I. Effects of beans cultivars with different growth habits. *Turrialba* 28: 19-23 p.
- Sarpa, J. E. 1977. Sistemas Culturais Milhófreijao Comportamento do Milhó e do Freijao e Cultivos Exclusivos, Consorciados e Ênfaisas Alternadas. Tesis Mag. Si. Universidade Federal de Viscosa. Brasil 98 p.

- Sólorzano, V. E. 1977 Estudio del Cultivo Asociación Maíz-Frijol Bajo Condiciones de Temporal en El Llano, Aguascalientes, Tesis Profesional Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México 123 p.
- Soria, J., R. Bazam, A. M. Pinchanat, G. Paez, N. Mateo, R. Moreno J. Fargas, W. Forsythe. 1975. Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba 25: 283-293 p.
- Tanaka, A. and K. Fujita. 1979. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. In: Fac. Agr. Hokkaido, Univ. Vol. 59 pp. 146-237.
-
- _____ y J. Yamaguchi. 1977. Producción de Materia Seca, Componentes del Rendimiento del Grano en Maíz. Traducido del inglés por J. Kôhashi-Shibata Colegio de Postgraduados. Chapingo, México 124 p.
- Thomas, M. D. 1965 Photosynthesis (Carbon assimilation), Environmental and Metabolic Relationships. In: Plant Physiology. Vol. IV A. F. C. Stewart ed 731 p.
- Trenbath, B. R. 1976. Plant interactions in mixed crop communities In: Multiple Cropping, Am. Soc. Agron. Special publications 27. Madison, Wisconsin 378 p.
- Weier, E. T. y M. G. Barbour. 1970. Botany and Introduction To Plant Biology. Fourth edition. John Willey And Sons Inc. New, York: 708 p.

- Wellhausen, E. J., L. M. Roberts y E. Hernández-X.
1951. Las Razas de Maíz en México, Su
Origen, Características y Distribución.
Secretaría de Agricultura y Ganadería.
- Williams, W. A., R. S. Loomis, W. G. Duncan, A. Dovrat
and A. F. Núñez. 1968 Canopy architec-
ture at various population densities and
the growth and grain yield of corn.
Crop. Sci. 8: 303-308.
- Zolá, B. M. 1930. Estudio de la Vegetación de los
Alrededores de Xalapa, Veracruz. Tesis
Licenciatura. Universidad Veracruzana.
Xalapa, Veracruz, México 110 p.

10. A P E N D I C E

MES	RADIACION SOLAR (cal/cm ² /día)	TEMPERATURA (°C)		PRECIPITACION PLUVIAL (mm)
		Máxima	Mínima	
	-	-	-	0.5
MAYO	-	30.5	14.5	10.1
	-	30.5	14.5	66.2
	930.83	29.5	18.0	70.0
JUNIO	942.81	29.5	17.5	35.6
	1,112.29	31.0	17.5	119.4
	930.83	30.0	17.0	61.6
JULIO	942.81	26.0	18.0	174.7
	1,112.29	26.5	17.5	73.3
	784.41	26.5	17.0	68.9
AGOSTO	1,182.39	28.5	15.5	47.8
	1,160.65	28.5	16.0	37.9
	1,028.88	29.5	18.0	211.4
SEPTIEMBRE	927.28	29.5	17.0	25.7
	893.56	27.5	16.0	80.6
	882.02	29.5	16.0	20.1
OCTUBRE	801.72	28.5	15.5	31.6
	750.25	27.5	15.5	29.7
	751.58	23.5	14.5	57.8
NOVIEMBRE	661.52	21.5	11.0	21.0
	598.96	23.5	13.5	16.1
	617.15	24.2	12.9	0.4
DICIEMBRE	617.15	24.5	11.0	2.1
	617.15	22.3	9.1	1.2

Cuadro 11. Registros de radiación solar (cal/cm²/día), temperatura (°C) máxima y mínima, y precipitación pluvial (mm) de mayo a diciembre de 1983 en el sitio experimental.

FACTOR DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE INDEPENDENCIA	CUADRADO MEDIO	F*
Entre tratamientos	11,720.5	3	3.906.8	17.27
Entre bloques	2,775.2	4	693.8	3.06
Error experimental	2,713.9	12	226.1	

* Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Cuadro. 12. Análisis de varianza de la materia seca total kg/planta a los 97 y 194 dds para los tratamientos con frijol criollo: asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2 (sitio 1).

FACTOR DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE INDEPENDENCIA	CUADRADO MEDIO	F*
Entre tratamientos	1 765,401.9	3	588,467.3	15.38
Entre bloques	293,419.5	4	74,604.8	1.95
Error experimental	458,860.7	12	38,238.3	

* Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Cuadro 13. Análisis de varianza de la materia seca total (kg/m²) a los 97 y 194 dds para los tratamientos con frijol criollo: asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2 (sitio 1).

FACTOR DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE INDEPENDENCIA	CUADRADO MEDIO	F*
Entre tratamientos	0.65	3	0.216	27.0
Entre bloques	0.20	4	0.050	6.25
Error experimental	0.096	12	0.008	

* Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Cuadro 14. Análisis de varianza del área foliar/planta (m^2) de los 61 a los 79 dds para los tratamientos con frijol criollo: asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2 (sitio 1).

FACTOR DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE INDEPENDENCIA	CUADRADO MEDIO	F*
Entre tratamientos	80,825	3	26.94	5.57
Entre bloques	34,464	4	8.616	1.78
Error experimental	57,998	12	4.833	

* Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Cuadro 15. Análisis de varianza del IAF de los 61 a los 79 dds para los tratamientos con frijol criollo: asociado, intercalado, unicultivo 1, y unicultivo 2 (sitio 1).

FACTOR DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE INDEPENDENCIA	CUADRADO MEDIO	F*
Entre tratamientos	3.005	2	1.502	7.362
Entre bloques	0.114	4	0.028	0.137
Error experimental	1.637	8	0.204	

* Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Cuadro 16. Análisis de varianza de la materia seca total kg/m^2 a la cosecha (150 dds) para los tratamientos con maíz vc. V-524: asociado, intercalado y unicultivo (sitio 2).

FACTOR DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE INDEPENDENCIA	CUADRADO MEDIO	F*
Entre tratamientos	1.05	2	0.525	25.0
Entre bloques	0.22	4	0.055	2.642
Error experimental	1.75	8	0.021	

* Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Cuadro 17. Análisis de varianza del área foliar/planta (m^2) de los 42 a los 76 dds para los tratamientos con maíz vc. V-524: asociado, intercalado y unicultivo (sitio 2).

FACTOR DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE INDEPENDENCIA	CUADRADO MEDIO	F*
Entre tratamientos	34.765	2	17.382	9.290
Entre bloques	17.901	4	4.425	2.391
Error experimental	14.971	8	1.871	

* Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Cuadro 18. Análisis de varianza del IAF de los 42 a los 76 dds, para los tratamientos con maíz vc. V-524: asociado, intercalado y unicultivo (sitio 2).

FACTOR DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE INDEPENDENCIA	CUADRO MEDIO	F*
Entre tratamientos	1.47	3	0.49	16.33
Entre bloques	0.04	4	0.01	0.33
Error experimental	0.406	12	0.03	

* Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Cuadro 19. Análisis de varianza de la materia seca total (kg/m²) a los 88 y 109 dds para los tratamientos con frijol vc. Flor de Mayo y vc. Jamapa: asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2 (sitio 2).

FACTOR DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE INDEPENDENCIA	CUADRADO MEDIO	F*
Entre tratamientos	2.574	3	0.858	6.75
Entre bloques	0.447	4	0.111	0.874
Error experimental	1.530	12	0.127	

* Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Cuadro 20. Análisis de varianza del área foliar/planta (m^2) de los 18 a los 59 dds para los tratamientos con frijol vc Flor de Mayo y vc. Jamapa: asociado, intercalado unicultivo 1 y unicultivo 2. (sitio 2).

FACTOR DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE INDEPENDENCIA	CUADRADO MEDIO	F*
Entre tratamientos	57.707	3	19.235	7.025
Entre bloques	15.249	4	3.812	1.392
Error experimental	32.854	12	2.737	

* Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Cuadro 21. Análisis de varianza del IAF de los 18 a los 59 dds para los tratamientos con frijol vc. Flor de Mayo y vc. Jamapa: asociado, intercalado y unicultivo 1 y unicultivo 2 (sitio 2).

ASOCIADO (101 dds ¹)			INTERCALADO (79 dds)			UNICULTIVO (79 dds)		
Parcela	A.F. (2) (cm ²)	\bar{x}	Parcela	A.F. (cm ²)	\bar{x}	Parcela	A.F. (cm ²)	\bar{x}
4	1005.0	708.56	5	12071.62	12126.55	3	4231.87	2927.06
4	412.12		5	12181.49		3	1622.25	
8	7343.62	7562.99	9	2604.75	1476.37	10	6562.31	4658.9
8	7782.37		9	348.0		10	2755.49	
15	9681.37	8249.05	13	4755.37	5528.62	12	9881.24	9563.05
15	6816.74		13	6301.87		12	9244.84	
19	9512.87	8581.87	20	8203.49	9954.37	17	13310.24	10764.36
19	7651.87		20	11705.25		17	8218.49	
21	9439.5	10429.12	24	7694.62	7405.87	25	12322.49	10040.62
21	11418.75		24	7117.12		25	7758.75	

¹Días después de la siembra

²No incluye la lámina foliar amarilla

Cuadro 22. Valores máximos de área foliar (cm²) y medias por repetición para los tratamientos con maíz criollo: asociado, intercalado y unicultivo (sitio 1).

ASOCIADO (76 dds ¹)			INTERCALADO (79 dds)			UNICULTIVO (76 dds)		
Parcela	A.F. ⁽²⁾ (cm ²)	\bar{X}	Parcela	A.F. (cm ²)	\bar{X}	Parcela	A.F. (cm ²)	\bar{X}
4	8902.04	8861.9	5	7041.72	5875.1	3	3983.2	2837.2
4	8821.80		5	4708.68		3	1691.2	
8	9174.72	10343.3	9	4919.56	4575.3	10	6644.99	6039.6
8	11512.5		9	4234.1		10	5434.47	
15	12783.3	11419.7	13	7568.2	6420.1	12	3767.6	2902.9
15	10056.2		13	5272.05		12	2038.3	
19	10329.36	6088.0	20	346.56	8097.9	17	1732.8	2008.8
19	1846.8		20	849.36		17	2284.8	
21	12564.7	10990.1	24	392.8	7679.5	25	1865.9	1424.9
21	9415.5		24	966.2		25	984.0	

¹ Días después de la siembra

² No incluye la lámina foliar amarilla.

Cuadro 23. Valores máximos de área foliar (cm²) y medias por repetición para los tratamientos con maíz vc. V-524: asociado, intercalado y unicultivo (sitio 2)

No. de muestreo*	VALORES DE REGRESION		PESO SECO (g)				AREA FOLIAR (m ²)				
	r ²	m	b	asoc.	inter.	unic. 1	unic. 2	asoc.	interc.	unic. 1	unic. 2
1o.	0.9597	346.52	4.24	7.8	1.02	8.83	1.44	0.249	0.035	0.306	0.050
2o.	0.9516	471.31	13.38	5.77	1.0	8.37	3.04	0.273	0.1048	0.395	0.144
3o.	0.9214	209.16	18.36	12.93	0.4	11.93	1.04	0.272	0.009	0.251	0.023
4o.	0.9420	332.6	6.44	7.11	0.11	4.54	0.12	0.237	0.003	0.151	0.004
5o.	0.9439	174.76	8.57	1.23	-	1.72	-	0.022	-	0.030	-

* Ver muestreos pág. 38

Cuadro 24. Valores de regresión, peso seco (g) y área foliar (m²) para los tratamientos con frijol criollo: asociado, intercalado, unicultural 1 y unicultural 2 (Sitio 1).

No. de muestreo*	VALORES DE REGRESION			PESO SECO (g)				AREA FOLIAR (m ²)			
	r ²	m	b	asoc.	interc.	unic. 1	unic. 2	asoc.	interc.	unic. 1	unic. 2
1o.	0.8816	605.74	16.60	3.9	2.64	16.9	3.31	0.237	0.161	1.025	0.202
2o.	0.8846	453.31	13.08	3.34	2.6	13.58	2.95	0.152	0.119	0.616	0.135
3o.	0.8916	307.07	19.37	2.84	1.22	7.68	1.11	0.089	0.039	0.237	0.036
4o.	0.9382	223.25	10.64	2.64	2.14	1.07	3.06	1.81	0.048	0.069	0.041
5o.	0.9382	223.25	10.64	0.04	-	0.0	-	0.011	-	0.0	-

* Ver muestreos pág. 38

Cuadro 25. Valores de regresión, peso seco (g) y área foliar (m²) para los tratamientos con frijol vc. Flor de Mayo y vc. Jamapa: asociado, intercalado, unicultivo 1 y unicultivo 2. (sitio 2).

Tratamiento	Altura (m)						
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
Asociado	2.1 ⁽¹⁾	2.7	3.0	3.2	4.2	5.7	7.1
	33.6 ⁽²⁾	33.6	38.0	45.0	59.1	80.2	100.0
Intercalado	2.2	2.5	2.9	3.1	3.9	5.3	7.1
	30.9	35.2	40.8	43.6	54.9	74.6	100.0
Unicultivo	1.7	1.6	1.7	2.0	3.7	3.9	3.9
	45.2	45.9	45.9	48.6	54.0	72.9	100.0
Unicultivo 1	1.7	2.5	2.7	3.9	3.9	6.3	6.5
	26.9	39.6	42.8	50.7	61.9	76.1	100.0
	(0.0) ³	(0.1)	(0.2)	(0.3)	(0.4)		
Unicultivo 2	2.7	2.8	3.6	4.5	5.6		
	48.2	50.1	64.2	80.3	100.0		

(1) Valor TRL registrada con radiómetro

(2) Valor TRL (%)

(3) Alturas (m) para frijol arbustivo

Cuadro 26. Transmisión relativa de luz (TRL %) por tratamiento, medida a los 67 dds en un día nublado (sitio I)

Tratamiento	Altura (m)							
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
Asociado	0.2 ⁽¹⁾	0.3	0.4	0.5	0.8	1.4	1.8	--
	11.1 ⁽²⁾	16.6	22.2	27.7	44.4	77.7	100.0	
Intercalado	0.2	0.1	0.2	0.3	0.7	1.2	1.6	2.1
	4.7	4.7	9.5	14.2	33.3	57.1	76.1	100.0
Unicultivo	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7	1.1	1.4	1.7
	23.5	23.5	23.5	23.5	41.7	64.7	82.3	100.0
Unicultivo 1	0.6	1.1	1.2	1.7	2.0	2.5	2.8	--
	21.4	39.2	42.8	60.7	71.4	89.2	100.0	--
	(0.0) ⁽³⁾	(0.1)	(0.2)	(0.3)	(0.4)			
Unicultivo 2	0.5	0.5	1.1	1.5	1.7			
	29.4	29.4	64.3	82.2	100.			

(1) Valor de TRL registrado con radiómetro

(2) Valor de TRL(%)

(3) Alturas (m) para frijol arbustivo

Cuadro 27. Transmisión relativa de luz (TRL %) por tratamiento medida a los 66 días en un día nublado (sitio 2).

ANALISIS INICIAL

Trat.	Textura	pH	CIC	M.O.	N	P	Na	K	Ca	Mg
Asoc.	franca	5.04	50.03	12.36	0.620	8.41	0.293	1.76	6.27	1.17
Interc.	franca	4.75	52.83	17.33	0.690	5.80	0.697	1.68	5.15	1.00
Unic.	franca	4.92	49.36	11.96	0.590	4.59	0.423	1.02	3.51	0.719
Unic. 1	franca	5.06	45.66	11.85	0.689	6.33	0.223	1.59	7.60	1.25
Unic. 2	franca	4.96	51.46	12.90	0.742	5.74	0.253	1.38	5.60	0.965

ANALISIS FINAL

Asoc.	-	5.48	45.40	10.30	0.524	1.89	0.461	0.79	3.55	0.787
Interc.	-	5.16	43.20	10.0	0.520	N.D.*	0.456	0.63	2.51	0.528
Unic.	-	5.01	43.80	9.27	0.501	N.D.*	0.592	0.50	2.26	0.493
Unic. 1	-	5.27	44.15	10.70	0.542	N.D.*	0.461	0.792	4.29	0.697
Unic. 2	-	4.71	53.45	13.90	0.756	4.49	0.456	0.654	3.32	0.771

DETERMINACION	METODO
Textura (% de arcilla limo y arena)	Bouyoucos
pH (1: 2.5)	pH-metro
C.I.C. (meq/100 g)	Sat. con acetato de amonio
Materia orgánica (%)	Walkey-Black
Nitrógeno Kjeldahl (%)	Kjeldahl
Fósforo disponible (ppm)	Bray I (-3.5 ppm N.D.)
Cationes intercambiables Na, K, Mg y Ca (meq/100 g)	Absorción atómica
* N.D.- No detectable	

Cuadro 28. Resultados del análisis de suelos inicial y final y método empleado en cada determinación (sitio 1).

ANALISIS INICIAL

Trat.	Textura	pH	CIC	M.O.	N	P	Na	K	Ca	Mg
Asoc.	franca	5.44	35.03	7.43	0.414	137.3	0.431	1.448	6.21	0.880
Interc	franca	5.34	35.30	7.13	0.422	80.5	0.314	1.290	4.58	0.791
Unic.	franca	5.31	32.23	7.10	0.370	67.0	0.431	1.610	6.72	1.110
Unic.1	franca	5.40	38.56	7.02	0.389	138.1	0.286	1.340	5.69	0.861
Unic.2	franca	5.50	36.63	7.62	0.442	49.2	0.340	2.210	6.29	1.050

ANALISIS FINAL

Asoc.	-	5.04	43.05	6.58	0.352	90.0	0.521	0.440	3.94	0.591
Interc.	-	5.09	50.0	6.11	0.363	66.0	0.537	0.325	3.18	0.528
Unic.	-	5.55	46.65	6.46	0.380	48.9	0.494	0.810	4.97	1.006
Unic. 1	-	5.38	43.60	6.85	0.372	79.2	0.494	0.648	6.82	0.902
Unic. 2	-	5.27	42.30	6.35	0.396	101.4	0.505	0.875	3.83	0.814

DETERMINACION

Textura (5 de arcilla, limo y arena)
 pH (1:2.5)
 C.I.C. (meq/100 g)
 Materia orgánica (%)
 Nitrógeno Kjeldahl (%)
 Fósforo disponible (ppm)
 Cationes intercambiables Na, K, Mg y Ca (meq/100 g)

METODO

Bouyoucos
 pH-metro
 Sat. con acetato de amonio
 Walkley-Black
 Kjeldahl
 Bray I (1 de 3.5 ppm N.D.)
 Absorción atómica

Cuadro 29. Resultados del análisis de suelos inicial y final y método empleado en cada determinación (sitio 2).

DIFERENCIA EN HUMEDAD

Tratamiento	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Asociado	65.8	45.1	40.1	53.4	51.0	49.0
Intercalado	62.0	59.5	44.5	52.8	43.3	47.4
Unicultivo	58.6	55.1	40.3	53.3	49.2	48.1
Unicultivo 1	63.9	60.9	41.4	49.6	46.8	46.1
Unicultivo 2	55.2	56.2	43.6	45.0	45.5	42.7

PESO SECO (g)

Asociado	246.0	130.3	155.9	166.8	168.1	169.1
Intercalado	231.0	195.1	161.9	159.9	154.5	169.4
Unicultivo	226.6	199.6	151.9	173.4	169.7	172.7
Unicultivo 1	235.1	202.7	162.3	157.4	161.9	168.5
Unicultivo 2	232.0	190.8	167.3	169.4	160.9	158.4

 θ_w (%)

Asociado	26.7	34.6	25.7	32.0	30.3	28.9
Intercalado	26.8	30.4	27.4	33.0	31.2	28.3
Unicultivo	25.8	27.6	26.5	30.7	28.9	27.8
Unicultivo 1	27.1	20.0	25.5	31.5	28.9	27.3
Unicultivo 2	23.7	29.8	26.0	26.5	28.2	26.9

Cuadro 30. Diferencia en humedad, peso seco (g) y contenido relativo de agua en el suelo (θ_w %) por tratamiento de junio a noviembre de 1983 (sitio 1).

DIFERENCIA EN HUMEDAD

136

Tratamiento	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Asociado	45.3	31.6	47.9	64.5	55.3
Intercalado	75.2	52.0	42.6	66.3	57.8
Unicultivo	70.3	67.4	49.0	57.6	54.5
Unicultivo 1	63.2	59.9	49.6	57.6	54.5
Unicultivo 2	68.9	43.2	46.9	51.2	--

PESO SECO (g)

Asociado	211.5	162.9	190.4	208.0	195.2
Intercalado	268.2	223.9	193.5	226.8	183.1
Unicultivo	281.1	236.1	247.7	228.5	209.2
Unicultivo 1	247.6	233.4	192.7	192.5	197.4
Unicultivo 2	255.4	178.0	201.6	195.0	--

 θ_w (%)

Asociado	21.4	19.3	25.1	31.0	23.3
Intercalado	28.0	23.2	22.0	29.2	31.5
Unicultivo	25.0	28.5	19.7	28.4	29.1
Unicultivo 1	25.5	25.6	25.7	29.9	27.6
Unicultivo 2	26.9	24.2	23.2	26.2	---

Cuadro 31. Diferencia en humedad, peso seco (g) y contenido relativo de agua en el suelo (θ_w %) por tratamiento de junio a octubre de 1983 (sitio 2).

INSUMOS	F.asoc.	F interc.	F unic.1	F unic.2	M asoc.	M interc.	M. unic.	GEP*
Preparación del terreno (barbecho)	(hr) 189.3	189.3	189.3	189.3	189.3	189.3	189.3	189.3
Siembra	(hr) 40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5
Resiembra	(hr) 81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0
1o. deshierbe	(hr) 81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1	81.1
2o. deshierbe y aporque	(hr) 60.8	60.8	60.8	60.8	60.8	60.8	60.8	60.8
Dobla	(hr) -	-	-	-	-	-	-	-
Cosecha	(hr) 54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0
Desgranado	(hr) 54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0
Aplic. de cal	(hr) 10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
Espalderas	(kg) -	-	676.0	-	-	-	-	-
Semillas sembradas	(kg) 8.82	5.46	29.49	21.32	15.78	15.78	15.78	15.78
Rendimiento (ton/ha)	1.01	0.213	2.70	1.21	3.68	5.49	4.27	

* GEP.- Gasto energético probable, Ver Cuadro 33.

Cuadro 32. Insumos, prácticas agrícolas, rendimiento, tiempo invertido en horas (hr) y gasto energético probable de siembra para los sistemas de cultivo de maíz y frijol (sitio I).

INSUMOS	F asoc.				F interc.				F univ.				Gasto energético probable		
	asoc.	interc.	unic.	2 M	asoc.	interc.	unic.	2 M	asoc.	interc.	unic.	2 M	interc.	M	unic.
Preparación del terreno con tractor (hr)	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	59,712 Kcal/hr
Combustible (lt)	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.9	10,000	Kcal/lt
Siembra (hr)	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	218	Kcal/hr
Resiembra (hr)	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	7.8	218	Kcal/hr
1o. deshierbe (hr)	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7	338	Kcal/hr
2o. deshierbe y aporque (hr)	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	338	Kcal/hr
Dobla (hr)	-	-	-	-	-	-	-	-	47.3	47.3	47.3	47.3	47.3	338	Kcal/hr
Cosecha (hr)	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	338	Kcal/hr
Desgranado (hr)	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	200	Kcal/hr
Fumigación (hr)	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	218	Kcal/hr
Plaguicidas (Kg-lt)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	27,500	Kcal/kg
Col. espalderas (hr)	-	-	-	-	-	-	-	-	710.0	710.0	710.0	710.0	-	338	Kcal/hr
Semilla de siembra (kg)	11.9	10.1	14.1	30.7	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	33.8	F 3,396	Kcal/kg
Rendimiento (ton/ha)	0.65	0.58	5.09	3.27	10.45	8.59	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	M 3,480	Kcal/kg

Cuadro 33. Insumos, prácticas agrícolas, rendimiento, tiempo invertido en horas (hr) y gasto energético en 7 arreglos de siembra para los sistemas de cultivo de maíz y frijol (sitio 2).