

1. INTRODUCCION

Los sistemas de producción donde interviene más de una especie en siembra simultánea o en relevo, se han venido practicando en México desde épocas precortesianas y en la actualidad siguen siendo de gran importancia en la producción de alimentos, especialmente por los agricultores que poseen áreas agrícolas de tamaño pequeño (Lépiz, 1974).

Estos sistemas en general se identifican como de agricultura tradicional, basados en conocimientos empíricos acumulados por siglos, consistentes en una serie de prácticas y elementos culturales desarrollados a partir de una estrategia de productividad y no de alta producción, donde no siempre todo lo que se produce tiene un valor de cambio, sino que se generan valores de uso indispensable en la economía familiar (Ramos y Hernández X., 1977).

No obstante que en los últimos 50 años la producción se ha orientado hacia el desarrollo de una agricultura comercial, con una tendencia al desplazamiento violento de los sistemas tradicionales, actualmente ha surgido un reconocimiento del valor y contribución de la tecnología agrícola tradicional, pues se tiene conciencia de la necesidad de estudiar y entender nuestros sistemas autóctonos y valorarlos en toda su magnitud antes de cambiarlos por una agricultura de tipo moderno (Lépiz, 1978).

La asociación, intercalación e imbricación de frijol con otras especies, son un ejemplo clásico de los sistemas de producción tradicionales y se practican en México en alrededor de un millón de hectáreas, principalmente bajo condiciones de temporal*.

* En la época de verano con agua proveniente de las lluvias.

Los trabajos realizados sobre los sistemas que involucran frijol en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, se han enfocado en principio a evaluar su eficiencia productiva y económica y en seguida, a buscar el mejoramiento de tales sistemas de producción. La información recabada permite afirmar que estos sistemas son más eficientes en el aprovechamiento de los recursos del agricultor y de las variaciones del ambiente, en relación a las siembras solas de una u otra especie; en algunas áreas se han generado recomendaciones para la asociación maíz-frijol, para el frijol en relevo de maíz y para el sistema maíz-frijol intercalados, recomendaciones derivadas de los trabajos en variedades, densidades de población y dosis de fertilización, principalmente. A continuación se describen algunos resultados de la investigación sobre los sistemas de producción más comunes que involucran frijol.

2. SISTEMAS DE PRODUCCION DONDE INTERVIENE FRIJOL

En este apartado se hace una descripción de los sistemas de producción más comunes en México, donde interviene frijol. Estos están definidos por la estación de crecimiento, las condiciones ecológicas y los identificados como tradicionales; se localizan principalmente en el centro y sur del país donde existen asentamientos humanos con una influencia fuerte de las culturas precolombinas.

2.1. Frijol solo o en unicultivo

Se hace mención de este sistema, porque es la forma más común e importante de producción de frijol en México; se practica en más de un millón de hectáreas anuales, localizadas en la parte norte del país, principalmente en los estados de Zacatecas, Durango, Chihuahua, Tamaulipas, Sinaloa y Nayarit. El cultivo es de temporal (en su mayor parte) en verano, de humedad residual en otoño-invierno o de riego tanto en otoño-invierno como en primavera-verano.

* Grupos de 2 o más plantas de maíz por sitio de siembra.

Las regiones templadas o semicálidas con un período de lluvias y libre de heladas, no es mayor de cuatro meses. Las variedades de maíz utilizadas son de tipo intermedio a precoz, de porte bajo; la siembra de ambas especies es simultánea y el frijol se deposita generalmente sobre la hilera de siembra entre los espacios de las matas* de maíz. Las densidades de población del maíz varían entre 20 y 30 mil plantas por hectárea y del frijol de 30 a 60 mil.

Existen dos modalidades: la asociación de maíz con frijol semivoluble en las regiones de clima templado, donde el período de lluvias y libre de

Jalisco, Michoacán, México, Puebla, Chiapas y Yucatán.

buídas en la parte central y sur del país, principalmente en los estados de maíz-frijol se practica por lo menos en 600,000 hectáreas anuales, distribuido importante donde interviene frijol; se estima que actualmente la asociación Después del frijol en unicultivo, ésta es la forma de producción más

2.2. Asociación maíz-frijol

hasta 3 toneladas en Nayarit y Sinaloa.

tes e insecticidas. En este sistema se cosechan los rendimientos más altos, yor o menor grado de insumos modernos como semillas mejoradas, fertilizantes del suelo hasta la cosecha, se realizan con maquinaria y se hace uso en ma- Se caracteriza porque la mayor parte de las labores, desde la preparación tropicales o de tipo posturado y guía corta en la parte centro-norte del país. En este sistema se utilizan variedades de tipo arbusitivo en las áreas

heladas de 4 a 6 meses. Las variedades de maíz utilizadas por los productores son de porte y precocidad intermedios a tardíos y se asocian con variedades de frijol trepador. La siembra de las dos especies es simultánea y el frijol se deposita al pie del lugar de siembra del maíz o muy cerca de él. La densidad de población del maíz fluctúa alrededor de las 30 mil plantas por hectárea y la del frijol de 15 a 30 mil.

La asociación maíz-frijol, que se caracteriza por la siembra simultánea de las dos especies en el mismo surco, generalmente lleva mezclada también calabaza (Cucurbita sp.) a bajas densidades de población; y con menos frecuencias, otras especies como tomate de cáscara (Physalis sp.), chile (Cap-sicum sp.) y haba (Vicia faba), dependiendo de la región de que se trate. En este sistema generalmente se usan variedades regionales de maíz y frijol, se utilizan bajas densidades de población, se fertiliza al maíz y poco se controlan las plagas de frijol. Se practica por agricultores que tienen pocos recursos económicos, las labores de siembra y cultivo son con arado de tracción animal y la producción en su mayoría es para el autoconsumo.

En la Península de Yucatán, bajo el sistema roza-tumba-quema y en suelos pedregosos, se practica la asociación maíz-frijol ib (Phaseolus lunatus), con características específicas. La siembra es en mayo o junio, hay emergencia de plántulas de las dos especies, pero el frijol crece lentamente durante el desarrollo del maíz; cuando éste llega a madurez y el campesino practica la dobla*, el frijol inicia un desarrollo vigoroso, florece y produce; la sucesión fenológica de las especies reduce la competencia entre ambas. Todas las labores del sistema son manuales y la utilización de insumos modernos es mínima (Lépiz, 1982).

* Práctica de doblar la caña del maíz inmediatamente abajo de la mazorca, cuando ha llegado a la madurez fisiológica.

2.3. Intercalado de maíz-frijol arbustivo

Este sistema o patrón de cultivos consiste en sembrar dos o más surcos de maíz y a continuación dos o más surcos de frijol, es decir, surcos alternados de maíz y frijol. Se practican dos modalidades.

La primera consiste en sembrar las dos especies simultáneamente, como ocurre en las costas de Nayarit y Jalisco y en la Depresión Central de Chiapas.

La segunda modalidad y más importante, consiste en sembrar dos surcos de frijol intercalados entre dos surcos de maíz, cuando éste llega a madurez fisiológica y el productor practica la dobla y un deshierbe. El sistema se conoce como siembra de frijol en relevo de maíz o simplemente frijol de relevo y se practica ampliamente en Chiapas y Sur de Veracruz en las siembras de otoño-invierno.

En los lugares donde se siembra frijol de relevo ocurren lluvias en octubre y noviembre ocasionadas por perturbaciones atmosféricas denominadas "nortes" y si esto no ocurre, el productor escoge terrenos localizados en las vegas de los ríos que conservan por más tiempo la humedad. En este sistema de producción no hay interacción entre las especies sembradas y los rendimientos son similares a siembras en unicultivo, con la ventaja de producir dos cosechas en un período de 6 meses. El maíz y frijol se cosechan simultáneamente en diciembre.

2.4. Asociación de maíz-frijol arbustivo - frijol voluble

Económicamente este sistema no es importante; sin embargo, se describirá por los elementos de interés que reúne. Consiste en sembrar simultáneamente el maíz y el frijol sobre el mismo surco, sólo que la variedad de frijol arbustivo se siembra entre las matas de maíz y el frijol trepador al pie de éstas. El sistema existe en la Sierra Madre Oriental hacia la vertiente del

Golfo de México, en los estados de Puebla y Veracruz. La siembra se practica en abril o mayo y el frijol arbustivo y precoz desarrolla y produce antes del "cierre" del maíz; la variedad de frijol voluble, desarrolla y produce al final del ciclo del maíz.

3. RESULTADOS DE ALGUNOS TRABAJOS REALIZADOS

3.1. Eficiencia de los sistemas de producción

3.1.1. Asociación maíz-frijol

La investigación formal y continuada sobre la asociación maíz-frijol en el INIA, se inició en 1968; el primer objetivo fue definir la eficiencia de este sistema de producción. Con este fin en el Campo Agrícola Experimental "El Horno", ahora del Valle de México", se llevó a cabo un experimento por tres años; el resumen de los resultados se presenta en el Cuadro 1, donde se observa que: a) desde el punto de vista de uso de la tierra (ERT), la asociación maíz-frijol fue superior al maíz y al frijol sembrados solos;

Cuadro 1. Resultados de algunos tratamientos en el experimento de Asociación maíz-frijol en el Valle de México. INIA, 1969 y 1971.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO (kg/ha)		ERT	\$/ha
	MAIZ	FRIJOL		
Maíz (40,000 pl/ha)	2252 a	—	1.0	1426 b
Frijol (110,000 pl/ha)	—	1151 a	1.0	1300 b
Asociación (20M + 20F)+	1636 b	712 c	1.34	1943 a
Asociación (30M + 60F)+	1803 b	832 bc	1.52	2325 a
Asociación (30M + 90F)+	1574 b	953 b	1.52	2276 a
DMS 0.05	442	172		463

+ Miles de plantas por hectárea de maíz (M) y frijol (F).

- b) en ganancias económicas, la asociación fue superior a los unitarios; c) la asociación que practican los agricultores del Valle de México, es susceptible de mejorar.

Después de estos trabajos, en otros campos experimentales del INIA y en otras instituciones, se iniciaron investigaciones sobre este sistema de producción. Algunos de los resultados se presentan en el Cuadro 2; según se puede ver, dichos resultados son en el mismo sentido, apoyan las conclusiones antes mencionadas y demuestran definitivamente que el sistema tradicional de sembrar maíz y frijol asociados, es más eficiente que los unitarios en el aprovechamiento de la tierra, en la producción de alimentos y en asegurar un ingreso económico a los productores.

Los trabajos realizados por los investigadores que se citan en el Cuadro 2, se realizaron bajo temporal en áreas con una precipitación anual de 750 a 850 mm. Los resultados han sido diferentes cuando se ha sembrado la asociación en áreas con una precipitación menor, de alrededor de 450 mm anuales. En este último caso, el orden de los sistemas de producción según sus posibilidades de producción, es el siguiente: frijol, asociación maíz-frijol y finalmente maíz (Solórzano, 1977; Acosta 1980). Es decir bajo condiciones de escasa humedad, el maíz no completa satisfactoriamente su ciclo vegetativo y su producción tanto en la asociación como en unitario, es muy baja.

3.1.2. Maíz y frijol intercalados

Este patrón de cultivos se ha estudiado en el Centro de Veracruz, Depresión Central de Chiapas y Valle de México, sembrando simultáneamente ambas

especies y haciendo variar el número de surcos de maíz y frijol. En Chiapas, en verano y después de cinco ensayos realizados en 1979 y 1980, el orden de los sistemas de acuerdo con su valor económico y por el uso eficiente de la

Cuadro 2. Resumen de resultados obtenidos por diferentes investigadores en estudios de asociación maíz-frijol en temporal.

AUTOR	AÑO	LUGAR	TESTIGO (\$/ha)	MEJOR ASOC. (\$/ha)	DIFEREN- CIA	% 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	3,562	148
Ruiz B, A.	1972	Plan Puebla	3,053 (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

F = frijol en unicultivo

M = maíz en unicultivo

tierra, fue el siguiente: maíz y frijol intercalados, maíz solo y frijol solo.

En el Centro de Veracruz en el ciclo de otoño-invierno, el orden fue el siguiente: frijol solo, maíz-frijol intercalados y finalmente maíz; durante este ciclo, la humedad es insuficiente para una buena producción de maíz. En el ciclo de primavera y bajo condiciones de riego, los mejores sistemas en orden descendente fueron: asociación maíz-frijol con frijol intercalado, maíz y frijol intercalado, maíz solo y frijol solo.

De acuerdo con la información anterior, se puede señalar que cuando dispone de humedad suficiente para la buena producción del maíz, es preferible sembrar maíz y frijol asociados, después los sistemas intercalados; asociación maíz-frijol y frijol ó maíz y frijol y finalmente los unicultivos maíz y/o frijol; en las siembras de otoño-invierno, la mejor alternativa es frijol en unicultivo.

3.1.3. Maíz y frijol de relevo

Este sistema de producción que consiste en sembrar el frijol a la dobla del maíz, se ha estudiado en la Depresión Central de Chiapas. En todos los casos los cultivos compuestos muestran ser de mayor valor económico, registrando hasta 2.32 del índice Eficiencia Relativa de la Tierra (ERT). En el sur del estado de Veracruz los resultados han sido similares y la eficiencia del sistema se debe a la alta producción del maíz y del frijol en relevo, pues producen tanto como los unicultivos debido a la ausencia de competencia entre las dos especies en el patrón maíz y frijol de relevo.

3.2. Variedades de maíz y frijol.

Este aspecto se ha estudiado un poco más en el sistema maíz-frijol aso-

ciado y en menor grado en el patrón maíz y frijol de relevo. En la búsqueda de variedades de frijol y de maíz propias para la asociación, se ha tratado de identificar genotipos que tengan buen rendimiento en sí y que permitan la buena expresión de su asociado. Se ha observado en muchos de los casos que las variedades de frijol que fueron seleccionadas para las siembras en unicultivo, no producen bien cuando se les cultiva asociadas; este caso se ejemplifica en el Cuadro 3 donde se puede ver que al asociar diferentes variedades de frijol con una variedad de maíz, el frijol criollo regional fue superior a las variedades mejoradas como Jamapa y Flor de Mayo; lo mismo se observa en maíz. Las variedades criollas referidas se han sembrado tradicionalmente en asociación, y en consecuencia, muestran una buena adaptación al sistema.

Cuadro 3. Rendimiento de algunas variedades de frijol en Asociación con una variedad de maíz. Puebla 1973.

TRATAMIENTO MAIZ + FRIJOL	RENDIMIENTO (kg/ha)	
	MAIZ	FRIJOL
H-220 + Negro 66	1725	306
H-220 + Jamapa	1789	291
H-220 + V. Guerrero	1576	437
H-220 + F. de Mayo	2013	155
H-220 + Criollo	1409	1192

H-309 + Criollo	802	916
Cafime - Criollo	903	1176
H-230 + Criollo	997	1180
H-220 + Criollo	1361	1192
Criollo + Criollo	1409	834

CV (%)	29.01	20.60
DMS (0.05)	591	217

El resultado anterior y otros en el mismo sentido indican que para buscar variedades apropiadas para la asociación, inicialmente debe hacerse en los materiales criollos que se siembran en asociación. Siguiendo esta estrategia, en algunas regiones se han identificado las variedades que mejor prosperan en la asociación.

En el Cuadro 4 se muestra un ejemplo de los trabajos de selección de variedades de frijol para la asociación; en general, esto se ha hecho manteniendo constantes la variedad de maíz, la densidad de población, el manejo del cultivo y se han estratificado las variedades o materiales de frijol por hábito de crecimiento. En el mismo Cuadro 4 y de acuerdo con el parámetro ERT, existen buenas combinaciones, hay efecto de las variedades de frijol sobre el rendimiento del maíz y diferencia en rendimiento de los materiales de frijol.

En este mismo sistema se han estudiado en algunas áreas, los tipos de variedades de frijol que hacen una buena combinación con los diferentes tipos de las variedades de maíz. En el Valle de México es preferible sembrar variedades de frijol de hábito de crecimiento indeterminado y semivoluble, con variedades de maíz de porte y precocidad intermedios (Cuadro 5 y 6). En la región de los Altos de Jalisco, es mejor la combinación de variedades de frijol trepador con genotipos de maíz de porte precocidad intermedios (Cuadro 7).

Actualmente, además de seguir evaluando materiales regionales del Banco de Germoplasma del INIA o introducciones provenientes principalmente del Centro Internacional de Agricultura Tropical con sede en Colombia, se están haciendo cruzamientos y selecciones en poblaciones segregantes, teniendo en cuenta los tipos identificados como idóneos; esto se está practicando

Cuadro 4. Resultados de la evaluación de variedades de frijol en asociación con maíz. CAEVAMEX, 1978.

TRATAMIENTO		RENDIMIENTO (Kg/ha)		ERT
MAIZ	FRIJOL	MAIZ	FRIJOL	
H-32	+ Negro Puebla	2,103	1,226	1.4
M.Criollo	+ Negro Puebla	2,448	1,002	1.4
H-32	+ Pue. 337	2,190	1,050	1.4
"	+ Pue. 509	2,121	1,039	1.3
"	+ Pue. 515	2,292	936	1.3
"	+ Negro 150	2,117	1,033	1.3
"	+ Pue. 517	2,232	963	1.3
"	+ Amarillo 153	2,221	905	1.3
"	+ Pue. 459	2,227	886	1.3
"	+ Negro 66	1,908	1,070	1.3
"	+ Amarillo 154	2,216	843	1.2
"	+ Valsequillo	2,138	841	1.2
"	+ Pue. 192	2,078	869	1.2
"	+ Pue. 276	2,166	808	1.2
"	+ Pue. 471	2,320	706	1.2
"	+ Pinto 162	2,056	836	1.1
"	+ Pue. 458	2,136	714	1.1
"	+ Tlax. 69-4	2,080	719	1.1
"	+ Pinto Nacional	2,188	632	1.1
"	+ Bayo 158	2,261	544	1.0
"	+ Pue. 182-1	2,277	492	1.0
M.Criollo	+ F. Criollo	1,963	662	1.0
---	Negro Puebla	---	1,704	1.0
H-30	---	2,940		1.0
Media General		2,027	860	1.20
Coeficiente de Variación		13.35%	20.78%	11.23
Tukey 0.05		738	478	0.18(DMS)

Z-58 = precoz
 C-107 = arbustivo y precoz
 H-28 = intermedio
 N-150 = semivoluble, intermedio
 H-129 = alto y tardío
 M-150 = voluble y tardío

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO	Kg/ha	DUNCAN
C-107	1,721	a	
Z-58 + C-107	915	b	
H-28 + C-107	848	b	
H-129 + C-107	643	b	
Z-58 + N-150	1,846	a	
N-150	1,735	a	
H-28 + N-150	1,437	a b	
H-129 + N-150	1,039	b	
H-28 + M-150	1,593	a	
Z-58 + M-150	1,221	a	
H-129 + M-150	663	b	
M-150	600	b	
			0.05
C V	29,45%		
M G	1,188 kg/ha		

Cuadro 5. Rendimientos de las variedades de frijol en el experimento de tipos de variedades en asociación. Lépez, 1978.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO	kg/ha	DUNCAN
Z-58 = precoz	6,995	a	0.05
Z-58 + N-150	4,025	b	
Z-58 + C-107	3,868	b	
Z-58 + M-150	2,250	c	
H-28	8,285	a	
H-28 + C-107	6,083	b	
H-28 + N-150	5,863	b	
H-28 + M-150	4,240	c	
H-129	7,611	a	
H-129 + N-150	6,391	b	
H-129 + C-107	6,312	b	
H-129 + M-150	5,591	b	
C-107 = arbustivo y precoz			
N-150 = semivoluble, intermedio			
M-150 = voluble y tardío			
C V 14.41%			
M G 5,626 kg/ha			

Cuadro 6. Rendimientos de las variedades de maíz en el experimento de tipos de variedades en asociación. Lépez, 1978.

VARIEDAD	HABITO	ALTURA (cm)	DIAS A FLOR	MAD.	ROYA	REAC.	COLOR	REND. (kg/ha)
JAL. 131	3	94	50	117	1	1	NEGRO	612*
JAL. 59-B	4	94	51	120	3	3	CREMA	954
JAL. 31-1	4	111	43	119	3	3	AMARILLO	1118
JAL. 161	5	136	53	119	3	3	BAYO	949
JAL. 8-A	5	214	71	132	2	2	ROSADO	1087**
JAL. 59-C	5	179	39	127	3	3	CREMA	928
JAL. 167	5	200	55	123	3	3	BAYO	882
JAL. 51	3	63	51	119	1	1	NEGRO	454*
ROSA DE C.	5	205	69	124	2	2	PINTO	675**
ALUBIA CHICO	4	135	52	121	2	2	BLANCO	1002**
JACALERO	4	125	55	124	3	3	CAFE	802
FRIJOLA	5	184	71	132	2	2	CREMA	802**
GUERO 2	5	137	54	119	2	2	BLANCO	1224**
G. VERDE	5	186	61	128	2	2	BAYO	1084**
GARBANZA V.	1	41	39	120	1	1	BAYO	506
JAPONES B.	3	85	46	119	1	1	PINTO	569
P-260	4	77	54	118	1	1	CREMA	802**
P-523	4	92	44	120	1	1	TINTO	570
P-672	4	112	48	122	1	1	NEGRO	897**
CACAHUATE C.	5	196	64	122	3	3	ROSADO	1234
GARBANCILLO 135	5	219	77	134	2	2	BLANCO	781

* Materiales resistentes a roya

** Materiales resistentes a roya y de mayor rendimiento que el testigo Gar-bancillo Zarco.

principalmente en Los altos de Jalisco, región donde se siembran anualmente alrededor de 190 mil hectáreas de maíz-frijol enredador.

En el estado de Chiapas y con el fin de seleccionar variedades de frijol propias para la siembra en relevo de maíz y conocer el posible efecto de las variedades de maíz sobre el rendimiento del frijol, en 1979 se evaluaron 33 materiales de frijol en relevo de maíz y la variedad Jamapa en relevo de tres genotipos de maíz. Los resultados fueron los siguientes: a) no hubo diferencia entre las variedades de frijol, habiendo rendimientos hasta de 1,380 kg/ha; b) no hubo efecto de las variedades de maíz sobre el rendimiento de Jamapa; c) no hubo diferencia entre variedades arbustivas y semivolubles de frijol.

3.3. Densidades de población y fertilización

Este aspecto es uno de los que más se ha estudiado en los diferentes sistemas de producción, inclusive en otros que aquí no se mencionan dada su escasa importancia. La razón de esto estriba en que en los estudios previos se ha encontrado, por lo general, que los productores que practican estos sistemas utilizan bajas densidades y bajos niveles de fertilización; en consecuencia, un objetivo ha sido el de buscar el incremento en la productividad e ingresos económicos, a través del empleo de densidades y dosis de fertilización óptimas.

A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos por investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en las diferentes regiones donde los sistemas son importantes.

En México, los trabajos de investigación en sistemas de producción que involucran frijol, se iniciaron en la asociación maíz-frijol. Algunos de los resultados iniciales, se muestran en el Cuadro 8, con base a trabajos realizados en el Valle de México, tanto en temporal, como bajo condiciones de riego. Hubo respuesta del frijol y maíz a los factores estudiados y el comportamiento fue similar tanto en riego como en temporal; los resultados se pueden resumir como sigue: a) el frijol responde negativamente al incremento de las densidades de población del maíz; b) el frijol responde positivamente al incremento de sus propias densidades; c) el frijol muestra respuesta a la fertilización; d) el maíz responde positivamente al incremento de sus densidades; e) el maíz abate su rendimiento al incrementar las densidades del frijol; el maíz muestra respuesta positiva a la fertilización.

Los resultados anteriores han sido corroborados por otros investigadores en la Mesa Central y con el mismo tipo de materiales genéticos. Es decir, con variedades de frijol de tipo semivivible y de maíz de porte y precocidad intermedios. Las densidades óptimas para maíz y frijol son muy similares en las diferentes regiones de la Mesa Central; el maíz debe sembrarse a una densidad de 30 a 40 mil plantas por hectárea y el frijol entre 60 y 90 mil. En relación a la fertilización y para condiciones de temporal, es alrededor de 80-40-0; no se ha encontrado respuesta a la fertilización con potasio.

En la región de Los Altos de Jalisco en donde se siembran anualmente 90,000 hectáreas de maíz asociado con frijol enredador, la respuesta de ambas especies es similar a lo descrito para el Valle de México; sin embargo, la densidad de población para frijol es muy diferente. Para optimizar los rendimientos en esa zona, el maíz y el frijol deben sembrarse con una densidad

Cuadro 8. Efectos principales en los rendimientos (Kg/ha) de frijol y maíz en ensayos de densidades y fertilizantes en asociación en Chapingo. Lépiz, 1974.

TRATAMIENTO	T E M P O R A L		R I E G O	
	FRIJOL	MAIZ	FRIJOL	MAIZ
DM 20 mil plantas/ha	920**	1447**	1812	3774**
30 mil	904	1721	1514	4808
40 mil	734	1854	1323	5511
DF 50 mil	710**	1897**	1451**	4925**
80 mil	856	1621	1581	4635
110 mil	991	1503	1622	4535
FER 0- 0-0	797*	1508**	1455**	4448**
80-40-0	865	1476	1504	4604
120-80-0	958	1870	1591	4861
160-80-0	791	1844	1656	4877
CV (%)	29.52	30.96	17.87	11.14
Media (Kg/ha)	853	1674	1551	4714

DM = Densidad de maíz
 DF = Densidad de frijol
 FER = Niveles de fertilización

*,**: Diferencias significativas y altamente significativas, respectivamente.

Los resultados de estos ensayos en Chiapas, se resumen como sigue: a) no hubo reducción en la producción del maíz en los intercalamientos; b) el frijol redujo sus rendimientos en los intercalamientos; c) en el Centro de Chiapas hubo respuesta positiva del sistema a la fertilización nitrogenada y densidad de población, no así en la Meseta Comiteca.

Los aspectos de fertilización y densidades de población en este sistema o patrón de cultivo, se han estudiado en Chiapas y Veracruz. En Chiapas en los años de 1979 y 1980, se llevaron a cabo 4 experimentos en la Meseta Comiteca y uno en la Depresión Central, todos en verano. Se estudiaron niveles de nitrógeno (40, 70, 100 y 130 kg/ha) y fósforo (0, 30, 60 y 90 kg/ha), densidades de población de frijol (50, 75, 100 y 125 mil pl/ha) y densidades de maíz (40 y 55 mil pl/ha). La siembra del maíz y frijol fue simultánea y el fertilizante se aplicó en forma fraccionada; el patrón en los intercalamientos fue de un surco de maíz y uno de frijol.

3.3.2. Maíz y frijol intercalados

En la Depresión Central de Chiapas en verano y asociando frijol jamapa de hábito arbustivo con maíz criollo, en un experimento repetido por tres años, se encontró respuesta del maíz y frijol a los factores estudiados: densidad de maíz, densidad de frijol y fertilización. La mayor producción de ambas especies, la mayor eficiencia relativa de la tierra y las mayores ganancias, se obtuvieron con poblaciones de 30 a 40 mil pl/ha de maíz asociadas con 70 a 100 mil plantas de frijol y con el tratamiento de fertilización 120-80-0.

En la interacción nitrógeno-fósforo, de ambas especies a la interacción nitrógeno-fósforo. En Los Altos de Jalisco y en suelos luviales férricos, existe una respuesta marcada de 30 a 35 mil pl/ha y deben fertilizarse con las dosis 80-60-0. En Los

En la región de Los Tuxtlas, en el Sur de Veracruz, los trabajos de den-

como en unicultivo.

pues tanto el maíz como el frijol en el sistema de relevo, produjeron tanto los cultivos compuestos mostraron una alta eficiencia en el uso de la tierra, hubo respuesta del maíz a las densidades de población; d) en todos los casos, tró respuesta únicamente a la densidad; c) en terrenos aluviales, únicamente a la aplicación de nitrógeno; b) en terrenos de ladera, el frijol mostró que: a) en terrenos de ladera, el maíz respondió a las densidades de población de frijol, niveles de nitrógeno y niveles de fósforo. Los resultados indican estudiado el efecto de los factores densidad de población de maíz, densidad bajos se han realizado en terrazas aluviales y en terrenos de ladera y se ha el uso de fertilizantes y la densidad de población en este sistema. Los trabajos en Chiapas se han realizado varios experimentos con el fin de optimizar

3.3.3. Maíz y frijol de relevo

los rendimientos.

y dos surcos de maíz y dos de frijol. La fertilización no tuvo efecto sobre intercalados con dos surcos de asociación; un surco de maíz y uno de frijol condiciones de riego, los mejores tratamientos fueron: tres surcos de frijol por los bajos rendimientos del maíz; d) en el ciclo de primavera y bajo número de surcos del mismo en los intercalamientos; lo mismo es cierto para acción a los unicultivos; b) el rendimiento de maíz aumentó al aumentar el número de surcos de asociación en la asociación o en los intercalamientos, en relación a la fertilización. La información indica que: a) el maíz y el frijol en el número de surcos de maíz, de frijol y de asociación maíz-frijol, así como en el Centro de Veracruz se realizaron 6 experimentos haciendo variar

sidades y fertilizantes han mostrado que el frijol en relevo muestra respuesta a estos factores, debiéndose sembrar de 200 a 300 mil pl/ha y con una fertilización de 40 kg de nitrógeno y 40 de fósforo.

3.4. Arreglos topológicos

Esta combinación de términos se refiere a la distribución espacial de las plantas de maíz y frijol en los diferentes patrones de cultivo. Los trabajos de investigación en este aspecto se han enfocado a comprobar la eficiencia de los arreglos tradicionales y a evaluar algunas modificaciones a los mismos. A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos hasta ahora en los diferentes sistemas de producción.

3.4.1. Asociación maíz-frijol

Cuando en la asociación maíz-frijol se utilizan variedades de frijol arbustivas o semivolubles, que no requieren del tallo de maíz para trepar y producir, el maíz debe sembrarse agrupando las plantas en sitios o golpes (matas) de 3 ó 4 individuos cada uno; el frijol debe sembrarse distribuido en el espacio que queda entre mata y mata de maíz. Esta distribución permite disponer de una mayor cantidad de luz en los espacios donde se siembra el frijol y éste incrementa sus rendimientos, sin decremento significativo en la producción de maíz por el agrupamiento de éste en matas (Cuadro 9).

Cuando en la asociación maíz-frijol se utiliza variedades volubles o trepadoras como es el caso de las siembras en Los Altos de Jalisco, los resultados han indicado que el maíz y el frijol deben sembrarse en matas de una planta de maíz y una de frijol o dos de maíz y dos de frijol, depositando el frijol cerca del maíz. Esta práctica ayuda a reducir el acame (volcamiento) del maíz por el peso del frijol. Esta recomendación que se hace a los productores, fue el resultado de experimentos realizados por tres años

Cuadro 9. Rendimientos medios de grano del frijol en los experimentos 1 y 2 de topología. Lépez, 1978.

No. DE TRATAM.	TRATAMIENTO	R E N D I M I E N T O (kg/ha)		
		1(1976)	2(1977)	Media
1	1 M c/40 cm + F	1753 a	2828 b	2290 a
2	2 M c/80 cm + F	1773 a	3136 b	2455 a
3	3 M c/120 cm + F	1711 a	3262 b	2487 a
4	4 M c/160 cm + F	1880 a	3395 b	2633 a
5	5 M c/200 cm + F	1904 a	3648 b	2776 a
11(7)	F (frijol solo)	1805 a	4767 a	3286 a
M G		1804	3504	2659
C V (%)		16.56	13,58	23.00
D M S 0.01		623	994	1221

M = Maíz

F = Frijol

consecutivos en el Campo Experimental Altos de Jalisco.

3.4.2. Maíz y frijol intercalados

En el Centro de Chiapas se han estudiado diferentes arreglos topológicos en este patrón de cultivos con el fin de seleccionar y recomendar al productor lo más eficientes en la producción. Los resultados indican que: a) se obtienen ingresos similares al sembrar simultáneamente el maíz y el frijol, que al sembrar el maíz 15 días después; b) los mejores arreglos topológicos fueron un surco de asociación maíz-frijol intercalado con un surco de frijol (1MF + 1F) y dos surcos de asociación maíz-frijol intercalados con dos surcos de frijol (2MF + 2F). Estos arreglos produjeron más que los unicultivos.

En experimentos similares realizados en Veracruz se ha encontrado que en el ciclo otoño-invierno, es mejor sembrar frijol solo que maíz y frijol intercalado; el maíz durante este período, no completa su ciclo vegetativo en forma satisfactoria por falta de humedad. En primavera y bajo riego, los mejores arreglos son los siguientes: dos surcos de maíz y frijol asociados, intercalados con 3 surcos de frijol; un surco de maíz y uno de frijol y el intercalamiento de dos surcos de maíz con dos surcos de frijol.

3.4.3. Maíz y frijol de relevo

En este sistema donde el frijol se siembra a doble hilera entre surco y surco de maíz a la dobla del mismo, se ha tratado de encontrar la mejor distancia entre los surcos gemelos de frijol y entre las matas (más de una planta por sitio) del mismo, así como del mejor número de plantas por sitio de siembra. Los resultados, sin ser concluyentes, indican una tendencia de mayor rendimiento sembrando las hileras de frijol a 50 cm de separación, en matas de 2 a 4 plantas a una distancia de 20 cm.

3.5. Control de malezas

El combate integral de las malas hierbas incluyendo uso de herbicidas, se ha estudiado en Los Altos de Jalisco. En esta región se ha encontrado que la población de malezas fluctúa entre 2.5 y 2.8 millones/ha, que pueden reducir la producción del sistema hasta en 40% y que su presencia es más nociva durante los primeros 40 días del cultivo. El combate mecánico requiere de dos pasos de cultivadora, complementados cada uno con un deshierbe manual; el primer cultivo y deshierbe manual debe practicarse entre los 15 y 20 días después de la emergencia y el segundo entre los 30 y 35 días. En ocasiones se hace necesario dar un tercer deshierbe manual, al inicio de la floración del maíz; esto se hace cortando la maleza de hoja ancha y facilita la labor de la cosecha.

El combate de maleza puede hacerse también con herbicidas aplicados de preemergencia, en banda o en aplicación total. Los tratamientos que han ofrecido un mayor espectro de control y baja toxicidad, son las mezclas a base de Herbilaz + Bladex, Dual + Gesagard y Prowl + Afalón, a dosis de 2 litros para el primero más 0.750 g para el segundo, ambos para aplicación total en una hectárea. El tratamiento debe completarse con un paso de cultivadora entre los 30 y 35 días después de la emergencia.

Con la aplicación de las mezclas señaladas se ha observado un decremento en los rendimientos de alrededor de 6% en ambas especies en relación al deshierbe mecánico; sin embargo, el decremento no es significativo y el productor se ahorra un paso de cultivadora y un deshierbe manual, lo cual se traduce en mayores ingresos económicos utilizando el control integrado.

En la región del Valle de México el Programa de Frijol del INIA, desde que inició los trabajos de investigación en la asociación maíz-frijol en 1968

para el control de maleza, ha utilizado con éxito la aplicación del herbicida denominado Dinitro Preemerge a razón de 4 litros por hectárea en aplicación total o 2 lt/ha en aplicación en banda; en ambos casos se requiere un paso de cultivadora a los 30 o 35 días después de la emergencia. Este producto es tóxico para el hombre, por lo cual debe manejarse con mucho cuidado.

3.6. Efectos de competencia

Los efectos de competencia medidos por los decrementos de los rendimientos en las especies asociadas en relación a las siembras solas, se hicieron notar desde los inicios de la investigación de este sistema de producción. Lépiz (1974) después de los primeros trabajos señaló que: a) en general, los rendimientos unitarios del frijol y del maíz en la asociación, son menores a los obtenidos en las siembras solas; b) en la asociación, al aumentar las densidades de población del maíz, se reducen los rendimientos de frijol y viceversa.

Otros investigadores han llegado a conclusiones similares; Francis et al. (1976) en Colombia mencionan que el frijol arbustivo redujo sus rendimientos en 52 y 63% al asociarse con maíz normal y enano, respectivamente. También mencionan que el frijol voluble redujo sus rendimientos en 80 y 90% al crecer con maíz normal y enano, respectivamente, en comparación con el unicultivo en espaldera y a la misma densidad. Ramos et al. (1975-76) en Puebla, informan que las variedades de frijol trepador afectan al maíz en 7% más que a las variedades semivolubles.

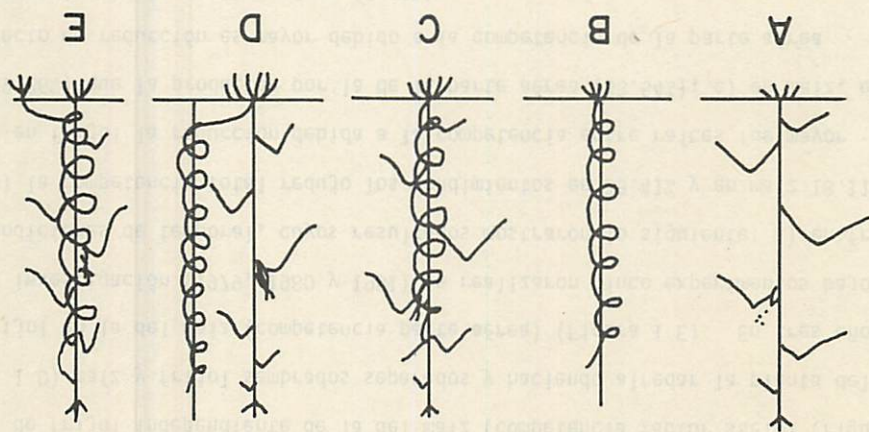
En general, los investigadores que han trabajado con asociaciones, señalan que entre las especies que se cultivan en asociación se establece una competencia por humedad, nutrimentos y por el factor luz. Al estudiar los

efectos de competencia de luz, se concluyó que: a) bajo condiciones de buena humedad y adecuada disponibilidad de elementos nutrimentales en el suelo, el factor que limita la producción de maíz y frijol asociados, es la disponibilidad de luz; b) existen combinaciones de variedades de maíz y frijol, así como arreglos topológicos, que reducen la competencia por luz y hacen un uso más eficiente de la energía solar; c) en frijol existe una etapa crítica por falta de luz y en maíz, el efecto de falta de luz es gradual (Lépez, 1978).

Por otra parte, el autor ha estudiado el grado de competencia entre las variedades de maíz y frijol más comunes que se siembran en la región de Los Altos de Jalisco. En la investigación realizada en 1979 y 1980, se utilizaron dos variedades de maíz: VS-201 de porte bajo y precoz y Amarillo Zamorano, de porte alto y tardío y dos variedades de frijol: Texano, semivoluble y precoz y Garbancillo Zarco, voluble y tardío. Se estudiaron las 4 combinaciones posibles a la densidad de 30,000 pl/ha para ambas especies, además de los unicultivos a 30,000 y 60,000 pl/ha.

Los resultados de este estudio, señalan que: a) el frijol Texano semivoluble, redujo sus rendimientos 8.26 y 35.93% al asociarse con maíz VS-201 precoz y A. Zamorano tardío, respectivamente; b) el frijol Garbancillo Zarco voluble, redujo sus rendimientos en 40.42 y 32.52% al asociarse con el maíz precoz y tardío, respectivamente; c) el maíz VS-201 precoz, abatió sus rendimientos en 18.81 y 20.07% al asociarse con frijol semivoluble y voluble, respectivamente; d) el maíz A. Zamorano, tardío, redujo su producción en 9.76 y 30.50% al asociarse con frijol semivoluble y voluble, respectivamente. En este estudio, la variedad de frijol Garbancillo Zarco, trepador, redujo sus rendimientos en 40.42% al sembrarse con la variedad de maíz VS-201 precoz y de bajo porte, porque esta variedad de maíz no soportó el peso del frijol y se volcó.

FIGURA I. TRATAMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE COMPETENCIA EN ASOCIACION, MAIZ FRÍJOL



En la misma región de Los Altos de Jalisco, la asociación maíz-frijol se estudió respecto al efecto de competencia debido al crecimiento de las raíces y de la parte aérea entre plantas de las dos especies. Para el estudio se diseñaron cinco tratamientos: frijol sembrado solo (ausencia de competencia en frijol) (Figura 1 B) maíz solo (ausencia de competencia en maíz) (Figura 1 A) maíz y frijol asociados (competencia total en ambas especies) (Figura 1 C) maíz y frijol sembrados juntos, pero haciendo crecer a la planta de frijol independiente de la del maíz (competencia factor suelo) (Figura 1 D) maíz y frijol sembrados separados y haciendo alrededor la planta del frijol en la del maíz (competencia parte aérea) (Figura 1 E). En tres años de investigación (1979, 1980 y 1981) se realizaron cinco experimentos bajo condiciones de temporal, cuyos resultados mostraron lo siguiente: a) en frijol la competencia total redujo los rendimientos en 33.41% y en maíz 18.11%; b) en frijol la reducción debida a la competencia entre raíces fue mayor (39.86%) que la producida por la de la parte aérea (33.54%); c) en maíz, el efecto de reducción es mayor debido a la competencia de la parte aérea (11.80%), que la de las raíces (5.00%).

4. LITERATURA CITADA

- Acosta G. J. y I. Sánchez V. 1982. Asociación e intercalamiento de maíz y frijol bajo temporal en Durango. Agricultura Técnica en México. Vol. 8 (No. 1) p. 65-75.
- Francis, C.A., C.A. Flor y S.R. Temple. 1976. Adapting varieties for intercropping systems in the tropics. In Multiple Cropping. Papendick, R.I., P.A. Sánchez y G.B. Triplett (Eds.). American Society of Agronomy. Special Publication No. 27. Madison, Wisconsin, 378 p.

- Lépiz I., R. 1974. Asociación de cultivos maíz-frijol. Folleto Técnico No. 8. INIA, SARH, México. 46 p.
- Lépiz I., R. 1978. La asociación maíz-frijol y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis Doctoral, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 304 p.
- Lépiz I., R. 1982. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo del frijol. Publicación Especial No. 82. INIA, SARH, México. 68 p.
- Núñez G., S. 1981. Patrones de cultivo importantes en los sistemas de producción de frijol. Reunión Nacional de Evaluación y Enfoques de la Investigación en Frijol. INIA, SARH, México. (Inédito).
- Núñez G., S. y N. Carrizales M. 1982. Arreglos topológicos en el patrón de cultivo único compuesto de frijol en hileras alternas con intercalado e imbricación de maíz en hileras alternas. IX Congreso de la SOMEFI. Saltillo, Coah.
- Ramos R., A., E. Hernández X., J. Kohashi S. 1975-1976. Estudio de la tecnología Agrícola tradicional en la Sierra de Puebla. I. Asociación maíz-frijol. En avances en la enseñanza y la investigación. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p. 11-13.
- Ramos R., A. y E. Hernández X. 1977. Reflexiones sobre el concepto de Agroecosistema. En Agroecosistemas de México: contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola. E. Hernández X. (Ed.) C.P., Chapingo, Méx. p. 531-538.
- Solorzano V., E. 1977. Estudio del cultivo asociación maíz-frijol bajo condiciones de temporal en El Llano, Ags. Tesis Profesional, ENA, Chapingo, Méx. 62 p.