

CIAT



CENTRO DE DOCUMENTACION

COMPETENCIA EN LOS SISTEMAS DE CULTIVOS ASOCIADOS DE MAIZ-FRIJOL¹

Douglas R. Laing²

Contenido

Introducción

Sistemas asociados maíz:fríjol

Sistemas de relevo maíz:fríjol

Sistemas de monocultivo

Interacción del genotipo de maíz por sistema

Efecto del tipo de maíz sobre el rendimiento
del fríjol

Estudio fisiológico en la asociación maíz-fríjol

Discusión

Bibliografía

Agradecimientos

¹ Documento presentado en la VIII Reunión de Maiceros de la Zona Andina y I Reunión Latinoamericana de Maíz. Lima, Perú Mayo 18-28 de 1.978

² Fisiólogo, Programa de Sistemas de Producción de Fríjol
Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT.

Cali - Colombia

COMPETENCIA EN LOS SISTEMAS DE CULTIVOS ASOCIADOS DE MAÍZ-FRIJOL¹

Douglas R. Laing²

Introducción

El frijol (Phaseolus vulgaris L.) y el maíz (Zea mays L.) se producen en una amplia gama de sistemas de cultivos en América Latina. Estos sistemas se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Maíz y frijol en asociación directa con fechas de siembra relativamente similares y donde la competencia interespecífica influye en mayor o menor grado sobre el rendimiento relativo.
2. Maíz y frijol en sistemas de relevo en los cuales las fechas de siembra no son similares, pero comunmente se presenta algún traslape de los dos cultivos en el tiempo.
3. Maíz y frijol producidos bajo condiciones de monocultivo, pero la fecha de siembra de una de las especies se ve afectada por la madurez relativa de la otra especie en el sistema.
4. Maíz y frijol en sistemas de monocultivo en las cuales las dos especies son independientes entre sí con respecto al espacio y al tiempo.

No se dispone de estadísticas sobre la importancia relativa de estos sistemas de cultivo en los diversos países de la región. Las observaciones en la mayoría de los países indican que, la mayor parte de la producción de ambos cultivos en la región, proviene de uno de los tres primeros sistemas considerados en la clasificación anterior es decir, sistemas en los

¹ Documento presentado en la VIII Reunión de Maiceros de la Zona Andina y I Reunión Latinoamericana de Maíz. Lima, Perú Mayo 18-28 de 1.978

² Fisiólogo, Programa de Sistemas de Producción de Frijol Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT Cali, Col.

cuales la producción relativa de cada cultivo depende del otro. Esta conclusión apoya el concepto el cual indica que los objetivos de los programas de mejoramiento del cultivo de cualquiera de las especies debe tener en cuenta los requerimientos del sistema de cultivo como un todo, en vez de los requerimientos específicos de cada especie aislada.

Sistemas asociados maíz:fríjol

El maíz y frijol trepador (Tipo IV, sistema del CIAT para clasificar el hábito de crecimiento del frijol) se cultivan en asociación directa en países tales como México, Guatemala, Colombia, Ecuador y Perú. La producción en este sistema se concentra en los valles y altiplanos de tierras altas en la Sierra Madre y en la Cordillera Andina. La siembra de frijoles trepadores con maíz a nivel comercial en las altitudes bajas e intermedias, es limitada. El maíz y frijol arbustivo (Tipo I, II, y III) se cultivan en asociación directa en países tales como Colombia, Brasil, México y Guatemala. Las diferencias en altitud no son tan marcadas, pero aparentemente hay mayor tendencia a su producción en las altitudes intermedias.

Sistemas de relevo maíz:fríjol

Los sistemas de relevo que incluyen al maíz y al frijol, se utilizan ampliamente en América Latina. Un ejemplo clásico es el sistema de relevo utilizado en América Central en el cual inicialmente se siembra el maíz (Mayo-Junio) seguido por el frijol intercalado, en Agosto-Septiembre. Este sistema es común en América Central y también es un componente muy importante de la producción en Brasil y Colombia. Otro sistema de relevo que también es común en Brasil incluye la siembra del frijol en Agosto-Septiembre seguido por el maíz el cual se siembra cuando el frijol se encuentra en la etapa de formación de vainas. El primer cultivo de frijol se cosecha y el segundo cultivo de frijol se intercala bajo los tallos maduros del maíz. Es poco utilizado

el sistema de relevo en el cual se utiliza frijol muy trepador en los tallos casi maduros del maíz, como por ejemplo en Antioquia, Colombia.

Sistema de monocultivo

En algunas regiones, el frijol y el maíz se siembran solamente en monocultivo, pero el factor tiempo determina que la fecha de siembra del segundo cultivo (generalmente frijol) dependa de la madurez del primero. Este sistema se utiliza en algunas áreas de America Central, tales como en las áreas de altiplano del sur en la región central de Honduras.

En este documento se discutirán los sistemas de asociación directa puesto que la investigación realizada en el CIAT se concentra en este sistema. La utilización de asociaciones directas es bastante común en la región andina. El tema de mayor interés en esta conferencia de maíz probablemente gira alrededor del mejoramiento del cultivo del maíz para su utilización en sistema de maíz-frijol, en vez de sistemas de monocultivo. Por esta razón, este documento se concentra principalmente en los tipos de maíz en el sistema.

Francis et al (véase la lista de referencias) publicaron una serie de informes en los cuales se resume la investigación sobre sistemas de maíz-frijol realizado en el CIAT hasta 1977. Uno de los aspectos importantes tratado en dos de estos informes (Francis et al (5,8)) fué la posibilidad de la interacción entre la variedad de frijol y los sistemas de cultivo con relación al mejoramiento del frijol. Se concluyó que existen correlaciones entre el comportamiento relativo de genotipos de frijol en cultivos puros y en sistemas de asociación directa con maíz. Estos hallazgos preliminares requieren mayor comprobación en diferentes ambientes y con un mayor número de genotipos de maíz y frijol. La simplificación de los procedimientos de mejoramiento genético para el frijol, al menos en las primeras generaciones, es un fac-

tor importante el cual se deduce de estas conclusiones. Esta situación también es discutible para el caso del maíz.

Interacciones del genotipo de maíz por sistema

Los resultados obtenidos en dos experimentos realizados en el CIAT, Palmira, pueden dar alguna luz a este problema. Se cultivaron 20 híbridos o poblaciones de maíz en cuatro replicaciones en dos estaciones y bajo condiciones de monocultivo y en asociación directa con los genotipos de frijol P566 (Porrillo Sintético) y P589 (Pl 313-624), las cuales corresponden a un frijol arbustivo, indeterminado y erecto del tipo II y a un frijol trepador, semivigoroso e indeterminado del tipo IV respectivamente. Las densidades de maíz fueron de 80.000 plantas/ha. en monocultivo y 40.000 plantas/ha en asociación. Los cultivos se regaron, fertilizaron y protegieron y las condiciones de crecimiento fueron buenas. El volcamiento del maíz fué más severo en el segundo experimento (7701) que en el primero (7623). En el cuadro 1 se presentan algunas características de las variedades de maíz. En los Cuadros 2 y 3 se presentan los rendimientos del maíz y frijol en los dos experimentos. La variedad que dió mayor rendimiento en ambos experimentos fué Mezcla Tropical Blanco (7,26 y 8,08 ton/ha). El volcamiento en 7701 fué, en gran parte, el factor responsable de los cambios de posición de algunas variedades en el orden de rendimiento en monocultivo entre los experimentos; por ejemplo, ICA-H209, Antigua de República Dominicana y Amarillo Subtropical.

Se observó una disminución significativa en el rendimiento de maíz para la mayoría de las variedades en asociación con el frijol trepador (P589), en ambos experimentos. En 7623, el rendimiento de la mayoría de los materiales del maíz disminuyó, al asociarlos con frijol arbustivo (P566), en tanto que en 7701, se observaron aumentos significativos en el rendimiento de algunas variedades de maíz en asociación con este frijol arbustivo.

Cuadro 1. Características seleccionadas de las introducciones de maíz en sistemas asociados con frijol, en los experimentos 7623 y 7701.

Nº	Variedad	Altura cm	Días hasta 50% de Floración	Anchura Foliar ¹
18	ICA 7431 Br2	228	66	A
14	ICA H210	191	66	A
2	ICA H253	264	60	I
19	ICA-VE-21	244	60	E
17	ICA V-106	237	56	I
15	ICA H256	177	66	A
1	ICA H207	266	60	I
13	ICA H209	262	60	I
16	DV 206	245	56	I
3	DV 351	253	62	I
9	PD (MS) 6	233	59	I
12	Mezcla Trop.Blanco	240	60	I
5	Tuxpeño Caribe2	226	60	I
6	La Posta	256	60	A
7	Antiguax Rep. Dom.	246	56	I
10	Amarillo Subtrop.	323	60	I
4	ETO	243	60	I
20	Kamuchasain	126	55	I
11	Blanco Subtropical	236	60	I
3	Mix.IxCol.Grp 7	235	60	I

¹ A = ancha, I = intermedia; E = estrecha.

Cuadro 2. Rendimiento promedio del maíz en monocultivo y asociaciones de maíz:frijol para 20 variedades de maíz seleccionadas y dos genotipos de frijol de hábitos de crecimiento II y IV (CIAT, Palmira, Experimento 7623).

Nº	Variedad	Monocultivo	Rendimiento de maíz (ton/ha)		Rendimiento de frijol (ton/ha)	
			En asociación		Asociado	
			P566 (II) I	P589 (IV)	P566	P589
12	Mezcla Trop. Blanco	7.26 (100)	6.26 (86)	4.91 (78)	0.79	0.69
13	ICA-H209	7.17	6.12 (85)	4.70 (76)	0.84	0.75
7	Antigua x Rep. Dominicana	7.10	5.08 (71)	4.22 (83)	0.88	0.98
10	Amarillo Subtropical	6.71	5.31 (79)	4.52 (84)	0.89	0.77
5	Tuxpeño Caribe 2	6.60	5.57 (84)	3.30 (59)	0.73	0.84
1	ICA -H207	6.54	5.67 (86)	4.23 (74)	0.89	0.81
12	ICA -H253	6.47	4.99 (77)	4.69 (93)	0.88	0.81
11	Blanco Subtropical	6.37	5.15 (80)	4.15 (80)	0.84	0.85
9	PD (MS-6)	6.35	4.30 (67)	3.01 (70)	0.97	0.73
4	ETO	6.05	5.56 (91)	4.24 (76)	0.86	0.94
8	Mix 1 x Col. Grp 7	5.87	5.07 (86)	4.10 (80)	0.76	0.86
6	La Posta	5.57	5.40 (96)	4.64 (85)	0.89	0.75
17	ICA -V-106	5.53	4.24 (76)	3.05 (71)	0.95	1.07
16	DV -206	5.42	4.38 (80)	3.05 (69)	0.90	0.76
18	ICA - 7431 BR2	4.85	4.54 (93)	3.26 (71)	0.80	0.73
3	DV - 351	4.71	4.41 (93)	3.15 (11)	1.08	1.07
19	VE-21	4.42	2.85 (64)	1.67 (58)	1.24	0.91
14	ICA H210	4.31	4.36 (101)	2.76 (63)	0.85	0.93
15	ICA H256	3.27	3.44 (105)	1.47 (42)	1.08	0.64
20	Kamuchasain	1.79	0.94 (52)	0.47 (50)	1.40	0.63
Promedio		5.62	4.68 (83)	3.48 (62)	0.92	0.83
Desviación estándar global		0.79	0.58	0.58	0.11	0.22
Coeficiente de variación		14.1	12.3	16.7	11.6	26.5
Relación de varianza (F)		**	**	**	**	n.s.

Quadro 3. Rendimiento promedio del maíz en monocultivo y asociaciones de maíz:fríjol para 20 variedades de maíz seleccionadas y dos genotipos de fríjol de hábitos de crecimiento II y IV (CIAT, Palmira, Experimento 7701).

N°	Variedad	Monocultivo	Rendimiento de maíz (ton/ha)		Rendimiento de fríjol (ton/ha)	
			En asociación		Asociado	
			P566 (II)	P589 (IV)	P566	P589
12	Mezcla Trop. Blanco	8.08 (100)	7.94 (99)	6.30 (78)	0.92	1.35
18	ICA - 7431 BR2	7.25	7.14 (98)	5.74 (79)	1.08	1.59
14	ICA - H210	6.48	5.53 (85)	4.23 (65)	1.01	1.38
5	Tuxpeño Caribe 2	6.31	7.06 (112)	5.37 (85)	0.93	1.65
2	ICA - H 253	5.77	5.93 (103)	2.33 (40)	1.25	1.35
19	VE - 21	5.69	4.92 (86)	3.39 (60)	1.26	1.92
3	Mix. 1 x Col. GRP I	5.61	6.85 (122)	5.24 (94)	0.92	1.36
17	ICA V-106	5.49	5.28 (96)	3.75 (68)	1.24	1.89
6	La Posta	5.40	7.06 (131)	4.11 (76)	0.92	1.73
17	ICA - H256	5.23	5.31 (102)	3.06 (59)	1.09	1.48
16	DV -206	5.00	4.67 (93)	3.38 (68)	1.14	1.59
1	ICA H -207	4.78	6.43 (135)	4.07 (85)	0.97	1.20
11	Blanco Subtropical	4.62	6.01 (130)	4.03 (87)	1.04	1.53
3	DV - 351	4.44	5.85 (132)	3.97 (90)	1.14	1.68
7	Antigua x Rep Dominicana	4.07	6.52 (160)	3.64 (89)	1.00	1.22
13	ICA -H 209	3.88	6.58 (170)	5.38 (139)	0.97	1.54
9	PD (MS) 6	3.63	5.16 (142)	3.00 (83)	1.04	1.39
10	Amarillo Subtropical	3.45	6.76 (196)	2.81 (81)	1.08	1.31
4	ETO	2.63	5.34 (203)	2.30 (87)	0.90	0.87
20	Kamuchasain	2.26	1.44 (64)	0.57 (25)	1.32	1.05
Promedio		5.00 (100)	5.89 (118)	3.84 (77)	1.06	1.45
Desviación standard		1.27	0.87	0.85	0.12	0.31
Coeficiente de variación		25.4	14.9	22.1	11.8	21.1
Relación de varianza (F)		**	**	**	**	**

Los aumentos en el rendimiento debidos a la asociación con P566, se correlacionaron con diferencias en la resistencia al volcamiento. En el Cuadro 4 se presentan datos al respecto, en variedades que presentaron respuestas diferentes. El volcamiento severo de algunas variedades de maíz en monocultivo y no en asociación, fue responsable de esta respuesta diferencial. Este fenomeno se ha presentado en otros experimentos realizados en el CIAT (Francis *et al*, 6). Aún no se han investigado las causas del menor volcamiento en algunas asociaciones bajo ciertas condiciones.

Las disminuciones del rendimiento de maíz en asociación con frijol trepador se relacionan con la altura del maíz (Figura 1). La variedades braquíticas de hojas anchas tendieron a presentar una mayor disminución relativa del rendimiento en asociación con el frijol trepador. Los tipos de maíz de menor tamaño sufren más por la competencia con el frijol trepador, lo cual evidencia que la competencia por luz fué un factor determinante, puesto que la competencia en la zona radical debe ser similar en asociaciones con tipos de maíz altos y bajos.

Los rendimientos de monocultivos de maíz se correlacionaron en gran medida con los rendimientos del maíz en asociación (con frijol albusivo y trepador), particularmente en el experimento 7623 (con P566, $r=0,89^{***}$; con P589, $r=0.90^{***}$). Las correlaciones fueron menores en 7701 ($r=0,58^{**}$ y $0,73^{***}$, respectivamente), en el cual el volcamiento fué mayor. Estos datos indican una falta de interacción genotipo por sistema con este grupo de tipos de maíz. Este se corroboró con el análisis de varianza, excepto el caso de los aumentos en rendimiento debidos al menor volcamiento en asociación.

El beneficio neto/ha para los sistemas se calculó multiplicando el rendimiento por los precios reales del mercado y restándole al valor obtenido los estimativos de costo de producción. Los datos utilizados en el análisis fueron los siguientes:

Cuadro 4. Relación del rendimiento de maíz en asociación con P566 al rendimiento de maíz en monocultivo y valores de volcamiento para 8 variedades de maíz. CIAT Palmira, Experimento 7701.

Variedad	A/M%*	Altura (cm)		Volcamiento % **	
		Monocultivo	Asociación	Monocultivo	Asociación
ICA - H209	170	262	77	15	
La Posta	131	256	43	3	
Antigua x Rep. Dominicana	160	246	83	9	
Amarillo Sub. Tropical	196	232	88	2	
ICA - H210	85	191	2	0	
Mezcla Trop. Blanco	99	240	25	4	
ICA - 7431 Br2	98	228	9	0	
ICA -H253	103	264	51	8	

* Rendimiento del maíz en asociación/ Rendimiento del maíz en monocultivo (%)

** Incluye las lecturas de volcamiento radical y del tallo; el volcamiento del tallo no fué significativo.

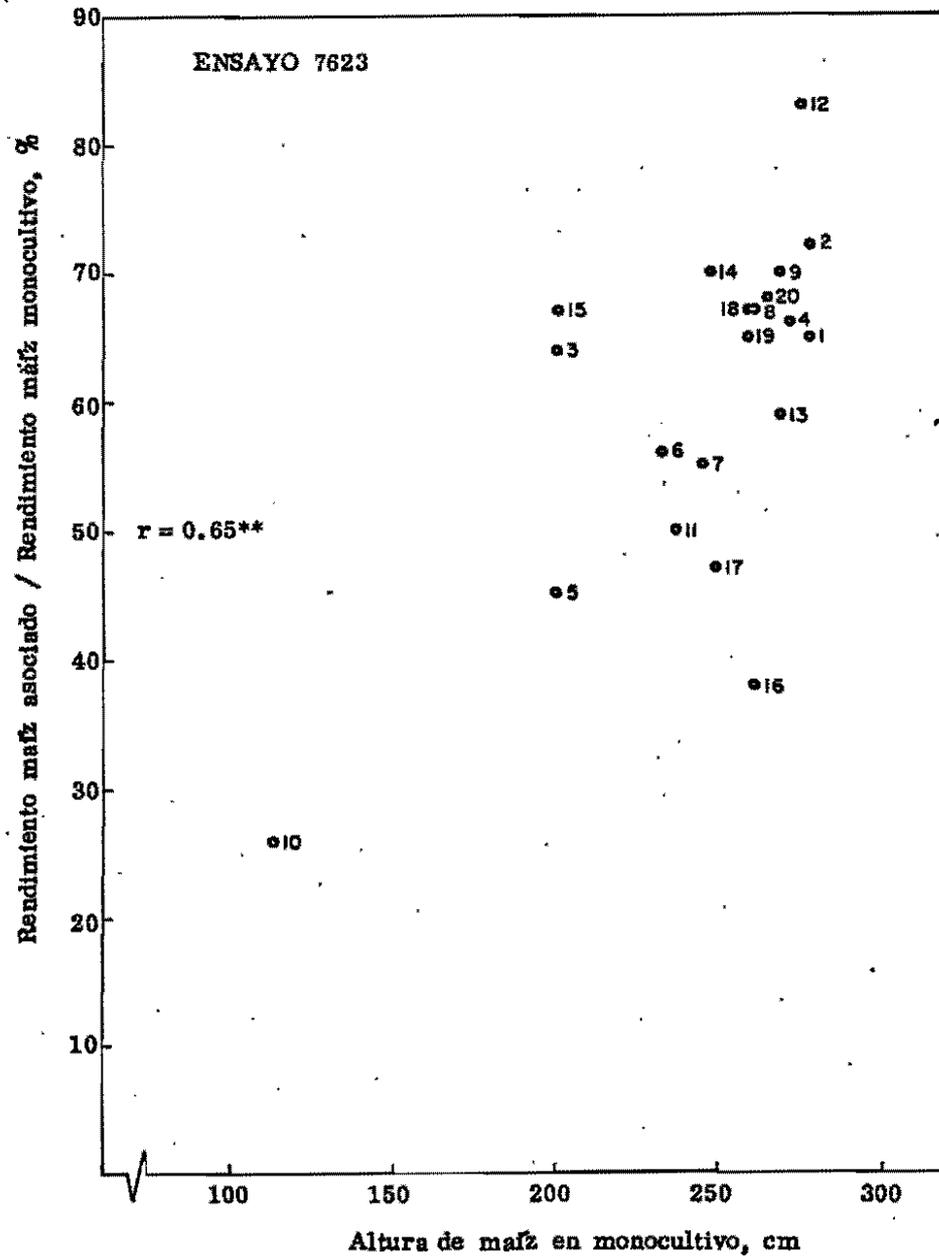


Figura 1: Rendimiento de 20 genotipos de maíz en asociación con frijol trepador (P589) expresado como porcentaje de rendimiento en monocultivo versus máxima altura de las variedades de maíz. Experimento 7623, CIAT Palmira.

Precio real del maíz \$5.000 Col/ ton.

Relaciones de precios del maíz y frijol de 1:2 a 1:6

Costos de producción: \$18.000 Col/ha de maíz en monocultivo

\$22.000 Col/ha de maíz:fríjol arbustivo

\$23.000 Col/ha de maíz:fríjol trepador

La relación de precios de maíz:fríjol en Colombia se ha mantenido durante los últimos 10 años en aproximadamente 1:4. Las relaciones en otros países lógicamente varían dependiendo de la oferta y la demanda relativa o por la fijación de precios.

Francis y Sanders (4) utilizaron análisis similares en experimentos anteriormente realizados en el CIAT. En las figuras 2 y 3 se graficó el beneficio neto (\$Col.)/ha para los tres tratamientos, a una relación de precios de 1:4 para cada variedad de maíz, versus el rendimiento del maíz en monocultivo para ambos experimentos. La línea recta en cada gráfica da el beneficio neto para el monocultivo. Las variedades en las gráficas están numeradas igual que en los cuadros 1,2 y 3.

Dados los estimativos de costos de producción los datos muestran que la asociación de maíz y frijol arbustivo fué siempre mas rentable que el monocultivo de maíz. La asociación de maíz y frijol trepador fué altamente rentable en 7701, pero considerablemente menor en 7623 debido a los menores rendimientos del frijol trepador en este experimento. En 7623 un número de variedades de alto rendimiento de maíz en combinación con frijol trepador muestran una ganancia neta menor que la de maíz en monocultivo. La merma en rendimiento del maíz se debe a la asociación y al relativamente bajo rendimiento del frijol trepador causante de este resultado en este experimento. Las razones para la diferencia de comportamiento de los frijoles trepadores entre las dos experimentos no está clara. Obviamente el balance de competencia entre las dos especies es un factor que contribuye a dicha merma. Las diferencias entre los tipos de maíz en monocultivo, en lo que respecta a su rentabilidad, tienden a reducirse en gran medi-

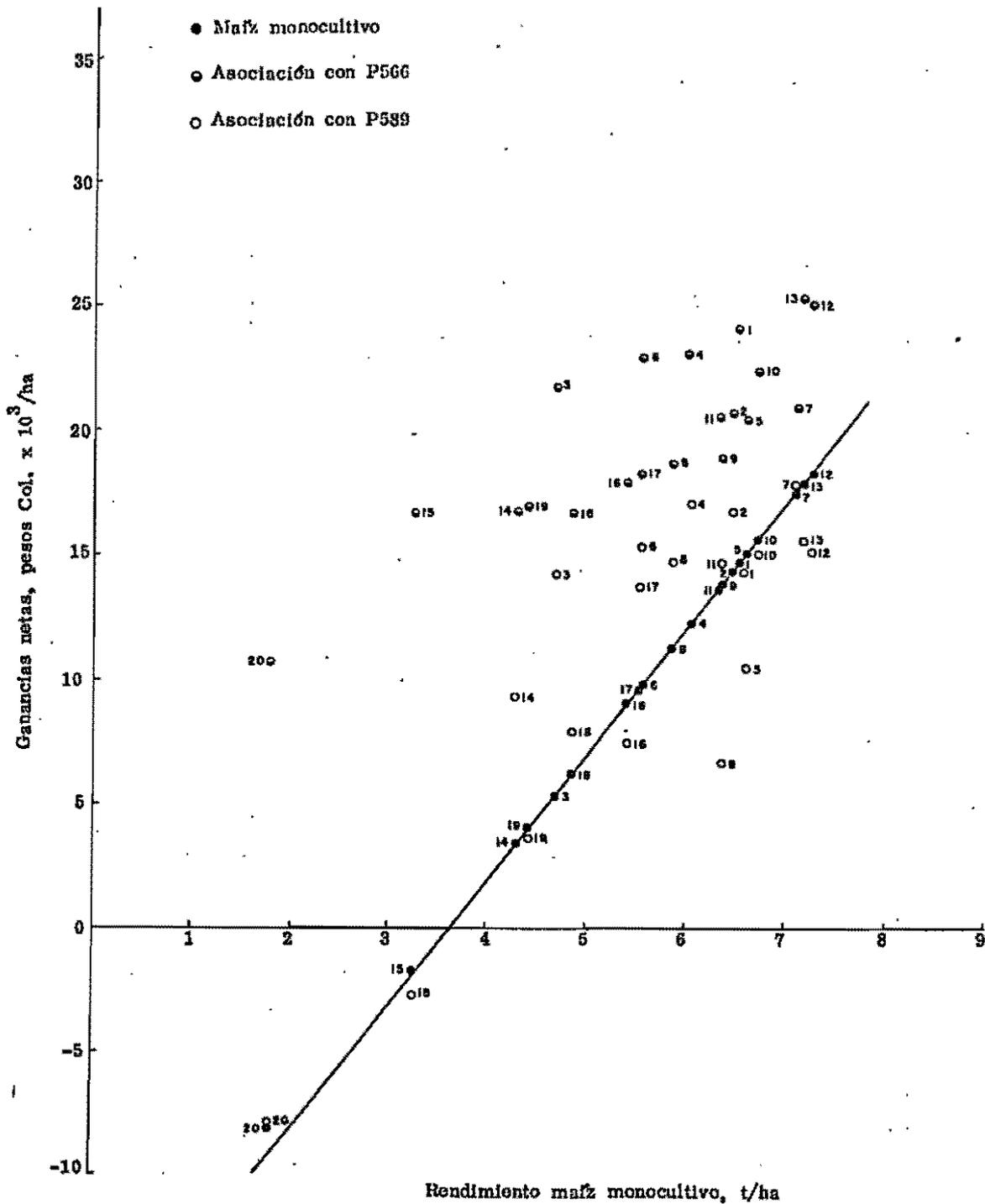


Figura 2 : Ganancias netas (pesos colombianos x 10²/ha) para 20 genotipos de maíz cuando crecen en monocultivo (linea recta) y cuando crece asociado con frijol arbustivo (P566) y un frijol trepador (P589) versus el rendimiento del maíz en monocultivo. (Ver texto de calculos de ganancia neta) Variedades enumeradas como en las Tablas 1,2 y 3. Experimento 7623 CIAT Palmira.

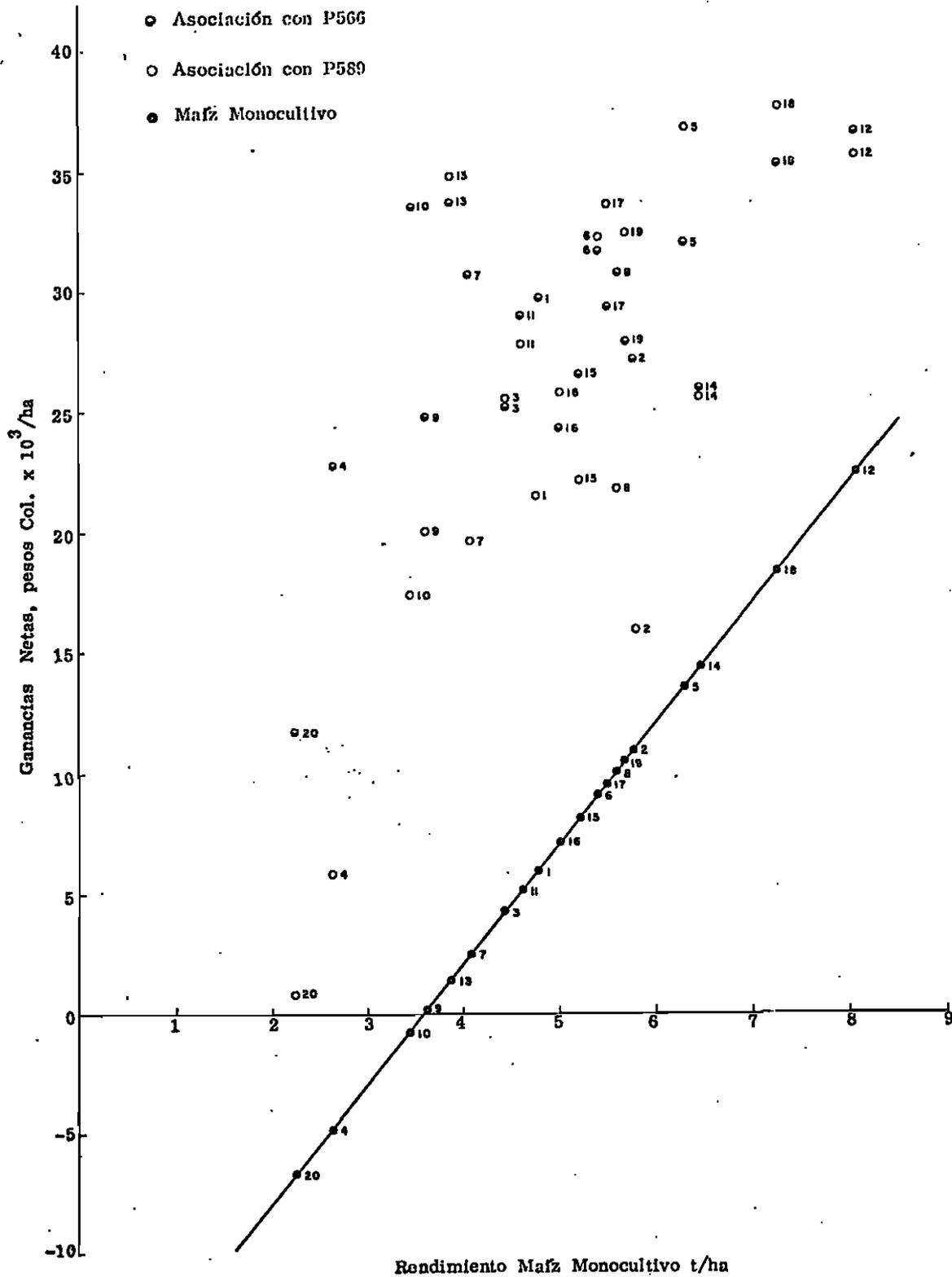


Figura 3: Ganancias netas (pesos colombianos x 10²/ha) para 20 genotipos de maíz cuando crecen en monocultivo (en línea recta) y cuando crece asociado con frijol arbustivo (P566) y un frijol trepador (P589) versus el rendimiento del maíz en monocultivo. (Ver texto de cálculos de ganancia neta) Variedades enumeradas con en las Tablas 1, 2 y 3. Experimento 7701 CIAT Palmira.

da al asociarlos con frijol. La evaluación de genotipos de maíz en monocultivo para su utilización posterior en asociación, lógicamente plantea algunos problemas al confrontarla con datos como éstos. El interrogante es, debería un agrónomo seleccionar la variedad de maíz que produce el mayor rendimiento o una intermedia que permita obtener un mayor rendimiento de frijol? Los datos en las Figuras 2 y 3, para una relación de precios de 1:4, muestran que la variedad de maíz de mayor rendimiento en los dos experimentos (Mezcla Tropical Blanco) dió en forma consistente, un alto beneficio neto al asociarla con cualquiera de los dos tipos de frijol. Esto se debió a un rendimiento de maíz muy alto y un rendimiento de frijol moderado, en circunstancias bajo las cuales el rango de rendimiento de frijol no fué muy grande en asociación con los diversos tipos de maíz. La mayoría de los experimentos realizados en el CIAT (Francis et al; 5,8) muestran diferencias en rendimiento relativamente pequeñas con una serie de genotipos de frijol asociados con un tipo de maíz, en comparación con las diferencias en el rendimiento potencial del frijol en monocultivo. La competencia del maíz tiende a ejercer un efecto nivelador sobre el rendimiento potencial del frijol. En el Cuadro 5 se presentan estimativos del beneficio neto con diferentes relaciones de precios, para las cinco variedades de maíz que dieron consistentemente altos beneficios netos en asociación, en ambos experimentos. Al hacer los cálculos con altas relaciones de precio maíz:frijol (>1:4), las diferencias en el beneficio neto entre estas asociaciones es menos que a una relación 1:4. Sin embargo, la superioridad de Mezcla Tropical Blanco es clara en casi todas las relaciones de precio, excepto a 1:6 con P589, en la cual los valores son virtualmente iguales.

Las cinco variedades superiores del Cuadro 5 presentan una altura promedio o alta de madurez intermedia y solo una de ellas, La Posta, presenta hojas más anchas. Las variedades superiores en lo que respecta al beneficio neto promedio en asociación, fueron Mezcla Tropical Blanco (población de polinización abierta) e ICA-H209 (híbrido alto). Con base en los datos se puede espe-

Cuadro 5. Beneficio neto promedio * para 5 genotipos de maíz al asociarlos con un frijol arbustivo (P566) y un frijol trepador (P589); pesos colombianos x 10³/ha (promedio de los experimentos 7623 y 7701)

Variedad	Relación de precios (M:F)										Promedio
	1:2		1:3		1:4		1:5		1:6		
	P566	P589	P566	P589	P566	P589	P566	P589	P566	P589	
Mezcla Trop. Blanco	22.0	15.2	26.5	20.2	30.8	25.4	35.0	30.4	39.3	35.5	28.0
Tuxpeño Caribe 2	17.9	11.1	22.0	17.3	26.2	23.5	30.4	29.8	34.5	36.0	24.9
ICA -H209	18.8	13.7	23.3	19.4	27.8	25.1	32.3	30.9	36.9	36.6	26.5
Amarillo Subtropical	18.0	5.7	22.9	11.0	27.9	16.2	33.8	21.4	37.7	26.6	22.1
La Posta	18.2	11.2	22.7	17.5	27.2	23.7	31.7	29.9	36.2	36.0	25.4

* Vease el texto para el método de cálculo; el precio del maíz es de \$5.000 Col./ton.

cular que los materiales de porte bajo y hoja ancha, cultivados en altas densidades, pueden no ser tipos de maíz más apropiados para la producción en asociación con cualquiera de los tipos de frijol, caso en el cual el criterio básico de selección es el beneficio neto/ha.

Los datos también muestran que, las variedades de maíz de mayor rendimientos bajo condiciones de monocultivo, diéron consistentemente el beneficio mas alto en todas las relaciones de precio utilizadas al asociarlas con frijol arbustivo y frijol trepador.

Efecto del tipo de maíz sobre el rendimiento del frijol

Existe una fuerte correlación negativa entre el rendimiento del maíz en asociación y el rendimiento del frijol arbustivo (P556) en asociación en ambos experimentos ($r=-0,89^{***}$ y $r=-0,70^{***}$). En consecuencia una variedad de maíz de alto rendimiento tiende a reducir el rendimiento del frijol arbustivo en asociación. Algunos de los tipos de maíz de rendimiento intermedio favorecieron consistentemente la obtención de altos rendimientos del frijol trepador en asociación, particularmente ICA-V106 (altura promedio, madurez temprana, anchura foliar intermedia) e ICA-VE21 (altura promedio, madurez intermedia, hojas angostas). En general las variedades braquíticas no permitieron la obtención de altos rendimientos de frijol trepador en asociación, en tanto que los materiales de porte muy bajo generalmente dieron bajos rendimientos del frijol trepador. Kamuchasain (material de menor altura en los ensayos) favoreció el mayor rendimiento del frijol arbustivo en asociación y el menor rendimiento del frijol trepador. En el primer caso, esto aparentemente se debió a los pocos efectos competitivos del maíz y en el segundo, al porte de baja altura para el frijol trepador.

Estudio fisiológico en la asociación maíz-fríjol

Se presentan los resultados de un experimento, para demostrar los efectos de la producción en asociación sobre el crecimiento y rendimiento del híbrido braquítico ICA-H210 y de la variedad de frijol trepador P589. El experimento se realizó en el CIAT bajo condiciones de riego, fertilización y protección del cultivo a densidades de población establecidas de 250×10^3 plantas/ha para el frijol (2 hileras/cama de 1 metro) y 40×10^3 plantas/ha para el maíz (1 hilera/cama de 1 metro). Las muestras de cada replicación se tomaron a intervalos de una semana; se tomaron los parámetros normales de crecimiento y, en la madurez, se midió el rendimiento y sus componentes. El experimento anterior indica que este tipo de asociación directa, de un maíz de porte relativamente bajo y un frijol trepador vigoroso, normalmente conducen a grandes reducciones en el rendimiento del maíz, en comparación con el monocultivo. En el Cuadro 6 se presenta un resumen de rendimiento de grano y parámetros relacionados. En comparación con los monocultivos, la reducción del rendimiento para el maíz y el frijol fueron de 44,5 y 50,5 por ciento, respectivamente. Los principales componentes de rendimiento afectados fueron el número de mazorcas fértiles o de vainas llenas/ha y el número de granos/mazorca o vaina. La asociación redujo el índice de cosecha de ambos cultivos y la floración y madurez también se retardo ligeramente en ambos.

La asociación afectó el desarrollo del área foliar en ambos cultivos. En el caso del maíz (Figura 4), la máxima área foliar fué aproximadamente igual, pero la senescencia foliar (de las hojas más bajas) ocurrió más rápidamente en el maíz asociado, 51 días después de la siembra. En esta etapa, el área foliar del frijol midió casi igual a la del maíz, lo cual ocasionó un sombrero considerable sobre las hojas bajas del maíz a medida que el frijol trepó la cobertura foliar del maíz. El desarrollo

Cuadro 6. Rendimiento y parámetros asociados para el maíz en monocultivo (ICA-H210), frijol trepador en monocultivo con espaldera (P589) y maíz y frijol en asociación directa. CIAT, Palmira, Experimento 7711.

Parametro	Maíz Monocultivo	Asociacion		Frijol Monocultivo
		Maíz	Frijol	
Rendimiento* (kg/ha)	5734	3185	1943	3925
Mazorcas o vainas fértiles /m ²	4.1	2.8	163	258
Granos/mazorca o vaina	453	280	5.6	6.9
Tamaño del grano de frijol (mg)	-	-	183	189
Índice de cosecha (%)**	32.6	29.6	57.4	60.9
Días hasta espigamiento/floración	59	62	49	48
Días hasta madurez fisiológica	117	129	102	94

* 15% de humedad para el maíz y 14% para el frijol.

** Para el cálculo del índice de cosecha en frijol se remueven las hojas y pecíolos en la madurez.

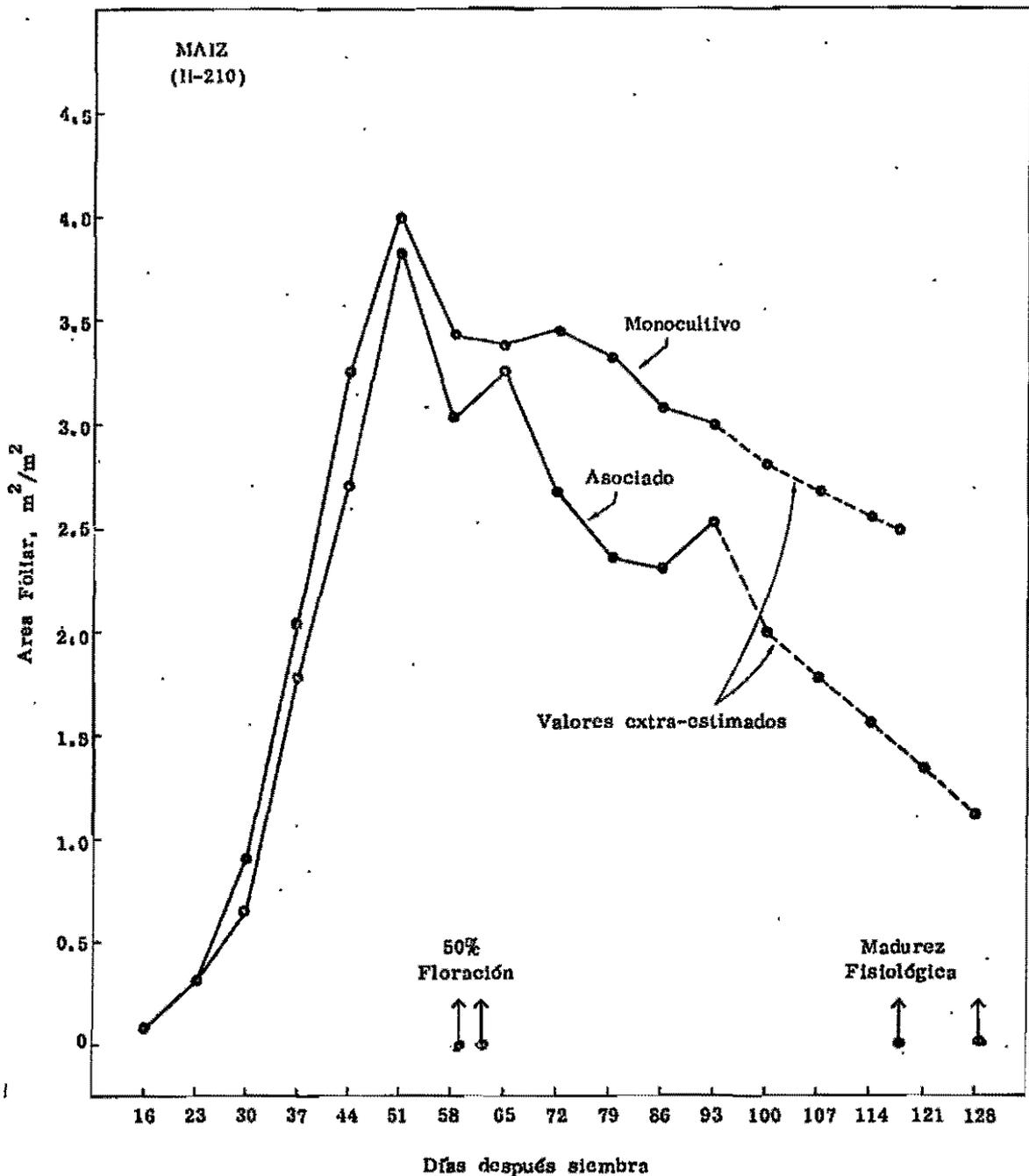


Figura 4 : Índice de área foliar (m² área foliar verde/m² área de tierra) versus días desde la siembra para maíz (H-210) en asociación con frijol trepador, (P589) y en monocultivo a la densidad de maíz de 40 x 10³/ha. Experimento 7711, CIAT Palmira.

del área foliar del frijol (Figura 5) se redujo marcadamente durante el ciclo de crecimiento; la mayor reducción ocurrió al inicio de la formación de vainas.

El cálculo de la duración del área foliar (área foliar integrada después de la floración o espigamiento) proporciona un medio para estimar la eficiencia relativa de área foliar verde disponible durante la fase reproductiva (Cuadro 7). Ambas especies en asociación sufrieron una disminución en la duración del área foliar. En comparación con el monocultivo, la eficiencia del área foliar del maíz sufrió una mayor disminución relativa (31 por ciento para el maíz y 23 por ciento para el frijol). Por otra parte, en comparación con el monocultivo de cada especie, el frijol sufrió una mayor reducción relativa de su vida foliar (36 por ciento para el frijol y 20 por ciento para el maíz). Estos resultados indican que el maíz de mayor altura redujo el crecimiento global del frijol durante la etapa temprana del crecimiento; sin embargo, a medida que el frijol trepador creció, este produjo sombra sobre las hojas del maíz, lo cual condujo a una menor eficiencia foliar y senescencia temprana. La menor formación de vainas en el frijol se asoció con una menor producción de nudos y racimos, parametros que tambien estan relacionados con la reducción del área foliar, puesto que un menor numero de nudos en el frijol trepador significa una menor área foliar. La menor producción de mazorcas fértiles y de formación de granos en el maíz, se asocia con la mayor tasa de senescencia foliar inducida por la competencia del frijol. Obviamente, ambos cultivos compiten fuertemente por la luz disponible. La interceptación de luz, medida a los 60 cm del suelo y a los 53 días (máxima área foliar), presento valores de 32,45 y 21 por ciento para el monocultivo del frijol, el monocultivo del maíz y la asociación maíz:frijol, respectivamente. Estos datos indican que la luz se redujo marcadamente debido a los efectos combinados del área foliar de ambas especies. No se puede ig-

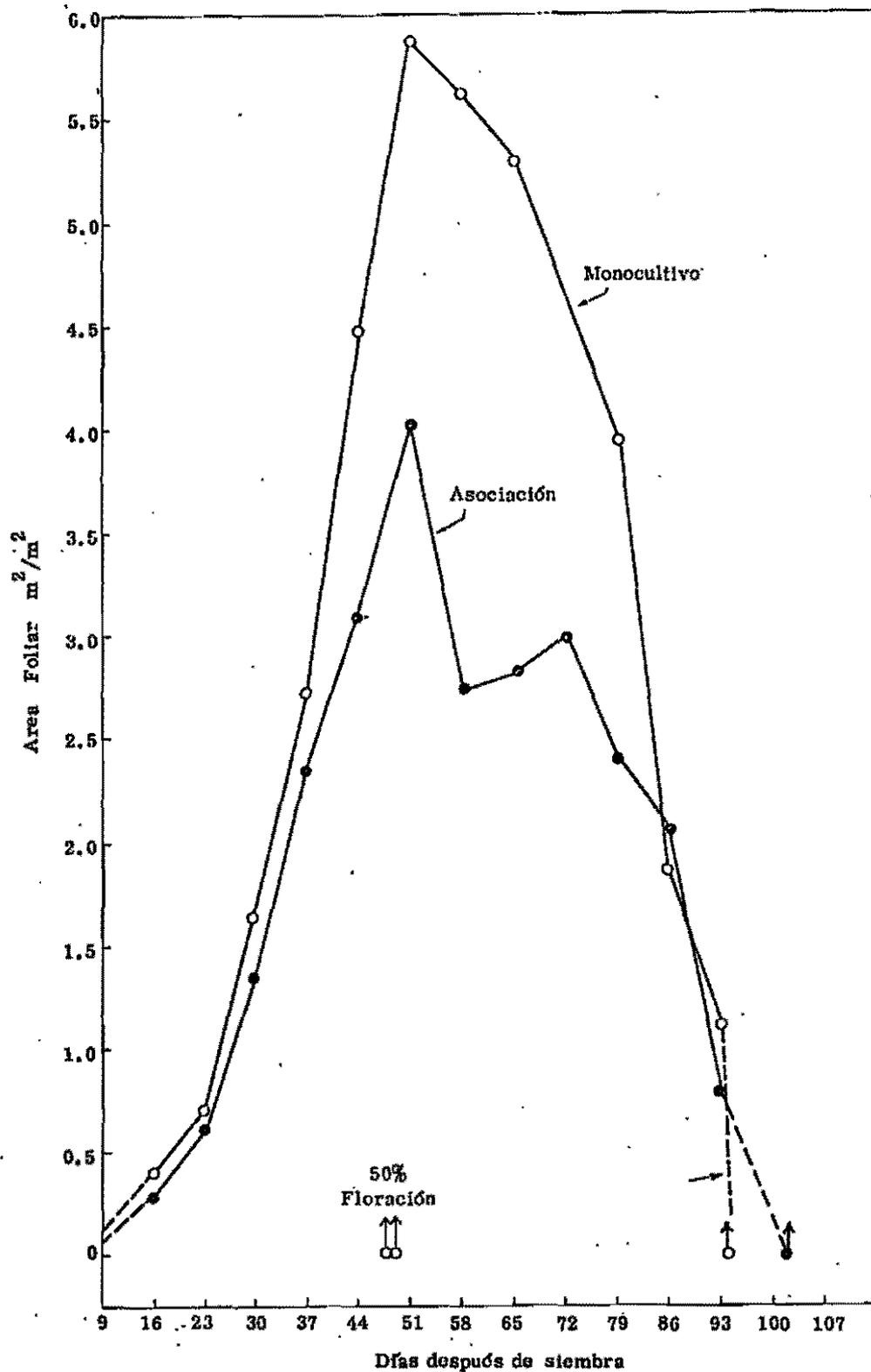


Figura 5:- Índice de área foliar (m^2 área foliar/ m^2 área de tierra) para una variedad braquítica de maíz híbrido (ICA-H210) o cuando crece en monocultivo en espalderas de 2 metros de alto. Experimento 7711, CIAT Palmira.

Cuadro 7. Duración del área foliar* y eficiencia del área foliar ** (rendimiento/duración área foliar) para el maíz (H210) y frijol (P589) en monocultivo y en asociación directa. (Experimento 7711)

Parámetro	Maíz	Asociación		Frijol
	Monocultivo	Maíz	Frijol	Monocultivo
Duración área foliar (m^2 días/ m^2)	176 (100)	141(80.1)	119(64.3)	185 (100)
Eficiencia del área foliar (g/m^2 días / m^2)	2.78 (100)	1.92(69.1)	1.40(76.5)	1.83 (100)

* La duración del área foliar representa el área bajo la curva de área verde foliar versus el tiempo desde el espigamiento o floración hasta la madurez fisiológica.

** La eficiencia del área foliar = rendimiento del grano (materia seca)/duración del área foliar.

norar la posibilidad del efecto de la competencia en la zona radical.

Los rendimientos obtenidos en este experimento se convirtieron a beneficio neto/ha para diversas relaciones de precio maíz: frijol (Cuadro 8). Los resultados indican que en los casos en que el rendimiento de maíz se reduce marcadamente debido al frijol trepador, este maíz en monocultivo es más rentable cuando el precio relativo del frijol es bajo. Cuando los precios relativos del frijol fueron altos, la asociación fue más rentable que el maíz en monocultivo. A una relación de precios maíz:frijol mayor de 1:2-1:3, el frijol trepador en espaldera fue indudablemente más rentable. El alto rendimiento del frijol trepador en espaldera puede ser una alternativa práctica para los agricultores pequeños con suficiente mano de obra familiar.

El desarrollo de variedades de maíz braquíticas para su utilización en asociación directa, no parece favorable debido a las grandes disminuciones del rendimiento en este tipo de maíz y a las condiciones ambientales generalmente desfavorables para el frijol trepador (debido a la falta de apoyo). Esto también es aplicable al frijol arbustivo cuando el maíz se cultiva en altas densidades, debido a los bajos niveles de luz que prevalecen bajo este tipo de cobertura compacta y de bajo porte.

Discusión

El desarrollo de tipos de maíz y frijol aptos para sistemas asociados parece ser una meta necesaria en el mejoramiento de ambos cultivos. Los pocos datos disponibles para el maíz y frijol indican que la selección de alto rendimiento en ambas especies y bajo condiciones de monocultivo, puede ser la estrategia de mejoramiento genético más apropiada, siempre y cuando los últimos tipos seleccionados tengan un comportamiento consistente con el objetivo de maximizar el beneficio neto por hectarea en asociación.

Cuadro 8 Beneficio neto por hectarea* a diferentes relaciones de precio maíz:fríjol para el maíz en monocultivo (H210) y fríjol en monocultivo (P589) con espaldera y maíz y fríjol en asociación. CIAT, Palmira, Experimento 7711

Relación de precios	Beneficio neto **		
	Maíz Monocultivo	Asociación Maíz:Fríjol	Fríjol Monocultivo
1:2	10.67	2.64	8.25
1:3	10.67	12.35	27.87
1:4	10.67	22.07	47.50
1:5	10.67	31.78	67.12
1:6	10.67	41.50	86.75

* Precio del maíz Col \$5,0 x 10³/ton; precio del fríjol, Col.\$10 a 30 x 10³/ton; costos de producción: \$18 x 10³/ha para el maíz en monocultivo; y \$23 x 10³/ha para el maíz:fríjol; \$31 x 10³/ha para el fríjol en monocultivo.

** En miles de pesos colombianos/ha.

Relación

Obviamente se necesitará probar combinaciones de líneas de maíz y frijol en asociación, a nivel regional o de finca porque en diferentes condiciones ambientales puede alterarse el equilibrio de la competencia para combinaciones específicas.

Con relación al maíz la tendencia a reducir la altura de la planta y de aumentar la óptima densidad de siembra, no parece ser la estrategia adecuada. Como en la mayoría de los países los precios del frijol generalmente son mayores que los del maíz, es muy importante tener en cuenta el rendimiento del frijol en asociación. Con base en estos pocos datos disponibles la estrategia más apropiada parece ser la selección de tipos de maíz de porte medio, con buena resistencia al volcamiento y anchura foliar intermedia. Es posible que no sea necesario sacrificar el rendimiento del maíz en la selección, excepto que se requirieran menores densidades de maíz que el nivel óptimo, para obtener el mejor rendimiento del frijol en asociación. A estas densidades menores, la prolificidad en maíz sería una ventaja. La utilización de estos tipos en asociación puede contribuir a la resistencia al volcamiento bajo ciertas condiciones.

Con relación al frijol arbustivo, el mejoramiento y la selección de tipos de alto rendimiento bajo condiciones experimentales de monocultivo, no ofrece desventajas severas para los sistemas asociados.

En el germoplasma de frijol trepador hasta ahora evaluado en el CIAT se han encontrado grandes diferencias de vigor. En experimentos realizados en el CIAT en el primer semestre de 1973, algunos materiales trepadores muy vigorosos fueron aventajando excesivamente a algunas variedades de maíz de menor porte actualmente disponibles. Los frijoles trepadores vigorosos pueden anular a los materiales de maíz de porte bajo al sembrarlos a densidades menores que la óptima. La única alternativa parece ser

la de seleccionar frijol trepador por máximo rendimiento bajo condiciones experimentales de monocultivo o asociación.

El rendimiento del frijol arbustivo generalmente aumenta al cultivarlo con maíz a bajas densidades. Este mecanismo generalmente ofrece medio útil para que los agricultores cambien la proporción de maíz y frijol en la cosecha. La disminución de las densidades del maíz para aumentar el rendimiento del frijol trepador tiene sus límites, puesto que se requiere una razonable densidad de maíz para obtener óptimos rendimientos de frijol trepador, debido al soporte que proporciona un mayor número de tallos/ha. Estos factores hacen más énfasis en la necesidad de mejorar tipos de maíz que sean compatibles con el frijol trepador, en comparación con el caso de los tipos arbustivos.

En conclusión, de los resultados obtenidos en el CIAT durante los últimos 3-4 años, se puede especular que para la mayoría de las áreas en donde se adapta el frijol los cultivadores pequeños de maíz que no cultivan frijol en asociación, pueden estar sufriendo considerables pérdidas económicas. Datos (Pantoja, Turrent y Loras, 1975) del Plan Puebla en Méjico soportan firmemente estas conclusiones. Las prácticas agrícolas actuales de utilizar asociaciones en muchas áreas, parece tener una sólida base económica, particularmente cuando los precios relativos del frijol son altos, el monocultivo del frijol (arbustivo o trepador) puede ser la alternativa más apropiada en muchas situaciones (Francis y Sanders, loc. cit.).

BIBLIOGRAFIA

Francis, C. A., C. C. Flor, and S. R. Temple, 1976.

Adapting varieties for intercropped systems in the tropics.
In Multiple Cropping, ASA Special Publication, N° 27 pp.
235-253. Madison Wisconsin.

Francis C. A., and C. A. Flor 1977. Potenciales de la asociación frijol-maíz en el tropico. Fitotec. Latinoamericana (in press).

Francis C.A. 1978. Multiple cropping potentials of bean and maize. Horticultural Science 13: 12-17

Francis, C. A. and J. H. Sanders. 1978. Economic analysis of bean maize systems: monoculture versus associated cropping. Field Crops Research: (In press)

Francis C. A., M. Prager, D. R. Laing and C.A. Flor. 1978. Genotype by environment interactions in bush bean varieties in monoculture and associated with maize. Crop Science: (In press).

Francis C. A., C. A. Flor and M. Prager. 1978. Effects of bean association on yields and yield components of maize. Crop Science: (Submitted for publication).

Francis, C. A., C. A. Flor, M. Prager and J. H. Sanders. 1978. Density response of climbing beans in two cropping systems. Field Crops Research (In press).

Francis C. A., M. Prager and D. R. Laing. 1978. Genotype by systems interactions in climbing bean cultivars in monoculture and associated with maize. Crop Science 18: (In press)

Pantoja L., C., Turrent F., A. and Lorás., R. Primera aproximación a las prácticas de fertilización y densidades de población de la asociación maíz-fríjol en el área de influencia del Plan Puebla (Mejico). Revista ICA 10(3): 295-306.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece la colaboración del siguiente personal principal del CIAT: Dr. Jeremy Davis por su asesoría en la información de este documento y el análisis de los datos: Dr. C. A. Francis y al Ingeniero Agrónomo Martín Prager por iniciar y supervisar los experimentos de tipo de maíz:fríjol; Dr. J. Sanders por sus valiosas sugerencias con relación al análisis económico; y al Dr. O. T. Edje (Científico Visitante) y a los Ingenieros Silvio Zuluaga y José Restrepo, quienes prestaron su asistencia al experimento fisiológico en la asociación maíz fríjol.

Cuadro 1. Características seleccionadas de las introducciones de maíz en sistemas asociados con frijol, en los experimentos 7623 y 7701

Nº	Variedad	Altura cm	Días hasta 50% de Floración	Anchura Foliar ¹
18	ICA 7431 Br2	228	66	A
14	ICA H210	191	66	A
2	ICA H253	264	60	I
19	ICA-VE-21	244	60	E
17	ICA-V-106	237	56	I
15	ICA H256	177	66	A
1	ICA H297	266	60	I
13	ICA H209	262	60	I
16	DV 206	245	56	I
3	DV 351	253	62	I
9	PD (MS) 6	233	59	I
12	Mezcla Trop. Blanco	240	60	I
5	Tuxpeño Caribe 2	226	60	I
6	La Posta	256	60	A
7	Antigua x Rep. Dom.	246	56	I
10	Amarillo Subtrop.	323	60	I
4	ETO	243	60	I
20	Kamuchasain	126	55	I
11	Blanco Subtropical	236	60	I
3	Mix. I x Col. Grp 7	235	60	I

¹ A= ancha, I= Intermedia, E= estrecha.