



63130
SELECCIÓN DE VARIEDADES PARA SISTEMAS DE CULTIVO INTERCALADO EN LOS TROPICOS^{1/}
COLECCION HISTORICA

C.A. Francis, C.A. Flor y S.R. Temple^{2/}

Resumen

100176

Los agricultores con recursos limitados en los trópicos, en forma tradicional practican sistemas de cultivos múltiples o cultivos intercalados. En esta forma minimizan riesgos, dan a la familia una fuente variada de alimentos, al mismo tiempo que maximizan el ingreso en condiciones de baja tecnología. Las variedades de los cultivos componentes de estos sistemas han sido seleccionadas por los mismos agricultores a través de muchos años. Las gramíneas y las leguminosas desarrolladas y probadas para condiciones de monocultivo, pueden no ser las mas apropiadas para estos sistemas de cultivo intercalado. Las interacciones entre variedades y sistemas sugieren que se debe hacer énfasis en el desarrollo de variedades que puedan usarse en un amplio rango de situaciones. En este desarrollo debe incluirse la selección por características varietales que aumenten la producción total de estos sistemas complejos. Actualmente se adelanta en el CIAT una serie de ensayos en el sistema frijol-maíz, con el fin de determinar óptimos de densidad, fecha de siembra, control de malezas y otras prácticas culturales. Esta información es útil para ayudar a identificar los tipos de plantas de las dos especies que puedan ser mas eficientes para el sistema. Los estudios de genotipo por sistema incluyen varios tipos de plantas de maíz, de frijol arbustivo y de frijol voluble.

INTRODUCCION

La práctica de intercalar cultivos es ampliamente usada en fincas de subsistencia en países tropicales en vía de desarrollo. En el pasado, esta realidad se ha ignorado y la investigación agrícola en el trópico se ha enfocado hacia el desarrollo de una tecnología cuyo objetivo es una producción mas eficiente de monocultivos. Debe reconocerse que esta orientación de la tecnología hacia los monocultivos ha elevado la productividad de los suelos tropicales, mediante nuevas prácticas de cultivos, uso de fertilizantes, pesticidas e insecticidas. El mejoramiento genético ha tenido como objetivo la obtención de híbridos y variedades para situaciones de monocultivo y el éxito alcanzado ha permitido aumentar el potencial de rendimiento de muchos cultivos. Las nuevas semillas, sembradas por agricultores con capital y tecnología disponibles, han influido en forma importante en el desarrollo de muchas regiones.

La validez total de esta orientación de esfuerzos hacia el mejoramiento de los monocultivos es dudosa. La mayoría de los cultivos alimenticios en el trópico se siembran en pequeñas fincas, por agricultores a quienes no ha llegado la nueva tecnología. Estos agricultores insisten en preservar sus sistemas de cultivo tradicionales y no aceptan otras alternativas, incluyendo nuevas variedades, por otra parte diseñadas para sistemas de monocultivo.

BIBLIOTECA

1982

^{1/} Presentado en el Simposio sobre Cultivos Múltiples, Sociedad Americana de Agronomía (ASA), Reunión Anual, Knoxville, Tennessee, Agosto 24-29, 1975. Aceptado para publicarse en una serie especial de la ASA.

^{2/} Agrónomos y Mejorador, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apdo. aéreo 6713, Cali, Colombia.

No está muy bien establecido el mecanismo mediante el cual estos pequeños agricultores toman esta clase de decisiones, pero es claro que la diversificación en dietas y en fuentes de ingresos, la reducción en la incidencia de insectos y enfermedades, el uso de mano de obra familiar y una utilización mas intensiva del poco terreno disponible, son factores importantes. La importancia reconocida de estos pequeños agricultores sugiere la necesidad de una revisión en la orientación de los esfuerzos de los investigadores. Hay necesidad de entender los sistemas de cultivo de esta clase de productores y toda la gama de relaciones de estos sistemas con los distintos componentes del ambiente. Cubrir esta etapa parece ser un paso razonable en el proceso de diseño, introducción y evaluación de nuevas variedades en estos ambientes.

Una metodología para mejorar variedades que puedan ser usadas en sistemas de cultivo intercalado en el trópico, debe reflejar:

1. Selección varietal para estos sistemas complejos

Una revisión de la literatura y una serie de comunicaciones recientes con varios especialistas en Asia, Africa y Latinoamérica, indican que se ha prestado muy poca atención por parte de los investigadores a la selección de variedades para sistemas específicos de cultivos múltiples. Sin embargo, se ha hecho una selección conciente dirigida hacia ciertas características deseables para la adaptación de las variedades nuevas a ambos sistemas: cultivos múltiples y monocultivos.

2. Necesidad de un programa de mejoramiento diseñado hacia los sistemas complejos de multicultivos

Los resultados obtenidos en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) con el sistema frijol/maíz están de acuerdo con la literatura, en cuanto a la importancia de la interacción "variedad por sistema" para ciertos cultivos y ciertos sistemas. Por lo tanto, la selección de cultivos para estos sistemas complejos debe considerar características que aumentan el potencial de rendimiento en un rango de sistemas y ambientes.

3. Diseño de un procedimiento eficiente de selección para mas de un sistema de cultivo

Se presenta un procedimiento de selección que se está utilizando en el CIAT para maíz, frijol voluble y frijol arbustivo. Los resultados de campo de este procedimiento son preliminares y tienen que confirmarse a través de varios ensayos en diferentes semestres y localidades. El procedimiento se está desarrollando para el mejoramiento del frijol en latinoamérica.

Se concluye con una discusión sobre las características que aparentemente favorecen la producción de variedades en sistemas intercalados. Un programa de mejoramiento integral tiene que incluir ensayos a nivel del agricultor como el paso último e indispensable en la selección y prueba de materiales.

INVESTIGACION PREVIA SOBRE CULTIVOS INTERCALADOS

Se han realizado investigaciones sobre los cultivos intercalados en la India (Aiyer, 1949; Kanwar, 1970; Mahapatra *et al.*, 1973, Singh, 1970; Swaminathan, 1970), Taiwan (Chang, 1965; Kung, 1969), Filipinas (Bradfield,

1973; IRRI, 1972, 1973, 1974; Herrera y Harwood, 1973), Nigeria (Andrews, 1972; Baker, 1974; Norman, 1974), Tanzania (1974a, 1974b), Uganda (Willey y Osiru, 1972), México (Turrent y Laird, 1972), Colombia (Flor y Francis, 1975; Higueta, 1971), El Salvador (Chacón y Barahona, 1974), La Zona del Caribe (Jolly, 1956), y Costa Rica, en donde se publicó recientemente una bibliografía muy útil (IICA, 1974). Una revisión excelente fué publicada recientemente por Dalrymple (1971). En estas publicaciones se da énfasis a la importancia de los cultivos múltiples para ciertos cultivos y regiones. En varios informes aparecen cuantificadas las diferencias entre variedades de ciertos cultivos. Las características más útiles para los sistemas de cultivos intercalados han sido identificados en las variedades tradicionales y en las mejoradas.

1. Importancia de los Sistemas de Cultivos Intercalados

Varias presentaciones en este simposio han detallado la ocurrencia e importancia de sistemas de cultivos intercalados en el trópico (Andrews, 1975), y más específicamente en el Asia (Harwood, 1975), Africa (Okigbo, 1975), y América Latina (Pinchinat, 1975). Se estima que el 98% del caupí, probablemente la leguminosa más importante en Africa, se encuentra asociada con otros cultivos alimenticios (Arnon, 1972). La encuesta de Norman en la zona norte de Nigeria (1974) muestra que alrededor del 83% del terreno cultivable se dedica a cultivos múltiples.

En Colombia, un 90% del cultivo de frijol se encuentra en asociación con maíz, papa y otros cultivos, mientras que en Guatemala un 73% de la producción de frijol se encuentra en asociación, principalmente con maíz (Gutiérrez *et al.*, 1975). En Brasil, 80% del frijol se encuentra sembrado con otros cultivos, principalmente maíz (IICA, 1969). Los autores estiman que en el trópico latinoamericano un 60% del maíz se encuentra asociado con otros cultivos. Dalrymple (1971) hizo un estudio sobre el uso de estos sistemas en los países en vía de desarrollo en todo el trópico y concluyó que la práctica de cultivos múltiples está ampliamente difundida en todo el mundo.

2. Resultados de la investigación en Cultivos Intercalados

Los ensayos agronómicos con sistemas de cultivo intercalado se han concentrado en variables tales como densidad relativa de los cultivos componentes, fechas de siembra, niveles de fertilizantes y orientación espacial de los cultivos. Las variedades de alto rendimiento y de precocidad notoria, han sido las más útiles en estos ensayos. En ocasiones se ha utilizado el sistema de tamizado preliminar para identificar aquellas variedades mejor adaptadas a cierto clima o sistema. Algunas experiencias incluyen variedades de batata con caña de azúcar (Shia y Pao, 1964; Tang, 1963, 1964), mungo, soya, caupí y batata con maíz (IRRI, 1972, 1973, 1974), frijol con maíz (Chacón y Barahona, 1974), y algodón asociado con maní (Rao *et al.*, 1960). La prueba de variedades en dos o más sistemas ha producido resultados variables. Baker (1974) hizo énfasis en la importancia de la capacidad de una variedad nueva para aumentar rendimientos sobre las variedades viejas, cuando la nueva variedad se siembra con la tecnología disponible. En un ensayo de cuatro variedades de sorgo en monocultivo e intercaladas con millo, los rendimientos de sorgo siempre fueron más altos en el sistema de cultivo intercalado y las variedades mantenían aproximadamente el mismo orden en los dos sistemas.

En un tamizado de 12 variedades promisorias de soya en Tanzania, Finlay (1974b) encontró que el hecho de intercalar la soya con maíz, sorgo y millo, redujo sus rendimientos en cantidades del orden de 37%, 43% y 18% con relación al rendimiento del monocultivo de soya: 15.2 qq/ha. (promedio de 12 variedades). En informe posterior Finlay (1974a) se pregunta si el material disponible para los sistemas de monocultivo es el óptimo para los sistemas de cultivo intercalado, y si las variedades de leguminosas pueden mantener su mismo orden de rendimiento cuando están intercaladas con cereales. Además, Finlay evaluó también 21 variedades de maíz en monocultivo e intercaladas con soya y caupí, pero no presentó resultados en el informe preliminar.

Los rendimientos de 12 variedades de mungo intercaladas con maíz en las Filipinas, mostraron una reducción de un 37% con respecto al potencial del monocultivo en dos semestres (IRRI, 1973). Los rendimientos relativos de las variedades en el ensayo tuvieron un rango de 24 a 43% con relación al rendimiento del monocultivo. Las variedades de mas alto rendimiento sufrieron mas a causa de la competencia. Nueve variedades de frijol voluble se probaron en Boliche, Ecuador, por Buestán y Valarezo (1973), intercaladas con maíz normal (INIAP-515) y maíz enano (Braquítico). No se encontró diferencia en los rendimientos del maíz asociado con las 9 variedades de frijol, pero cuatro de las variedades de frijol mostraron diferencias significativas en rendimiento entre los dos tipos de maíz contrastantes usados como soporte.

El cultivo de maíz-frijol intercalado en dos semestres en El Salvador (Chacón y Barahona, 1974) mostró los rendimientos mas altos con una combinación de la variedad de frijol arbustivo "Sesuntepeque" y el híbrido de maíz H-3.

3. Características de la Planta y Sistemas de Cultivos Intercalados

Las características de variedades útiles para los sistemas de cultivo intercalado se encuentran en la literatura. La insensibilidad al fotoperíodo permite la siembra de una variedad en cualquier fecha del año. Permite además, flexibilidad para aquellos sistemas nuevos que requieren una siembra en fechas distintas a las tradicionales para cierta región y cultivo (Dalrymple, 1971; Swaminathan, 1970). La precocidad de una variedad permite una organización mas intensiva del cultivo y mayor flexibilidad para la utilización de sistemas de cultivo intercalado o cultivo de relevo (IRRI, 1972; Herrera y Harwood, 1973; Rao et al., 1960; Sindagi y Ansari, 1969). En algunos cultivos las plantas de porte bajo con resistencia al acame han sido seleccionadas por su respuesta favorable a las aplicaciones de nitrógeno, reducido follaje y menor competencia por luz para la asociación de cultivos (IRRI, 1972, 1973; Sindagi y Ansari, 1969; Swaminathan, 1970). La respuesta a altas densidades permite también mayor flexibilidad para variar las proporciones relativas de los cultivos componentes de la asociación, así como en la obtención de altos niveles de población total del sistema (IRRI, 1973; Swaminathan, 1970).

4. Selección de Cultivos para Sistemas Intercalados

Aunque ciertas características de las nuevas variedades son útiles para el cultivo intercalado de estas especies, hay una evidencia muy limitada de que los mejoradores han seleccionado conscientemente sus variedades para estos sistemas. Los autores concluyen que en los trópicos la mayoría de esa selección ha sido .

realizada por los mismos agricultores. Estos agricultores, durante muchos años han seguido sistemas de cultivo propios: en forma consistente han seleccionado semillas de aquellas plantas individuales y/o variedades que dieron una mayor producción en estos sistemas de cultivo asociado. Esto fué confirmado mediante correspondencia con varios colegas actualmente familiarizados con la agricultura de pequeños agricultores.^{3/}

EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO INTERCALADO

El primer paso en el mejoramiento de especies de cultivos para estos sistemas es decidir si es necesario hacer selecciones genéticas específicas para cada sistema de cultivo intercalado. Una información básica es indispensable sobre los principales sistemas de cultivos y los principales factores que limitan la producción. Los potenciales para aumentar los rendimientos de los cultivos intercalados con germoplasma mejorado son una función de los potenciales de cada uno de los correspondientes monocultivos, y de las variaciones relativas en rendimiento cuando se combinen estos dos o mas cultivos. Las interacciones de variedad por sistema, sugieren que posiblemente se requiere mas de una sola estrategia de mejoramiento. Aprovechando el maíz y el frijol como ejemplos, los autores proponen un esquema para desarrollar variedades mejoradas para los agricultores del trópico latinoamericano.

1. Sistemas de Cultivo Predominantes en la Región

En América Latina ciertos cultivos crecen como monocultivos: caña de azúcar, sorgo, arroz de riego, algodón, trigo y cebada. El mejoramiento genético de estos cultivos lógicamente se concentra en la evaluación del monocultivo, aunque la misma solución posiblemente no es la apropiada para los mismos cultivos en otras regiones. Otros cultivos de alimentación básica en América, tales como yuca, maíz, frijol, papa, ñame, casi siempre se encuentran asociados o intercalados con otros cultivos. En su mejoramiento lógicamente se tiene que tomar en consideración la frecuencia de los principales sistemas en los que ellos están involucrados. Esta evaluación debe ser cuantitativa con respecto a los cultivos y a los factores que limitan la producción. Por otra parte, la evaluación debe ser completamente representativa de la región o del país.

Ejemplos de este tipo de encuesta existen para la yuca y el frijol en Colombia. Un estudio detallado de factores que limitan la producción de yuca incluyó 300 fincas en 5 zonas de Colombia. Cada finca fué visitada tres veces durante el ciclo del cultivo. En esta encuesta se encontró que un 60% de las fincas y un 70% de la superficie sembrada se referían a yuca en monocultivo; el remanente mostró una serie de combinaciones de cultivos (CIAT, 1974).

^{3/} Comunicaciones Personales. 1975. D.J. Andrews, ICRISAT, Hyderabad, India; S. Bradfield, Depto. de Antropología, Kalamazoo College; D.F. Dalrymple, U.S.D.A., Washington; D.D. Harpstead, Depto. de Cultivos y Suelos, Universidad del Estado de Michigan; R.D. Hart, Alejandría, Virginia; R.R. Harwood, IRRI, Los Baños, Filipinas; E.A. Kueneman, Depto. de Mejoramiento de Plantas, Universidad de Cornell; H.G. Nasr, Univ. Amer. de Beirut; A. Pinchinat. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Las encuestas relacionadas con los factores que limitan la producción de frijol (Gutiérrez et al., 1975; IICA, 1969) indican que hasta un 80% de la superficie sembrada en frijol en Latinoamérica se encuentra bajo el sistema de cultivo intercalado. Estudios precisos de los factores que limitan la producción de frijol se encuentran en progreso, utilizando la metodología diseñada por Andersen y sus colegas (Andersen et al., 1974).

2. Rendimientos Actuales del Cultivo y los Potenciales para Mejorarlos

Los rendimientos de frijol en las estaciones experimentales de Latinoamérica generalmente son mucho mas altos que los promedios obtenidos en los campos de los agricultores, en donde se introducirían nuevas variedades en sistemas complejos de cultivos. La producción de frijol en Latinoamérica, resumida por Gutiérrez et al., 1975 y detallada por países en la Tabla 1, arroja un promedio de 600 kg/ha. Los datos de México, el segundo país en la producción de frijol, fueron suministrados por Lepiz (1974).

Tabla 1. Producción de frijol en nueve países latinoamericanos, reportado por Gutiérrez et al., (1975) y en México por Lepiz (1974).

País	Año	Superficie	Producción	Rendimiento
		(has)	(tons)	(kg/ha)
Brasil	1970	3,484,778	2,211,449	635
Colombia	1971	68,000	39,000	583
El Salvador	1971	39,900	21,200	670
Guatemala	1971	185,269	61,154	331
Honduras	1971	72,700	55,400	762
Nicaragua	1969	59,635	44,054	738
Panamá	1971	16,900	5,410	320
Perú (costa)	1971	60,750	47,993	790
República Dominicana	1971	37,500	28,125	750
México	1970	1,711,723	833,609	487

Estos rendimientos promedios nacionales son bajos, comparados con los resultados experimentales obtenidos por Howeler (CIAT, 1974; comunicación personal, Programa de Frijol, CIAT, 1975) en una serie de ensayos preliminares conducidos por el CIAT en cuatro localidades de Colombia y Ecuador (Tabla 2). Utilizando buen manejo del cultivo en tres altitudes sobre el nivel del mar, las mejores variedades produjeron mas de 2.500 kg/ha. en Palmira (1000 mts.), Popayán (1600 mts.) y Boliche (14 mts.), en tanto que en la localidad baja de Montería (40 mts.) solamente una variedad alcanzó rendimientos de 1500 kg/ha. En general, en estas pruebas, los mejores rendimientos se han obtenido con variedades precoces, de semillas negra y de tipo de planta arbustivo. Las variedades de estos ensayos representan apenas una muestra preliminar de colecciones de latinoamérica.

Tabla 2. Rendimientos de las mejores variedades y selecciones de fríjol arbustivo en cuatro localidades (CIAT, 1974; comunicación personal, R.H. Howeler, Programa de Fríjol, CIAT, 1975).

Localidad (semestre)	Densidad de Plantas (miles pl/ha.)	Rendimiento Promedio de las 5 Mejores Variedades (kg/ha)
Pópayán, Colombia (1974A)	280	2,702
Montería, Colombia (1974B)	213	1,196
Boliche, Ecuador (1974B)	280	2,986
Palmira, Colombia (1974A)	333	2,596
Palmira, Colombia (1974B)	333	2,404
Palmira, Colombia (1975A)	333	3,084

El banco de germoplasma del CIAT tiene unas 10.000 colecciones y aunque algunas variedades vinieron de los programas nacionales, ningún cruzamiento ni selección de líneas puras se hizo antes de iniciar estos ensayos.

El potencial para mejorar el rendimiento del fríjol también es prometedor para los tipos de fríjoles volubles. Ensayos preliminares en monocultivo con soporte artificial y manejo intensivo han mostrado rendimientos en parcelas experimentales por encima de los 4.000 kg/ha (1974; comunicación personal, Y. Hayakawa y D. Laing, Programa de Fríjol, CIAT, 1975) en ensayos en el CIAT. Los resultados experimentales de varios semestres, variedades y densidades de siembra (Tabla 3) sugieren que las densidades óptimas varían de acuerdo con la variedad y el semestre. Las altas densidades de fríjol voluble muestran altos rendimientos y un buen ingreso con los precios actuales. Estos resultados preliminares de diversos ensayos muestran un potencial de rendimiento que no se ha aprovechado a nivel de finca y estas variedades todavía corresponden a materiales no seleccionados ni mejorados en el programa de mejoramiento.

Las características de los tipos volubles que pueden distinguirlos cuantitativamente del tipo arbustivo y que posiblemente están relacionados con el potencial de rendimiento, incluyen plantas mas altas, mayor número de nudos y vainas por unidad de superficie de terreno, mayor índice foliar, floración y madurez mas tardíos y mayor rendimiento de semilla y materia seca total.

Tabla 3. Rendimientos de frijol voluble con soporte artificial en CIAT, Palmira, Colombia (CIAT, 1974; comunicación personal, Y. Hayakawa y D. Laing, Programa de Frijol, CIAT, 1975).

Semestre	Variedad	Densidad	Rendimiento
		(miles pl/ha)	(kg/ha)
1974A	Trujillo 3	1,000	5,650
	Trujillo 2	1,000	5,590
1974B	N-315-61-1-5-1	200	5,030
	PI 282-063	200	4,470
	Trujillo 2	200	4,100
	Trujillo 3	200	4,040
1975A	PI 310-739	400	4,500

3. Efectos de la Asociación de Cultivos

Existe un potencial para aumentar los rendimientos de frijol en monocultivo, aprovechando variedades mejoradas, altas densidades y semilla libre de patógenos. La asociación del frijol con maíz reduce el rendimiento del frijol en la mayoría de los semestres y sistemas. La Tabla 4 muestra una reducción del 20% en el rendimiento de los frijoles arbustivos cuando se siembran uniformemente con una población de maíz de 44,000 plantas/ha. Sin embargo, un sistema mas tradicional de siembra de maíz, utilizando 3 a 4 plantas por sitio con distancias de 75 a 100 cms. entre sitios con la misma densidad, no redujo el rendimiento del frijol. Los rendimientos del maíz no se afectaron por los varios tratamientos de orientación del cultivo.

Tabla 4. Rendimientos de frijol y maíz en cuatro sistemas de siembra, CIAT, 1973B (Flor y Francis, 1975).

Sistema de Siembra ^{1/}	Rendimiento	
	Frijol	Maíz
	(kg/ha)	
Frijol	1,330 ^{a2/}	
Frijol y Maíz (1 planta cada 25 cms.)	1,021c	5,124 ^{a2/}
Frijol y Maíz (2 plantas cada 50 cms.)	1,066bc	5,290a
Frijol y Maíz (3 plantas cada 75 cms.)	1,267ab	4,518a
Frijol y Maíz (4 plantas cada 100 cms.)	1,206abc	4,446a

1/ Variedad de frijol ICA Guali, arbustiva, sembrada a 220,000/ha; maíz braquítico amarillo sembrado a 44,400/ha.

2/ Los rendimientos seguidos por la misma letra en cada columna no muestran diferencias significativas (5% de nivel).

Las fechas relativas de siembra de los dos cultivos influyen también en los rendimientos del frijol arbustivo. La Tabla 5 muestra los resultados de un ensayo en el cual los rendimientos del frijol bajaron de 939 kg/ha en condiciones de monocultivo hasta menos de 400 kg/ha cuando el maíz se sembró antes de los frijoles. Una ventaja de 15 días en la siembra del frijol mostró los rendimientos mas altos. Esto fué confirmado por varios pequeños agricultores de zonas aledañas que practican este sistema. La relación de equivalencia de terreno (LER = Land Equivalent Ratio, Bantilan y Harwood, 1973) fué mas alta cuando el frijol se sembró después del maíz.

Tabla 5. Rendimientos de frijol y maíz con diferentes fechas de siembra, CIAT, 1974A (Flor y Francis, 1975).

Fechas de Siembra ^{1/}	Rendimiento		LER ^{3/}
	Frijol	Maíz	
	(kg/ha)		
Maíz (monocultivo)		7,270a ^{2/}	
Maíz sembrado 15 días antes del frijol	365c ^{2/}	5,730bc	1.18
Maíz sembrado 10 días antes del frijol	400c	5,840bc	1.23
Maíz sembrado 5 días antes del frijol	394c	5,040c	1.11
Siembra simultánea	500bc	5,710bc	1.32
Frijol sembrado 5 días antes del maíz	483bc	6,910ab	1.46
Frijol sembrado 10 días antes del maíz	516bc	7,230a	1.54
Frijol sembrado 15 días antes del maíz	703ab	6.760ab	1.68
Frijol (monocultivo)	939a		

1/ Variedad de frijol ICA Pijao (Línea 32) sembrada a 300,000/ha; híbrido de maíz ICA H-207 sembrado a 40,000/ha.

2/ Los rendimientos seguidos por la misma letra en cada columna no muestran diferencia significativa (5% de nivel).

3/ Proporción de terreno equivalente (Land Equivalent Ratio = LER) según Bantilan y Harwood (1973):

$$\text{LER} = \frac{\text{rendimiento de maíz en asociación}}{\text{rendimiento de maíz en monocultivo}} + \frac{\text{rendimiento de frijol en asociación}}{\text{rendimiento de frijol en monocultivo}}$$

Los efectos de sistema de siembra y densidad se ilustran en la Tabla 6, utilizando tres sistemas de asociación de maíz y frijol arbustivo. Las densidades mas altas de frijol aumentaron los rendimientos, pero la asociación con el maíz redujo el rendimiento en los niveles del monocultivo para la variedad roja (ICA Guali).

Tabla 6. Rendimientos de frijol y maíz con diferentes sistemas de siembra, CIAT, 1974B (Flor y Francis, 1975).

Sistema de Siembra ^{1/}	Densidad de Frijol (miles pl/ha.)	Rendimiento		LER ^{3/}
		Frijol	Maíz	
Maíz (monocultivo)			3,767a ^{2/}	1.00
Maíz con frijol en el mismo surco	111	896b ^{2/}	4,139a	1.78
Maíz con frijol en surco paralelo	111	693c	4,162a	1.63
Maíz con frijol en dos surcos paralelos	222	1,008b	4,239a	1.88
Frijol (monocultivo)	222	1,326a		1.00

1/ Variedad de frijol ICA Guali, variedad de maíz braquítico amarillo a 44,400/ha.

2/ Los rendimientos seguidos por la misma letra en cada columna no muestran diferencia significativa (5% de nivel).

3/ Proporción de terreno equivalente (Land Equivalent Ratio = LER):

$$\text{LER} = \frac{\text{rendimiento de maíz en asociación}}{\text{rendimiento de maíz en monocultivo}} + \frac{\text{rendimiento de frijol en asociación}}{\text{rendimiento de frijol en monocultivo}}$$

Los rendimientos de frijol arbustivo y de frijol voluble intercalados con maíz normal y maíz braquítico aparecen resumidos en la Tabla 7. Los rendimientos del maíz braquítico-2 en monocultivo fueron mas altos que los del maíz normal (ICA H-207), cuando cada material se sembró en su densidad recomendada. Los rendimientos biológicos totales del maíz no mostraron diferencias significativas entre estos dos híbridos ni entre sistemas. Los rendimientos mas altos del maíz enano resultaron de un índice mayor de cosecha (proporción del grano con el rendimiento total). Los rendimientos de frijol arbustivo bajaron en un 52% y 63% cuando se asociaron con maíz normal y maíz braquítico, respectivamente. Estas reducciones en el rendimiento de frijol arbustivo intercalado con maíz fueron el resultado de menos racimos por planta (5 en asociación vs. 9 en monocultivo de frijol), menos vainas por planta (9 vs. 14) y menos peso de vainas y peso de tallo por planta. Los índices de cosecha no se afectaron por el sistema: se encontró la misma distribución de materia seca entre partes de la planta en los tres tratamientos. Los rendimientos del frijol bajaron un 80% cuando el frijol voluble se asoció con el maíz normal y un 90% cuando se asoció con el maíz enano, esto en comparación con los monocultivos de frijol voluble y a la misma densidad de siembra.

Las reducciones en el rendimiento del frijol se debieron a la competencia del maíz y están relacionadas con cambios en los componentes del rendimiento, tal como se indica en la Tabla 8. La altura de la planta en el frijol no se afectó, pero se observaron menos número de racimos, vainas, hojas y ramas por planta en el frijol voluble asociado. La competencia redujo el peso seco de todos los componentes de la planta de frijol, pero el índice de cosecha no fué afectado. Es posible que en nuevos ensayos, con mas altas densidades de frijol, variaciones en las fechas de siembra y orientación física de los dos cultivos se reduzca esta competencia interespecifica y se logren aumentar los rendimientos de frijol.

Tabla 7. Rendimientos de frijoles arbustivos y volubles sembrados con maíz normal y maíz braquítico, CIAT, 1975A.

Sistema	Densidad		Rendimiento			Indice de Cosecha (Maíz)	LER ^{2/}
	Frijol	Maíz	Frijol	Maíz en Grano	Maíz Total		
	(miles plantas/ha)		(kg/ha)				
Frijol arbustivo (ICA Pijao)	222		1,738c ^{1/}	-	-	-	1.00
Maíz normal/Frijol arbustivo	155	44	845d	7,631bc ^{1/}	14,268a ^{1/}	.46ab ^{1/}	1.65
Maíz braquítico/Frijol arbustivo	177	65	647de	8,769a	15,564a	.48a	1.44
Frijol voluble (PI 282-063)	44	-	2,148b	-	-	-	1.00
Maíz normal/Frijol voluble	44	44	429ef	7,318c	15,839a	.40bc	1.30
Frijol voluble (PI 282-063)	65	-	2,456a	-	-	-	1.00
Maíz braquítico/Frijol voluble	65	65	220f	8,153ab	15,634a	.45abc	1.08
Maíz normal (ICA H-207)	-	44	-	6,535d	15,014a	.38c	1.00
Maíz braquítico (ICA H-210)	-	65	-	8,205ab	15,796a	.45abc	1.00

^{1/} Los rendimientos en la misma columna seguidos por la misma letra no muestran diferencia significativa (5% de nivel); rendimientos de frijol con 14% de humedad, rendimientos de maíz en grano con 15% de humedad, y rendimientos de materia seca total de maíz basados en peso seco absoluto.

^{2/} Proporción de terreno equivalente (LER)

Tabla 8. Componentes de rendimiento de frijol voluble en dos densidades y dos sistemas, CIAT, 1975A (Componentes de rendimiento cuantificados en una muestra de 4 plantas; rendimiento final en kg/ha a partir de la cosecha completa de la parcela).

Sistema	Altura de Planta (cms.)	Racimos por Planta	Vainas por Planta	Hojas por Planta	Ramas por Planta	gramos/planta		Semillas por Vaina	Indice de Cosecha	Rendimiento de Frijol (kg/ha)
						Tallos	Hojas			
Monocultivo de frijol voluble (44,400 plantas/ha)	275a ^{1/}	27a ^{1/}	46a ^{1/}	52a ^{1/}	3.8a ^{1/}	18.5a ^{1/}	25.2a ^{1/}	55.0a ^{1/}	.56	2,148b ^{1/}
Monocultivo de frijol voluble (65,000 plantas/ha)	247a	19b	37a	38b	2.8b	14.2b	20.0b	37.8b	.53	2,456a
Frijol voluble intercalado con Maíz Normal (44,400 plantas/ha)	242a	6c	10b	16c	1.0c	4.8c	10.0c	15.0c	.50	429c
Frijol voluble intercalado con Maíz Braquítico (65,000 plantas/ha)	239a	3c	5b	11c	1.0c	3.2c	4.8d	6.5c	.43	220c

^{1/} Los números en cada columna seguidos por la misma letra, no muestran diferencia significativa (5% de nivel).

Los rendimientos de frijol arbustivo y soya, asociados con maíz y arroz, se presentan en la Tabla 9. Las leguminosas, redujeron sus rendimientos cuando se asociaron con el maíz. Cuando se asociaron con el arroz, estos rendimientos aumentaron ligeramente, aunque no en forma significativa. No se observaron diferencias significativas ni en el rendimiento del maíz en grano, ni en el rendimiento del maíz en grano, ni en el rendimiento biológico total, ni en el índice de cosecha.

En todos estos ensayos de espaciamento, densidades, fechas de siembra y orientación física de los cultivos, para la asociación maíz-frijol, los rendimientos del frijol son bajos, comparados con los rendimientos experimentales indicados en las Tablas 2 y 3.

Tabla 9. Rendimientos de frijol arbustivo, soya y maíz, en varias combinaciones, CIAT, 1975A.

Sistema	Densidad		Rendimiento		LER ^{3/}
	Leguminosa	Maíz	Leguminosa	Maíz	
	(miles plantas/ha)		(kg/ha)		
Maíz Normal (ICA H-207)	-	44	-	7,221a ^{1/}	1.00
Frijol arbustivo (ICA Pijao)	200	-	2,033bc ^{2/}	-	1.00
Soya (ICA Pance)	200	-	2,910a	-	1.00
Maíz/Frijol Arbustivo	200	44	1,033d	6,926a	1.47
Maíz/Soya	200	44	1,550c	6,525a	1.44
Maíz/Arroz ^{1/}	-	44	-	8,195a	
Frijol arbustivo/Arroz ^{1/}	200	-	2,223b	-	
Soya/Arroz ^{1/}	200	-	3,025a	-	

1/ Arroz aún no cosechado

2/ Los rendimientos en cada columna seguidos por la misma letra, no muestran diferencias significativas (5% de nivel).

3/ Proporción de terreno equivalente (LER).

4. Interacciones de Variedad por Sistema

La decisión de tamizar y seleccionar germoplasma promisorio, aprovechando mas de un sistema de tamizado y/o selección, depende de la magnitud de las interacciones de variedad por sistema, medida por la producción de varios genotipos bajo dos o mas sistemas. La Tabla 7 mostró la reducción en rendimientos de frijol arbustivo y voluble, cuando cada uno se sembró con dos tipos de maíz, normal y enano. Las evaluaciones de germoplasma en sistemas de monocultivo con soporte artificial, podrían conducir a seleccionar tipos volubles de frijol, en igual forma como se hace con los tipos arbustivos. Pero estos tipos volubles así seleccionados podrían no ser los óptimos para siembra en asociación con maíz.

En Boliche, Ecuador, se estudió el comportamiento de 9 variedades de frijol voluble asociadas con maíz normal y con maíz braquítico (Buestán, 1973). Los datos resumidos en la Tabla 10, indican diferencias significativas en rendimiento entre las variedades de frijol probadas. Una comparación de los rendimientos de frijol en los dos casos mostró correlaciones no significativas para rendimiento ($r = 0.265$) y para ordenamiento por rangos ($r = 0.361$). Por lo tanto, la selección de una variedad de frijol por un determinado sistema no necesariamente constituye una selección para otro sistema distinto. En este ensayo los coeficientes de correlación fueron negativos y no significativos para rendimientos de maíz y frijol ($r = 0.229$ para maíz normal, $r = -0.509$ para maíz braquítico), lo cual indica una competencia diferencial entre los dos cultivos y para los dos sistemas de soporte con maíces que contrastan por altura.

Tabla 10. Rendimientos de nueve colecciones de frijol voluble asociado con dos tipos de maíz contrastantes, Boliche, Ecuador, 1973B (Buestán, 1973).

Variedad de Frijol Voluble	Frijol Asociado con Maíz Enano		Frijol Asociado con Maíz Normal	
	Rango	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Rango
Panamito	1	1,343 ^a _{1/}	780 ^{bc} _{1/}	5
Puebla-421	2	1,025 ^b	695 ^{cd}	6
Aguascalientes-70	3	1,003 ^b	1,081 ^a	2
Pata de Paloma	4	954 ^b	991 ^{ab}	4
Guatemala-358	5	938 ^b	1,005 ^a	3
Puebla-163	6	882 ^{bc}	1,102 ^a	1
Guanajuato-113A	7	811 ^{bc}	669 ^{cd}	7
Puebla-151B	8	803 ^c	542 ^d	9
Aguascalientes-67	9	708 ^c	600 ^{cd}	8

1/ Los rendimientos de frijol en la misma columna, seguidos por la misma letra no muestran diferencia significativa (5% de nivel); dentro de una variedad, los rendimientos subrayados a través de los dos sistemas no muestran diferencia significativa (5% de nivel).

Aprovechando datos de soya reportados por Finlay (1974b), se han calculado las correlaciones simples de rendimiento y rango entre soya en monocultivo y tres sistemas de asociación con cereales (Tabla 11). Estas correlaciones no fueron significativas. Las correlaciones simples entre rendimiento de soya y rango entre varios sistemas de cultivos asociados con cereales, resultaron significativas. Entre los sistemas asociados, los rendimientos de soya asociada con sorgo se relacionaron con los rendimientos de soya asociada con los otros dos cereales.

Las correlaciones del rendimiento del frijol mungo en monocultivo versus asociaciones de maíz (calculadas de los datos de R.R. Harwood, IRR, 1973, 1974) mostraron un coeficiente de correlación negativo y no significativo para el rendimiento ($r = -0.339$) y orden de rango ($r = -0.098$) sobre dos semestres en el año

de 1973. Cálculos similares realizados en 1974 mostraron coeficientes de correlación positivos pero no significativos para el rendimiento ($r = 0.514$) y orden en el rango ($r = 0.434$). Los rendimientos de monocultivos de ocho variedades, comunes en los ensayos de ambos años, mostraron una correlación positiva no significativa ($r = 0.465$) a través de los años, con los mismos resultados para el mungo asociado con maíz ($r = -0.045$). Esta interacción variedad por semestre, complica la selección de variedades de rendimientos altos y estables.

Tabla 11. Rendimiento y correlaciones del orden en el rango para la producción de soya en varios sistemas asociados (Correlaciones de los datos reportados por Finlay, 1974b).

Sistemas de Soya	r (rendimiento)	r (rango)
Monocultivo vs. Cultivo Asociado con Maíz	.506	.455
Monocultivo vs. Cultivo Asociado con Sorgo	.372	.432
Monocultivo vs. Cultivo Asociado con Millo	.398	.372
Cultivo Asociado con Maíz vs. Cultivo Asociado con Sorgo	.595*	.392
Cultivo Asociado con Maíz vs. Cultivo Asociado con Millo	.444	.336
Cultivo Asociado con Sorgo vs. Cultivo Asociado con Millo	.692**	.601*

*, ** Niveles de probabilidad significantes al 5% y 1%, respectivamente.

Los rendimientos de siete variedades de frijol asociadas con maíz (datos de Chacón y Barahona, 1975) no mostraron correlación significativa durante dos semestres ($r = 0.218$). No hubo correlación significativa de rendimientos de maíz en dos semestres con las variedades de frijol ($r = 0.318$). La producción de frijol se correlacionó negativamente con la producción de maíz ($r = -0.858$, significativa al nivel del 1%).

La única correlación significativa entre variedades asociadas y en monocultivo se encontró en el ensayo de sorgo reportado por Baker (1974). Los rendimientos de sorgo en monocultivo se correlacionaron en forma altamente significativa con rendimientos de sorgo asociado con millo ($r = 0.947$), significativa al nivel del 1%).

Esta síntesis y análisis de datos actuales de ensayos de cultivos asociados confirma la importancia de la interacción variedad por sistema. Para alcanzar una decisión sobre cuál sistema o sistemas debe seguirse en un programa de mejoramiento, hay que confrontar el problema circular que siempre se presenta en la evaluación de material genético en nuevos sistemas. Al introducir cambios en fertilidad, en densidad de siembra o en sistemas de cultivo, los materiales escogidos como de mejor rendimiento bajo un sistema previo, posiblemente no sigan siendo los mejores. Es necesario seleccionar germoplasma bajo las nuevas condiciones. A medida que los sistemas de tamizado y selección de germoplasma se desarrollen y mejoren, se hace

necesario probar cada ciclo de selecciones promisorias bajo las nuevas prácticas culturales. Por otro lado, los niveles óptimos de densidad, fechas de siembra, fertilidad del suelo, orientación física de surcos y balance entre especies en los cultivos asociados, deben confirmarse con frecuencia, usando las últimas variedades disponibles.

Los costos de implementación de mas de un sistema de tamizado y selección en un programa de mejoramiento, dependerán mucho del estado de desarrollo del germoplasma en el cual se inicia la selección para la asociación. Deben considerarse aspectos tales como la ventaja relativa de estudiar grandes números de cruzamientos y selecciones en un solo sistema frente a la posibilidad de estudiar un número mas reducido pero en dos o mas sistemas.

La decisión de seleccionar una metodología de mejoramiento depende de las limitaciones en rendimiento de los sistemas de cultivos mas comunes, de los potenciales del monocultivo y los cultivos asociados, y de las interacciones de variedad por sistema.

EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA PARA SISTEMAS DE CULTIVO INTERCALADO

La importancia de la asociación maíz-fríjol en los trópicos latinoamericanos exige considerarla en el desarrollo de nuevo germoplasma. Con la evidencia de que la interacción variedad por sistema existe en la asociación maíz-fríjol y en otros sistemas, el CIAT ha empezado a probar variedades promisorias en dos o mas sistemas que incluyan estos dos cultivos. Las mejores recomendaciones agronómicas resultantes de ensayos previos con la asociación se han seguido para sembrar el primer ciclo, actualmente en el campo. Estos procedimientos de evaluación se explican en detalle a continuación:

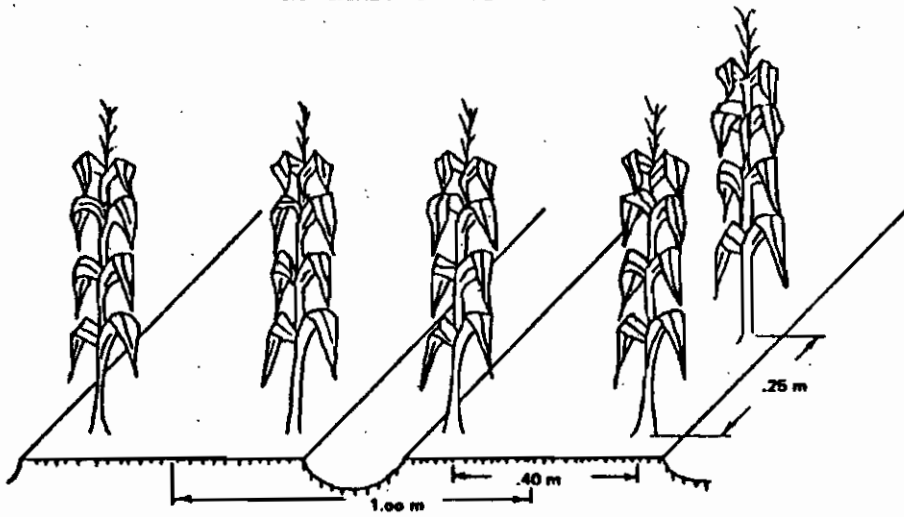
1. Evaluación de Maíz en tres sistemas de asociación

Además de la producción de maíz en monocultivo, fácilmente observable en toda la zona Andina, en Centro América y en Brasil, hay grandes áreas en donde el maíz se cultiva en asociación con frijol arbustivo (Brasil, Centro América y México) y con frijol voluble (zonas de clima frío en toda la América Latina). Estos tres sistemas están incluidos en un ensayo preliminar para evaluar 15 familias de maíz de medios hermanos representando varios tipos de plantas con altura reducida y una eficiencia de producción aparente. Estos sistemas, indicados en la Figura 1, tienen las siguientes características:

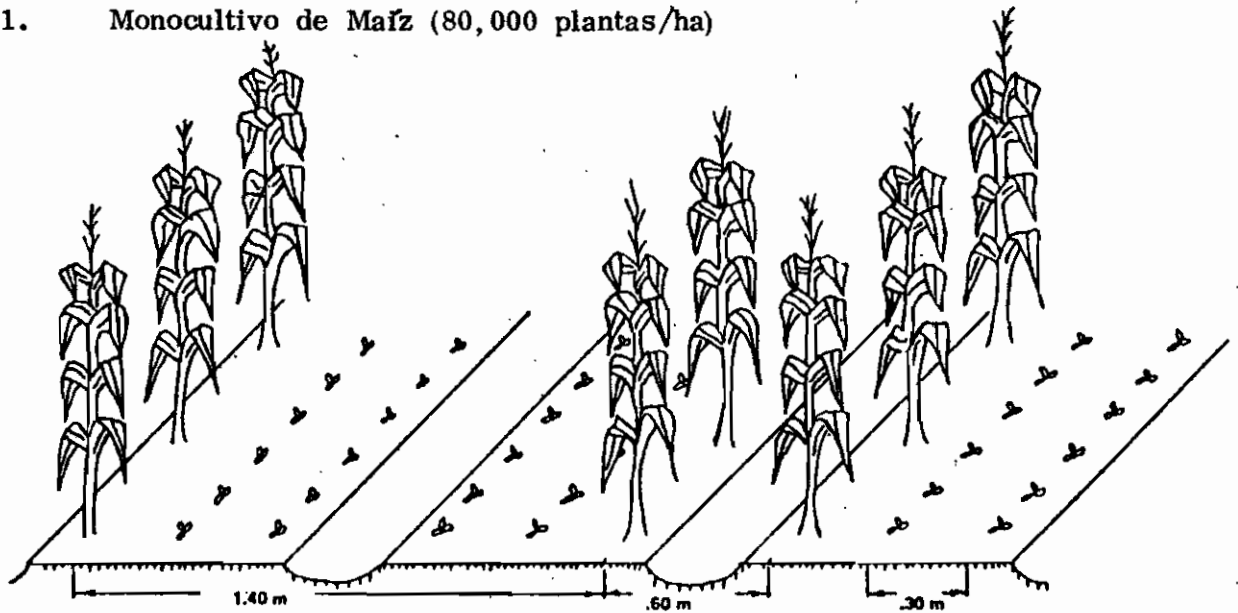
- a. Monocultivo de maíz: densidad 80,000 plantas/ha.
- b. Maíz Asociado con Frijol Arbustivo: densidad de maíz 40,000 plantas/ha; densidad de frijol arbustivo (ICA Pijao) 300,000 plantas/ha.
- c. Maíz Asociado con Frijol Voluble: densidad de maíz 40,000 plantas/ha; densidad de frijol voluble (PI-282-063) 300,000 plantas/ha.

La evaluación de las familias de maíz se adelantará basándose especialmente en los rendimientos del maíz, su resistencia al acame y los rendimientos del frijol. También se utilizarán los rendimientos del maíz y del frijol, con sus precios de mercado actuales, para determinar un orden de prioridad económica de estos 15 genotipos de maíz.

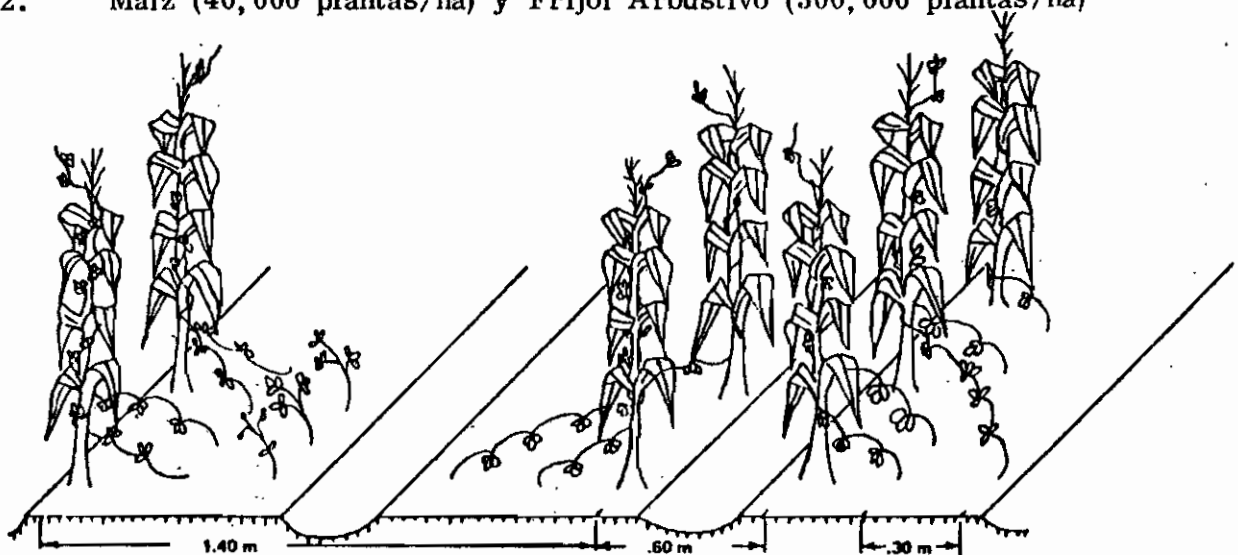
Figura 1. Tres sistemas agronómicos para evaluación del germoplasma de maíz en CIAT.



1. Monocultivo de Maíz (80,000 plantas/ha)



2. Maíz (40,000 plantas/ha) y Fríjol Arbustivo (300,000 plantas/ha)



3. Maíz (40,000 plantas/ha) y Fríjol Voluble (300,000 plantas/ha)

2. Evaluación de frijol arbustivo en dos sistemas de cultivo

Una evaluación de frijol arbustivo en monocultivo y en asociación con maíz se inició con nueve selecciones de frijol. Estas incluyen la mejor variedad local (ICA Pijao), la variedad mas promisoría de varios ensayos en diferentes localidades (Porrillo Sintético) y otras selecciones promisorias. Los sistemas utilizados son los indicados en la Figura 2 y se caracterizan por:

- a. Monocultivo de Frijol Arbustivo: densidad 350,000 plantas/ha
- b. Frijol arbustivo Asociado con Maíz: densidad de la población de frijol 350,000 plantas/ha; maíz (ICA H-207) densidad 40,000 plantas/ha; el frijol se sembró 15 días antes del maíz.

El comportamiento del frijol se efectuará con base en los rendimientos de los dos sistemas, haciendo énfasis en el orden de las nueve variedades en los dos sistemas. Los rendimientos de maíz en el sistema de asociación también se utilizarán como criterio en la evaluación de los nueve sistemas en total.

3. Evaluación de frijol voluble en dos sistemas agronómicos

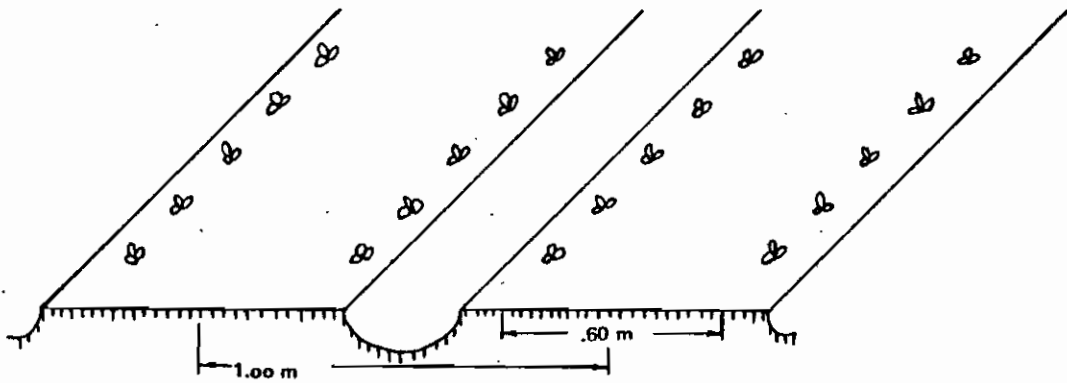
Nueve variedades de frijol voluble se están evaluando tanto en monocultivo como en asociación con maíz. Dentro de estas variedades están Trujillo, PI 282-063, y otras líneas promisorias. En el sistema de monocultivo se usa soporte de guadua y alambre con guías de cabuya para sostener al frijol. En la asociación con maíz se siembra el híbrido H-207. Estos dos sistemas se muestran en la Figura 3 y tienen además las siguientes características:

- a. Monocultivo de Frijol Voluble con Soporte Artificial: densidad de 300,000 plantas/ha.
- b. Frijol Voluble Asociado con Maíz: densidad del frijol, 300,000 plantas/ha; maíz ICA H-207 y con una densidad de 40,000 plantas/ha.

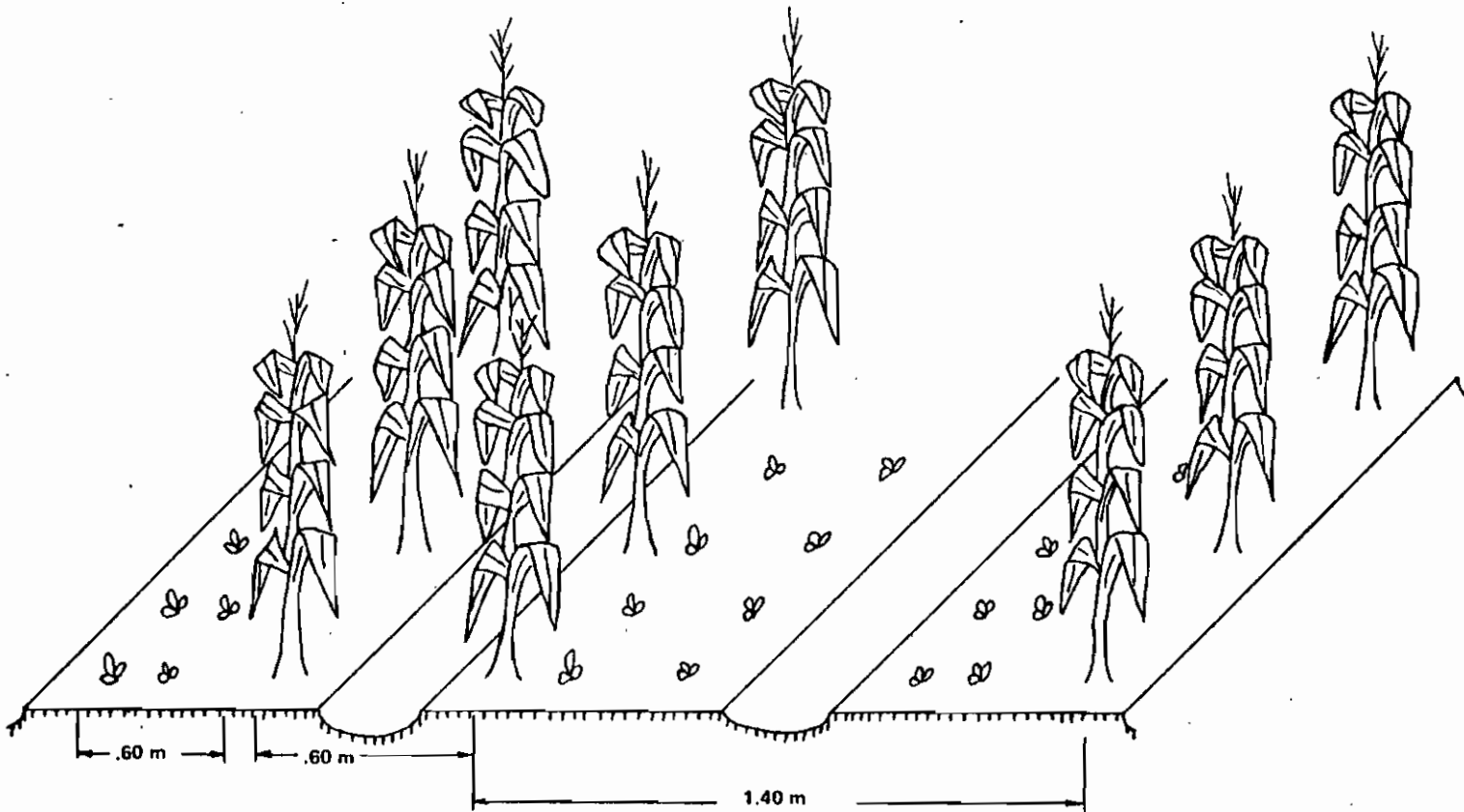
Los rendimientos de las nueve variedades de frijol voluble se utilizarán para asignar un orden en el rango de variedades en cada sistema. Además, los rendimientos de maíz pueden variar según el genotipo de frijol y suministrar así un segundo criterio para la evaluación del comportamiento del sistema.

De los resultados de estos tres ensayos, repetidos en dos semestres y en dos localidades, se tomarán decisiones sobre la necesidad de evaluar materiales segregantes y la conducción de ensayos bajo mas de un sistema. Si se observa poca diferencia en el comportamiento relativo del germoplasma bajo varios sistemas, el sistema mas económico debe seleccionarse para llevar a cabo un trabajo de mejoramiento con cada cultivo. Estos sistemas de bajo costo, incluyen maíz en monocultivo, frijol arbustivo en monocultivo y frijol voluble asociado con maíz. Estos ensayos metodológicos se repetirán en localidades adicionales y en otros semestres con nuevos materiales de mayor rendimiento para validar las conclusiones preliminares. Todavía es muy difícil precisar qué tan diferentes serán los resultados que se obtendrán de los sistemas contrastantes para justificar el costo de dos evaluaciones, así como determinar el paso en el esquema de mejoramiento, en donde se deben introducir los dos sistemas. Este procedimiento se diseñó para dar al investigador una evaluación objetiva de nuevo germoplasma, de acuerdo con los sistemas reales que practica el agricultor.

Figura 2. Dos sistemas agronómicos para la evaluación de germoplasma de frijol arbustivo.

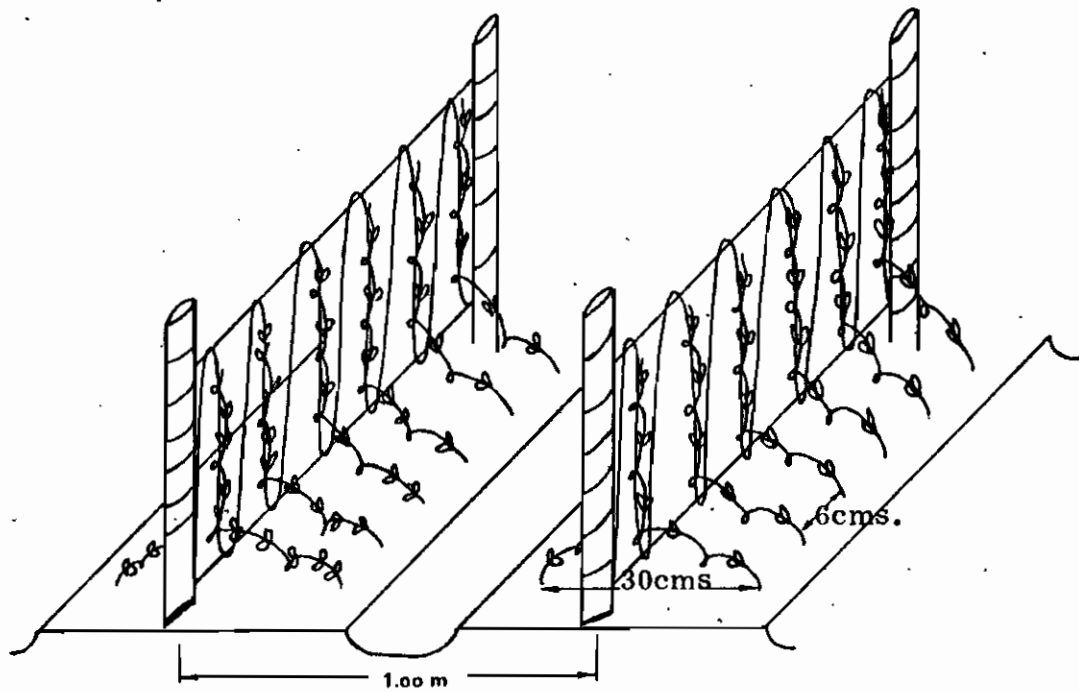


1. Monocultivo de Frijol Arbustivo (350,000 plantas/ha).

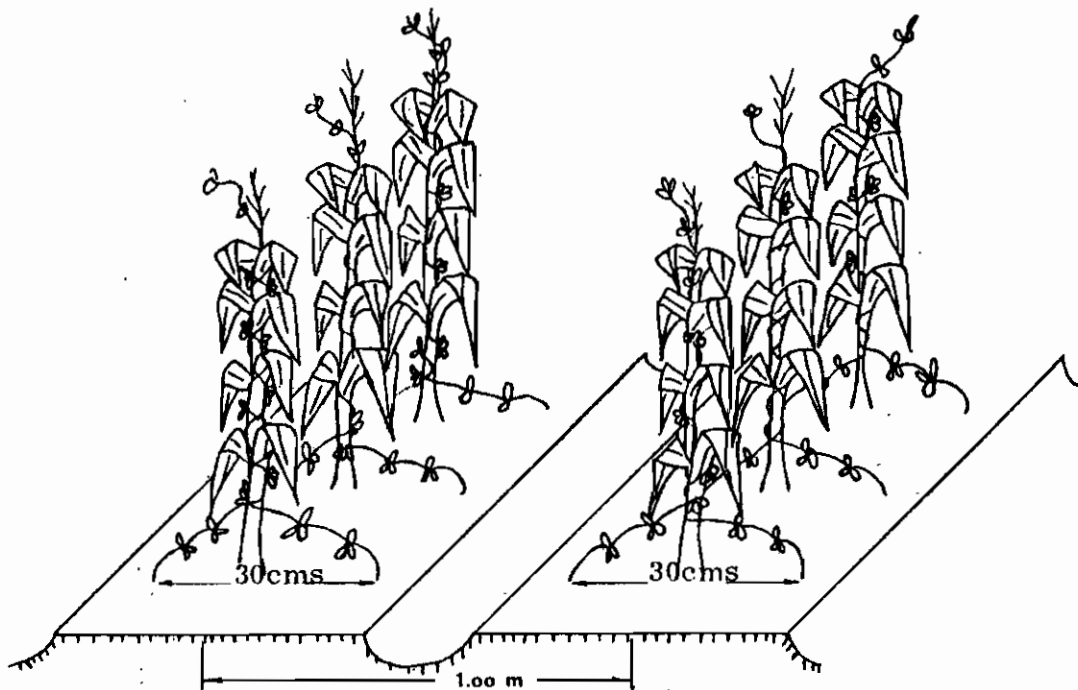


2. Frijol Arbustivo (350,000 plantas/ha) y Maíz (40,000 plantas/ha).

Figura 3. Dos sistemas agronómicos para la evaluación del germoplasma de frijol voluble.



1. Monocultivo de Frijol Voluble (300,000 plantas/ha)



2. Frijol Voluble (300,000 plantas/ha) y Maíz (40,000 plantas/ha)

MEJORAMIENTO GENETICO DE VARIEDADES PARA LA ASOCIACION DE CULTIVOS

Como parte integral del procedimiento de mejoramiento para uno o mas sistemas, deben incluirse como un criterio de selección las características deseables para cada cultivo. Si diferentes características varietales se necesitan para diferentes sistemas, éstas deben identificarse y debe asignársele un orden de prioridad. Se presentan varias características en relación a su importancia en monocultivo vs. asociación:

1. La insensibilidad al fotoperíodo se encuentra asociada con la adaptación a través de latitudes y fechas de siembra, y permite el pronóstico acertado de madurez y la siembra del cultivo durante todo el año. El desarrollo de variedades insensibles al fotoperíodo es un objetivo de los programas internacionales que actualmente se están desarrollando con cereales, leguminosas y tuberosas para aplicarse en un amplio rango de condiciones climáticas y culturales (Dalrymple, 1971; Swaminathan, 1970), aunque pueden aparecer algunas pocas situaciones en las cuales es deseable mantener sensibilidad en determinado cultivo.
2. Los objetivos de madurez dependerán del cultivo y el sistema. Los sistemas intensivos de cultivo intercalado o traslapado pueden requerir variedades precoces y uniformes (IRRI, 1972; Herrera y Harwood, 1973), pero con frecuencia en ciertos cultivos hay un intercambio de potencial de rendimiento y tiempo de madurez. En los cultivos en los cuales el aumento de rendimiento depende de la madurez tardía, tales como el frijol, los objetivos de mejoramiento para monocultivo vs. asociación pueden ser distintos.
3. Los tipos de plantas con porte bajo y resistentes al volcamiento son deseables cuando el objetivo es un aumento en rendimiento con aplicación de nitrógeno y mejor producción por unidad de superficie foliar. Reducido follaje y por lo tanto, menos competencia por luz, así como mayor eficiencia en producción de semilla o raíz, son factores deseables para las especies componentes en un sistema asociado (IRRI, 1972, 1973; Swaminathan, 1970). Ciertos sistemas requieren una variedad alta y competitiva: es el caso del arroz frente a la competencia con las malezas; otros sistemas requieren variedades con estructuras fuertes: es el caso del maíz que va a servir como soporte al frijol voluble. En pruebas realizadas con sorgo (Baker, 1974), los aumentos en rendimiento del sorgo asociado con millo, comparados con sorgo en monocultivo, se correlacionaron con la altura de la variedad de sorgo ($r = 0.921$, significativa al nivel del 5%).
4. La Respuesta a la densidad de población es crítica en el aumento de rendimiento bajo monocultivo y asociación, especialmente para aprovechar plantas de bajo porte y tipos de planta mas eficientes. La competencia por luz y nutrientes puede aumentarse y el agricultor puede alcanzar los rendimientos mas altos cuando se aumenta la densidad de una variedad que responda por encima de las densidades generalmente usadas con las variedades tradicionales.

5. La Uniformidad de la floración y la madurez es deseable en los sistemas intensivos de cultivos asociados en los cuales dos cultivos o mas ocupan un tiempo y un espacio limitado (IRRI, 1973). La limitación es que esta uniformidad produce una situación de alto riesgo, cuando se presentan condiciones desfavorables durante la floración: una sequía o una lluvia continua durante esa época crítica pueden reducir sustancialmente los rendimientos de la mayoría de los cultivos.
6. La resistencia a las plagas y enfermedades son objetivos de la mayoría de los programas de mejoramiento, pero la importancia relativa de factores específicos de resistencia puede variar según el sistema de cultivo y la zona de importancia.
7. El potencial de rendimiento es un producto de estos factores y otros, y es el objetivo primordial de la mayoría de los programas de mejoramiento.

CONCLUSIONES

Un entendimiento de los sistemas de cultivo actuales y potenciales en determinada zona, es indispensable para mejorar en forma efectiva y eficiente las especies de cultivo. El procedimiento de investigación presentado incluye: a) un estudio preliminar de los sistemas de cultivo predominantes; b) un estudio de los factores mas limitativos para la producción; c) una consideración de las estrategias posibles para resolver estos problemas; d) un programa de mejoramiento diseñado para resolver las limitaciones del rendimiento por medio de variedades mejoradas. El método que se presentó para escoger el sistema o los sistemas para seleccionar mejores variedades de maíz y frijol es un ejemplo que puede modificarse para otros sistemas y otras zonas climáticas. El éxito de cualquier programa de mejoramiento, de investigación agronómica y otras actividades de los programas internacionales o nacionales, tiene que evaluarse primero en términos de los aumentos de producción, conseguidos a nivel de la finca del agricultor. Para ello es indispensable en el proceso de investigación, probar en las fincas de los agricultores, las nuevas variedades y prácticas culturales y evaluar su impacto en el ingreso del agricultor, en la nutrición familiar. En esta forma puede vislumbrarse la contribución potencial de los programas de mejoramiento de cultivos para los sistemas de cultivos asociados en el trópico.

Bibliografía

- Aiyer, A.K.Y.N. 1949. Mixed cropping in India. *Indian J. Agr. Sci.* 19:439-543.
- Andersen, P.P., R.O. Diaz, M. Infante and N. de Londoño. 1974. A proposed model for improving the information base for research allocation. In Workshop on Methods Used to Allocate Resources in Applied Agricultural Research in Latin America, Nov. 26-29, 1974, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Andrews, D.J. 1972. Intercropping with sorghum in Nigeria. *Exp. Agr.* 8:139-150.
- Arnon, I. 1972. Crop production in dry regions. London, Leonard Hill, v.2.
- Baker, E.F.I. 1974. Research into intercropping aspects of farming systems in Nigeria: mixed cropping with cereals -- a system for improvement. In Farming Systems Workshop, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Nov. 18-21, 1974, Hyderabad, India.
- Bantilan, R.T. and R.R. Harwood. 1973. The influence of intercropping field corn (*Zea mays*) with mungbean (*Phaseolus aureus*) or cowpea (*Vigna sinensis*) on the control of weeds. In IV Annual Scientific Meeting of the Crop Science Society of the Philippines, May 21-23, 1973, Cebu City, Philippines.
- Bradfield, R.L. 1973. Multiple cropping on rice farms. *World Farming.* Dec. 1973:28-31.
- Buestán, H. 1973. Programa de Leguminosas de Grano. Informe Anual 1973. Estación Experimental Boliche, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Guayaquil, Ecuador.
- Chacón, A.E. and M.A. Barahona. 1974. Granos básicos en multicultivo. In XXI Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA), San Salvador, El Salvador, 1974.
- Chang, H. 1965. Rotation and intercropping systems of sugarcane in Taiwan. *Taiwan Sugar* 12(1):17-22.
- CIAT. 1974. Annual report 1974. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 1975.
- Dalrymple, D.F. 1971. Survey of multiple cropping in less developed nations. Washington, United States Department of Agriculture, FEEDS. 108 p.
- Finlay, R.C. 1974a. Intercropping research and the small farmer in Tanzania. In Field Staff Symposium, International Research Development Centre, Ottawa, 1974.
- _____. 1974b. Intercropping with cereals. In Regional Soybean Conference, Addis Ababa, 1974.

- Flor, C.A. and C.A. Francis. 1975. Propuesta de estudio de algunos componentes de una metodología para investigar los cultivos asociados en el trópico latinoamericano. In XXI Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA), San Salvador, El Salvador, 1974.
- Gutiérrez, U., M. Infante and A. Pinchinat. 1975. Situación del cultivo de frijol en América Latina. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Boletín Informe. In Press.
- Herrera, W.T. and R.R. Harwood. 1973. Crop interrelationships in intensive cropping systems. In Seminar, July 21, International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines.
- Higuera, M.F. 1971. Siembras múltiples intercaladas. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Boletín de Divulgación No. 42.
- IICA. 1969. Reunión técnica sobre programación de investigación y extensión en frijol y otras leguminosas de grano para América Central. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. IICA Publ. ZN. 112-65. 2 v.
- _____. 1974. Bibliografía sobre sistemas de agricultura tropical. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. Documentación e Información Agrícola No. 27. 145 p.
- IRRI. 1972. Annual report 1972. Multiple cropping. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines. pp. 21-34.
- _____. 1973. Annual report 1973. Multiple cropping. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines. pp. 15-34.
- _____. 1974. Annual report 1974. Cropping systems program. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines.
- Jolly, A.L. 1956. Mixed farming in the Caribbean. Corona, October 1956. pp.385-388.
- Kanwar, J.S. 1970. Multiple cropping: trends and problems. *Indian Farming* 20(7): 5-7.
- Kung, P. 1969. Multiple cropping in Taiwan. *World Crops*, May-June, 1969.
- Mahapatra, I.C., D.M. Leeuwrik, N.K. Singh, and Dayanand. 1973. Green revolution through multiple cropping in India. *Agr. Mech. in Asia*. Spring 1973, pp. 37-42.
- Norman, D.W. 1974. Rationalizing mixed cropping under indigenous conditions: the example of northern Nigeria. *J. Devel. Studies* 10:3-21.
- Rao, M.R., P.N. Rao, and S.M. Ali. 1960. Investigation on the type of cotton suitable for mixed cropping in the northern tract. *Indian Cot. Cr. Rev.* 14:384-388 (Field Crop Abstr. 1962, 15:377).

- Shia, F.Y. and T.P. Pao. 1964. On the yields of sugarcane interplanted with different varieties of sweet potato. Rep. Taiwan Sugar. Exp. Stat. 1964. No. 35:55-63. (Field Crop Abstr., 1965, 18-306).
- Sindagi, S.S. and Z.A. Ansari. 1969. A dwarf mutant in castor (Ricinus communis Linn.). Mysore J. Agr. Sci. 3:231-232. (Field Crop Abstr. 1970, 23:1584).
- Singh, A. 1970. Multiple cropping in Uttar Pradesh. Indian Farming 20(7):15-17.
- Swaminathan, M.S. 1970. New varieties for multiple cropping. Indian Farming 29(7):9-13.
- Tang, C.K. 1963. A study on interplanting sweet potato with sugarcane. I. Date of interplanting, variety of sweet potato and row width of autumn plant cane. Rep. Taiwan Sugar Exp. Stat. 1963. No. 31:27-55.
- _____. 1964. A study on interplanting sweet potato with sugar cane. II. Effects on some important agronomic characteristics of different cane varieties. Rep. Taiwan Sugar Exp. Stat. 1964. No. 35:43-53 (Field Crop Abstracts, 1965, 18:305).
- Turrent, A. and R. Laird. 1972. Report on the Puebla Project. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Mexico City. Unpublished data.
- Willey, R.W. and D.S.O. Osiru. 1972. Studies on mixtures of maize and beans (Phaseolus vulgaris) with particular reference to plant population. J. Agr. Sci. 79:517-529.
- Lépiz I., R. 1974. Asociación de cultivos maíz-frijol. INIA, SAG, México, Folleto Técnico No. 58.

TERMINOLOGIA DE LOS SISTEMAS DE CULTIVOS ASOCIADOS (Cont.)

6. Relación Equivalente de Terreno (Land Equivalent Ratio): La relación entre el área que se necesita sembrar con monocultivo y el área (1 ha.) de cultivos múltiples, para dar igual cantidad de producto bajo el mismo nivel de manejo. Por ejemplo: para el cultivo intercalado de maíz y frijol se tendría:

$$\text{RET (=LER)} = \frac{\text{Rendimiento de maíz en asociación}}{\text{Rendimiento de maíz en monocultivo}} + \frac{\text{Rendimiento de frijol en asociación}}{\text{Rendimiento de frijol en monocultivo}}$$

7. Cultivos Intensivos (Maximum Cropping): La mas alta producción por unidad de superficie por unidad de tiempo, sin tomar en cuenta el costo ni el ingreso neto.