

 CIAT64141  
COLECCION HISTORICA

Propuesta de Estudio de algunos componentes de una  
Metodología para Investigar los Cultivos Asociados

OK.

en el Trópico Latinoamericano<sup>1/</sup>C.A. Flor y C.A. Francis<sup>2/</sup>

118691

22 MAR. 1995

Resumen

Se detallan los resultados de una serie de estudios de la asociación maíz/frijol en Colombia, en cuanto a (1) fechas de siembra, (2) densidades de siembra y (3) sistemas de siembra. Estos datos sugieren la necesidad de lograr un mejor entendimiento de este sistema sobre la base de una metodología eficiente que al mismo tiempo pueda emplearse en el estudio de otras combinaciones de cultivos. Si se acepta la existencia de situaciones de competencia, ya sea por luz, agua, nutrimentos, y de complementación, como en el caso del soporte que un cultivo le presta al otro, el principio es minimizar la competencia y maximizar la complementación y/o transferencia entre ellos. El balance entre competencia y complementación puede permitir la explicación de algunos de los resultados presentados. Desde el punto de vista aplicado, estos resultados sugieren una serie de prácticas para el agricultor. También sugieren al fitomejorador cómo se debe modificar genéticamente las plantas para facilitar su uso en sistemas mas productivos de cultivos múltiples. Finalmente, se presentan ciertas aplicaciones de resultados a nivel del agricultor, incluyendo la importancia de tales aspectos como diversidad, nutrición humana, riesgo, distribución del ingreso, y uso eficiente de recursos escasos por el pequeño agricultor.

1/ Trabajo presentado en la XXI Reunión del PCCMCA, San Salvador, El Salvador, Abril 7-11, 1975.

2/ Agrónomos, Programa de Sistemas para el Pequeño Agricultor, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado aéreo 6713, Cali, Colombia.

## Introducción

Buena parte de la agricultura de los trópicos latinoamericanos se caracteriza por la siembra de cultivos asociados en sistemas bien desarrollados para los varios climas de la región. Otra parte de esta agricultura, con orientación más comercial y con una tecnología más desarrollada, se refiere a la producción de monocultivos. Sin embargo, la mayoría de las cosechas de consumo directo es producida por pequeños agricultores, que utilizan frecuentemente algún sistema de asociación de especies en el campo. Entre esos cultivos están incluidos maíz, frijol, trigo, papa, yuca y plátano.

En general, se acepta la existencia de un déficit de tecnología para los sistemas de asociación de cultivos. En el esfuerzo por desarrollar esta tecnología, un punto de partida es la descripción y entendimiento de los sistemas actuales del agricultor, para posteriormente estudiar el efecto de modificaciones sencillas en ellos. Los resultados positivos obtenidos en CIAT, con la aplicación de algunas de estas modificaciones a la asociación maíz/frijol, son motivo de estímulo en el esfuerzo por lograr un mejor entendimiento de estos sistemas. Sobre esta base se proponen algunos componentes de una metodología para seguir en el estudio de estas dos especies, además de un plan general para investigar la interacción entre dos especies sembradas en asociación. Estas ideas y datos nos llevan a una descripción de las características de variedades óptimas para incluir en un sistema de cultivos múltiples. El trabajo termina con ciertas conclusiones e inquietudes sobre algunos aspectos económicos y nutricionales de estos sistemas.

## Resultados de la Investigación

Durante los últimos dos años en el CIAT, se ha llevado a cabo una serie de ensayos, combinando el maíz con el frijol arbustivo. En estos ensayos se ha incluido sistemas de siembra, densidades del frijol, espaciamiento del maíz y fechas relativas de siembra.

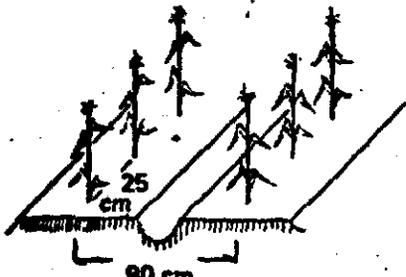
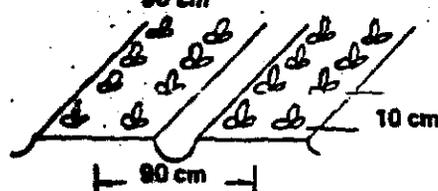
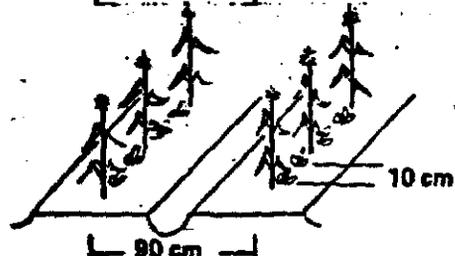
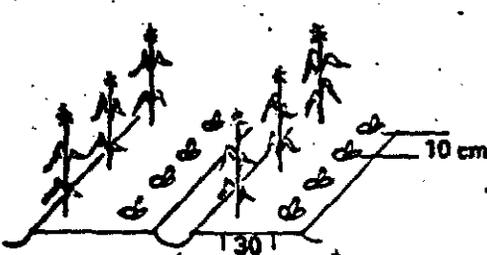
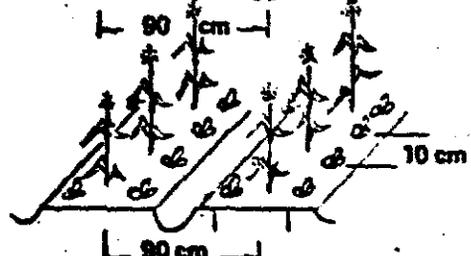
## 1. Sistemas Alternativos de Siembra

En la Tabla 1 se ilustran cinco sistemas de siembra, que incluyen monocultivos y asociaciones de maíz y frijol. Estos cinco sistemas se compararon en un ensayo, en el que se sembró un maíz braquítico amarillo (44.400 plantas/ha) y frijol ICA-Guali (en dos poblaciones). } Se observó un aumento en el rendimiento del maíz cuando estuvo sembrado junto con el frijol. } El rendimiento del frijol bajó, cuando se sembró con el maíz, aunque el sistema de siembra y la densidad de siembra afectaron también su rendimiento. El tratamiento más productivo tenía un surco de maíz en el centro de una cama de 90 cm. de ancho (población de 44.400 plantas/ha), bordeado por dos surcos de frijol en la misma cama (población de 222.000 plantas/ha). En estas condiciones, tanto el maíz como el frijol están sembrados como si estuviesen en el sistema de monocultivo. Este sistema produjo un ingreso por hectáreas de \$29.736, superando cualquiera de los monocultivos y las otras asociaciones.

## 2. Efectos del Espaciamiento del Maíz

En otro ensayo, se compararon cuatro sistemas de intercalar maíz con frijol, contra un testigo de frijol solo (Tabla 2). El maíz tenía una población constante de 44.400 plantas/ha, y el frijol constante de 220.000 plantas/ha. Los tratamientos del maíz incluyeron siembras de una planta cada 25 cm., dos plantas cada 50 cms., tres plantas cada 75 cms., y cuatro plantas cada metro - un sistema muy conocido por el agricultor pequeño. Aunque produjeron más los tratamientos de maíz con una o dos plantas por sitio, las diferencias no fueron significantes. El frijol sí bajó en su rendimiento cuando tenía la sombra de maíz proyectada a 25 y a 50 cms. entre los sitios, pero no hubo diferencia entre monocultivo de frijol y el sembrado con maíz en los sistemas más tradicionales.

Tabla 1. Rendimientos de maíz (amarillo braquítico) y frijol (guali) en varios sistemas intercalados de maíz/frijol, comparados con monocultivos de maíz y frijol.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION	Kg/ha.	
		Maíz	Frijol
<p><u>Monocultivo de maíz:</u> en el centro de cada cama, un surco de maíz; 44.400 pl./ha.</p>		3767 <sub>a</sub>	-
<p><u>Monocultivo de frijol:</u> dos surcos de frijol en cada cama; 222.000 pl./ha.</p>		-	1326 <sub>a</sub>
<p><u>Maíz/frijol intercalados surco común:</u> un surco de maíz y un surco de frijol por cada cama; maíz: 44.400 pl./ha. frijol: 111.000 pl./ha.</p>		4139 <sub>a</sub>	896 <sub>b</sub>
<p><u>Maíz/frijol intercalados surcos paralelos:</u> un surco de maíz y un surco de frijol en cada cama, separados 30 cms. maíz: 44.400 pl./ha. frijol: 111.000 pl./ha.</p>		4162 <sub>a</sub>	693 <sub>c</sub>
<p><u>Maíz/frijol intercalados posición normal para cada uno:</u> maíz: 44.400 pl./ha. frijol: 222.000 pl./ha.</p>		4239 <sub>a</sub>	1008 <sub>b</sub>

**Tabla 2. Los rendimientos de maíz (braquítico amarillo) y frijol (guafí) y su valor en pesos, influenciados por varios sistemas intercalando maíz/frijol, utilizando diferentes espacios de sitios de maíz y plantas por sitio.**

Tratamiento*	Rendimiento Kg/ha.		Valor + Pesos Colombianos
	Frijol	Maíz	
1. Monocultivo de Frijol	1330 a		17.423
2. Maíz/Frijol Intercalado 25 cms. entre sitios de una planta de maíz	1021 c	5124 a	33.358
3. Maíz/Frijol Intercalado 50 cms. entre sitios de dos plantas de maíz	1065 bc	5290 a	34.582
4. Maíz/Frijol Intercalado 75 cms. entre sitios de tres plantas de maíz	1268 ab	4518 a	34.230
5. Maíz/Frijol Intercalado 100 cms. entre sitios de cuatro plantas de maíz	1206 abc	4446 a	33.137

\* Los frijoles están sembrados siempre en dos surcos por cama, 30 cms. entre surcos, 90 cms. entre camas; 222.000 plantas/ha.  
El maíz está sembrado en un surco entre dos surcos de frijoles; 44.400 plantas/ha.

+ Valor basado en precio del mercado oficial colombiano; Maíz \$3.900/ton, Frijol Rojo \$13.100/ton. Nov. 1974.

### 3. Fecha relativa de siembra de maíz y frijol

Los resultados de un experimento efectuado en el CIAT, Tabla 3, indican que para la asociación de maíz H-207 y frijol arbustivo ICA-Pijao, es conveniente sembrar en primer lugar el frijol y 10 días después, el maíz. Esta situación no afecta en forma alguna al maíz, aunque sí lo hace y en forma negativa, con el frijol. No está clara la situación de disminución de rendimiento de maíz en todos los tratamientos en donde este cultivo se sembró primero.

Tabla 3. Asociación maíz-frijol. Fecha relativa de siembra de maíz H-207 y frijol ICA-Pijao.

	Kg/ha.	
	Frijol ICA-Pijao	Maíz H-207
Siembra simultánea	500 bc	5.710 bc
Frijol 5 días después del maíz	394 c	5.040 c
Frijol 10 días después del maíz	400 c	5.840 bc
Frijol 15 días después del maíz	365 c	5.730 bc
Maíz 5 días después del Frijol	483 bc	6.910 ab
Maíz 10 días después del Frijol	516 bc	7.230 a
Maíz 15 días después del Frijol	703 ab	6.760 ab
Testigo Maíz	-	7.270 a
Testigo Frijol	939 a	-

Propuesta de Algunos Componentes de una Metodología para Estudios de Cultivos

Múltiples

Un enfoque metodológico en el estudio de los cultivos asociados comprende, al principio, la definición del universo de interés. Esto puede incluir (1) las plantas, por ejemplo, gramíneas y leguminosas o mas específicamente, maíz y frijol; (2) el medio ambiente, por ejemplo, el trópico bajo húmedo, y tal vez cierto suelo dentro de esa región; y (3) el agricultor, por ejemplo, el pequeño agricultor con pocos recursos y aversión al riesgo. Con esta definición del universo, se pueda: a) definir problemas, b) establecer una prioridad de estos problemas, c) Proponer soluciones y/o hipótesis relacionadas con los problemas, d) diseñar estrategias o líneas de acción para probar estas hipótesis y/o conseguir objetivos específicos dadas ciertas condiciones.

El diseño de un "marco teórico de referencia" permitirá una revisión del conocimiento existente sobre los problemas de interés, evitará la duplicación de trabajos y facilitará información sobre técnicas, procedimientos, para conseguir en forma mas rápida y confiable, los objetivos; en el campo de los cultivos asociados una primera dificultad en la consecución de este marco teórico de referencia, es la falta de definiciones universales sobre el vocabulario a usar: en la mayoría de los casos se tienen definiciones "operacionales" sobre cultivo asociado, cultivo intercalado, cultivo múltiple, cultivo de relevo, etc. } Como consecuencia lógica, en Centroamérica se tiene una definición de cultivo asociado, diferente de la que se reconoce en Colombia. Y aún dentro de Colombia, por ejemplo, no hay uniformidad de criterio en esta definición. Es evidente que se hace indispensable tener rápidamente, definiciones universales sobre estos términos. }

El estudio de cultivos en asociación debe empezar con una comprensión del sistema mas sencillo: dos cultivos sembrados en el mismo terreno, dentro de aproximadamente la misma época. La interacción entre las dos especies (Figura 1), puede dividirse en los efectos negativos, o de "competencia" versus los efectos positivos o de "complementación". Ejemplos del primero son la competencia por luz, agua, nutrimentos, etc., y del último son la complementación en cuanto a soporte (maíz al frijol), nitrógeno (frijol al maíz), etc. Debe de entenderse que para cada factor, agua por ejemplo, puede existir la posibilidad de situaciones simultáneas de competencia y complementación. En este caso, el balance competencia-complementación, puede ser lo mas importante para cuantificar. Este balance entre competencia y complementación es en parte una función de las dos especies, pero puede modificarse con cambios en (1) hábito de crecimiento de cada especie, (2) épocas relativas de siembra, (3) poblaciones/densidades/espaciamientos, (4) sistemas de siembra, (5) prácticas culturales, (6) precocidad de un cultivo o de los dos, y (7) otros factores. Es apropiado sugerir aquí una hipótesis fundamental: "un sistema de cultivos asociados será mas productivo si se consigue minimizar la competencia y maximizar la complementación." Sin embargo, desde un punto de vista metodológico, para entender estas interacciones, es necesario estudiar primero uno por uno los factores que contribuyen a esa competencia o complementación.

Una aproximación a este entendimiento, por ejemplo para la asociación maíz/frijol voluble puede ser el empezar apenas con tres factores - luz, agua, nutrimentos. Se sugiere una serie de ensayos sencillos que permitan el estudio de cada factor aislado. En el caso de luz, se puede sembrar los cultivos juntos, dejando el frijol (1) subir por el maíz, o (2) subir por una estaca a cierta distancia del maíz (ver Figura 3). Esto permite una competencia normal en el suelo, pero nos deja aislar los efectos de luz. Para estudiar los factores de agua y/o nutrimentos, se pueden aislar los dos sistemas radiculares, mientras que se permite la

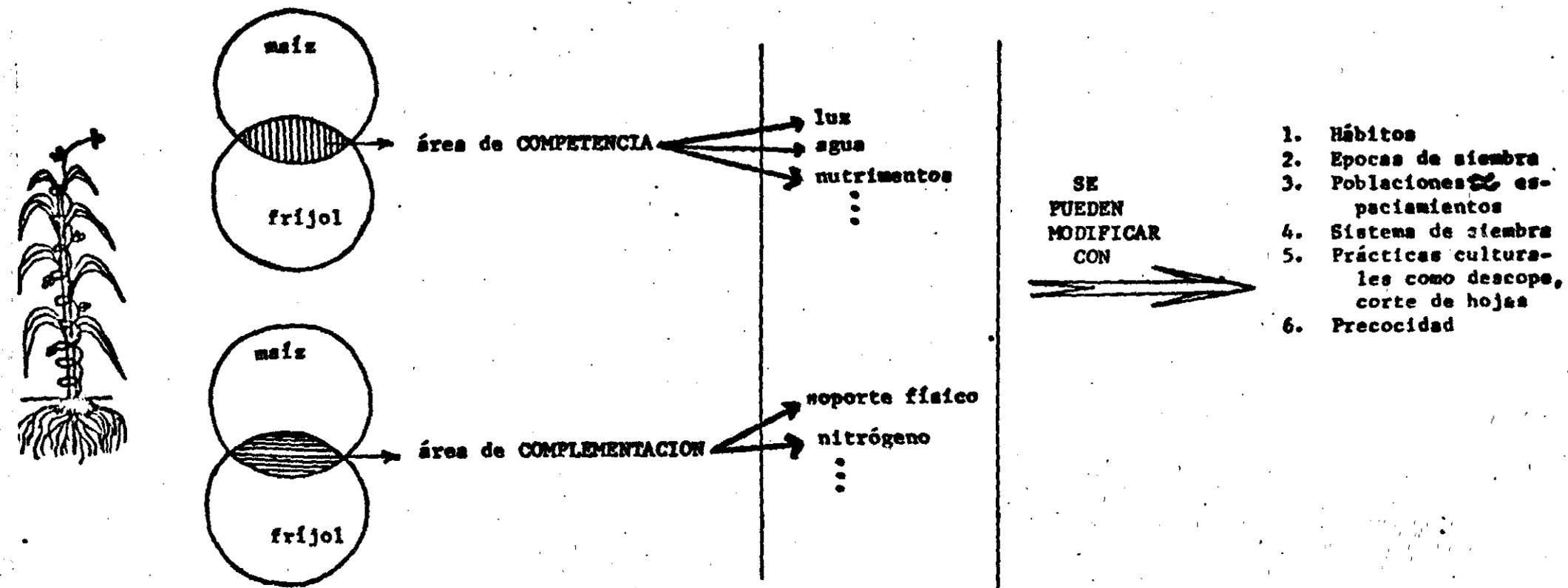


Figura 1. Algunos factores que pueden "modificar" la competencia o complementación en cultivos asociados.

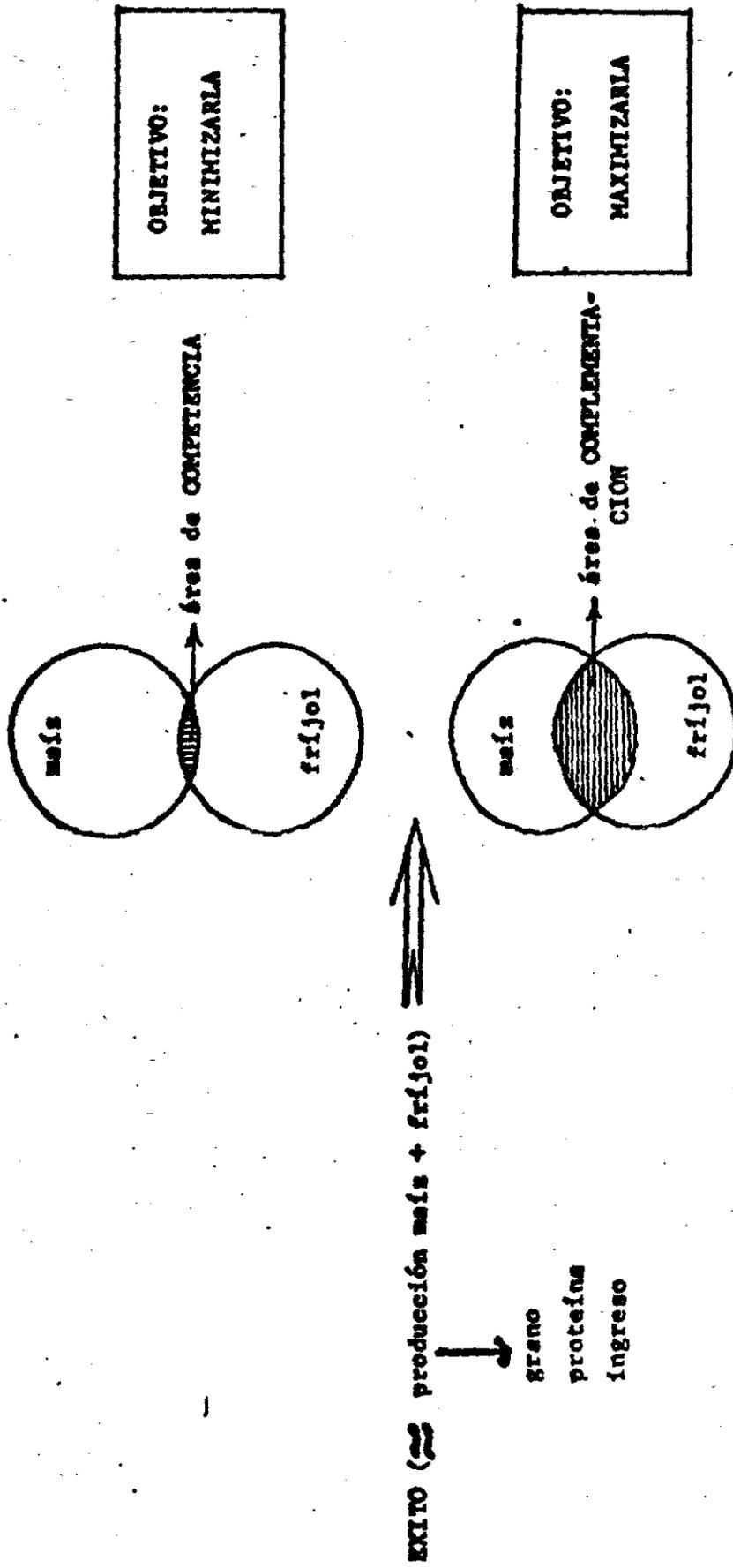
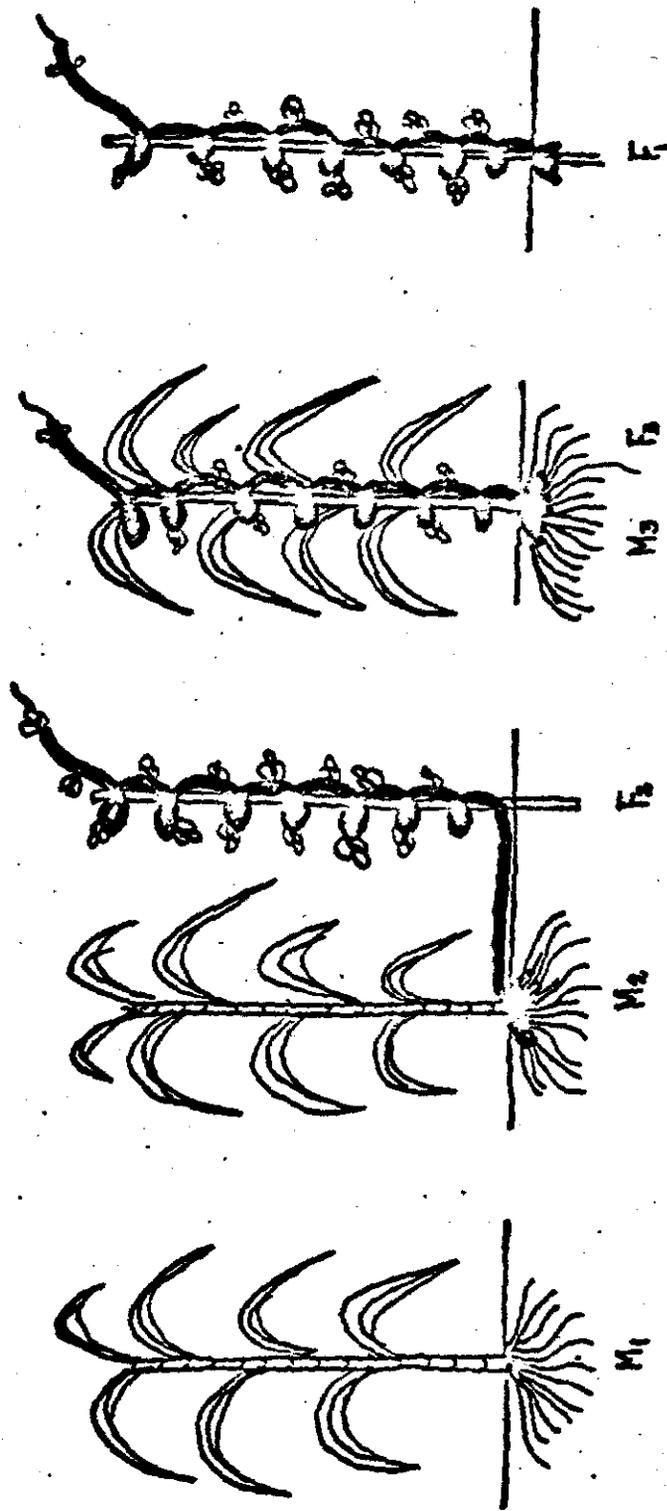


Figura 2. Expresión gráfica de la hipótesis general.

Figura 3. Cuantificación de la competencia por luz.



para maíz si  $M_2 > M_3 \rightarrow M_2 - M_3$  mide competencia por luz  
para frijol si  $F_2 > F_3 \rightarrow F_2 - F_3$  mide competencia por luz

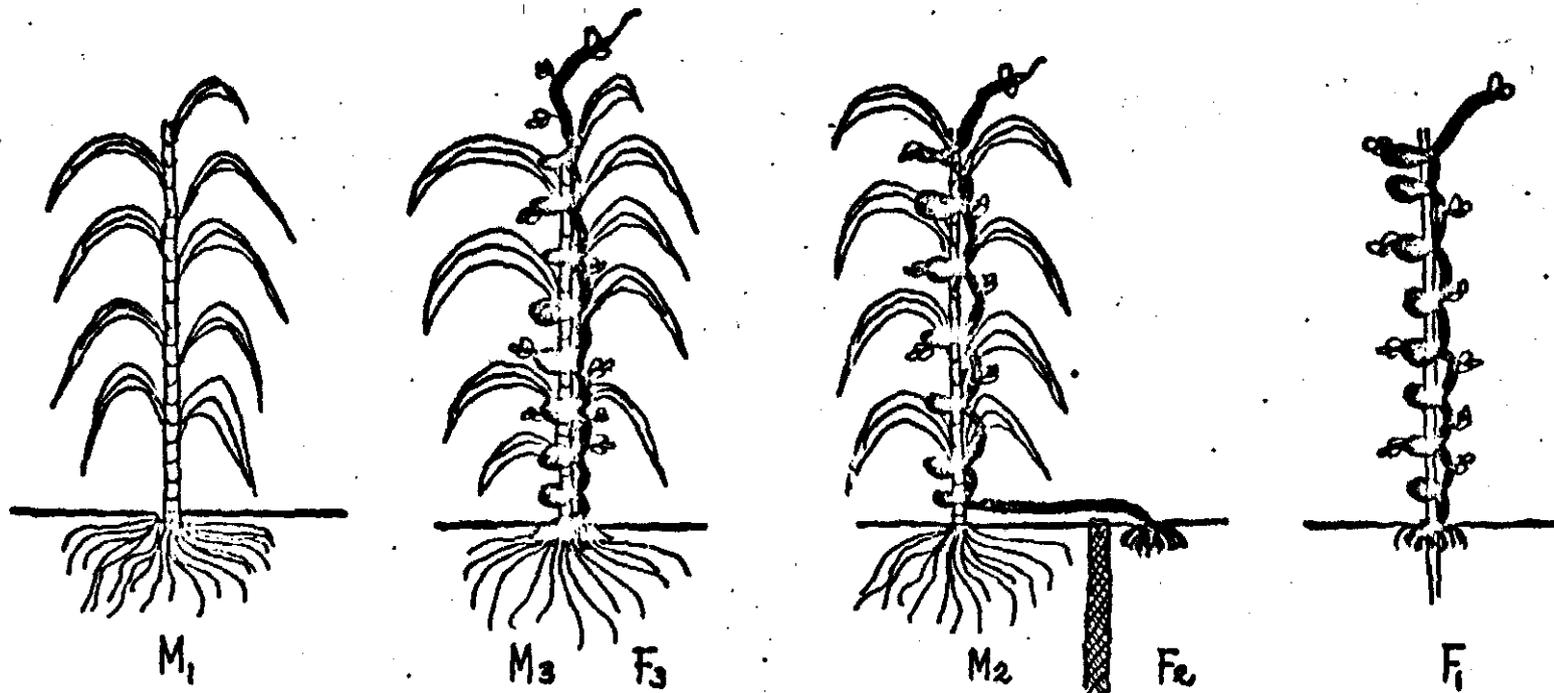
asociación normal de la parte aérea de las dos especies (ver Figura 4). Hay muchas otras alternativas en cuanto a modificación del micro-ambiente, del conjunto y de los monocultivos: surcos convergentes, uso de materas para variar épocas de competencia, sombra artificial y parcial y gradientes de los factores en el surco. Con datos de estos ensayos y con comparaciones de varias combinaciones, se puede concluir cuáles son las situaciones específicas para maíz y/o frijol, por ejemplo, y se puede empezar a generalizar sobre interacciones en general.

También es importante señalar que hay necesidad de entender y cuantificar las posibles situaciones de competencia y complementación no solo a nivel de un sistema de asociación de dos especies diferentes (competencia y complementación entre especies, maíz y frijol, por ejemplo) sino a nivel de cada una de las especies, como si estuviesen en monocultivos (competencia y complementación dentro de una sola especie, maíz x maíz ó frijol x frijol). Definir y cuantificar la importancia de la competencia y la complementación, entre especies ó dentro de una especie, es un paso necesario en la metodología propuesta.

La definición de la unidad de medida, o el criterio de comparación o el sistema de analizar los datos es otro aspecto prioritario en el diseño de una metodología para el estudio de los cultivos asociados. La conversión de datos a unidades comunes como dinero y proteínas, parece ser el sistema más usual. Sin embargo, hay necesidad de revisar cuidadosamente otras alternativas: productividad biológica total, estabilidad biológica, estabilidad económica, estabilidad nutricional, etc.

Estas ideas están bajo prueba en centros tales como el CATIE en Turrialba (Costa Rica), el IRRI en los Baños (Filipinas), Universidad de Ahmadu Bello (Nigeria), el CIAT en Palmira (Colombia), entre otros. Lo más importante en estos estudios es no perder nunca el enfoque en los problemas y los sistemas del

Figura 4. Cuantificación de la competencia por nutrientes. (\*)



- para maíz si  $M_2 > M_3 \Rightarrow M_2 - M_3$  mide competencia por nutrientes
- para frijol si  $F_2 > F_3 \Rightarrow F_2 - F_3$  mide competencia por nutrientes

(\*) Se supone nivel de agua adecuado en todos los casos.

agricultor, y el éxito del trabajo tiene que medirse con la adopción de nuevas tecnologías por el agricultor.

#### Mejoramiento de Cultivos para Sistemas Asociados

La mayoría de los estudios sobre cultivos múltiples se ha concentrado hasta ahora en la parte agronómica: poblaciones, fechas de siembra, fertilización, combinaciones de especies y sistemas de siembra. El único entendimiento de la interacción de variedades con los sistemas, viene de los pocos ensayos en donde se ha asociado una serie de variedades experimentales, por ejemplo, de frijol voluble, con una o mas variedades de otro cultivo, por ejemplo, maíz. Estos trabajos indican que hay ciertas combinaciones de variedades mas productivas, pero no especifican en las conclusiones cómo se puede extrapolar los resultados para aumentar mas todavía el rendimiento del sistema con cambios específicos en una o en las dos especies.

Los cambios genéticos alcanzados en algunos cultivos alimenticios, han favorecido su combinación con otros cultivos o el desarrollo de otros sistemas como alternativas al monocultivo. En el caso del arroz, las variedades nuevas de ciclo mas corto y sin sensibilidad al largo del día, son mas adaptables a los sistemas que permiten un cultivo adicional durante el año, o que requieren una flexibilidad en cuanto a la fecha de siembra para aprovechar el tiempo o la humedad disponible en determinada zona. Las variedades nuevas y mas precoces de maíz para sembrar en las zonas montañosas o de sierra en latinoamérica, ya permiten la siembra de cultivos adicionales durante el mismo año. En Colombia, una variedad muy precoz de maíz en la zona costera está promoviendo la siembra de dos

cultivos en el año, donde antes había un solo cultivo de algodón. Hay casos contrarios, en los cuales una variedad nueva, sembrada en monocultivo, tiene ventajas en ciertas características agronómicas; sin embargo, esta misma variedad no se comporta bien cuando se asocia con otro cultivo. Por ejemplo, un maíz nuevo en la zona fría moderada de Colombia (H-452) tenía buena precocidad y mejor rendimiento que el criollo que debía reemplazar, pero no aguantó la carga del frijol voluble asociado y por eso no llegó a tener aceptación por parte de los agricultores de la zona.

En conclusión, es sumamente importante tomar en cuenta cuáles son los sistemas actuales del agricultor en la zona en la cual se va a utilizar una variedad o un híbrido mejorado. Esto significa que debe haber un permanente reconocimiento de la realidad que vive el agricultor. Además, es necesario asegurarse que las características nuevas de la variedad, no solo estén relacionadas con altos rendimientos, sino que sean aceptables para el agricultor y el mercado. Como un comentario final en este aspecto, puede considerarse que aparentemente, los esfuerzos de mejoramiento para ciertos sistemas de cultivos intercalados, apenas están iniciándose en la zona tropical.

#### Aplicación de Resultados de la Investigación en Cultivos Múltiples

El impacto del proceso de investigación tiene que medirse inicialmente, en términos de aumentos en la producción a nivel del agricultor. Por eso, es muy importante resolver los problemas que actualmente limitan la producción, con soluciones prácticas y directamente aplicables a las condiciones prevaletentes del agricultor. Aunque los cultivos múltiples sean muy frecuentes en una región, especialmente entre los pequeños agricultores, se debe explorar mas a fondo por qué muchos agricultores siembran así. Se deben describir los sistemas, entender

las ventajas de cada uno, su potencial de productividad, la oportunidad de mejorarlo y las posibles alternativas mas rentables al agricultor cuando se introduce una serie de componentes de la nueva tecnología.

Entre las ideas propuestas para explicar la predominancia de estos sistemas, están: (1) uso intensivo y productivo de la mano de obra, (2) minimización del riesgo que corre el agricultor con el monocultivo, (3) complementación entre las dos o mas especies en cuanto a resistencia a las plagas y enfermedades, (4) uso mas eficiente de espacio durante el año, (5) mejor aprovechamiento de nutrimentos del suelo, y (6) mayores rendimientos y/o mas seguros a cierto nivel de tecnología. Aunque muchos resultados indican que los rendimientos aumentan en esos sistemas en las pequeñas explotaciones con limitados recursos, siempre queda en duda su aplicación cuando se aumenta el tamaño de la finca y cuando hay crédito disponible para un monocultivo más "tecnificado". Se anota que el objetivo de mantener la diversidad de cultivos en la finca, para proveer una dieta suficiente para la familia o para minimizar el riesgo debido a fluctuaciones en precios, no necesariamente implica el uso de cultivos asociados. Cualquier combinación de cultivos puede sembrarse productivamente en una serie de lotes de monocultivo en la misma finca.

Para conseguir aumentos en la producción de alimentos básicos es necesario entender bien (1) quiénes son los agricultores que actualmente siembran en forma asociada, (2) qué tan eficiente es su inversión en mano de obra en estos sistemas (comparando con otras alternativas en el uso de sus jornales), (3) qué tan eficiente y productivo es el sistema nuevo que se puede ofrecer al agricultor, respecto al sistema actual, (4) qué tan específicos son los sistemas a ciertos suelos y micro-climas, y (5) qué potencial existe en mover esa tecnología a un

número grande de pequeños agricultores en la zona. Si se admite la necesidad e importancia de adelantar investigaciones en este campo, se puede planear una estrategia que aproveche los resultados y trabajos en marcha en los varios programas nacionales, así como en los centros internacionales, para reunir esfuerzos y proveer en forma rápida al agricultor la utilización de ciertos sistemas comunes y algunas alternativas productivas.