

8235

INTERACCIONES GENOTIPO POR SISTEMA EN LA ASOCIACION FRIJOL/MAIZ^{1/}



C.A. Francis^{2/}
//

La práctica de intercalar cultivos es ampliamente usada en fincas de subsistencia en países tropicales en vías 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 es la 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. Esta "revolución verde" ha llegado en algunas regiones a los agricultores mas progresistas, y su influencia en la producción total de ciertos cultivos es un factor de suma importancia en la nutrición actual del pueblo.

Sin embargo, la validez total de esta orientación como el único esfuerzo hacia el mejoramiento de los monocultivos es dudosa. La mayoría de los cultivos alimenticios en el trópico se siembra en pequeñas fincas, por agricultores a quienes no ha llegado la nueva tecnología. Estos agricultores insisten en preservar sus

1/ Tópico presentado en el curso intensivo de producción de frijol, Abril 18, 1977, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia; mucha información se ha tomado de Francis et al., 1976).

2/ Agrónomo, Programa de Frijol, CIAT.

sistemas de cultivo tradicionales y no aceptan otras alternativas, incluyendo nuevas variedades, por otra parte diseñadas para sistemas de monocultivo.

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 más 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.

Metodología para Mejorar Cultivos como Componentes de Asociaciones

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

1. Nivel de Interacción Genotipo por Sistema

Al principio, hay que establecer si existe una interacción significativa entre las variedades en prueba o mejoramiento, y los sistemas principales en los cuales se va a sembrar el cultivo. Una revisión de 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. En este seminario se presenta una metodología para probar la interacción genotipo por sistema en frijol arbustivo, frijol voluble y maíz.

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

Si se determina que existe una interacción fuerte entre variedad y sistema, hay que diseñar un procedimiento eficiente para mejorar los cultivos en dos o más sistemas. Esto implica una dilución de trabajo y menos avance en cada sistema, pero es necesario si se toma en cuenta la aplicación a lo largo de los resultados - la adopción de nuevas variedades por los agricultores, y su impacto como un componente de la tecnología mejorada para aumentar la producción.

Características de la Planta y Sistemas de Cultivos Asociados

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 más 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).

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 fue confirmado mediante correspondencia con varios colegas actualmente familiarizados con la agricultura de pequeños agricultores.

Literatura sobre Interacciones Variedad por Sistema

La decisión de tamizar y seleccionar germoplasma promisorio, aprovechando más 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 más sistemas.

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 1, 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 1. 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	1,343a ^{1/}	780bc ^{1/}	5
Puebla-421	2	1,025b	695cd	6
Aguascalientes-70	3	1,003b	1,081a	2
Pata de Paloma	4	954b	991ab	4
Guatemala-358	5	938b	1,005a	3
Puebla-163	6	882bc	1,102a	1
Guanajuato-113A	7	811bc	669cd	7
Puebla-151B	8	803c	542d	9
Aguascalientes-67	9	708c	600cd	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 2). 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, IRRI, 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.

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 ($r = -0.858$, significativo al nivel del 1%).

Tabla 2. 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.

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 más 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 más reducido pero en dos o más sistemas.

La decisión de seleccionar una metodología de mejoramiento depende de las limitaciones en rendimiento de los sistemas de cultivos más 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 más 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 (Porrillo Sintético) 300,000 plantas/ha.
- c. Maíz Asociado con Frijol Voluble: densidad de maíz 40,000 plantas/ha; densidad de frijol voluble (P-589) 300,000 plantas/ha.

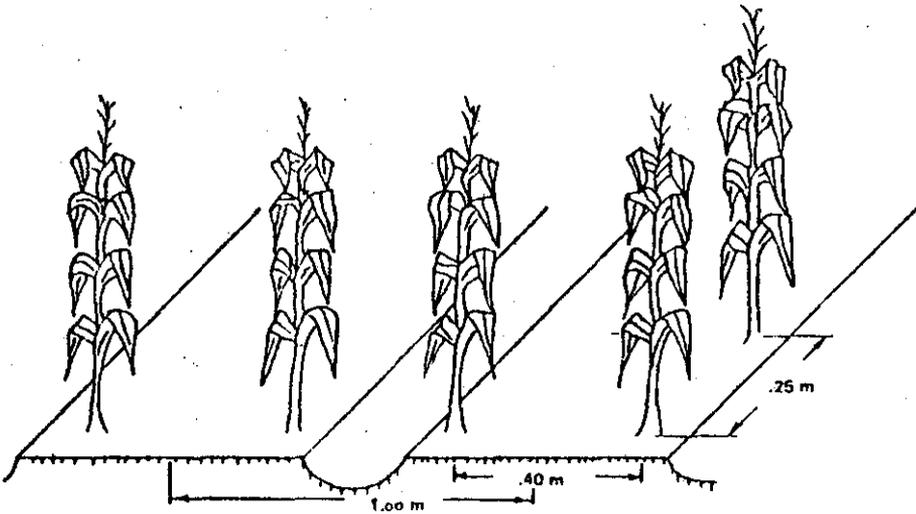
La evaluación de las familias de maíz se adelantará basándose especialmente en los rendimientos del maíz, su resistencia al acame y los rendimientos del frijol. También se utilizarán los rendimientos del maíz y del frijol, con sus precios de mercado actuales, para determinar un orden de prioridad económica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

2. Evaluación de frijol arbustivo en dos sistemas de cultivo

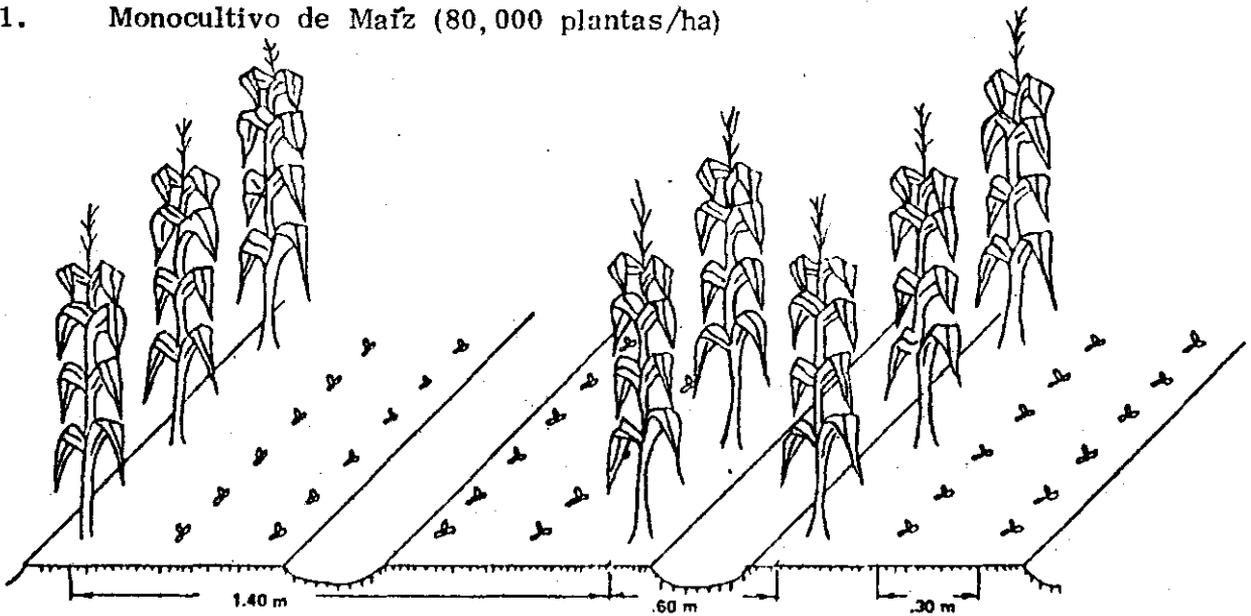
Una evaluación de frijol arbustivo en monocultivo y en asociación con maíz se inició con nueve selecciones de frijol. Estas incluyen la mejor variedad local (ICA Pijao), la variedad mas promisoría de varios ensayos en diferentes localidades (Porrillo Sintético) y otras selecciones promisorias. Los sistemas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

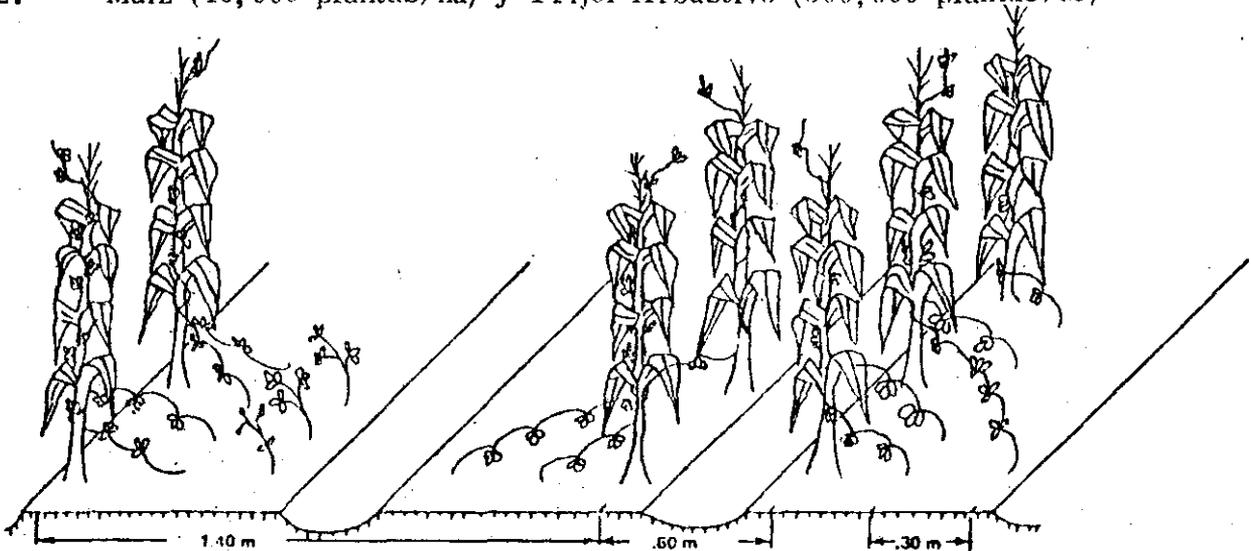
Figura 1. Tres sistemas agronómicos para evaluación del germoplasma de maíz en CIAT.



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

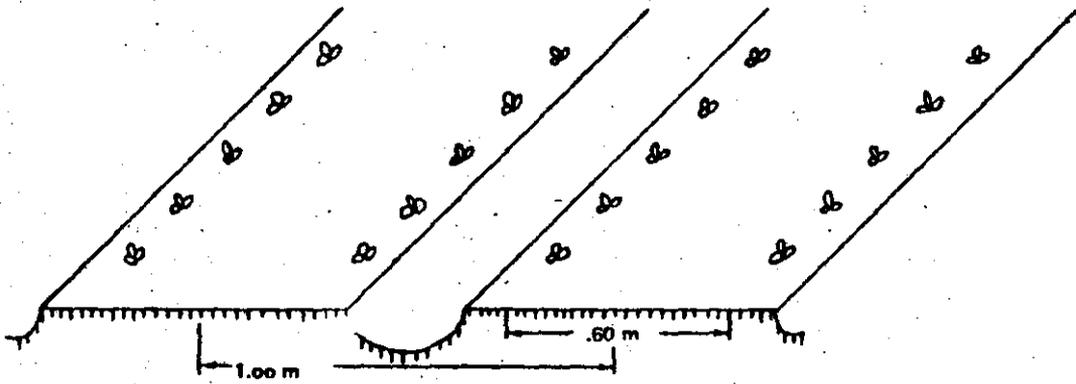


2. Maíz (40,000 plantas/ha) y Frijol Arbustivo (300,000 plantas/ha)

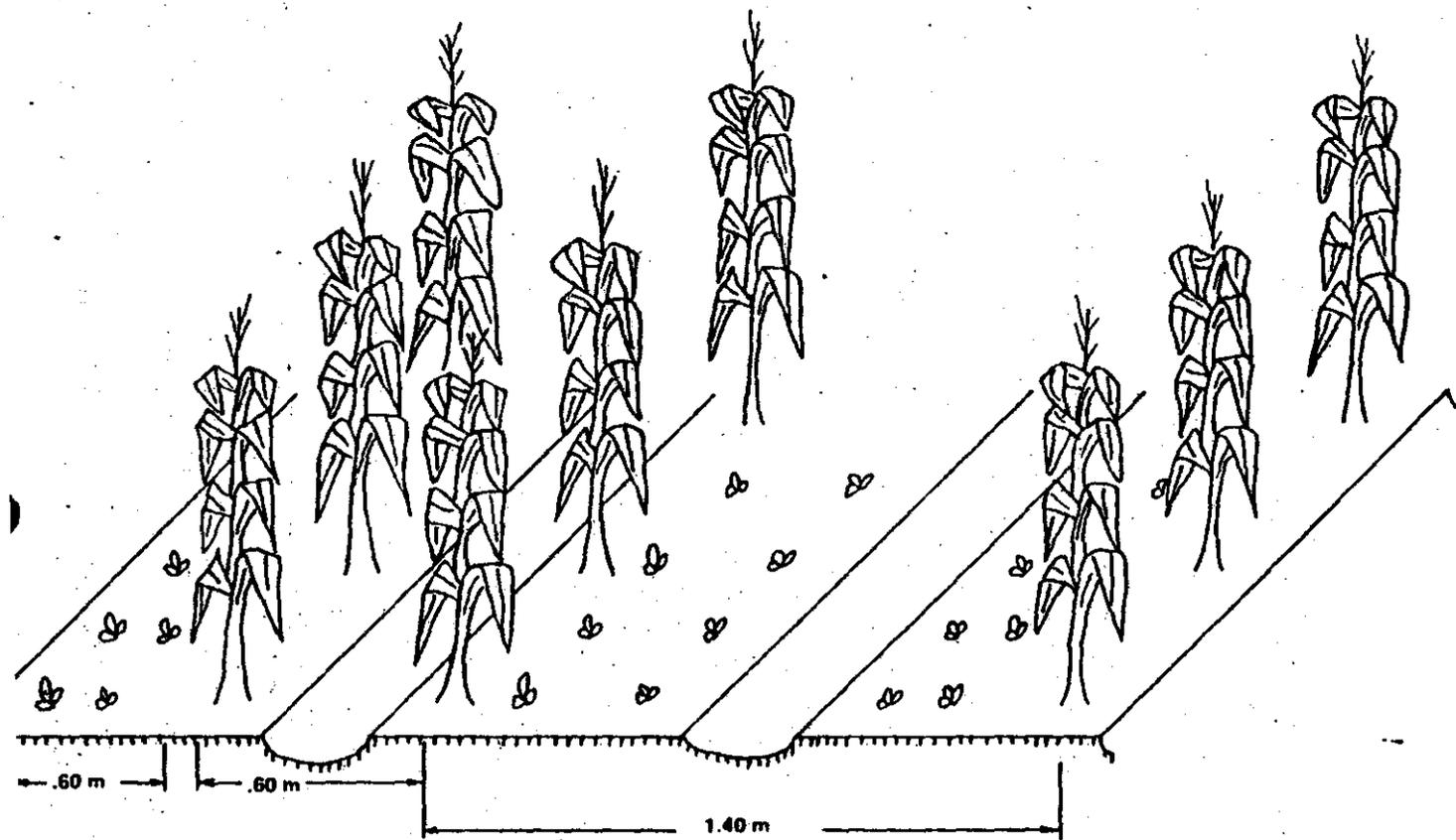


3. Maíz (40,000 plantas/ha) y Frijol Vainoso (200,000 plantas/ha)

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).

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

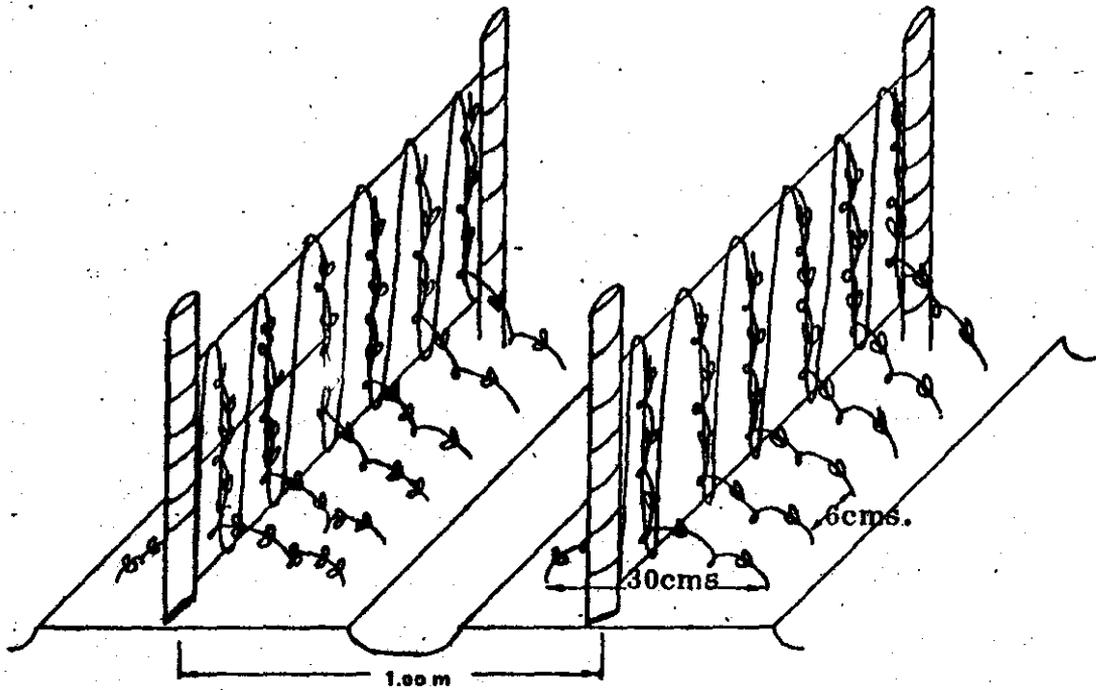
Nueve variedades de frijol voluble se están evaluando tanto en monocultivo como en asociación con maíz. Dentro de estas variedades están Trujillo, PI 282-063, y otras líneas promisorias. En el sistema de monocultivo se usa soporte de guadua y alambre con guías de cabuya para sostener al frijol. En la 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.

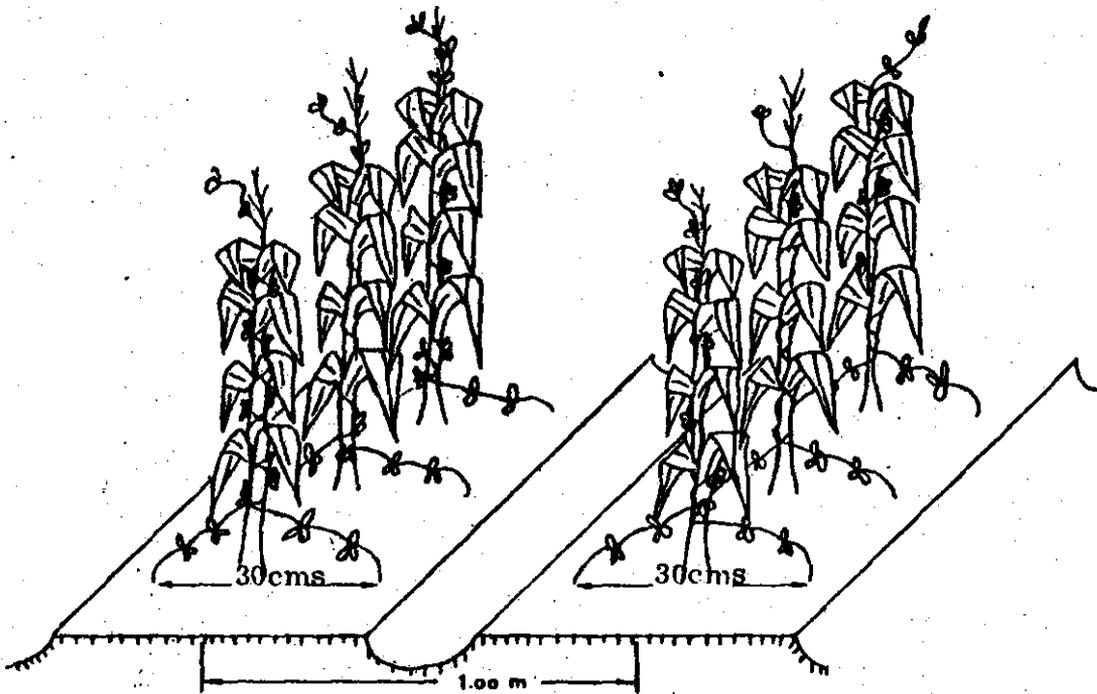
Los rendimientos de las nueve variedades de frijol voluble se utilizarán para asignar un orden en el rango de variedades en cada sistema. Además, los rendimientos de maíz pueden variar según el genotipo de frijol y suministrar así un segundo criterio para la evaluación del comportamiento del sistema.

De los resultados de estos tres ensayos, se pueden tomar 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

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



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



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

voluble asociado con maíz.

Resultados con Frijol Arbustivo

Ya se han terminado tres semestres de ensayos con los dos sistemas de frijol arbustivo y los resultados se resumen en las Figuras 4 (7508), 5 (7607), y 6 (7625). En estas tres figuras se nota que no hay una relación muy estrecha entre los dos sistemas, aunque la correlación entre rendimientos sobre los dos sistemas es de 0.51* hasta 0.91**. La misma correlación entre puestos es de 0.54* hasta 0.93**. Por lo menos, esa relación es suficientemente buena para permitir la selección en un sistema, para después aplicar los resultados (variedades) en el otro. Además, es óbvio al observar las figuras, que es más fácil separar o seleccionar los materiales bajo el sistema de monocultivo, ya que hay tan poca separación entre promedios en la asociación. La reducción en rendimiento fué mayor en el último ensayo (7625) debido al acame del maíz a mitad del ciclo. En cambio, la poca reducción en rendimiento en el primer ensayo (7508) se atribuye a la siembra adelantada del frijol (19 días de ventaja sobre el maíz). Se concluye tentativamente que sí se puede seleccionar materiales en monocultivo, que sirven para ambos sistemas.

De más prioridad en las figuras es el orden relativo de las variedades, que aparentemente cambia mucho de un semestre a otro. La Tabla 3 resume las correlaciones entre cada par de semestres, sobre las variedades en común. Por ejemplo, la variedad P-459 en monocultivo es el No. 1 de 9 (7505), No. 3 de 19 (7607) y No. 16 de 20 (7625), muy inconsistente en los ensayos. La variedad P-675 en asociación es el No. 3 de 9 (7508), No. 10 de 19 (7607) y No. 15 de 20 (7625) en los mismos ensayos. Esta interacción variedad por semestre puede complicar el proceso de selección, en el cual se necesita consistencia de resultados para hacer progresos y no perder materiales valiosos.

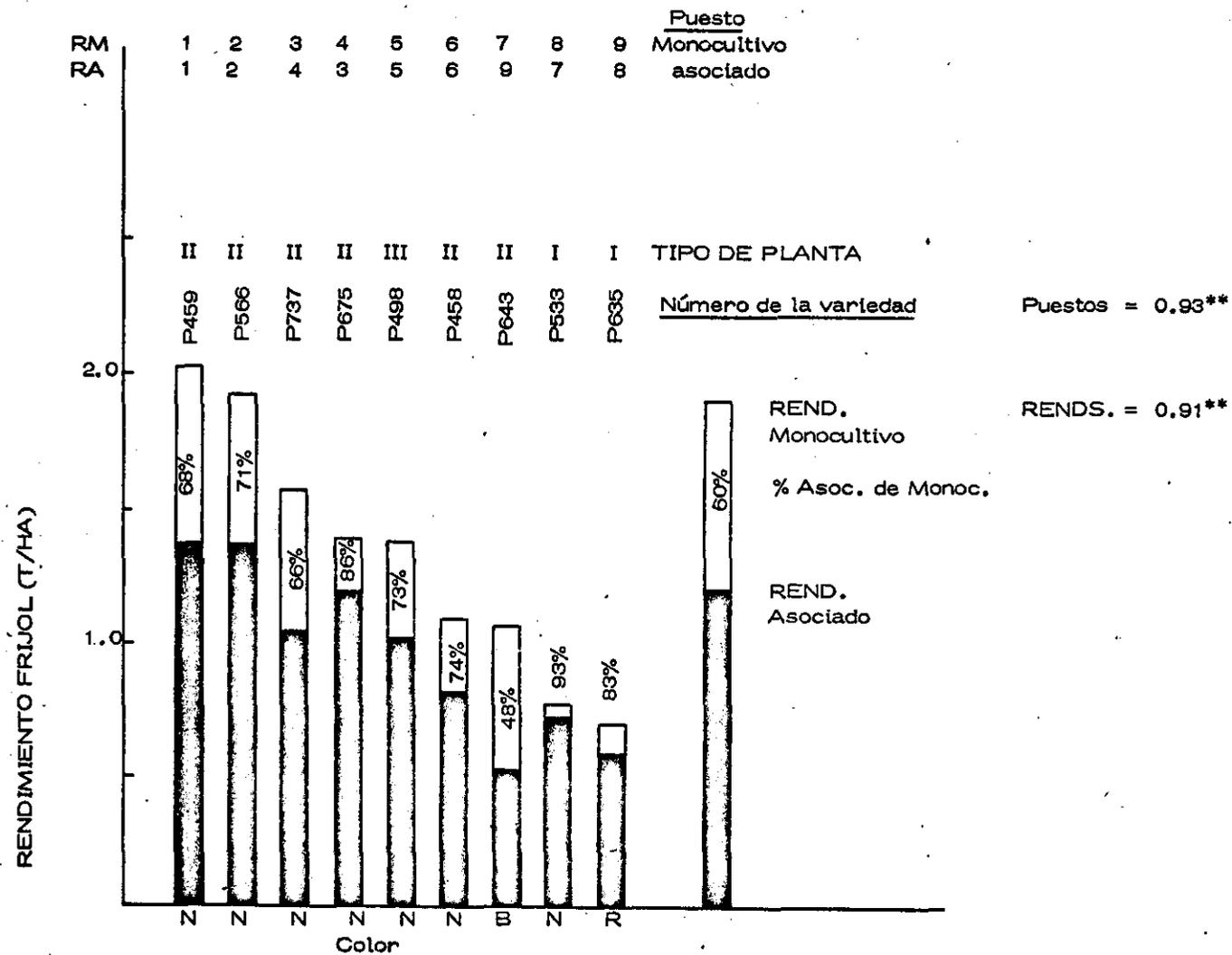


Figura 4. Rendimientos y puestos de fríjol arbustivo en dos sistemas, Ensayo 7508

RENDIMIENTO FRIJOL (T/HA)

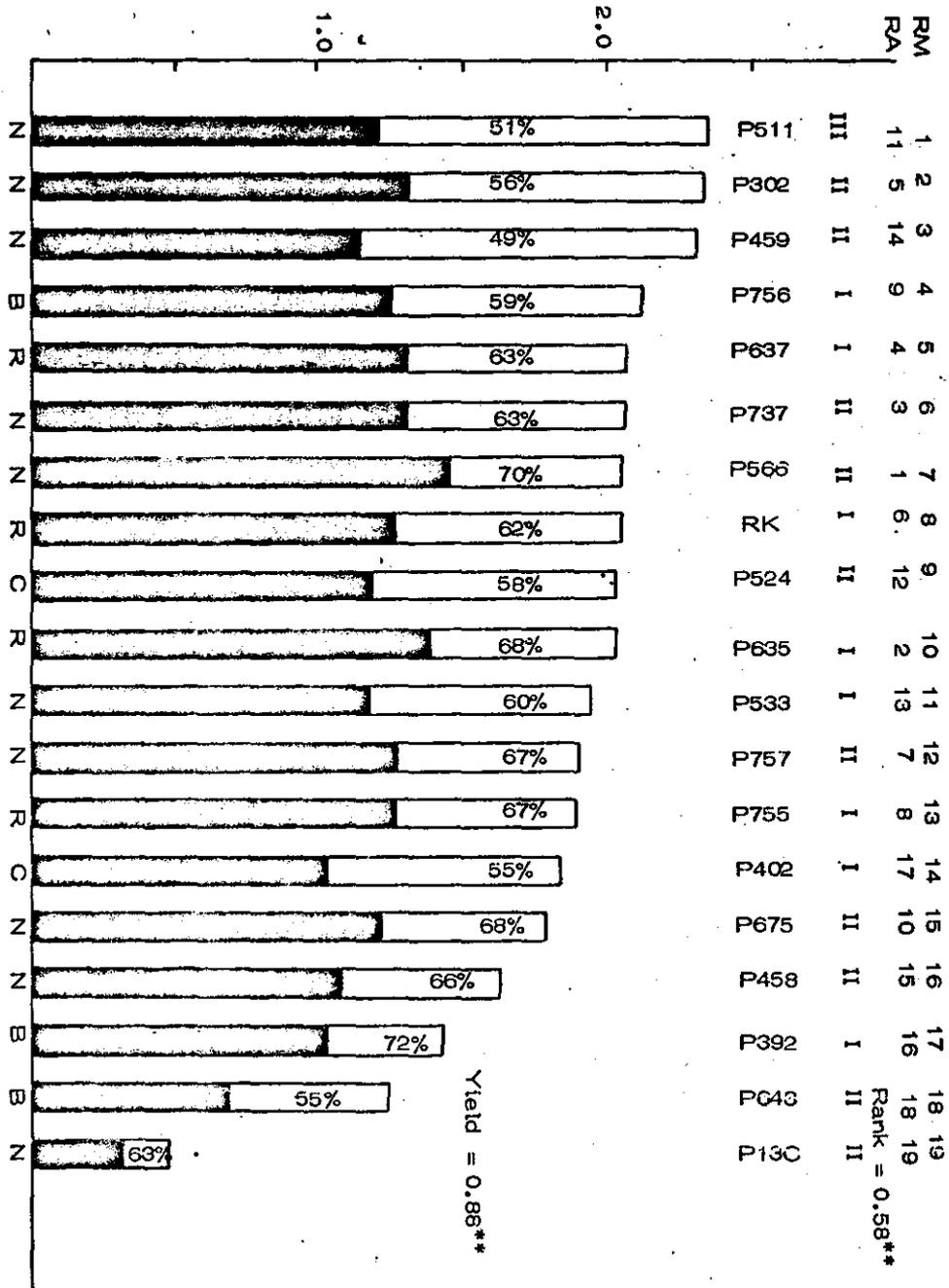


Figura 5. Rendimientos y puestos de frijol arbustivo en dos sistemas. Ensayo 7607

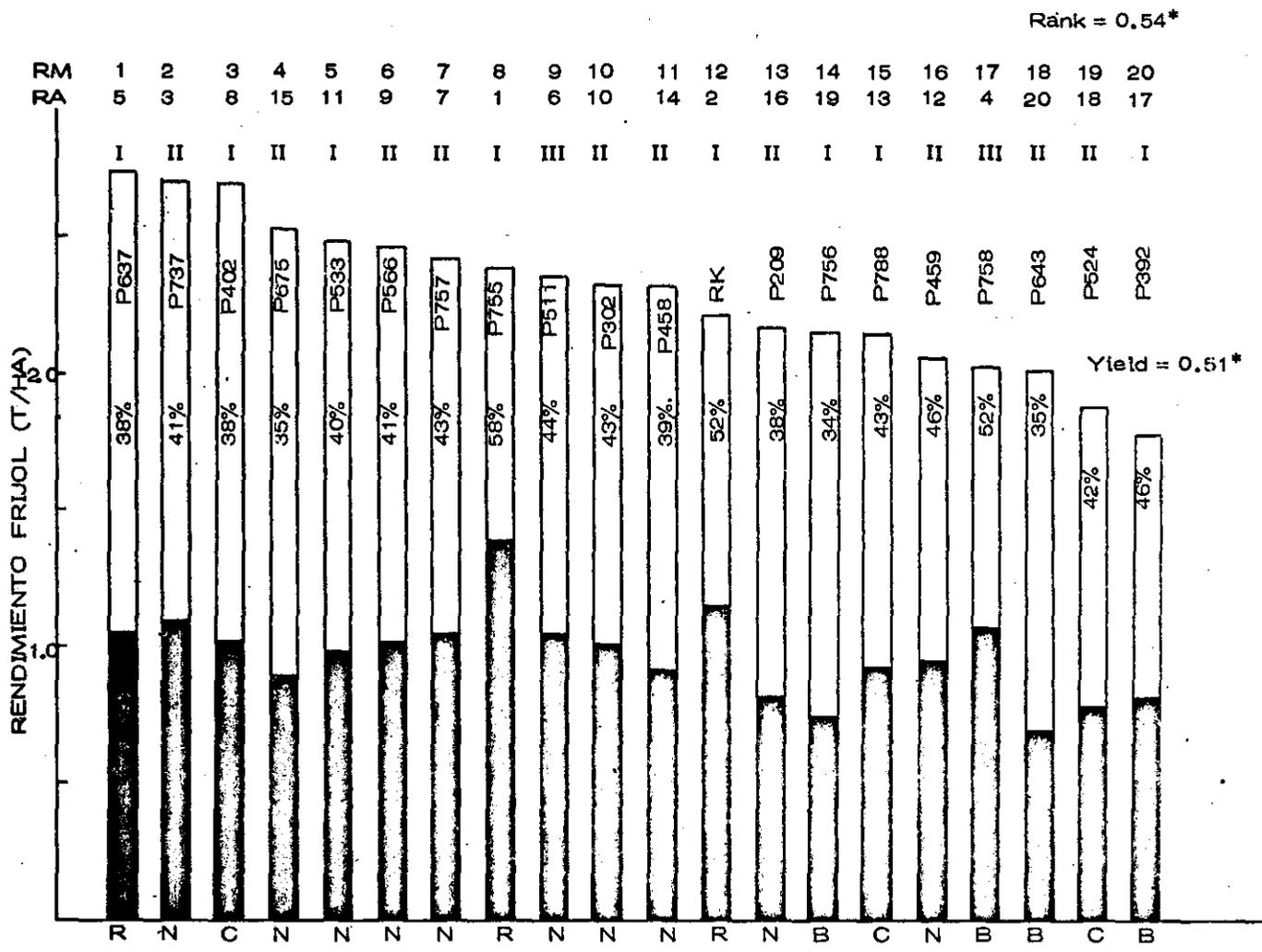


Figura 6. Rendimientos y puestos de frijol arbustivo en dos sistemas, Ensayo 7625

Tabla 3. Correlaciones entre rendimientos en dos sistemas, en cada par de semestres, sobre las variedades en común.

Rendimientos

	<u>n</u>	<u>Monocultivo</u>	<u>Asociado</u>
Semestre 1 vs. Semestre 2	8	.46	.47
Semestre 1 vs. Semestre 3	7	-.02	.56
Semestre 2 vs. Semestre 3	17	.29	.53**

Puestos

Semestre 1 vs. Semestre 2	8	.60	.31
Semestre 1 vs. Semestre 3	7	.04	.36
Semestre 2 vs. Semestre 3	17	.13	.61**

Otra manera de examinar los resultados sobre semestres es utilizando regresiones de rendimientos de cada variedad como función de rendimiento promedio de los ensayos (Eberhart y Russell, 1966). La Figura 7 muestra dos variedades en seis "ambientes" (tres semestres por dos sistemas), y la relación entre el rendimiento de la variedad y el promedio de todas las variedades (7) sobre los ambientes. Se nota que el frijol negro P-566 (Porrillo) siempre se comporta bien, y sobre el promedio en todo ambiente. En contraste, el blanco P-643 (Nep. 2) siempre está por debajo del promedio en los seis ambientes probados. Es obvio que se seleccionará la variedad que siempre se mantiene sobre el promedio, en este caso donde no había interacción de variedad por promedio de ambiente. La decisión difícil viene de variedades con valores de b menos que 0.6 ó 0.7, con buen rendimiento en ambientes malos y rendimiento regular y por debajo del promedio en ambientes buenos. Son las variedades que no responden bien a condiciones mejores, sin

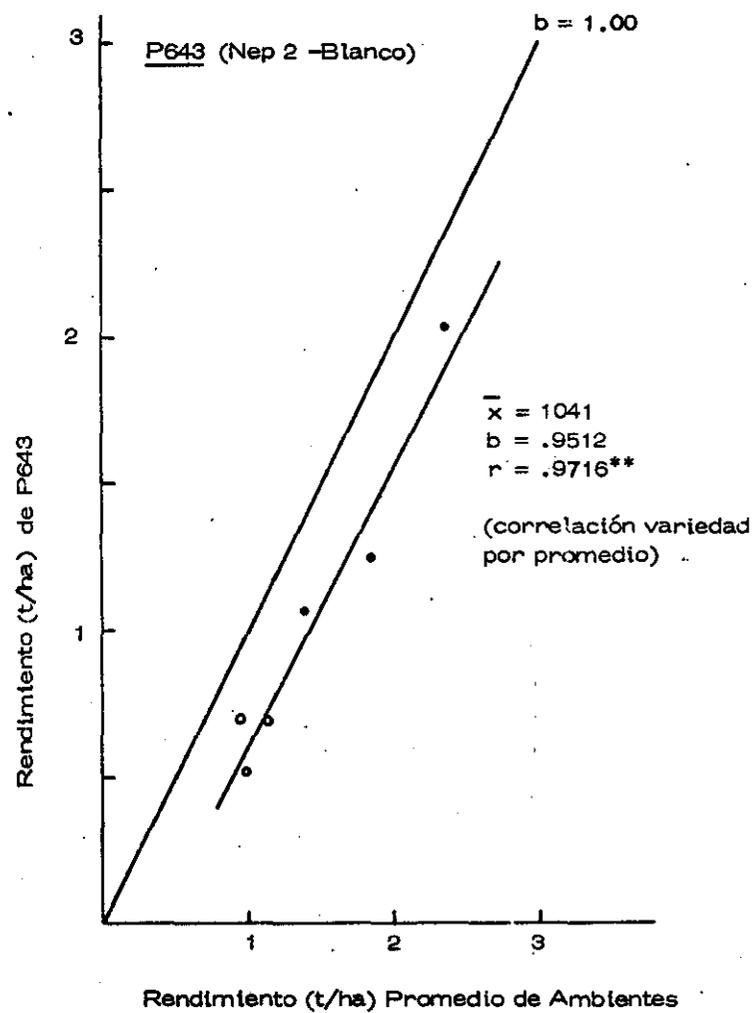
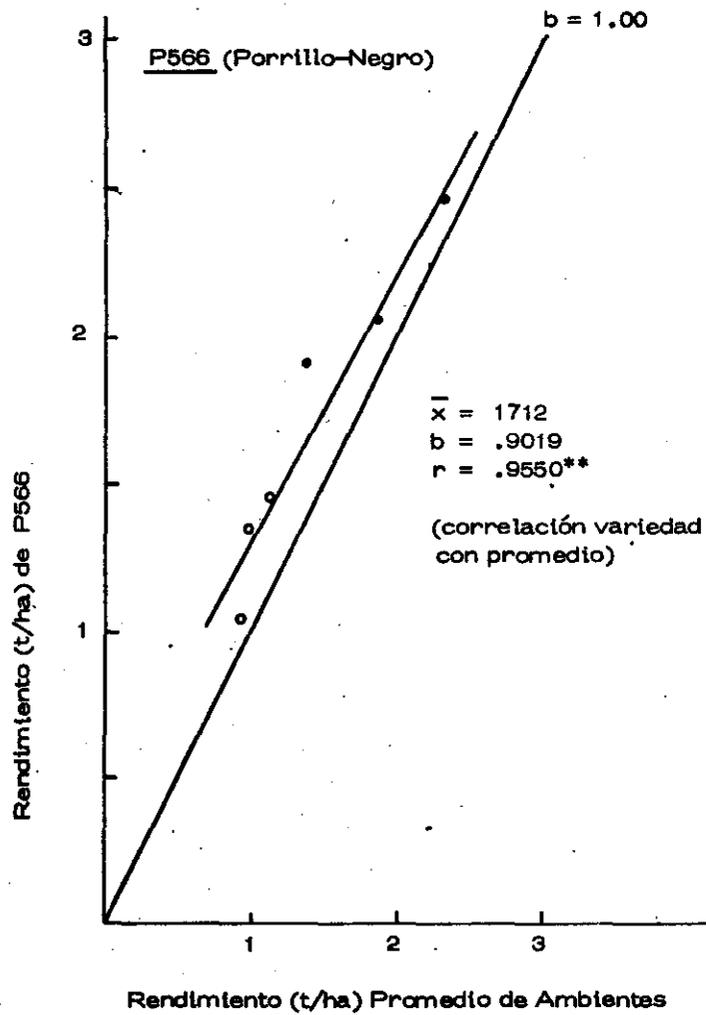


Figura 7. Rendimiento de dos variedades en función del rendimiento promedio de cada ambiente, 3 semestres por los sistemas.

embargo, son relativamente estables en estos ambientes. Ese factor cuenta con mucha importancia para los pequeños agricultores.

Resultados con Frijol Voluble y Maíz

Los resultados y condiciones de los frijoles volubles son muy parecidos a los arbustivos y por eso no se presentan los detalles en el seminario. Tiene la misma separación de promedios en rendimiento en monocultivo, y estas diferencias tienden a desaparecer en asociación.

El caso del maíz no es muy claro todavía. Aunque había interacción entre sistemas y variedad en el primer semestre, esto no se ha confirmado todavía. Es seguro que se debe medir con cuidado la producción de frijol en estos sistemas, porque el valor de este componente en el rendimiento del sistema es muy importante para determinar la rentabilidad de los varios sistemas en prueba.

Mejoramiento para la Asociación de Cultivos

Para enfocar en forma mas general el problema de mejoramiento, se puede especular sobre la selección de variedades. 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 mijo (millet), 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 nutrimentos 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 debe incluir a) un estudio de los sistemas de cultivo predominantes; b) un estudio de los factores mas limitantes 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 agnómica 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.

BIBLIOGRAFIA

- 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.
- 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.
- 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, FEDS. 108 p.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6:36-40.
- 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.
- Francis, C.A., C.A. Flor y S.R. Temple. 1976. Adapting varieties for intercropping systems in the tropics. A.S.A. Special Publ. 27, pp. 235-253.
- 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.
- 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.

- IRRI. 1974. Annual Report 1974. Cropping systems program. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines.
- 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).
- 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.

Figura 1. Posibilidades de asociación de dos cultivos en el mismo año

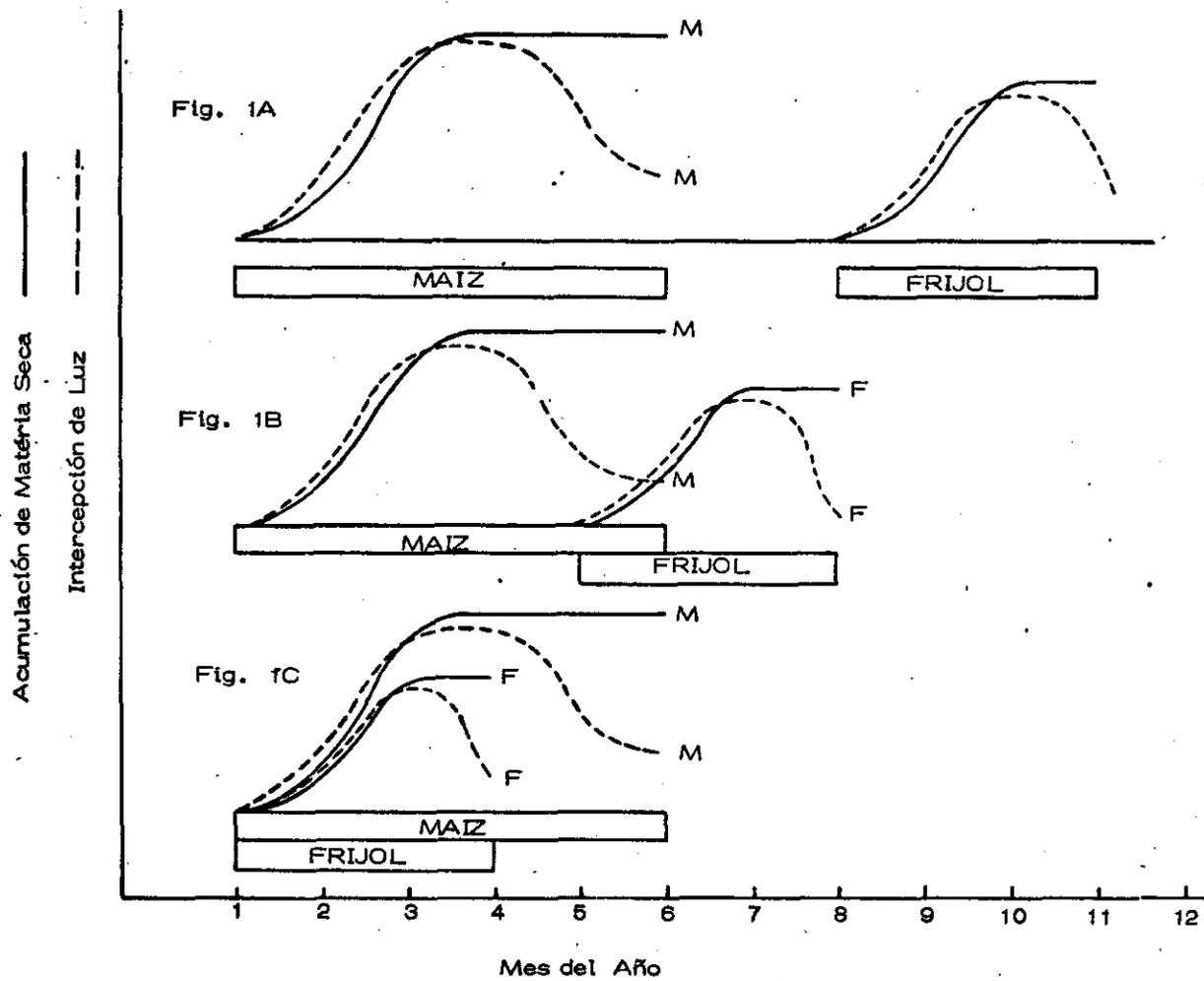


Figura 2. Asociación compleja de ocho cultivos en el mismo terreno en un año

