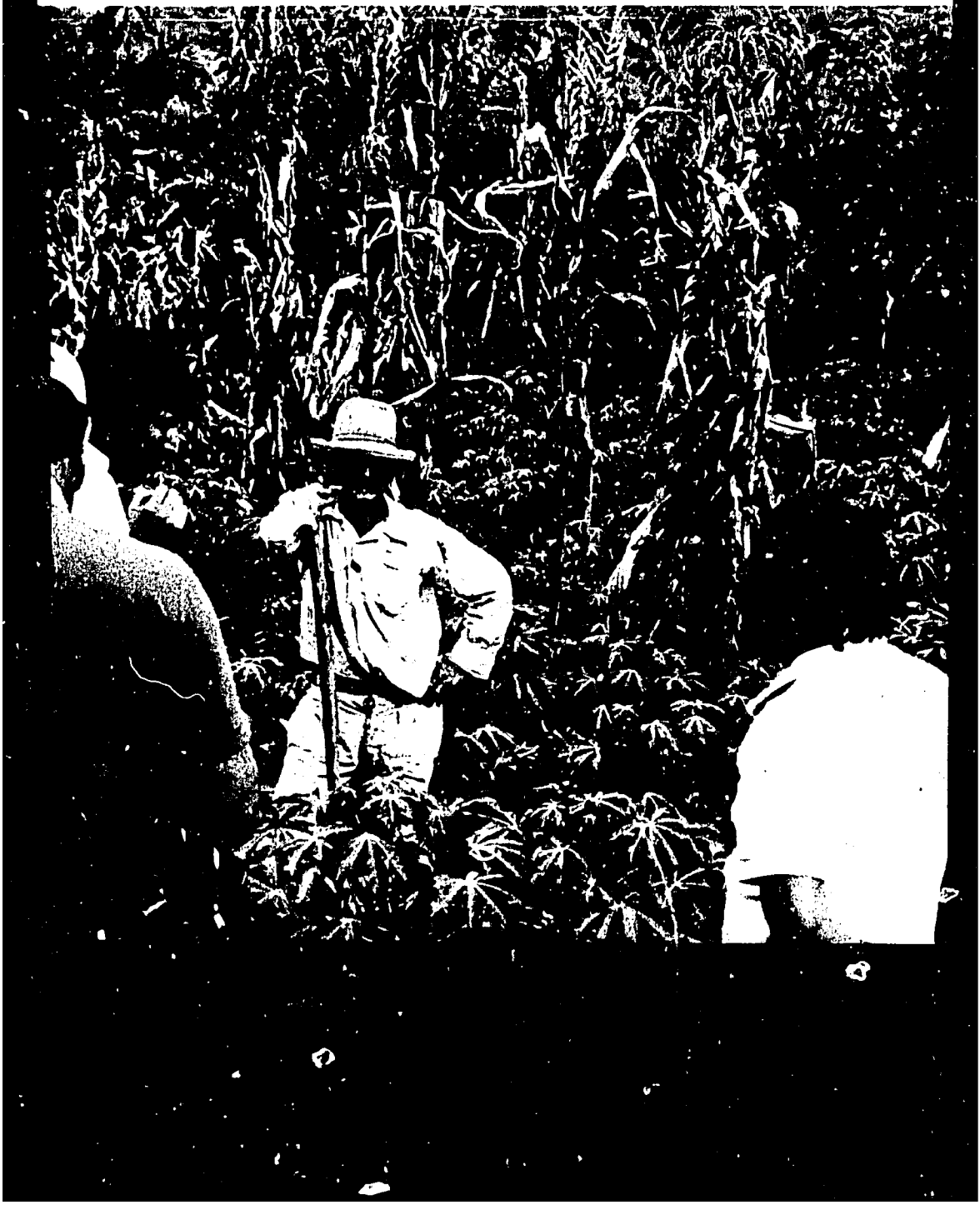
PN-ABC-496

YUCA EN CULTIVOS ASOCIADOS

Manejo y Evaluación

Dietrich Leihner

CIAT Centro Internacional de Agricultura Tropical



El CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical, es una institución de investigación y capacitación agrícolas, sin ánimo de lucro, dedicada a incrementar la producción de alimentos en las regiones tropicales en desarrollo. El CIAT es uno de los 13 centros internacionales de investigación agrícola bajo los auspicios del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAI).

El presupuesto básico del CIAT es financiado por un grupo de donantes. En 1987 tales donantes son: Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos de América, Francia, Holanda, Italia, Japón, Noruega, el Reino Unido, la República Federal de Alemania, la República Popular de China, Suecia y Suiza. Las siguientes organizaciones son también donantes del CIAT en 1987: el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento (BIRF), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), la Comunidad Económica Europea (CEE), el Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (FIDA), la Fundación Ford, la Fundación Rockefeller, y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan, necesariamente, el punto de vista de las entidades mencionadas anteriormente.

58000

YUCA EN CULTIVOS ASOCIADOS

Manejo y evaluación

Dietrich Leihner, Dr. agr.
Agrónomo, Programa de Yuca

CIAT
Centro Internacional de Agricultura Tropical
Cali, Colombia

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia

ISBN 84-89206-28-7
Serie CIAT 90SC-1(83)
1a. Reimpresión
Noviembre 1987
Tirada: 500
Impreso en Colombia

Cita completa:
Leihner, Dietrich. 1983. Yuca en cultivos asociados: manejo y evaluación. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali, Colombia. 80 p.

Información para catalogación:
1. Yuca — Siembra. 2. Yuca — Fertilización. 3. Yuca — Enfermedades y plagas. 4. Yuca — Control de malezas. 5. Leguminosas. 6. Cultivos asociados. I. Centro Internacional de Agricultura Tropical. II. Título. (Serie).

Agradecimientos

Deseo expresar mi gratitud a John K. Lynam, Ph.D., economista del programa de yuca del CIAT, por su contribución con el capítulo "Evaluación económica de los cultivos asociados".

Además, varios colegas contribuyeron con ideas y sugerencias a este manuscrito, entre ellos los Drs. Anthony Bellotti, James H. Cock, Jeremy Davis, Reinhardt H. Howeler y Carlos Lozano de CIAT, Raúl Moreno del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica, y Roger Mead, de la Universidad de Reading, Inglaterra; tanto a ellos como a mis estudiantes y colaboradores que hicieron posible este trabajo, va dirigido mi sincero agradecimiento.

Por su contribución con fotografías agradezco a los Drs. Michael D. Thung y Kurt Geong Steiner y al Ing. Agr. Diego Fonseca.

La presente publicación es la versión abreviada de una tesis de habilitación intitulada "Cassava intercropping - management and evaluation of cassava intercropping systems", sometida por el autor a consideración de la Facultad de Agronomía, Universidad de Göttingen, República Federal de Alemania.

Contenido

Página

Aspectos Generales 7
Definición de los Sistemas de Cultivo Múltiple 7
Cultivo consecutivo 7
Cultivo intercalado o asociado. 7
Cultivo intercalado mixto 7
Cultivo intercalado en surcos 7
Cultivo intercalado en franjas 7
Cultivo intercalado en relevo 7
Aspectos Básicos Biológicos y Nutricionales 8
Sistemas de Asociación con Yuca Practicados en el Mundo 11
América Latina 11
Africa 12
Asia 13
Tecnología Mejorada para Yuca Intercalada 15
Selección de Tipos de Plantas para la Asociación 15
Yuca 15
Leguminosas de grano 17
Otros cultivos 18
Tiempo Relativo de Siembra 19
Densidad de Siembra 21
Yuca 21
Leguminosas de grano 22
Maíz 24
Patrón de Siembra o Arreglo Espacial de Cultivos 25
Yuca 25
Leguminosas de grano 26
Nutrición Mineral y Fertilización 29
Requerimientos nutricionales de la yuca y cultivos asociados 30
Selección de cultivos para la asociación 30
Respuesta a la fertilización en monocultivo y en asociación 32
Competencia por nutrimentos en cultivos asociados 35
Métodos de aplicación de fertilizantes 45

Conclusiones para la fertilización 48
Manejo de Pestes 51
Plagas 51
Enfermedades 52
Malezas 56
Potencial biológico para reducir problemas de malezas 56
Control químico de malezas 58
Control integrado de malezas 59
Evaluación de Sistemas Asociados 63
Eficiencia Biológica 63
Tiempo relativo de siembra 65
Densidad de siembra 66
Respuesta a la fertilización 67
Competencia entre cultivos 68
Evaluación económica 71
Comparación entre sistemas 71
Determinación de la rentabilidad de sistemas de cultivos asociados 72
Referencias Bibliográficas 75

6

Aspectos Generales

Definición de los Sistemas de Cultivo Múltiple

Se entiende por cultivo múltiple la producción de dos o más cultivos en la misma área durante el mismo año; es una forma de intensificar la producción agrícola mediante un uso más eficiente de los factores de crecimiento (luz, agua, nutrimentos), del espacio y del tiempo disponibles, y se puede lograr bien sea sembrando las especies consecutivamente, o bien haciéndolo en asociación.

Cultivo consecutivo.

Consiste en producir en el mismo terreno y durante el mismo año dos o más cosechas, una después de la otra, en monocultivo.

Cultivo intercalado o asociado.

Consiste en sembrar dos o más especies al mismo tiempo en el mismo campo; puede ser mixto, en surcos, en franjas o en relevo.

Cultivo intercalado mixto. Consiste en sembrar dos o más especies simultáneamente en forma irregular, sin patrón definido de siembra.

Cultivo intercalado en surcos. Es la siembra simultánea de las especies en arreglos definidos de surcos.

Cultivo intercalado en franjas. Consiste en sembrar simultáneamente las especies que se van a asociar disponiéndolas en bandas suficientemente anchas para permitir el cultivo independiente de cada una, pero al mismo tiempo lo suficientemente estrechas para que ellas interactúen agronómicamente.

Cultivo intercalado en relevo. Consiste en sembrar una o más especies dentro de otro cultivo ya establecido, de tal forma que el final del ciclo de vida del primer cultivo coincida con el desarrollo inicial del otro o de los otros (Ruthenberg, 1971; Andrews y Kassam, 1976).

Aspectos Básicos Biológicos y Nutricionales

La asociación entre especies de duración similar ofrece ventajas derivadas solamente de la utilización del espacio, mientras que la asociación de cultivos con duraciones diferentes puede permitir una ganancia en el rendimiento total del sistema mediante un mejor aprovechamiento de las dimensiones espacio y tiempo.

Tanto en la asociación de especies de duración similar como en la de especies de ciclo vegetativo diferente, la suma de las competencias interespecíficas es inferior a la suma de las competencias intraespecíficas de las mismas especies cuando se cultivan separadamente en monocultivo. Esta menor competencia interespecífica da origen al mayor rendimiento total del sistema intercalado resultante bien sea del mayor rendimiento por planta, o bien de la mayor población total por unidad de área.

En las asociaciones de cultivos de duración similar, la ventaja en el rendimiento viene entonces de una menor competencia "instantánea" por espacio, tanto en la parte aérea como dentro del suelo; en asociaciones de especies con ciclos vegetativos diferentes, en cambio, las ventajas se originan en una menor competencia interespecífica por espacio y por tiempo en razón del rápido crecimiento del cultivo precoz y en función de una menor competencia intraespecífica por espacio y tiempo debida al lento desarrollo del cultivo tardío (Andrews y Kassam, 1976).

El monocultivo de la yuca, que en este contexto se considera como cultivo tardío, no utiliza eficientemente los factores luz, agua y nutrimentos durante los primeros tres meses de su ciclo vegetativo, debido a su lento desarrollo inicial; así permite intercalar en ese tiempo un cultivo precoz, haciendo más eficiente el uso de esos factores de crecimiento. De igual manera, al final de su ciclo vegetativo la yuca ya no intercepta toda la luz incidente, y probablemente tampoco absorbe ya la gran cantidad de nutrimentos y agua que necesita durante su desarrollo más activo; por lo tanto, esta última fase en el ciclo de la yuca nuevamente se presta para intercalar otro cultivo (Figura 1).

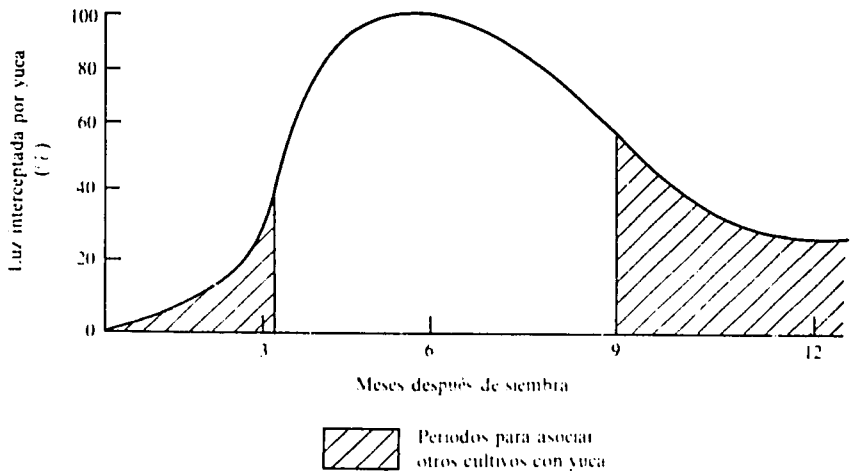


Figura 1. *Intercepción de luz por la yuca durante su ciclo vegetativo y posibles períodos para intercalar otros cultivos.*

Los cultivos asociados normalmente muestran una menor variabilidad que los monocultivos en términos de biomasa total y de rendimientos (Moreno y Hart; 1979). Esto se refiere tanto a la producción total del sistema como a las producciones individuales de cada componente (Figura 2). Las causas de esa mayor estabilidad, aparte del efecto compensatorio que existe entre los cultivos, posiblemente tienen que ver con la reducida incidencia de enfermedades, plagas y malezas que ocurre como resultado de la diversidad en la vegetación, y del mejor y más temprano cubrimiento del suelo (CIAT, 1978; Leihner, 1979; Moreno, 1979; Moreno y Hart, 1979; Leihner, 1980a).

Para el productor de subsistencia, la mayor estabilidad que presentan las siembras intercaladas en la producción de cultivos alimenticios tiene un significado importante, ya que tiende a asegurar su sustento y disminuye sustancialmente el riesgo de pérdida total en su cosecha.

Cuando el pequeño productor adopta la asociación como su sistema de producción, una parcela muy pequeña le puede proporcionar los elementos básicos de su dieta, así: cultivos como yuca, batata (*Ipomoea batatas*), ñame (*Dioscorea* sp.), taro (*Colocasia esculenta*) y plátanos (*Musa* sp.), que son fuentes de carbohidratos, proveerían principalmente el componente calórico, mientras que cultivos intercalados como frijol (*Phaseolus vulgaris*), caupí (*Vigna unguiculata*), mungo (*Vigna radiata*), maní (*Arachis hypogaea*), y

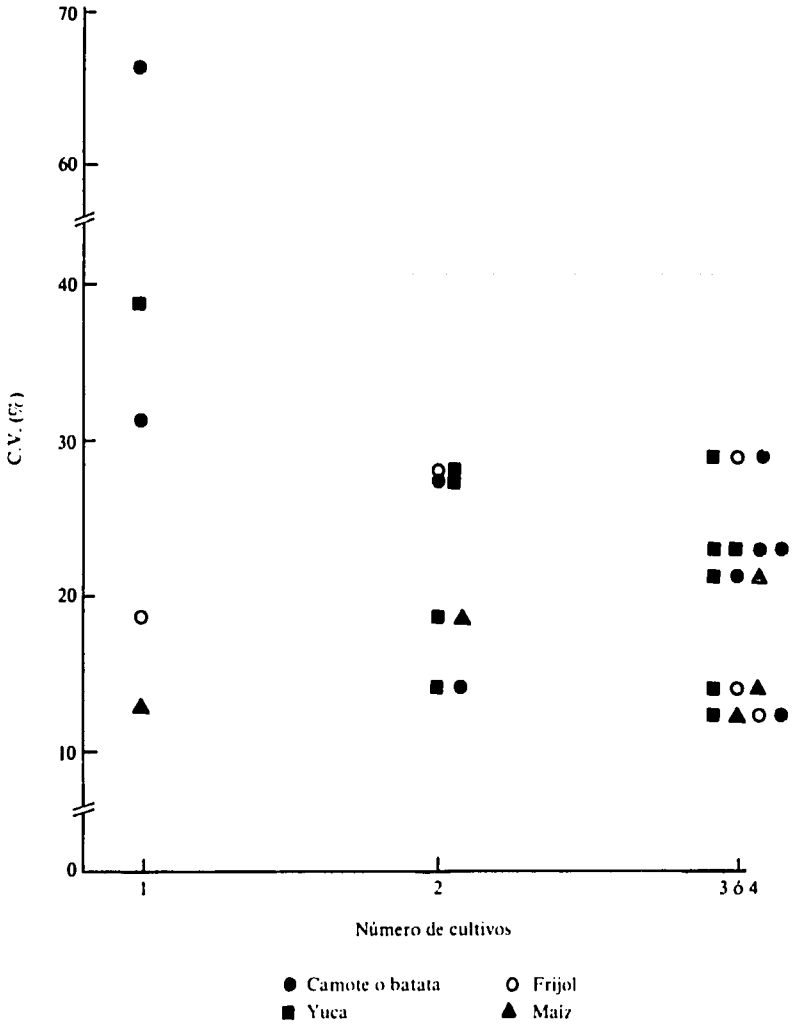


Figura 2. *Coeficiente de variabilidad de yuca, frijol común, camote y maíz en monocultivo y en diferentes combinaciones de estas especies.*

Fuente: Adaptado de Moreno y Hart, 1979.

guandul (*Cajanus cajan*) suministrarían parte de la proteína necesaria. Así por ejemplo, una hectárea de yuca intercalada con frijol negro puede producir 10 t de raíces frescas de yuca y 600 kg de frijol, los cuales aportan calorías y proteínas, así:

10,000 kg de yuca[1] = 13.44 x 10^6 Kcal = 56.270 MJ
600 kg de frijol = 168 kg de proteína

[1] Los 10,000 kg de yuca contienen 3000 kg de almidón, cuyo valor calórico es de 4480 Kcal/kg.

Suponiendo que los requerimientos alimenticios diarios de una persona adulta son de 10.5 MJ (2500 Kcal) y de 100 g de proteína[2], la producción mencionada da 5376 raciones calóricas y 1680 raciones de proteína; esto da 1680 raciones completas más un excedente calórico de 3696 raciones = 38,686 MJ (9.24 x 10^6 Kcal), sin considerar el contenido proteínico de la yuca ni el valor calórico del frijol. Así, con una hectárea se pueden alimentar cinco personas adultas durante un año, y queda un excedente de aproximadamente 6 t de yuca para la venta.

Aunque esa no es una dieta completa y además no es probable que alguien pueda subsistir con ella durante un período largo, hay que recordar que en algunas partes del mundo existen seres humanos que tienen mucho menos que eso para su alimentación.

El cálculo anterior se basa en los rendimientos que se obtienen con tecnología tradicional en la asociación, pero con tecnología mejorada y un mínimo de insumos, tales rendimientos se pueden duplicar fácilmente (Fonseca, 1981).

Sistemas de Asociación con Yuca Practicados en el Mundo

América Latina.

Se estima que aproximadamente el 40% de la yuca en América Latina se siembra intercalada (Díaz y Pinstrup-Andersen, 1977). Quizás la asociación más antigua es la de yuca con maíz practicada por los Mayas. Hasta hoy en día se encuentran maíces prehistóricos cultivados con yuca en partes remotas de Guatemala, donde la agricultura ha permanecido tradicional (Moreno y Hart, 1979).

En la costa norte de Colombia, la práctica consiste en sembrar yuca en surcos un poco más distanciados que lo normal (1.20 m), intercalando simultáneamente maíz en una población baja (4000 sitios/ha con 3-5 plantas/sitio). Los rendimientos de cultivos de yuca y maíz en asociación tradicional, según medidas efectuadas por el autor, son 600-800 kg/ha de maíz y de 10-15 t/ha de raíces frescas de yuca, con muy poco uso de insumos químicos comprados (CIAT, 1980).

[2] El requerimiento de proteína normal en una persona adulta se estima en 60 gramos diarios cuando el 50% de la proteína es de origen animal, y el resto de origen vegetal. Como en el presente caso se está considerando sólo la proteína de origen vegetal, se asume un requerimiento mayor que el normal.

La asociación de yuca con frijol (*Phaseolus vulgaris*) o caupí (*Vigna unguiculata*) también es muy frecuente; se practica en todo el hemisferio, pero tiene especial importancia en América Central, Colombia y Brasil. Con frecuencia se siembra la yuca siguiendo el mismo patrón que se usa en monocultivo y el frijol se siembra "mateado"[1] en el mismo surco después de la primera desyerba (3-4 de la yuca (20-30 t/ha) no se afecta pero el del frijol es muy bajo (200 kg/ha) según lo determinó el autor en cultivos de agricultores en Colombia (CIAT, 1980).

Otros cultivos de ciclo corto que se asocian con yuca son arroz de secano (*Oriza sativa*), algodón (*Gossypium* sp.) y tabaco (*Nicotiana tabacum*) en Costa Rica y Colombia. Asociaciones de yuca con otras raíces y tubérculos como el taro, el ñame y el camote se practican en Nicaragua, mientras la asociación triple de yuca con maíz y ñame es típica en el noroccidente de Colombia.

Hay además muchos sistemas en donde la yuca interviene como cultivo de ciclo corto asociado con cultivos perennes tales como caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y cacao (*Theobroma cacao*) en Costa Rica, palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en Colombia, palma de coco (*Cocos nucifera*) y caucho (*Hevea brasiliensis*) en Brasil. En estos sistemas, la yuca se puede considerar como cultivo secundario y su productividad es normalmente baja debido a la poca incidencia de luz debajo de los cultivos perennes cuando han pasado de su fase inicial de desarrollo.

Africa.

Con excepción de algunas partes donde la producción agrícola se caracteriza por plantaciones de gran extensión, la práctica de cultivos intercalados es muy común en toda el Africa tropical. Se estima que la yuca sembrada en sistemas intercalados en ese continente representa hasta el 50% o más del total (Nyombe, com. pers., 1981). En Uganda, por ejemplo, el 49% de la yuca se cultiva asociada, mientras que en Nigeria la porción de yuca intercalada es más baja (27%) (Okigbo y Greenland, 1976). En campos lejanos de las aldeas es más frecuente el monocultivo de yuca, mientras que en la cercanía de las casas son comunes los sistemas muy complejos de cultivos intercalados, los cuales incluyen una variedad de especies alimenticias anuales, hortalizas y árboles frutales.

Las asociaciones típicas son en forma de relevo empezando con otros cultivos e intercalando la yuca cuando los primeros ya se

[1] Varias plantas por sitio.

encuentran avanzados en sus ciclos de crecimiento o están por terminarlo. Hay secuencias típicas por regiones, tales como caupí-*Amaranthus* (como verdura) -maíz-yuca; ñame-maíz-yuca; o ñame-melón (*Cucumeropsis mannii*)-maíz-okra (*Abelmoschus esculentus*) + yuca con cacao para Nigeria; arroz secano-chile (*Capsicum annuum*)-tomate (*Lycopersicon esculentum*)-frijol-maíz-banano (*Musa* sp.)-yuca, todo en siembra simultánea, en Liberia; arroz secano-maíz-okra-chile-yuca, en Sierra Leona, y maní-yuca-ajonjolí (*Sesamum indicum*)-sandía (*Citrullus lanatus*)-sorgo-hyptis (*Hyptis spicigera*) (una yerba)-mijo (*Eleusine coracana*) en Zaire.

En la mayoría de estas secuencias la yuca se siembra como último cultivo antes de cambiar de parcela. Esto se debe probablemente a que en el sistema de agricultura migratoria, que aún es muy practicado, la fertilidad del suelo se agota después de producir varias cosechas y sólo la yuca, con su habilidad para crecer y producir en suelos de baja fertilidad, es capaz de rendir algo.

Un análisis de las siembras intercaladas con yuca en Nigeria mostró que el 77% de esta especie se siembra sobre montículos preparados a mano, y predomina la siembra intercalada mixta. Sin embargo, cada especie tiene su propio lugar en el montículo, bien sea en la cima, el costado o al pie del mismo, y la yuca se siembra con frecuencia por el costado. La densidad de siembra es alta (15,000 plantas/ha), pero el promedio de rendimientos no supera las 6 t/ha de raíces frescas (Ezeilo, 1979).

Asia.

No se han obtenido estimativos para Asia sobre el porcentaje de yuca sembrada en sistemas intercalados, pero la proporción es seguramente más baja en este continente que en Africa o en América Latina. Sin embargo, la siembra de yuca asociada con un gran número de especies, sobre todo en las huertas y alrededores de las casas rurales, tiene una gran importancia para la alimentación humana, similar a la observada en Africa y América Latina.

El arroz es el elemento central en la mayoría de los sistemas asiáticos de cultivo. Para producirlo en forma rentable se establecieron sistemas de riego que según la región cubren de 19 a 47% de las tierras arables (Harwood y Price, 1976). Esto podría favorecer las siembras de yuca con otros cultivos pero normalmente las complica, ya que los suelos arroceros arcillosos (ricos en montmorillonita) son difíciles de preparar para cultivos de secano.

La regulación del agua es esencial para producir cultivos en

húmedo y en seco al mismo tiempo. Esto se logra formando divisiones entre áreas altas y bajas como en el método de acequia y caballón de Tailandia, o en el sistema "Sorjan" de Indonesia (Suryatna Effendi, 1979), donde el arroz se cultiva en franjas bajas mientras los cultivos de secano se encuentran en camas elevadas de 4 a 8 m de ancho; en estas camas la yuca se siembra normalmente en los bordes y hacia el centro se siembran uno o varios de los siguientes cultivos: cebolla (*Allium cepa*), maní, soya (*Glycine max.*), chile, maíz, pepinos (*Cucumis sativa*), mungo y a veces camote.

La división entre las partes altas y las bajas puede ser artificial o se puede ajustar a condiciones naturales de la topografía como en el sur de la India, donde el arroz con riego predomina en los valles mientras que la yuca - frecuentemente intercalada entre palmas de coco - se encuentra en las zonas de transición entre los valles y las partes elevadas.

En Indonesia, la yuca interviene como tercer cultivo después del arroz y el maíz; éstos se siembran simultáneamente y la yuca se intercala 30 a 40 días después. También es común la yuca asociada con maní en relevo, sembrándola 30 días después del maní. En Tailandia se siembra muy poca yuca asociada con otros cultivos pero ocasionalmente se encuentra en asociación simultánea con maíz; en este caso el patrón de siembra para la yuca es de aproximadamente 1 x 1 m, encontrándose tanto en surcos como mezclada.

El sistema de cultivos anuales de ciclo corto, junto con un cultivo de relevo de ciclo largo que les sigue (arroz y maíz con yuca), tiene un importante significado donde es difícil la preparación del suelo y no se dispone de mecanización: con una sola preparación del terreno es factible producir dos o tres cosechas por año.

En India, Malasia, Tailandia y Filipinas, más que en otros países, también se intercala yuca en plantaciones perennes como palma de coco, palma de aceite, caucho, mango (*Mangifera indica*) y banano. Mientras que en los sistemas descritos antes la productividad de la yuca puede alcanzar niveles altos de acuerdo con la intensidad del manejo, en la asociación con especies perennes sus rendimientos son usualmente bajos ya que la sombra reduce drásticamente su productividad (Mohan Kumar y Hrishi, 1979).

Tecnología Mejorada para Yuca Intercalada

Como se ha visto en el capítulo anterior, la productividad de la yuca y los cultivos asociados es baja en la mayoría de los sistemas de cultivo tradicionales. Las principales razones para esta baja productividad son:

a) La asociación no aconsejable de especies, por tener tipos de planta o ciclos vegetativos no compatibles.
b) La coincidencia de las fases de máximo crecimiento a causa de épocas relativas de siembra inadecuadas, lo que conduce a una excesiva competencia interespecífica.
c) Uso de densidades de siembra muy bajas o muy superiores a las óptimas (en pocas ocasiones) e inadecuados patrones de siembra.
d) Baja fertilidad del suelo y ausencia o deficiencia de medidas fitosanitarias.

Durante varios años se ha realizado investigación para buscar solución a estos problemas; como resultado, ahora es posible describir los siguientes elementos de una tecnología mejorada para la asociación de yuca con otros cultivos.

Selección de Tipos de Plantas para la Asociación

Yuca.

La yuca presenta una variación amplia en los hábitos de crecimiento con respecto a la ramificación y al vigor inicial, dos características que pueden influir en la cantidad de luz interceptada por la planta durante las primeras etapas de su crecimiento.

Las variedades con hábito de crecimiento erecto (ramificación tardía) y vigor medio posiblemente hacen menos sombra a un cultivo asociado que aquellas con ramificación temprana y alto vigor inicial. El efecto se aprecia en el Cuadro 1 donde se ve que la variedad M Mex 59, con alto vigor y ramificación temprana, causa más depresión en el rendimiento de un frijol asociado que cinco variedades seleccionadas, con vigor medio y ramificación tardía.

Adicionalmente, las variedades de vigor medio y ramificación tardía se aproximan más al "tipo ideal de planta para máximo rendimiento" en monocultivo, descrito por Cock et al. (1979); los datos del Cuadro 1 confirman la superioridad de este tipo de planta tanto en monocultivo como en asociación, si bien en este caso la superioridad no fue estadísticamente significativa. Por otra parte, los rendimientos del frijol fueron significativamente más afectados por el tipo de yuca vigoroso y de ramificación temprana, que por los de vigor medio y ramificación media a tardía.

Por consiguiente, las variedades de vigor medio y ramificación tardía (porte erecto) parecen ser las más indicadas para la asociación, ya que ejercen relativamente poca competencia sobre el cul-

Cuadro 1. **Efecto del tipo de planta de yuca (vigor y ramificación) sobre su rendimiento en monocultivo y en asociación y sobre el rendimiento del frijol común asociado, en CIAT.**

Tipo de planta y variedad	Rendimiento yuca		Rendimiento frijol	
	Monocultivo[1] (t/ha)	Asociada[2] (t/ha)	Total (kg/ha)	Relativo[3] (%)
Vigorosa, con ramificación temprana:				
M Mex 59	32.8	25.8	2077	89
De vigor medio y ramificación tardía:				
M Ecu 47	36.2	33.6	2747	117
M Ven 270	42.8	33.2	2455	105
M Col 1468	38.3	30.3	2361	101
M Pan 70	42.0	30.5	2313	99
M Ptr 26	40.2	28.4	2304	98
DMS 5%	[4]	9.1	254	11

[1] Promedio de cuatro años en el CIAT.
[2] Datos de un año en el CIAT.
[3] Proporción del rendimiento en monocultivo.
[4] Análisis estadístico no disponible
Fuente: Thung, 1978; Kawano, comunicación personal.

tivo asociado y poseen un alto potencial de rendimiento; como excepción se puede considerar la asociación yuca-maíz donde sólo los tipos altamente vigorosos de yuca compiten favorablemente con un cultivo dominante como es el maíz.

Leguminosas de grano.

Una característica importante para la selección de una leguminosa de grano como cultivo asociado es su precocidad para florecer y madurar. Su madurez temprana reduce su período de competencia con la yuca y le permite escapar a la sombra excesiva de ésta durante el llenado de las vainas.

A medida que aumenta el tiempo durante el cual los dos cultivos están juntos en el campo, la interacción entre ellos se acentúa más y más, y los rendimientos se afectan mutuamente. Esto se hizo evidente al comparar los coeficientes de correlación entre los rendimientos de la yuca y cuatro especies de leguminosas con diferentes períodos de maduración asociadas con ella; mientras en el caso de las leguminosas precoces (frijol y caupí) no se observó ninguna correlación entre los rendimientos de las especies asociadas, en las leguminosas con un ciclo vegetativo mayor de 100 días se hizo evidente una creciente correlación negativa, indicando un grado más alto de interacción entre las especies asociadas (Cuadro 2).

Al contrario de la precocidad, el hábito de crecimiento de la leguminosa, sea erecto o rastrero, parece no tener mucha importancia siempre y cuando no sea trepador (para siembras simultáneas). En un experimento sobre asociaciones de yuca con nueve variedades de caupí, los rendimientos de la yuca asociada con las ocho

Cuadro 2. **Correlaciones entre los rendimientos de la yuca y de leguminosas de diferente período de maduración asociadas con ella (p = 0.05).**

Especie	Días hasta la madurez fisiológica	Valor r[1]
Frijol	80	0.01
Caupí	90	0.05
Maní	106	-0.14
Soya	125	-0.35*

[1] Coeficiente de correlación entre los rendimientos de la yuca y de las leguminosas. Valores sin asterisco no son significativos.

variedades de caupí de hábito erecto, semierecto o rastrero se redujeron entre 6 y 24% con respecto al monocultivo; en cambio, una variedad de caupí con tendencia a trepar redujo el rendimiento de la yuca en 32% (Hegewald y Leihner, 1980).

Sin embargo, cuando la yuca llega al final de su ciclo vegetativo también se puede asociar con tipos trepadores de leguminosas como frijol voluble común (*Phaseolus vulgaris*), frijol lima (*Phaseolus lunatus*) y frijol terciopelo (*Mucuna deeringiana*). En este caso, se pueden escoger las especies y variedades de leguminosas mejor adaptadas y de más alto vigor, ya que deben competir con un cultivo de yuca establecido. La yuca, por su parte, aun asociándola con leguminosas volubles muy vigorosas, normalmente no sufre reducción en su rendimiento porque en esa etapa de su desarrollo la producción de raíces ya ha sido determinada en su mayor parte (CIAT, 1978; CIAT, 1982).

Otros cultivos.

Hay gran variedad de otras especies que se asocian con yuca, como se ha descrito en el capítulo anterior. Para que la asociación sea exitosa, tales especies se deben seleccionar teniendo en cuenta factores como la duración del ciclo vegetativo, el hábito de crecimiento y el destino de la producción.

Para siembra simultánea, la especie asociada con la yuca debe tener un ciclo vegetativo preferiblemente inferior a 100 días y hábito de crecimiento erecto o postrado. Si se va a sembrar hacia el final del ciclo vegetativo de la yuca, el período de maduración del cultivo asociado no debe exceder de 120 días cuando se desea cosechar simultáneamente las dos especies; pero la duración del cultivo asociado no es importante cuando se trata del sistema de relevo. Las especies para intercalar en cultivos de yuca ya establecidos pueden ser de hábito de crecimiento arbustivo o voluble, con tolerancia a la sombra, siendo ésta una característica particularmente deseable.

Si los productos de la asociación se destinan a la alimentación humana (o animal), se deben escoger para intercalar con la yuca fuentes de proteínas como verduras y leguminosas de grano en lugar de otras fuentes de carbohidratos como el camote o el taro. Por otra parte, si los productos de la asociación se destinan a la venta, cualquier cultivo con precio rentable sirve para la asociación.

Ya se ha mencionado que aparte de las asociaciones de yuca con cultivos anuales, la asociación con cultivos perennes tiene cierta importancia. Así, durante el establecimiento de especies como

palma de coco, palma de aceite y caucho, la yuca puede ayudar a pagar parte de los costos de esa fase, cuando todavía no hay producción del cultivo perenne; sin embargo, cuando tales especies crecen e imponen su sombra, la yuca deja de producir rendimientos rentables y la asociación no puede garantizar más una ventaja económica. Como una excepción, especies perennes forrajeras de porte rastrero como el *Stylosanthes guianensis* se pueden asociar durante largos períodos con la yuca, beneficiándola además por la fijación de nitrógeno (Nitis, 1977).

Tiempo Relativo de Siembra

La siembra del cultivo asociado antes, al mismo tiempo, o después de la yuca tiene implicaciones tanto biológicas como prácticas. La yuca no impone mucha competencia al principio de su ciclo vegetativo pero tampoco tolera mucha competencia; su rendimiento se puede reducir drásticamente si el cultivo asociado se siembra e impone muy temprano su competencia por luz y otros factores de crecimiento. Por otro lado, si la yuca se siembra antes, puede afectar con su sombra y competencia por otros factores de crecimiento, el desarrollo y rendimiento del cultivo intercalado.

Experimentos realizados con yuca y frijol (Figura 3) demuestran que el rendimiento total más alto se obtiene sembrando ambos cultivos al mismo tiempo (siembra simultánea) o con una diferencia

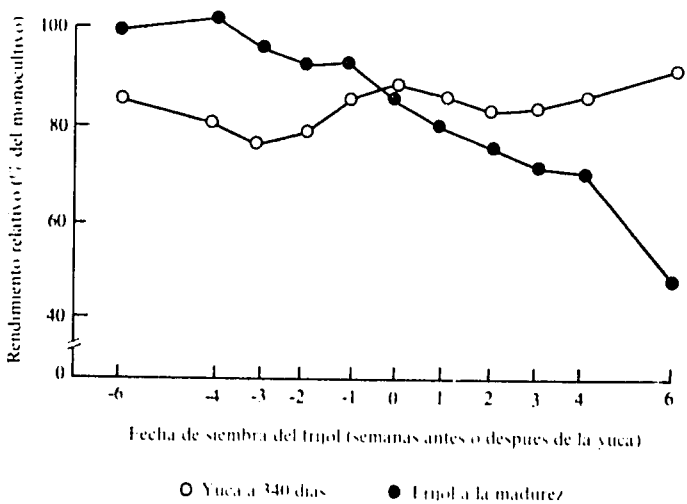


Figura 3. *Rendimientos relativos de yuca y frijol asociados, de acuerdo con diferentes fechas relativas de siembra*

Fuente: Thung y Cock, 1979

entre las fechas de siembra menor de una semana (Thung y Cock, 1979). Esta práctica se ha verificado en muchos experimentos, asociando yuca con otras leguminosas o con maíz, y ha dado resultados igualmente positivos.

Una implicación práctica de la siembra simultánea es que para establecer la asociación se requiere una sola operación en lugar de dos procesos separados. Esto puede permitir cierto grado de mecanización en el establecimiento de los cultivos asociados, si la maquinaria existente se adapta para este propósito.

Mientras la época relativa de siembra puede ayudar a regular la competencia por luz cuando los cultivos asociados inician juntos su ciclo vegetativo, cuando el cultivo asociado se intercala con un cultivo de yuca ya establecido la situación puede ser diferente: aquí la luz puede ser el factor más limitativo para la asociación. No obstante, observaciones hechas en el CIAT muestran que hacia el final de su ciclo vegetativo la yuca intercepta menos luz que durante su fase de más activo crecimiento, lo que permite la producción de un cultivo asociado durante los últimos meses anteriores a la cosecha de la yuca; al sembrar frijol arbustivo a los siete, ocho y nueve meses después de sembrada la yuca, la reducción del rendimiento de frijol sembrado más tarde fue menor, ya que mejoraron para él las condiciones de luz (Figura 4).

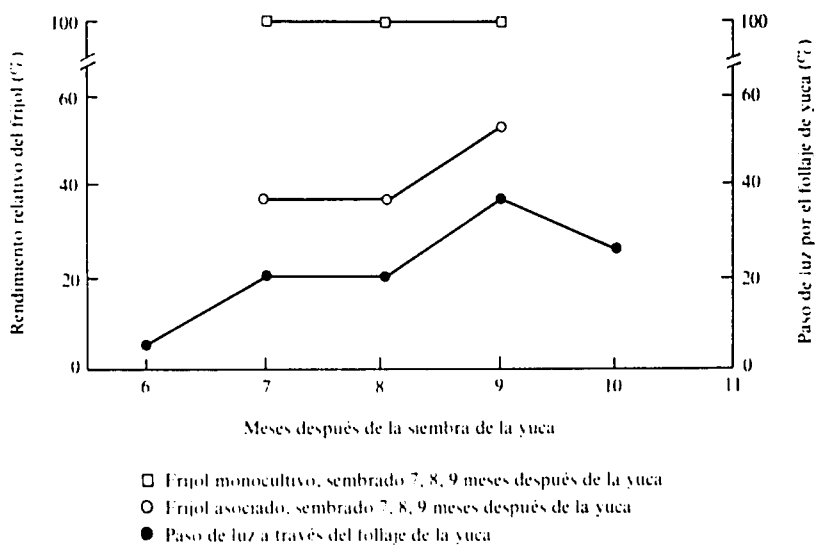


Figura 4. *Efecto de la siembra de un frijol arbustivo 7, 8 y 9 meses después de la yuca sobre su rendimiento en asociación en función de las condiciones de luz en el cultivo.*

Fuente: Castellanos, 1981.

Se puede concluir que mientras más tarde se siembre el cultivo intercalado en un yucal establecido, mejor es el rendimiento; no obstante, la productividad del cultivo intercalado en estas condiciones es muy inferior a la de una asociación cuando ambos cultivos inician juntos su ciclo vegetativo.

Densidad de Siembra

Yuca.

En sistemas tradicionales de cultivo, la yuca en asociación se siembra frecuentemente a densidades más bajas que en monocultivo. Treinta y siete ingenieros agrónomos que trabajan con yuca en América Latina informaron, como práctica corriente en sus países, un rango de densidades de siembra entre 3000 y 25,000 plantas/ha para monocultivo (11,300 en promedio) y entre 4000 y 18,000 plantas/ha para yuca asociada (8300 en promedio) (Leihner y Castro, 1979).

La baja densidad, junto con la competencia impuesta por el o los cultivos asociados, explican en parte la baja productividad de la yuca en los sistemas tradicionales de asociación. Esta situación se puede corregir sembrando la yuca a la misma densidad que se considera óptima para el monocultivo.

Con variedades de mucho follaje y ramificación temprana como MCol 113, se obtienen en monocultivo rendimientos máximos usando densidades de siembra relativamente bajas; estas densidades también producen los mejores rendimientos en asociación. Por su parte, las variedades de yuca con menos follaje y ramificación tardía como M Mex 11 no muestran el mismo grado de coincidencia de altos rendimientos en monocultivo y en asociación; sin embargo, si se usan densidades intermedias de siembra se pueden obtener buenos rendimientos en monocultivo (aproximadamente el 92% del máximo) y rendimientos aceptables en la asociación (75-90% del máximo), como se observa en la Figura 5.

Con un incremento en la densidad de siembra de la yuca, normalmente se reduce el rendimiento del cultivo asociado (Figura 5); sin embargo, como lo muestran estos resultados, solamente se requieren poblaciones intermedias de yuca para producir rendimientos aceptables. En esta forma se pueden utilizar en la asociación densidades que se aproximan a las ideales en monocultivo, sin causar excesivas reducciones en el rendimiento del cultivo asociado.

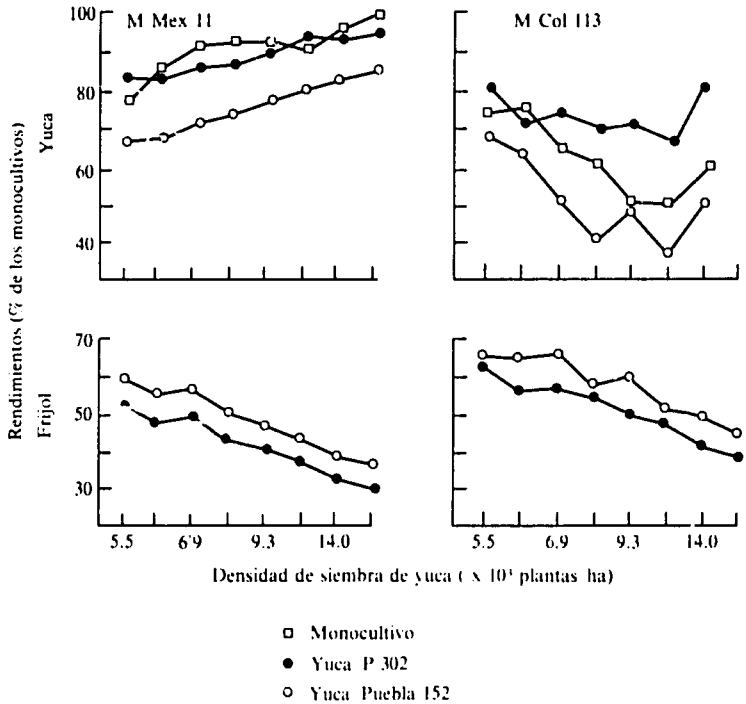


Figura 5. *Rendimientos relativos (% de los máximos en monocultivo) de las variedades de yuca M Mex 11 y M Col 113 en asociación con las variedades de frijol P302 y Puebla 152, como respuesta a las densidades de siembra de la yuca.*

Fuente: Thung y Cock, 1979.

Leguminosas de grano.

Generalmente, el rendimiento de las leguminosas de grano como respuesta a diferentes densidades de siembra no varía mucho dentro de un rango relativamente amplio.

Ensayos con frijol, caupí y maní en monocultivo y en asociación con yuca mostraron producciones constantes o respuestas poco marcadas al variar la densidad de siembra entre 50 y 200% de la densidad óptima en monocultivo (Thung y Cock, 1979; Hegewald y Leihner, 1980; Fonseca 1981). Cuando se observa una densidad óptima de la leguminosa de grano en monocultivo, frecuentemente esta densidad o una ligeramente mayor permite obtener rendimientos máximos al sembrar la leguminosa en asociación con yuca (Figura 6).

Teóricamente, las poblaciones altas de leguminosas deberían competir más con la yuca y reducir su rendimiento más que las bajas; sin embargo, en la práctica no se han observado correlaciones

significativas entre las poblaciones de la leguminosa y el rendimiento de yuca (Figuras 7 y 8). De ahí que las poblaciones de leguminosas que dan los mejores resultados en monocultivo también se pueden usar en asociación con yuca. En el Cuadro 3 se dan las poblaciones óptimas para leguminosas de grano en monocultivo y en asociación.

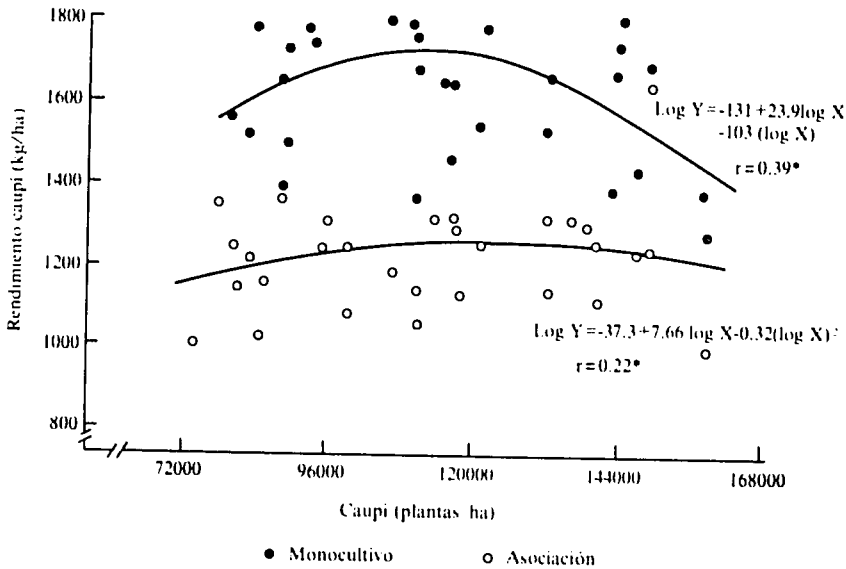


Figura 6. *Efecto del sistema de cultivo y de la población sobre el rendimiento de caupí.*
Fuente: Fonseca, 1981.

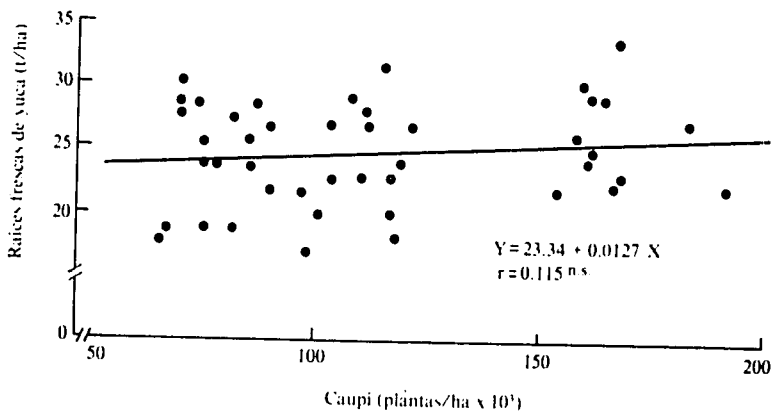


Figura 7. *Relación entre la densidad de siembra del caupí y el rendimiento de la yuca en una asociación de los dos cultivos.*
Fuente: CIAT, 1980.

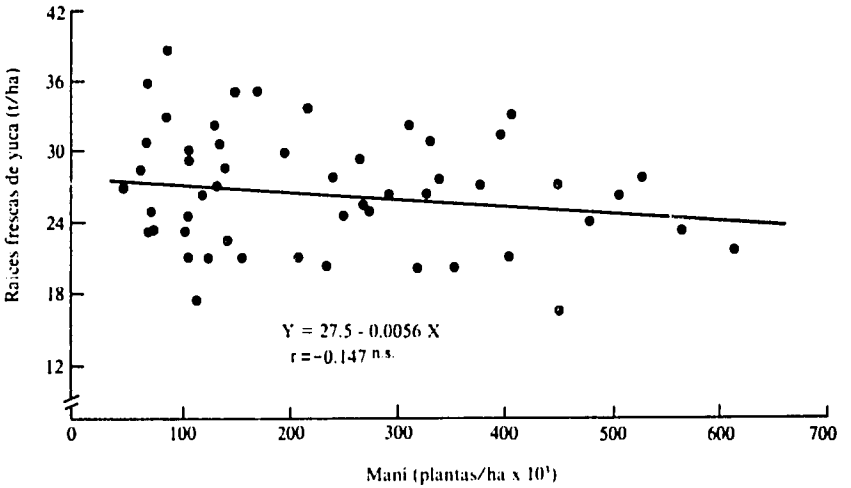


Figura 8. *Relación entre la densidad de siembra del maní y el rendimiento de la yuca en una asociación de los dos cultivos.*

Fuente: CIAT, 1980.

Cuadro 3. **Densidades de siembra recomendadas para leguminosas de grano en asociación con yuca y en monocultivo.**

Especie	Población adecuada para monocultivo y asociación (plantas/ha)
Frijol común arbustivo *(P. vulgaris)*	200,000 - 250,000
Frijol común trepador *(P. vulgaris)*	110,000 - 160,000
Caupí *(Vigna unguiculata)*	80,000 - 110,000
Mungo *(Vigna radiata)*	200,000 - 250,000
Maní *(Arachis hypogaea)*	200,000 - 250,000

Maíz.

Los mismos principios encontrados para las densidades óptimas para el monocultivo y la asociación de yuca con leguminosas de grano son válidos para la asociación yuca-maíz.

Al comparar un sistema tradicional de asociación entre yuca sembrada a 1 x 1.2 m (8333 plantas/ha) y maíz a 2 x 1.2 m (tres plantas por sitio: 12,500 plantas/ha) con un sistema más intensivo donde la yuca se sembró a una densidad de 10,417 plantas/ha y el maíz a 41,667 plantas/ha, no se observaron cambios en el rendimiento de la yuca, pero la producción del maíz se triplicó en el sistema más intensivo (CIAT, 1980). Con la densidad alta del maíz,

la yuca no sufrió reducción en su rendimiento debido tanto al arreglo espacial (1.6 x 0.6 m), diferente del sistema tradicional que redujo el efecto de la competencia, como al hecho de que la densidad de siembra de la yuca se aumentó ligeramente. También el tipo vigoroso de la yuca cv. Secundina pudo haber tolerado mejor que otras variedades la competencia del maíz.

Aun en condiciones de un arreglo espacial de la yuca de 1 x 1 m, probablemente no apropiado para esta asociación, y con un tipo de planta de yuca menos vigoroso, en ensayos realizados en Costa Rica se obtuvo la mayor eficiencia en términos de uso de la tierra y de economía con densidades de maíz entre 20,000 y 40,000 plantas/ha (Meneses, 1980). Esto nuevamente confirma que el uso de las densidades normales del monocultivo en la asociación produce los más favorables resultados.

Patrón de Siembra o Arreglo Espacial de los Cultivos

En las asociaciones de dos o más cultivos, la distribución de éstos en el campo es de gran importancia ya que afecta la eficiencia en el aprovechamiento de la luz solar y en el cubrimiento del suelo. Al mismo tiempo, el arreglo espacial tiene una influencia importante sobre el grado de competencia entre los cultivos asociados.

Teóricamente un patrón de siembra en el cual cada planta esté a igual distancia de las otras sería el ideal, ya que permite el uso más eficiente de los recursos para crecer y producir; sin embargo, razones prácticas como la preparación del terreno, la facilidad de la siembra, las labores de cultivo y la cosecha muchas veces hacen más deseable un ordenamiento diferente. Esto vale tanto para la yuca como para los cultivos asociados con ella.

Yuca.

El patrón de siembra más frecuentemente usado con la yuca en monocultivo es el de 1 x 1 m o similar. Sin embargo, este arreglo no brinda condiciones óptimas para la asociación, porque la yuca cubre el terreno más rápidamente que en otros arreglos, imponiendo sombra al cultivo asociado desde muy temprano (Castro, en impresión).

Esto determinó la necesidad de examinar arreglos espaciales diferentes, con el propósito de crear condiciones más favorables para el cultivo asociado. En experimentos realizados en varias

Cuadro 4. **Efecto de diferentes arreglos espaciales sobre el rendimiento de la yuca a densidades de siembra constantes.**

Localidad	Variedad	Arreglo espacial (m)	Población (plantas/ha)	Rendimiento raíces frescas (t/ha)
CIAT[1]	M Mex 52	1.0 x 1.0	10,000	25.0
		2.0 x 0.5	10,000	22.0
CIAT	M Col 22	1.0 x 1.0	10,000	35.0
		2.0 x 0.5	10,000	37.0
Caribia	M Col 22	1.0 x 1.0	10,000	17.1
		1.8 x 0.6	9,259	17.6
Medialuna	Secundina	1.0 x 1.0	10,000	15.0
		1.6 x 0.6	10,416	14.1

[1] En el CIAT, el efecto de los arreglos espaciales sobre el rendimiento de la yuca no fue estadísticamente significativo. Para las otras localidades no se hizo análisis estadístico.
Fuente: CIAT, 1977; CIAT, 1980.

localidades y con diferentes variedades se comprobó que al remplazar el patrón de siembra cuadrado (1 x 1 m) por el rectangular (2 x 0.5 m), incluyendo algunos arreglos intermedios, el rendimiento de la yuca no se afecta si se mantiene la misma densidad de siembra (Cuadro 4).

Los datos obtenidos sugieren que se puede escoger un arreglo rectangular para la yuca, el cual no reduce los rendimientos de la misma y facilita acomodar los cultivos intercalados, creando condiciones favorables para la asociación.

Leguminosas de grano.

En cultivos comerciales de leguminosas de grano en monocultivo, la distancia normal entre surcos varía entre 0.30 y 0.80 m. Para asociaciones de yuca con leguminosas Thung (1978) sugirió un arreglo en el que la yuca se siembra a 1.80 m entre surcos (0.60 m entre plantas) y las leguminosas a 0.90 m entre surcos, con preparación del terreno en camas; según el mismo autor, este arreglo todavía se encuentra dentro de las variaciones normales de los arreglos usados en la producción de leguminosas de grano. La misma distribución es factible cuando la yuca se siembra sobre caballones anchos, pero cuando la asociación se practica en terreno plano, hay más flexibilidad para acomodar las hileras de leguminosas.

Evaluando tres arreglos de hileras de caupí con yuca sembrada en plano (Figura 9) se encontró que con una distribución pareja de las

leguminosas (arreglo 60/3) se utilizó más eficientemente el espacio disponible entre la yuca en un amplio rango de densidades de siembra, tanto en monocultivo como en asociación; la ventaja del arreglo 60/3 fue estadísticamente significativa comparada con el arreglo 70/2 a 110,000 plantas/ha en monocultivo y con los arreglos 45/2 y 70/2 a 140,000 plantas/ha en asociación. El resultado menos favorable del arreglo 70/2 en monocultivo se debió posiblemente al alto nivel de competencia dentro del cultivo de caupí (competencia intraespecífica), mientras que los rendimientos generalmente bajos del caupí en el arreglo 45/2 en asociación (Figura 10) se pudieron deber al mayor grado de competencia entre la yuca y el caupí (competencia interespecífica).

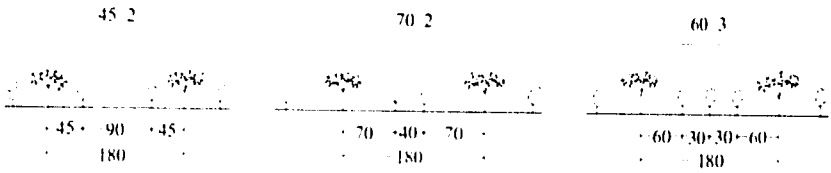


Figura 9. *Arreglos espaciales (distancia en centímetros) para asociaciones de yuca con leguminosas sembradas en plano.*

Fuente: CIAT, 1979.

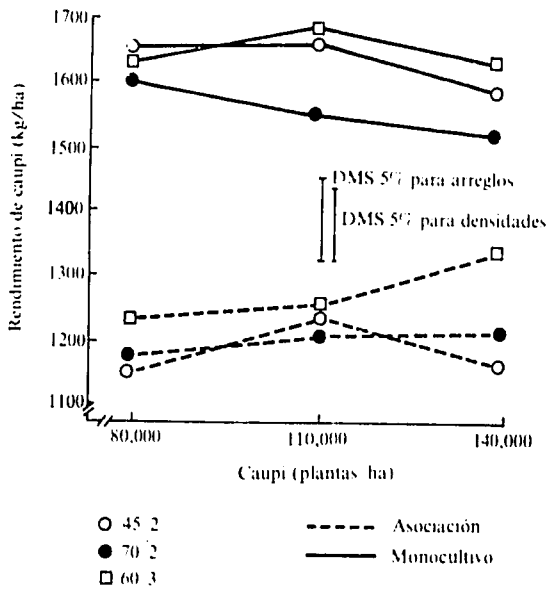


Figura 10. *Rendimiento de caupí asociado con yuca y en monocultivo, en respuesta a tres arreglos espaciales con tres densidades de siembra.*

Fuente: Fonseca, 1981.

En un ensayo en que se probaron los arreglos 60/3 y 70/2 en una asociación yuca-maní se obtuvieron resultados similares. La distribución más pareja del maní en monocultivo y en asociación con yuca, alcanzada con el arreglo 60/3, condujo a rendimientos de maní superiores a los cosechados en el arreglo 70/2 para todas las densidades usadas en este experimento.

La diferencia entre los dos arreglos fue significativa para 150,000 plantas/ha en ambos sistemas de siembra y decreció a un nivel no significativo con las poblaciones más altas. Esto demuestra que no sólo se deberían considerar separadamente los dos factores, densidad de siembra y arreglo espacial, sino que también se debería considerar su interacción. Con el incremento en la densidad de siembra el arreglo 60/3 mostró más similitud con el arreglo 70/2, lo cual es lógico ya que las más altas densidades de siembra deberían haber inducido más competencia intraespecífica aun en el arreglo 60/3, creando una situación de campo para el maní similar a la prevalente en el arreglo 70/2 aun a partir de las densidades bajas (Figura 11).

Estos resultados sugieren que mientras más uniforme sea la distribución de la leguminosa en el espacio disponible entre las hileras de yuca, mayor es su rendimiento debido a que hay un aprovechamiento más completo de los factores de crecimiento, junto con un

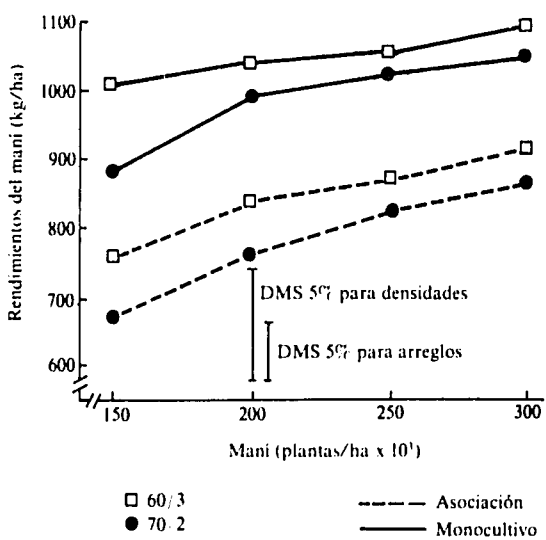


Figura 11. *Rendimientos de maní asociado con yuca y en monocultivo, en respuesta a dos arreglos espaciales con cuatro densidades de siembra.*

Fuente: Fonseca, 1981

bajo nivel de competencia intraespecífica. Sin embargo, no parece recomendable esparcir demasiado las leguminosas dentro del espacio disponible colocándolas muy cerca de la yuca, ya que esto podría aumentar la competencia entre los dos cultivos (competencia interespecífica).

Nutrición Mineral y Fertilización

La asociación de cultivos se ha considerado ventajosa por su efecto conservador del suelo. Burgos (1980) encontró que en varias asociaciones de yuca con otros cultivos, la absorción que éstos hacían de los nutrimentos del suelo era superior a la pérdida por lavado y erosión, mientras que en el monocultivo de yuca, la pérdida de nutrimentos por lavado y erosión superaba varias veces su absorción por el cultivo.

Por otro lado, la asociación de yuca con otro(s) cultivo(s) representa una intensificación en la demanda de nutrimentos, sobre todo cuando los cultivos asociados se siembran a las densidades normales del monocultivo. En esta situación, la remoción de algunos elementos del suelo es mayor en la asociación que en el monocultivo de yuca (Cuadro 5), y si no se reponen con una fertilización adecuada se puede llegar muy rápidamente a un deterioro de la fertilidad del suelo.

Existe muy poca información acerca de la fertilización correcta en sistemas de asociación, sobre aspectos tales como requerimientos de nutrimentos y respuestas por parte de los cultivos individuales, posibles cambios de las respuestas en la asociación, competencia por nutrimentos y complementación, modo correcto de aplicación de los nutrimentos (voleo o banda), época apropiada para la aplicación, y fuentes más adecuadas de fertilizantes en los cultivos asocia-

Cuadro 5. **Remoción de nutrimentos del suelo por los productos cosechados (raíces y granos) en una asociación yuca-frijol mungo, comparada con la efectuada por el monocultivo de yuca.**

Sistema	Nutrimentos removidos (kg/ha)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Yuca monocultivo	40	5	78	19	8	6
Asociación yuca-mungo	90	11	84	18	10	9

dos. Muchos de estos interrogantes están aún sin responder, pero a continuación se dará alguna información preliminar sobre ellos.

Requerimientos nutricionales de la yuca y cultivos asociados. Los requerimientos nutricionales de la yuca y algunos de los cultivos más frecuentemente asociados con ella están relativamente bien estudiados. La yuca remueve cantidades grandes de N y K del suelo, más aún cuando no se le devuelve la parte aérea de la planta; sin embargo, la fertilización con estos elementos frecuentemente no produce una respuesta muy alta en rendimiento de raíces, a menos que la producción de yuca sea continua; bajo esta circunstancia la respuesta al K puede llegar a ser más acentuada.

La yuca se beneficia grandemente de la asociación con micorrizas para la absorción de P en muchos suelos pobres; también responde bien a la aplicación de ese elemento, aunque remueve del suelo sólo pequeñas cantidades del mismo. La nutrición de yuca con Mg, S y en particular con Zn es importante en suelos pobres como los Oxisoles y Ultisoles tropicales (Howeler, 1981).

Las diferentes especies de leguminosas de ciclo corto tienen requerimientos nutricionales similares entre sí: remueven grandes cantidades de N pero tienen la capacidad de fijar este elemento y así satisfacer al menos parcialmente sus requerimientos. En muchos suelos pobres, las leguminosas también responden marcadamente a la aplicación de P sin remover grandes cantidades de este elemento. En las leguminosas se observan requerimientos específicos con respecto a elementos menores como el B (Howeler *et al.*, 1978) y el Zn (CIAT, 1977); el Ca también muestra importancia como nutrimento en algunas especies como el maní.

En el maíz, el requerimiento mayor para su desarrollo normal y buen rendimiento es por N seguido por K y P. En muchos suelos pobres, el P adquiere una importancia primordial como elemento mayor y el Zn y el B como micronutrimentos (CIAT, 1973).

Selección de cultivos para la asociación. La corrección de las deficiencias de un suelo pobre en nutrimentos mediante la aplicación de fertilizantes es biológicamente justificable pero puede no ser económica cuando se necesitan altas cantidades de correctivos o fertilizantes costosos. Una alternativa para obtener buenos rendimientos en suelos de baja fertilidad es la selección de cultivos que se adapten bien a las condiciones de deficiencia nutricional, acidez y toxicidad por Al y Mn, y que con pocos insumos produzcan rendimientos aceptables. En particular, la selección de especies con tolerancia a las condiciones de acidez e infertilidad de los suelos que

prevalecen en grandes extensiones de los trópicos ayudaría a reducir la cantidad de insumos necesarios para la producción agrícola en estas áreas.

En un Oxisol extremadamente ácido de los Llanos Orientales de Colombia (según el Cuadro 6), se llevó a cabo un estudio para evaluar el desarrollo y rendimiento de seis cultivos (frijol común de semilla coloreada, frijol común de semilla negra, maíz, arroz, caupí, y yuca) al aplicar cal agrícola a los niveles de 0, 0.5, 2 y 6 t/ha. Sin la aplicación de cal, la yuca produjo aproximadamente el 54% del rendimiento máximo; en cambio, la producción de frijol común (coloreado y negro), maíz y arroz sin cal fue casi nula y sólo con 2 ó 6 t/ha de cal alcanzaron niveles moderados de producción. El único cultivo con tolerancia a la acidez y a la baja fertilidad, similar a la de la yuca, o aun mejor, fue el caupí, que sin cal rindió 60% del máximo y más del 80% con 0.5 t/ha de cal (Cock y Howeler, 1979).

En un Inceptisol altamente ácido e infértil de CIAT-Quilichao (Cuadro 6) se probó una amplia colección de leguminosas de grano, con el propósito de evaluar tanto su tolerancia a condiciones extremas de suelo, como su aptitud para la asociación con yuca. Se sembraron, en un diseño de bloques completos al azar con dos replicaciones en monocultivo y en asociación con yuca, 61 variedades de caupí, 66 de mungo (*Vigna radiata*), 14 de guandul (*Cajanus cajan*), 9 de frijol alado (*Psophocarpus tetragonolobus*), 2 de frijol terciopelo (*Stizolobium deeringianum*), 1 cultivar de maní (*Arachis hypogaea*), 1 de *Canavalia ensiformis* y 1 de *C. gladiata*. De todas estas especies sólo el caupí y el maní mostraron adaptación sobresaliente a las condiciones del suelo y de la asociación con yuca en siembra simultánea, mientras que el tipo de planta y la adaptación

Cuadro 6. **Características físicas y químicas del suelo en tres sitios experimentales de Colombia: Carimagua en los Llanos Orientales, Quilichao en Cauca y Caribia en la costa norte.**

Sitio	Textura del suelo	M.O. (%)	P (Bray II) (ppm)	pH	Al	Ca	Mg	K	Sat. de Al (%)
				----- (meq/ 100 g) -------					
Carimagua	Arcillo-limoso	3.4	1.4	4.1	3.1	0.37	0.17	0.08	83
Quilichao	Arcilloso	7.1	1.8	4.3	2.8	1.80	0.70	0.18	51
Caribia	Franco-arenoso	1.4	89.4	5.7	0.0	3.40	0.60	0.12	0

del frijol terciopelo sugirieron potencial para asociarlo con yuca adulta, al final del ciclo vegetativo de la misma. De las otras especies, parte no toleró las condiciones de extrema acidez, infertilidad y toxicidad por Al y Mn del suelo (mungo, frijol alado), y parte no mostró un hábito de crecimiento adecuado para la asociación (guandul, canavalias) (CIAT, 1979; Hegewald y Leihner, 1980).

Respuesta a la fertilización en monocultivo y en asociación. La respuesta a los elementos mayores por parte de la yuca y de los cultivos más frecuentemente asociados con ella (leguminosas de grano, maíz) se estudió ampliamente bajo condiciones muy variables de suelo, en monocultivo (Jacob y v. Uexküll, 1973; Andrew y Kamprath, 1978; Howeler, 1981). Sin embargo, es importante reconocer que la respuesta de los sistemas asociados puede diferir marcadamente de la del monocultivo; en pruebas que se habían realizado en un suelo de mediana fertilidad de Caribia en la costa norte de Colombia (Cuadro 6), para establecer la respuesta a N y a K de la yuca y del caupí en monocultivo y en asociación, la yuca presentó una diferencia fundamental en las respuestas al N y al K entre los dos sistemas de cultivo.

En monocultivo, el rendimiento en raíces por parte de la yuca mostró una respuesta positiva a la aplicación de N y K sólo hasta el primer incremento en la fertilización, siendo la respuesta al N estadísticamente significativa; a niveles más altos de los dos elementos, se observó una declinación en el rendimiento hasta un nivel más bajo que el de los testigos (sin aplicación de N y K), siendo esta depresión en el rendimiento estadísticamente significativa para el K. Con ambos elementos se incrementó el crecimiento de los tallos y del follaje; así, la reducción en los rendimientos con la dosis altas de N y K posiblemente se debió a una disminución en el índice de cosecha, el cual frecuentamente está relacionado con el excesivo crecimiento del follaje y con una área foliar mayor que la óptima (Cock et al., 1979).

En cambio, en la yuca asociada la respuesta en rendimiento de raíces a la aplicación del N y K fue positiva desde el segundo hasta el cuarto incremento del fertilizante, siendo el incremento en los rendimientos estadísticamente significativo en el caso del N y casi significativo en el K.

El caupí, por su parte, no mostró un apreciable grado de respuesta al N ni al K, ni diferencia en la respuesta a estos elementos entre el monocultivo y la asociación. Al nivel de 84 kg/ha de K hubo una reducción peculiar en el rendimiento del caupí tanto en mono-

cultivo como asociado con yuca; esta reducción, aunque significativa, probablemente no reflejó el verdadero efecto de la aplicación de K, como quiera que los dos tratamientos fueron afectados selectivamente por una inundación en dos de las cuatro replicaciones (Figuras 12 y 13).

Al conducir los mismos experimentos con incrementos de P en un suelo altamente deficiente y fijador de P en CIAT-Quilichao (Cuadro 6), se registró una situación diferente. En estas condiciones, tanto la yuca como el caupí respondieron en forma positiva en sus rendimientos a los incrementos de P, reflejando ante todo la seria deficiencia de este elemento en el suelo (Figura 14).

La yuca en monocultivo mostró una respuesta casi lineal a los incrementos de P, alcanzando el rendimiento más alto con el nivel más alto de ese elemento; sin embargo, en asociación con caupí respondió sólo hasta el primer incremento en la aplicación de P. Esta diferencia entre la yuca en monocultivo y asociada se puede explicar tanto por una competencia más fuerte por P entre las dos especies como por el hecho de que los niveles más altos de P causaron un cambio drástico en la competitividad relativa de los

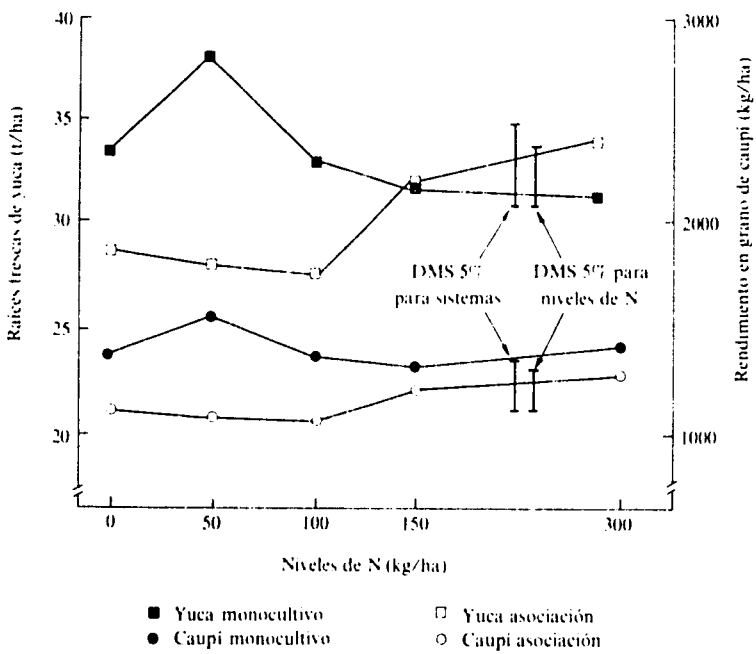


Figura 12. *Respuesta a N de yuca y caupí en asociación comparada con la respuesta en los respectivos monocultivos, Caribia, 1979.*

Fuente: CIAT, 1980

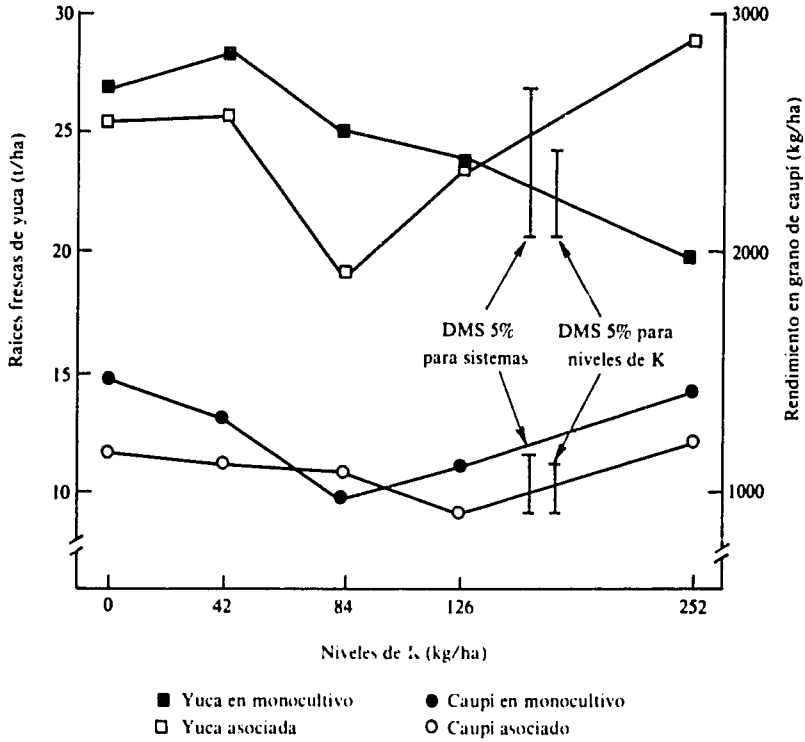


Figura 13. *Respuesta al K de la yuca y el caupí en asociación comparada con la respuesta en los respectivos monocultivos.*
Fuente: CIAT, 1980.

dos cultivos en favor del caupí, el cual deprimió el rendimiento de la yuca a la vez que mostró una marcada respuesta positiva al P en ambos sistemas de cultivo.

De lo anterior se concluye que para asegurar el suministro adecuado y económico de nutrimentos para cultivos asociados, es importante conocer la respuesta a ellos de cada cultivo en la asociación. Esta respuesta a veces presenta la misma tendencia en los monocultivos y en la asociación, como fue el caso del caupí con P en CIAT-Quilichao, pero también puede ser significativamente diferente, como en el caso de yuca con N y K en Caribia. Esto indicaría que no es seguro derivar conclusiones sobre la fertilización de un sistema asociado sólo a partir de los requerimientos y de la respuesta a la fertilización de sus componentes en monocultivo, sino que es necesario estudiar directamente el sistema asociado en cuanto a su respuesta a los nutrimentos y determinación de niveles óptimos en diferentes condiciones de suelo.

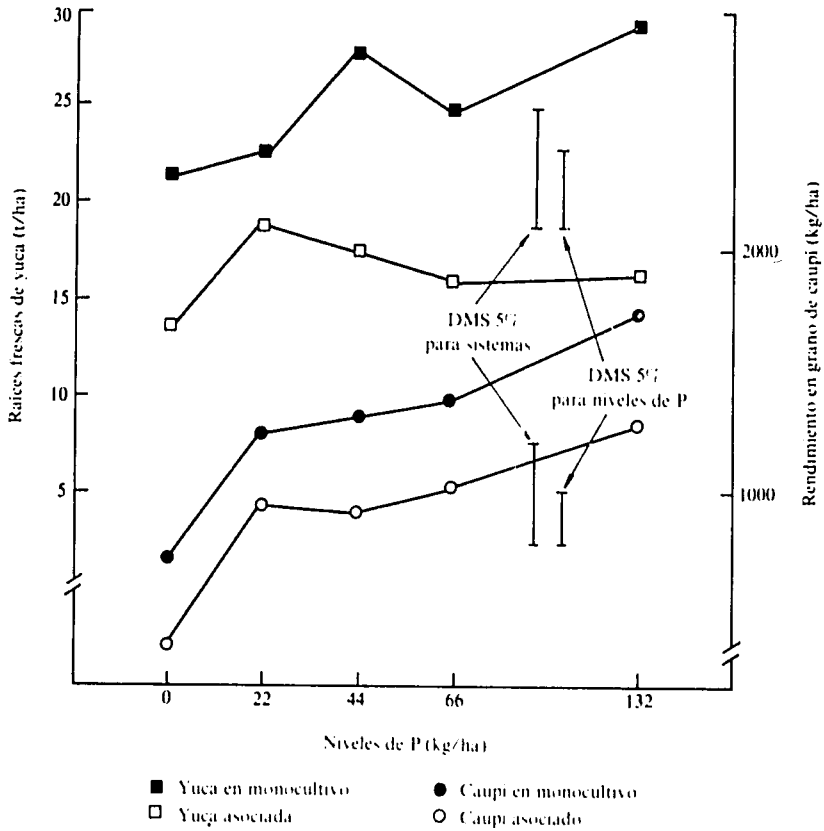


Figura 14. *Respuesta a P de yuca y caupí en asociación comparada con la respuesta en los respectivos monocultivos.*

Competencia por nutrimentos en cultivos asociados. La competencia por los nutrimentos del suelo en cultivos asociados puede involucrar un complejo de factores, y ocurre cuando las zonas de absorción de dos o más plantas se entrecruzan. Esto ocurre con mayor frecuencia y rapidez en el caso de nutrimentos móviles, ya que ellos pueden ser absorbidos más fácilmente y también se pueden mover con mayor facilidad en el suelo; así, las zonas donde estos elementos se agotan, alrededor de las raíces, crecen mas rápidamente y se traslapan más pronto (Kurtz et al., 1952; Bray, 1954).

Las diferencias en los requerimientos nutricionales y en la eficiencia de la absorción pueden ocasionar competencia entre los cultivos componentes de la asociación; la competencia por un nutrimento puede a la vez alterar la habilidad de los cultivos en asociación para competir por luz, agua y otros nutrimentos.

Los sistemas radicales de diferentes especies en cultivos asociados tienden a no interferir entre sí debido posiblemente tanto a un antagonismo entre las raíces como a la tendencia que existe en el crecimiento de las mismas a evitar zonas donde la humedad se ha agotado (Raper y Barber, 1970; Litav y Wolovitch, 1971; Dalal, 1974; Trenbath, 1976). Esto podría ayudar a evitar la competencia por los elementos no móviles, pero al mismo tiempo restringe el volumen del suelo que puede ser explorado por las raíces.

Tanto la estratificación de los sistemas radicales, o sea la ubicación de raíces de las diferentes especies en diferentes profundidades del suelo, como la separción espacial horizontal de las raíces podría ayudar a reducir la competencia por nutrimentos (Cable, 1968; Chang, 1969).

En la práctica, la competencia entre especies se presenta como una reducción en el desarrollo vegetativo y en la productividad. La competencia también puede afectar la concentración de nutrimentos en los tejidos de las plantas. La medida del crecimiento y del rendimiento, la respuesta a la aplicación de nutrimentos y el análisis directo de tejidos son, por lo tanto, herramientas útiles para evaluar y cuantificar la competencia. Como ejemplo, la respuesta al N de la yuca cultivada sola y asociada con caupí que presenta la Figura 12 muestra que la yuca sufrió la competencia del caupí por ese elemento; en cambio la falta de respuesta al N que se observa en el caupí, y la mínima diferencia entre el rendimiento de grano en el sistema de monocultivo y de asociación, sugiere que esta especie no sufrió competencia por parte de la yuca por ese elemento. El hecho anterior se explica probablemente no tanto por la capacidad de fijación de N, que es más bien limitada en el caupí, sino como resultado de la rápida expansión lateral y en profundidad de sus raíces, que puede haber habilitado a esta especie para tomar N de niveles del suelo no explorados por las raíces de la yuca[1].

Una situación semejante se observó en el caso de la competencia por K: el marcado incremento en los rendimientos que se obtuvo en la yuca asociada en presencia de niveles altos de este elemento sugiere que el mismo pudo ser de algún modo limitativo en las asociaciones con niveles bajos, y que esta situación se corrigió aplicando niveles más altos (ver Figura 13). Aquí de nuevo el caupí no respondió a las aplicaciones de K con un aumento significativo en su rendimiento, de donde se infiere que probablemente no sufrió competencia por ese elemento.

[1] Las observaciones hechas en las raíces de caupí en esta prueba demostraron una nodulación generalmente pobre, la cual disminuyó a medida que aumentaron los niveles de N.

La asociación de yuca con maíz, aquí en el campo de un pequeño productor en Ecuador, es quizá la más practicada en América tropical.

En Africa es frecuente la asociación de yuca con banano y maní como ésta en Ruanda.

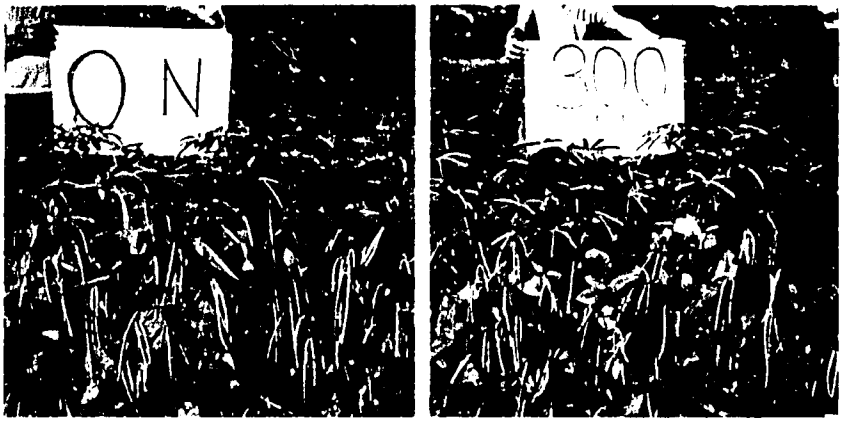
Yuca intercalada bajo palmas de coco es un sistema típico de Asia.

El tipo de vida más apropiado para la asociación, es el árbol de tronco de corteza lisa, a la izquierda; en cambio el tipo de tronco de corteza áspera, a la derecha, es demasiado dominante para muchas asociaciones.

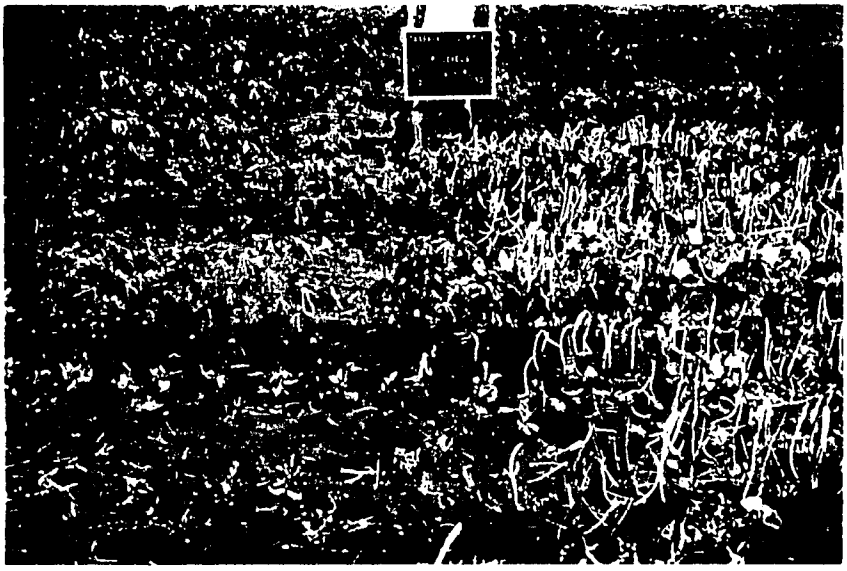
Las leguminosas de grano se destacan entre las especies aptas para asociación con yuca. Pueden ser de tipo arbustivo (arriba) o trepador (abajo) si se manejan en forma apropiada.

Variedades vigorosas de yuca se prestan para la asociación con maíz de altura mediana. Esas características se encuentran en la variedad local Secundina y el Maíz Suwan 1 que muestra la fotografía.

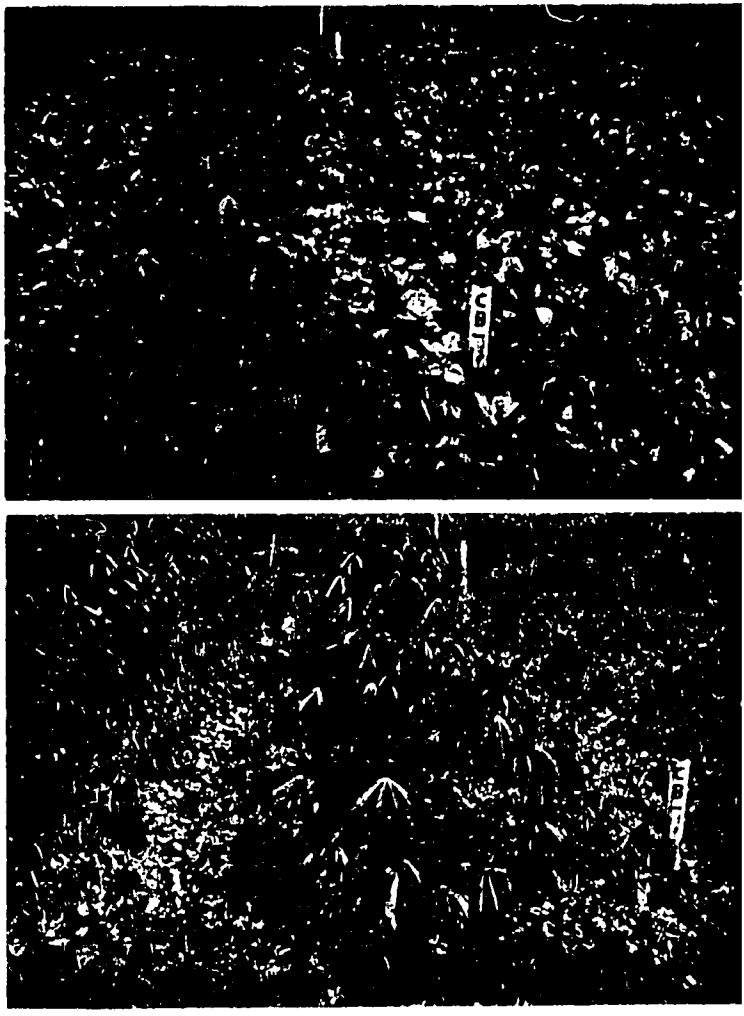
La siembra simultánea de yuca y caupí en el arreglo 50/3 permitió una distribución más espacializa de la leguminosa y mayor producción biológica del sistema en comparación con otros arreglos. Se aprecia el desarrollo de la asociación a los 15, 50 y 90 días después de la siembra



En la asociación de vuca con caupí la deficiencia de N puede deprimir el crecimiento de la vuca sin afectar la productividad de la leguminosa. La aplicación de N mejora considerablemente el crecimiento y la productividad de la vuca y aumenta su habilidad competitiva frente al caupí.



La deficiencia de P y la fijación de ese elemento en el suelo afectan drásticamente el crecimiento del caupí pero no así el de la vuca, especie que tolera mejor esas condiciones (izquierda). Al aplicar una dósis intermedia de P se aumenta significativamente el crecimiento y productividad de la leguminosa cuya competividad se mejora (derecha).



La asociación de cultivos que son atacados por enfermedades y plagas diferentes normalmente reduce el daño por estas pestes. Cuando una de las especies asociadas llega a fracasar, la otra o las otras quedan sanas, evitando una pérdida total.

Arriba, un monocultivo de yuca infestado de malezas después de que el herbicida preemergente que se le había aplicado perdió efectividad. Abajo se aprecia en la asociación Yuca-frijol el control excelente y duradero que se obtiene mediante la combinación de los controles químico del producto y cultural del frijol intercalado.

En el caso del P, ambos cultivos mostraron una respuesta positiva a los niveles altos del elemento, sugiriendo que como resultado del muy bajo contenido de P en el suelo y de la alta capacidad de fijación de ese elemento, hubo una fuerte competencia entre ambos por el fertilizante fosfórico.

La respuesta particular de la yuca en asociación con caupí revela la diferente tolerancia de las dos especies al P bajo en el suelo: adicionando poco P la yuca, que es la especie más tolerante, mostró una respuesta positiva, pero no presentó la misma respuesta con los niveles más altos de P. Con mayores cantidades de fertilizante fosfórico el caupí se hizo más competitivo y causó una depresión en el rendimiento de la yuca, llegando a los mayores rendimientos en grano sólo con el último incremento de P (ver Figura 14).

Como podrían sugerir las curvas de respuesta, ni siquiera el más alto nivel de P podría haber provisto suficiente cantidad de este nutrimento para corregir la situación de competencia y satisfacer la demanda de P por parte de ambos cultivos en asociación con igual efectividad que en monocultivo (CIAT, 1980).

Se reconoce también por medio del análisis de tejidos cuándo un cultivo en asociación sufre competencia por nutrimentos en comparación con el monocultivo. Los datos del análisis foliar confirman las observaciones hechas sobre competencia en los ensayos sobre respuestas a N, P y K de la yuca y el caupí en monocultivo y asociados. En los Cuadros 7 y 8 las concentraciones más bajas de N y K en las hojas y pecíolos de la yuca asociada muestran que el caupí

Cuadro 7. **Efecto de diferentes niveles de N aplicados en banda sobre la concentración de ese elemento en las hojas de yuca y caupí sembrados en monocultivo y en asociación.**

N aplicado	Concentración de N en las hojas (%)			
	Yuca		Caupí	
(kg/ha)	Monocultivo	Asociada	Monocultivo	Asociado
0	5.04	4.82	4.76	4.51
50	5.35	4.84	4.54	4.62
100	5.24	4.54	4.34	4.45
150	4.73	4.54	4.23	4.51
300	5.24	4.82	4.82	4.56
Promedio (% del monocultivo)	100	92	100	100

Fuente: CIAT, 1980.

compitió con ella por estos elementos sin que el mismo se afectara por la competencia. Por otra parte, la concentración de P en los tejidos de la yuca y del caupí asociados fue reducida, lo que indica una fuerte competencia de ambos cultivos por el P, siendo la yuca aparentemente más afectada que el caupí. El hecho de que a más altos niveles de P aumente la concentración de ese elemento en las hojas del caupí asociado sin que aumente en la yuca asociada, sugeriría que a medida que aumentan los niveles de P, el caupí se vuelve un competidor más fuerte dejando menos P disponible para la yuca (Cuadro 9).

Cuadro 8. **Efecto de las dósis de K aplicadas en banda sobre su concentración en los pecíolos de la yuca y en las hojas del caupí, en monocultivo y en asociación.**

K aplicado	Concentración de K en las hojas (%)			
	Yuca		Caupí	
(kg/ha)	Monocultivo	Asociada	Monocultivo	Asociado
0	3.23	3.27	2.13	1.93
42	3.51	2.92	1.84	2.19
84	3.67	3.55	1.78	1.78
126	4.23	4.01	1.87	1.93
252	4.41	3.88	2.29	2.29
Promedio (% del monocultivo)	100	93	100	102

Fuente: CIAT, 1980.

Cuadro 9. **Efecto de las dósis de P aplicadas en banda sobre la concentración de P en las hojas de yuca y caupí en monocultivo y en asociación.**

P aplicado	Concentración de P en las hojas (%)			
	Yuca		Caupí	
(kg/ha)	Monocultivo	Asociada	Monocultivo	Asociado
0	0.26	0.26	0.26	0.23
22	0.25	0.22	0.29	0.28
44	0.27	0.19	0.26	0.27
66	0.25	0.21	0.28	0.24
132	0.27	0.24	0.39	0.34
Promedio (% del monocultivo)	100	86	100	92

Fuente: CIAT, 1980

Métodos de aplicación de fertilizantes. En cultivos asociados, al igual que en monocultivos el método de aplicación del fertilizante está determinado por las características del suelo, el régimen pluviométrico, el tipo de fertilizante y los cultivos mismos.

Por ejemplo, en un suelo arenoso el fertilizante aplicado al voleo está más expuesto a pérdida por lavado que si se aplica en banda. Los suelos ácidos tropicales frecuentemente fijan P, y cuando se les aplican al voleo fuentes solubles de ese elemento se corre el riesgo de perderlo; de nuevo, la aplicación en banda podría prevenir mejor dicho riesgo. En un Oxisol de Carimagua, en los Llanos Orientales de Colombia, se obtuvo el mejor resultado con yuca sembrada sobre caballones durante la época lluviosa, aplicando la mitad del fertilizante al voleo y la otra mitad en banda; con la siembra en plano en la época seca, fue mejor la aplicación de todo el fertilizante al voleo (Howeler, 1981).

En general, los correctivos del suelo de baja solubilidad, como la cal agrícola, la cal dolomítica, las escorias Thomas o rocas fosfóricas actúan con mayor eficacia cuando se aplican al voleo (con incorporación) para crear la más amplia superficie posible de contacto entre el correctivo y el suelo, mientras que los fertilizantes de alta concentración y solubilidad generalmente son aprovechados más eficientemente por los cultivos cuando se aplican en bandas.

Los cultivos anuales asociados con yuca, tales como las leguminosas de grano o el maíz, tienen sistemas radicales profundos y ramificados. En contraste, la yuca tiene un sistema radical más bien escaso con un pequeño número de pelos absorbentes, pero la asociación con micorrizas le ayuda en la absorción de P y posiblemente de otros nutrimentos y del agua (Howeler, 1981). Esto implica que la eficiencia en la absorción por parte de la yuca podría ser similar a la de los cultivos asociados con ella, a pesar de la disimilitud morfológica de sus sistemas radicales. Por consiguiente, el método de aplicación del fertilizante en cultivos asociados se podría regir más por las condiciones del suelo y del clima y por el tipo del fertilizante a aplicar que por las características de absorción de los cultivos.

Los resultados obtenidos en Quilichao y Caribia con la aplicación de NPK al voleo y en banda en asociaciones de yuca y caupí confirman la observación anterior. En Quilichao, aplicando el P en la forma soluble de superfosfato triple en un suelo fijador de ese elemento, el caupí respondió ligera aunque no significativamente mejor a la aplicación en banda que a la aplicación al voleo mientras

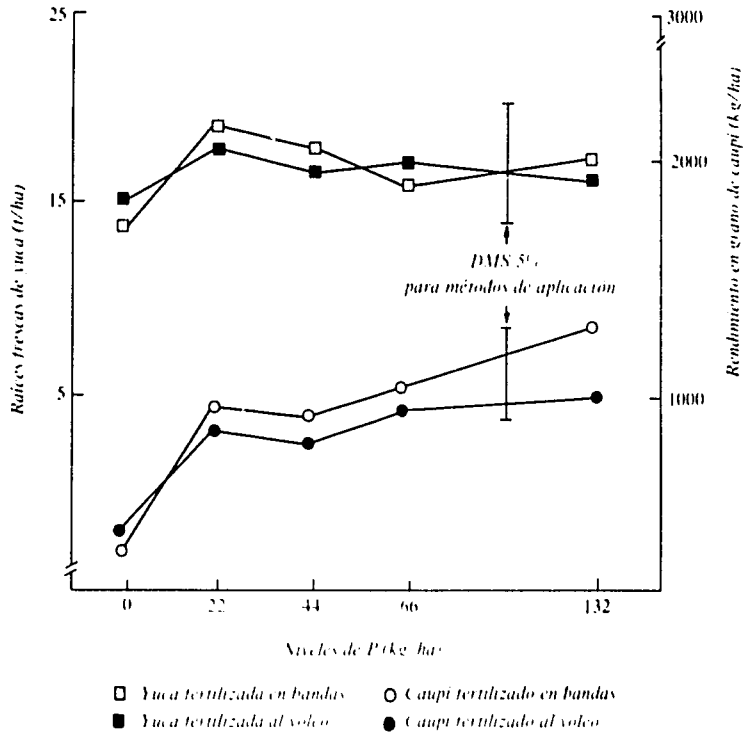


Figura 15. *Respuesta de la yuca y el caupí en asociación a la aplicación de P (superfosfato triple) en banda y al voleo. Quilichao 1980*

que para la yuca los dos métodos fueron indiferentes. (Figura 15).

En Caribia, aplicando N en la forma soluble de urea, se obtuvieron diferencias no significativas en los rendimientos del caupí con la aplicación en banda y al voleo; la yuca respondió mejor a la aplicación al voleo, lo cual se podría relacionar con una mejor absorción del elemento así aplicado, debido a su sistema radical escaso (Figura 16). Finalmente, en el caso del K, aplicado como cloruro de potasio, ni la yuca ni el caupí mostraron diferencias claras comparando los dos métodos de aplicación (CIAT, 1980).

Conclusiones para la fertilización. La extracción y remoción de casi todos los nutrimentos es mayor en un sistema asociado que en monocultivo cuando el manejo es intensivo. Por lo tanto, la nutrición de las plantas asociadas requiere especial atención para evitar que la fertilidad del suelo se agote rápidamente. Las observaciones hechas hasta ahora indican que:

a) En sistemas asociados de yuca con leguminosas, la remoción de N puede aumentar a más del doble y lo mismo puede

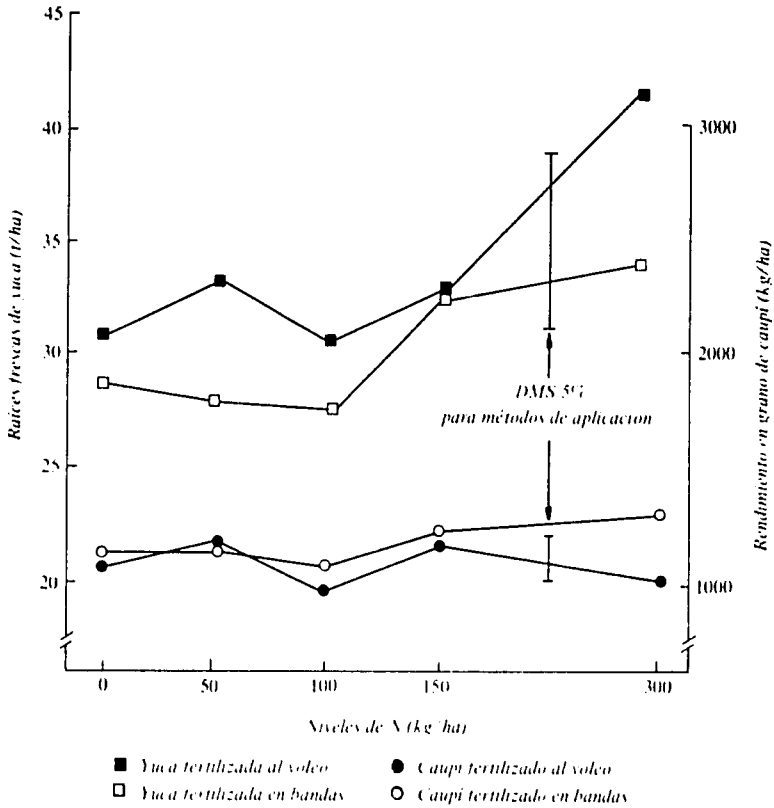


Figura 16. *Respuesta de la yuca y el caupí en asociación a la aplicación de N (urea) en banda y al voleo.*

Fuente: CIAT, 1980.

ocurrir, en menor grado, en asociaciones con maíz. Por esto, la fertilización con N parece ser decisiva para una producción estable del sistema asociado. La práctica adecuada en este caso podría ser sumar los requerimientos individuales de los cultivos para llegar a la cantidad total de N con que se debe fertilizar el sistema asociado. Aunque esta recomendación parece sugerir el empleo de grandes cantidades de fertilizante nitrogenado, tales cantidades pueden resultar relativamente bajas en la práctica si la yuca se intercala repetidamente con leguminosas eficientes en la fijación de N. Esta práctica no solamente reducirá la cantidad de N requerido por el cultivo asociado sino que a largo plazo probablemente ayudará también a acumular N en el suelo, lo que a su vez reducirá los requerimientos de fertilización nitrogenada por parte de la yuca.

b) La yuca y los cultivos asociados sólo remueven pequeñas cantidades de P del suelo; sin embargo, en muchos suelos pobres, tanto la yuca como las leguminosas y el maíz responden más a la fertilización con P que con otros elementos, lo que significa que en estos suelos el requerimiento de P es elevado para los tres grupos de cultivos. La dependencia de un suministro adecuado de P por parte de las leguminosas y el maíz es aún mayor que la de la yuca, cultivo que tiene mayor tolerancia a bajas concentraciones de ese elemento en el suelo. Considerando por una parte la poca remoción de P en la asociación, y por otra la marcada respuesta a este elemento sobre todo de los cultivos asociados, se estima que una apropiada fertilización con P debería cubrir en primer lugar el requerimiento del cultivo asociado. La yuca se benefificaría de esta aplicación en mayor o menor grado, y por lo tanto posiblemente no sea necesario aplicarle toda la cantidad de P que se le aplicaría en condiciones de monocultivo.

c) La extracción y remoción de K por las raíces de la yuca es considerable y hace necesaria la devolución de este elemento al suelo mediante la fertilización.

En un sistema asociado predomina la remoción de K por parte de la yuca, y no se observa mucha remoción por el cultivo asociado; por otra parte, la respuesta a ese elemento en los rendimientos de la yuca y cultivos asociados normalmente no es muy marcada. Por lo tanto, la fertilización con K de un sistema asociado se debe regir principalmente por el requerimiento de la yuca, agregándole una pequeña cantidad de fertilizante como margen de seguridad para el cultivo asociado.

d) En suelos ácidos e infértiles, se recomienda sembrar como cultivos asociados con yuca sólo aquellas especies que como el caupí y el maní, tengan una adaptación a ese medio similar a la de la yuca. En esta forma no se requiere la corrección del pH mediante grandes cantidades de cal sino sólo una pequeña dosis para satisfacer la demanda de Ca y Mg como nutrimentos. Se recomienda aplicar en presiembra e incorporados, 500 kg/ ha de cal agrícola, o mejor cal dolomítica (que incluye Mg). Además, 10 kg/ha de Zn y 1 kg/ha de B cubren los requerimientos de los dos elementos menores más importantes para la asociación en estos suelos.

e) El método de aplicación del fertilizante (en banda o al voleo) es indiferente para la mayoría de los elementos o sistemas de

asociación, pero hay situaciones en que un método presenta ventajas sobre el otro. El P de fuente soluble, aplicado en un suelo deficiente en P y fijador de ese elemento, se aprovecha mejor cuando se aplica en banda; en cambio, fuentes de P con baja solubilidad como las rocas fosfóricas y las escorias Thomas son más efectivas aplicadas al voleo e incorporadas.

Fuentes comerciales de N y K tales como la urea y el cloruro de potasio mostraron efectividad similar cuando se aplicaron en banda o al voleo en sistemas asociados de yuca y caupí.

Elementos menores tales como el Zn y el B se pueden aplicar en banda; pero en el caso de la yuca, también existe la posibilidad de aplicarlos por aspersión al cultivo (aplicación foliar) o como tratamiento a la estaca, lo cual es más económico que la aplicación al suelo.

Manejo de Pestes

Los brotes epidémicos de pestes (plagas, enfermedades y malezas) constituyen una de las más serias amenazas para la producción agrícola en el trópico. Las epidemias son favorecidas por cultivos morfológica y genéticamente uniformes (monocultivos) de gran extensión (Pimentel, 1961; Southwood y Way, 1970; Nickel, 1973). En cambio, la mezcla de cultivos con base genética diferente (no necesariamente con diferencias morfológicas) en el mismo campo no provee el sustrato uniforme para que las pestes se multipliquen y adquieran dimensiones epidémicas. Se cree que esta es una de las causas para la mayor estabilidad de los sistemas de cultivo mixto (Dempster y Coaker, 1974; Litsinger y Moody, 1976; Altieri et al., 1978).

Plagas.

Con excepción de muy pocos ejemplos (Bodkin, 1912; Rao, 1970), la yuca y los cultivos más frecuentemente asociados con ella son atacados por plagas diferentes; esto disminuye la probabilidad de que la población de plagas aumente y ocasione daños en los cultivos asociados.

Plagas de la yuca tan importantes como el gusano cachón (*Erinnyis ello*), la mosca del cogollo (*Silba pendula*), la mosca blanca (*Aleurotrachelus* y *Bemisia* spp.) y el chinche de encaje (*Vatiga manihotae*) se han evaluado en condiciones de monocultivo y de asociación de yuca y frijol (CIAT, 1977; Thung y Cock, 1979). En

general, hubo menor incidencia de todas estas plagas en la asociación, y se observaron poblaciones más bajas como resultado de la combinación entre la asociación y el control químico con pesticidas. En el Cuadro 10 se muestra el resultado de los conteos para cada insecto en los dos sistemas de cultivo con protección química y sin ella, y se dan promedios de la reducción en la incidencia de la plaga por efecto de la asociación, en términos de porcentaje. De la misma manera, en frijol asociado se observan incidencias reducidas del saltahojas (*Empoasca kraemeri*), de dos crisomélidos (*Diabrotica balteata* y *Cerotoma ruficornis*) y de trips, en comparación con el monocultivo. Estas observaciones han sido confirmadas por datos obtenidos en Costa Rica (Araujo y Moreno, 1978).

Los datos anteriores además de indicar el potencial del sistema asociado para el control de plagas, en ausencia de otras medidas, sugieren que es posible complementar el sistema de producción asociada con medidas moderadas de control químico para obtener aún mejores resultados. Cuando en un monocultivo comercial se requieren cuatro a seis aplicaciones de un pesticida, en la asociación pueden ser suficientes una o dos.

En la asociación de yuca con frijol a que se refiere el Cuadro 10, el rendimiento de la yuca se redujo poco por efecto del frijol asociado cuando no se hizo control químico de insectos, y los rendimientos del frijol asociado fueron casi idénticos a los del monocultivo. Así, en ausencia de insumos para el control de insectos, la asociación fue ventajosa, ya que en una hectárea se obtuvo casi la misma producción de yuca y frijol que se hubiera obtenido en dos hectáreas de estos cultivos por separado. Los resultados muestran la gran ventaja de la asociación bajo condiciones de uso mínimo de insumos comprados (Thung, 1978).

Enfermedades.

La diversidad genética entre los cultivos que se siembran en asociación es uno de los factores más importantes que pueden modificar la incidencia y severidad de las enfermedades; por otra parte, la disimilitud morfológica entre las plantas puede producir efectos adicionales, por ejemplo, la formación de barreras contra patógenos diseminados por el viento o el agua.

Sin embargo, hay que diferenciar entre patógenos y combinaciones de cultivos, ya que hay casos de efectos patogénicos adversos en cultivos asociados con la yuca y viceversa. Así, según informaciones desde Sri Lanka, la asociación de yuca con caucho fomenta la

Cuadro 10. **Poblaciones de insectos encontradas en monocultivos y en asociaciones de yuca y frijol, con aplicación de insecticida y sin ella.**

Cultivos e insectos	Monocultivo		Asociación		Reducción de la población[1] (%)
	Con Insecticida	Sin Insecticida	Con Insecticida	Sin Insecticida	
Yuca					
			no. por parcela		
Gusano cachón (*Erinnvis ello*)	0.5	0.8	0.5	0.6	15
Mosca del cogollo (*Silba pendula*)	2.1	2.0	1.5	2.2	10
			no. en 3 hojas/planta		
Mosca blanca (*Aleurotrochelus* sp.)	7.2	6.5	3.3	4.5	43
Chinche de encaje (*Vatiga manihotis*)	4.5	5.6	2.7	3.8	36
Frijol					
			no./20 m²		
Saltahojas (*Empoasca kraemeri*)	89	229	80	216	7
Crisomélidos (*Diabrotica y Cerotoma*)	3	6	3	4	22
			no./6.45 m²		
Trips	2	14	6	12	-

[1] Reducción por efecto de la asociación, según el promedio de los conteos "con insecticida" y "sin insecticida", por sistema.
Fuente: CIAT, 1977.

infestación de ambos cultivos por el hongo *Fomes lignosus* (Root Disease, 1943); Moreno (1979) informa sobre incidencia y severidad de la ceniza de la yuca (*Oidium manihotis*) en yuca asociada con maíz, mayor que la observada en el respectivo monocultivo; Lozano (comunicación personal, 1981) sostiene que tanto la yuca como el frijol son atacados por los mismos patógenos del suelo tales como los de los géneros *Rhizoctonia, Sclerotinia, Sclerotium, Fusarium, Verticillium* y *Fomes*, causantes de pudriciones de la raíz o del hipocótilo.

Sin embargo, estas situaciones se deben considerar como excepciones, ya que se puede citar un número de ejemplos mucho mayor que muestra el efecto favorable de los cultivos asociados sobre la reducción de la incidencia y severidad de enfermedades.

Larios y Moreno (1976) y Moreno (1979) analizaron la situación patogénica de diferentes asociaciones con yuca. Los dos autores encontraron que la asociación yuca-maíz retrasa el desarrollo del superalargamiento de la yuca (*Elsinoë brasiliensis*) y al mismo tiempo reduce la incidencia y severidad de la roya (*Uromyces manihotis*). Los mismos autores confirmaron que la asociación de yuca con frijol común reduce la incidencia y severidad de la ceniza de la yuca, el superalargamiento, la roya (Cuadro 11) y la antracnosis (*Colletotrichum* sp.) bajo condiciones de Turrialba, Costa Rica.

Dos informes de Nigeria (Arene, 1976; Ene, 1977) muestran que en asociaciones de yuca con maíz y melón el añublo bacterial de la yuca (*Xanthomonas manihotis*) se redujo; la posible explicación de este hecho es que la asociación provee una mejor y más temprana cobertura del suelo, la cual evita las salpicaduras de suelo infectado por la bacteria (Cuadro 12).

Cuadro 11. **Incidencia y severidad máximas de la roya de la yuca (*Uromyces manihotis*) en cinco sistemas diferentes de cultivo en CATIE[1], Costa Rica.**

Sistema de cultivo	Incidencia máxima (%)	Severidad máxima (%)
Yuca	67.7	2.85
Yuca + camote	60.0	2.11
Yuca + maíz	52.6	1.86
Yuca + frijol	56.6	1.67
Yuca + maíz + frijol	47.2	1.17

[1] Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
Fuente: Moreno, 1979.

Cuadro 12. **Efecto de la asociación yuca-maíz-melón sobre la incidencia del añublo bacterial de la yuca (*Xanthomonas manihotis*) en Umudike, Nigeria.**

Sistema de cultivo	Promedio de la incidencia (%)
Yuca	20.3 a[1]
Yuca + maíz	16.9 b
Yuca + melón	18.9 b
Yuca + maíz + melón	14.1 b

[1] Promedios en la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5%.
Fuente: Fne, 1977.

Cuadro 13. **Severidad de la mancha angular del frijol (*Isariopsis griseola*) en diferentes sistemas de cultivo en CATIE, Costa Rica.**

Sistema de cultivo[1]	Severidad en tres estados de desarrollo del frijol[2]		
	Prefloración	Floración	Vainas verdes
Frijol	10.23	14.37	19.56
Frijol + maíz	10.31	17.77	21.33
Frijol + yuca	10.81	13.61	18.88
Frijol + camote	10.26	13.13	18.89
Frijol + maíz ± camote	10.46	16.11	21.03
Frijol + maíz + yuca	10.26	16.40	21.44

[1] + significa asociación simultánea; ± el cultivo asociado con frijol se sembró 30 días más tarde.
[2] Datos calculados de acuerdo con un índice McKinney modificado y transformado con (X + 0.5)1/2.
Fuente: Moreno, 1979.

La yuca también influye sobre la situación patogénica de los cultivos asociados en forma diferente según el patógeno y el cultivo. Al parecer no existen informes sobre cambios en la incidencia de enfermedades en maíz intercalado con yuca pero sí los hay sobre frijol y caupí. Moreno (1979) demostró que el desarrollo epidemiológico de la mancha angular (*Isariopsis griseola*) en el frijol común es más lento en las asociaciones con yuca y con camote, pero más rápido en la asociación con maíz (Cuadro 13). El autor sugiere que el efecto favorable de la yuca podría consistir en evitar el impacto directo de la lluvia sobre el frijol, ya que la diseminación de la enfermedad ocurre a través de las salpicaduras de agua con inóculo (Cardona y Walker, 1956).

Moreno (1979) también estudió la infestación del caupí por enfermedades virales como el mosaico común y el mosaico clorótico del caupí, las cuales son transmitidas por crisomélidos. En la siembra simultánea de caupí con yuca no se observó diferencia alguna entre el progreso de la enfermedad viral en la asociación y en el monocultivo de caupí; sin embargo, cuando éste se sembró bajo la yuca completamente desarrollada, al final de su ciclo vegetativo, se redujo tanto el progreso como el grado de maxima infección de las dos virosis en comparación con el monocultivo. La reducida actividad de los vectores en condiciones de reducida incidencia de radiación solar bajo la yuca fue la causa más probable de esta baja incidencia viral en la asociación yuca-caupí.

Los ejemplos citados demuestran, en términos generales, el potencial de la asociación con yuca para reducir los problemas de enfermedades. Esto significa que, para el manejo de enfermedades en cultivos asociados con yuca, al igual que para el manejo de plagas, hay menor requerimiento de insumos agroquímicos para su control. Sin embargo, la asociación indiscriminada de cultivos que puedan tener uno o más patógenos en común, puede favorecer el desarrollo de problemas patogénicos bajo condiciones específicas. Esto se debe tener en cuenta para un manejo adecuado de las enfermedades en sistemas de cultivos asociados, evitando la asociación de especies con potencial para agravar más que para aliviar los problemas de enfermedades.

Malezas.

Una de las ventajas de sembrar simultáneamente dos o más cultivos en el mismo campo es obtener una mayor y más temprana cobertura del suelo, lo que reduce la penetración de luz mermando, a su vez, el crecimiento de las malezas. Cleave (1974) opina que los sistemas de cultivos asociados pueden haber surgido específicamente como resultado del reducido control de malezas que ellos requieren.

Potencial biológico para reducir problemas de malezas. En el sistema de monocultivo el espacio no cubierto inicialmente por el follaje de la yuca constituye un problema particularmente serio debido al lento desarrollo inicial del cultivo y al amplio espaciamiento que requiere para acomodar su crecimiento posterior. De ahí que un cultivo asociado que cubra rápidamente el suelo sin competir excesivamente con la yuca puede hacer una contribución importante al control cultural de las malezas en yuca.

CIAT (1979) y Leihner (1980a) analizaron el crecimiento de malezas en el monocultivo de yuca comparado con el crecimiento en la asociación yuca-frijol, en el CIAT, Colombia. A los 45, 90 y 135 días después de la siembra y sin otra clase de control, el solo hecho de intercalar la yuca con el frijol había reducido la cantidad total de las malezas a 30, 47 y 33% de la cantidad observada en el monocultivo. El reducido peso de las malezas a los 135 días indica que hubo un efecto residual del control ejercido por el frijol, ya que éste se había cosechado a los 105 días. Sólo a los 180 días después de la siembra, la cantidad de malezas bajo las condiciones de la asociación yuca-frijol alcanzó el mismo nivel que en el monocultivo (Figura 17).

En el sistema asociado, la yuca tuvo un rendimiento igual con o sin medidas adicionales de control químico y manual, mientras que en el monocultivo sufrió una merma de 30% en su rendimiento

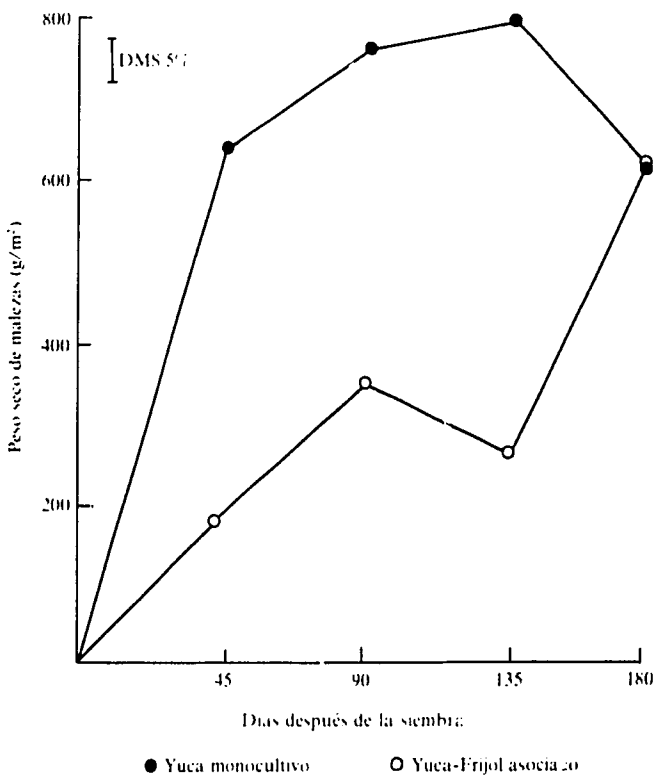


Figura 17. *Incremento del peso seco de las malezas en monocultivo de yuca comparado con una asociación yuca-frijol, sin el empleo de otros métodos para el control de malezas.*
Fuente: CIAT, 1978; Leihner, 1980a.

cuando no hubo control químico o manual de las malezas. Estos resultados resaltan nuevamente la ventaja del cultivo intercalado en cuanto a la estabilidad de la producción en condiciones de uso mínimo de insumos comprados, lo que a la vez sugiere que los cultivos asociados podrían ser un sistema de producción adecuado para el pequeño productor quien normalmente carece de medios para comprar insumos. (Véase también lo concerniente a manejo de plagas en sistemas asociados).

Asociando la yuca con una leguminosa perenne (*Desmodium heterophyllum*) se obtuvo un control de malezas efectivo y estable. Después del establecimiento de la leguminosa, que duró unos 50 días, la cobertura del suelo y el control de malezas fueron completos hasta la cosecha de la yuca. Hubo una reducción de 18,9% en el rendimiento de la yuca asociada con esta leguminosa en comparación con el del monocultivo limpio, debido posiblemente a la baja pero prolongada competencia del cultivo de cobertura; sin embargo, ese puede ser un precio relativamente bajo que se paga por mantener el cultivo libre de malezas durante todo su ciclo vegetativo (CIAT, 1979; Leihner, 1980a).

Control químico de malezas. El factor más limitativo para el uso de herbicidas en asociaciones de cultivos con yuca ha sido la falta de información sobre selectividad y efectividad de los productos cuando se usan en sistemas de cultivos asociados. La deficiencia de la información se debe a que usualmente los herbicidas han sido desarrollados para monocultivos comerciales en gran escala, y no para los cultivos alimenticios del pequeño productor. Teniendo esto en cuenta, se inició una investigación tendiente a identificar productos o mezclas de productos, dosis y métodos de aplicación aconsejables para el control químico de malezas en cultivos intercalados con yuca. Como resultado se han identificado algunos herbicidas preemergentes que se pueden usar en asociaciones de yuca con maíz y también con frijol común, caupí, mungo y maní (López y Leihner, 1980). Una de las mezclas identificadas también se puede usar en la triple asociación de yuca con maíz y ñame (Cuadro 14).

Además de usar herbicidas con selectividad para diferentes cultivos, el agricultor se puede valer de otros principios para obtener mayor selectividad, como son el uso de los herbicidas en dosis bajas y su aplicación en presiembra. El uso de dosis bajas (ej. la mitad de la dosis) disminuye el riesgo de un efecto fitotóxico en los cultivos, pero también merma la eficiencia y duración del control de las malezas; sin embargo, el sistema asociado provee al suelo una

Cuadro 14. **Herbicidas preemergentes para cultivos asociados con yuca.**

Producto o mezcla	Dosis i.a.[1] (kg/ha)	Tiempo de aplicación	Selectivo para asociaciones de yuca con:
Linuron + Fluorodifen	0.25 - 0.50 1.50 - 2.10	Pos-siembra	Frijol común, caupí y mungo
Linuron + Metolaclor	0.25 - 0.50 1.00 - 1.50	Pos-siembra	Frijol común, caupí, mungo, maní, y maíz
Oxadiazon + Alaclor	0.25 - 0.50 0.90 - 1.40	1-2 semanas antes o enseguida de la siembra	Maíz
Diuron + Alaclor	0.80 - 1.20 0.90 - 1.40	Pos-siembra	Maíz y ñame
Oxifluorfen	0.25 - 0.50	1-2 semanas antes de la siembra	Maní

[1] La dosis baja se usa en suelos livianos y la alta en suelos pesados. En las mezclas, las cantidades de ambos productos se agregan para formar la mezcla de tanque.
Fuente: López y Leihner, 1980

cobertura más temprana que el monocultivo, reduciendo así la necesidad de un efectivo control de malezas durante un período prolongado.

Con respecto al tiempo de aplicación, se obtiene mejor selectividad cuando los herbicidas preemergentes no se aplican inmediatamente después de la siembra de acuerdo con la práctica tradicional, sino algunos días o inclusive hasta varias semanas antes; esto es posible sobre todo con los herbicidas preemergentes de efecto residual prolongado. En el CIAT, por ejemplo, se observó un notorio aumento en la selectividad de un herbicida preemergente (oxifluorfen) cuando se aplicó antes de la siembra en una asociación de yuca y maní en lugar de hacerlo después.

Control integrado de malezas. Frecuentemente la combinación de varios métodos provee mayor eficiencia y economía en el control. En el CIAT se obtuvo un control efectivo y económico de malezas en un cultivo de yuca asociado con frijol común, aprovechando el efecto de la cobertura temprana del frijol y complementándolo con la aplicación de un herbicida preemergente, el cual también se aplicó al monocultivo de yuca. Mientras el efecto del control ejer-

cido por el herbicida solo en el monocultivo de yuca se había perdido antes de los 90 días después de la siembra, el efecto integrado de la asociación y el herbicida mantuvo un excelente control de malezas (Figura 18) por más de seis meses después de la siembra (CIAT, 1978; Leihner, 1980a).

El control integrado de malezas también se probó en la estación experimental ICA-Caribia en la costa norte de Colombia, donde predomina el coquito (*Cyperus rotundus* L.), una maleza difícil de combatir. Parcelas fuertemente infestadas de coquito (2300 tubérculos/m^2 a 25 cm de profundiad) se sometieron a tratamientos mecánicos, químicos y culturales de control de malezas. Los métodos mecánicos consistieron en rastrillar durante la época seca con el

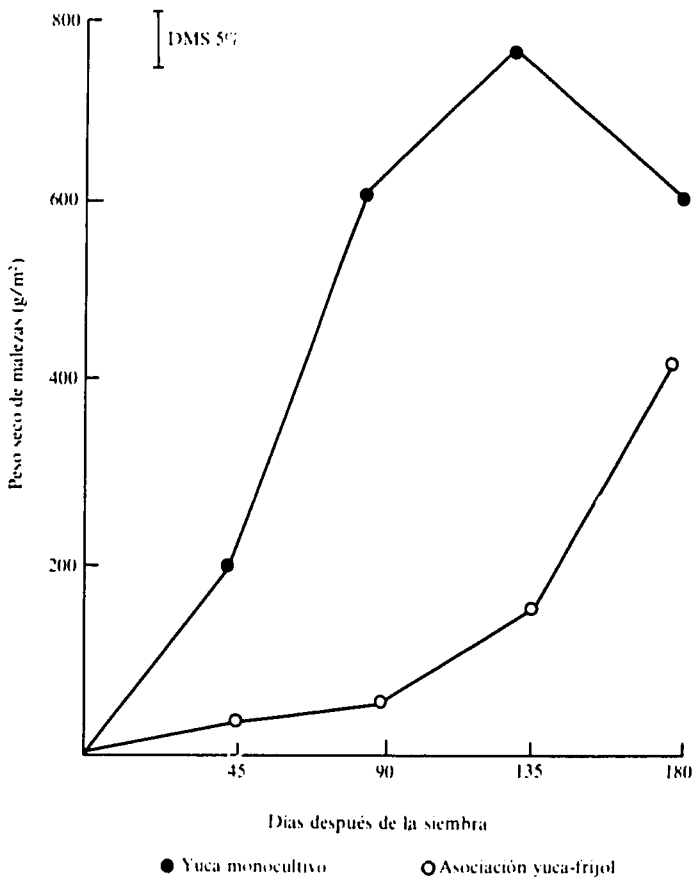


Figura 18. *Incremento en el peso seco de las malezas en un monocultivo de yuca y en la asociación de yuca con frijol común. Ambos cultivos recibieron una aplicación de herbicidas preemergentes con la siembra; no se efectuaron controles posteriores.* Fuente: CIAT, 1978.

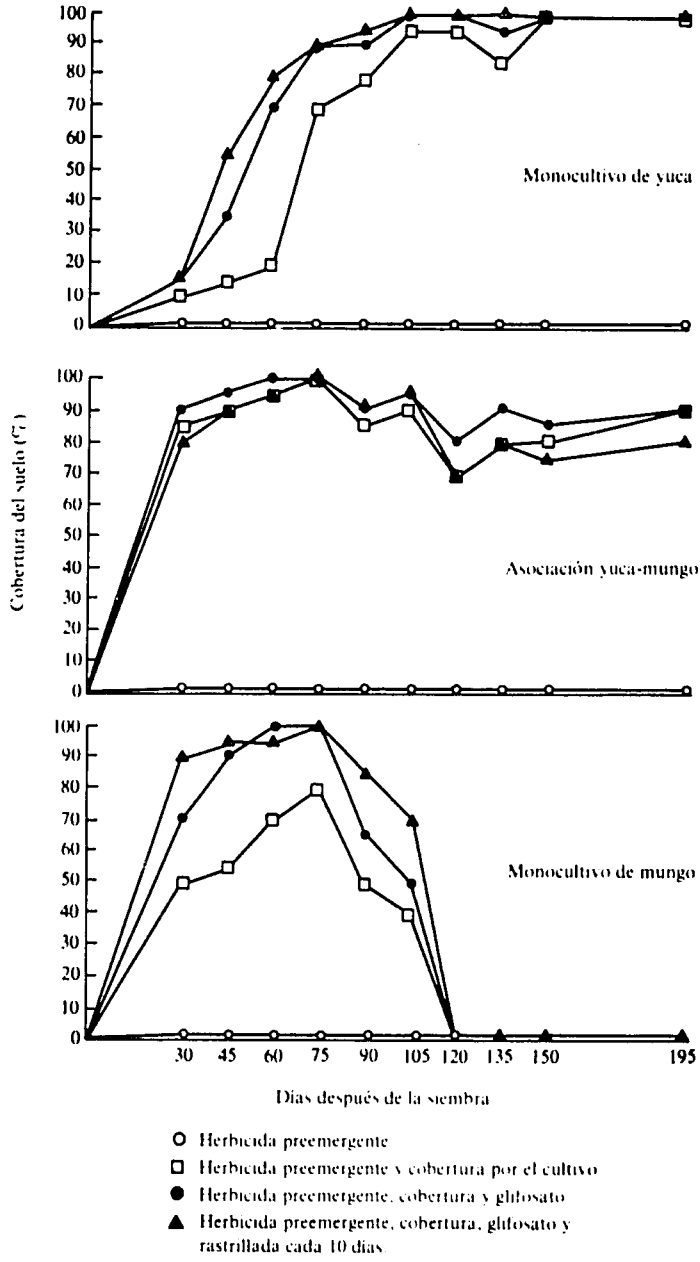


Figura 19. *Porcentaje de cobertura del suelo en un ensayo sobre control integrado de coquito.*
Fuente: Leihner et al., 1980

fin de exponer los tubérculos a la desecación antes de la siembra; el control químico se hizo aplicando herbicidas pre[1] y posemergentes[2], y el control cultural se efectuó con diferentes grados de sombra para el coquito en cuatro tratamientos: monocultivo de yuca, asociación yuca-mungo, monocultivo de mungo, y sin cultivo (Figura 19).

En el monocultivo de yuca, a los 60-90 días después de la siembra se logró una cobertura del suelo de 80% o más, y se mantuvo en un 80-100% hasta la cosecha. La formación del follaje fue más rápida con glifosato que sin él, y el tratamiento de rastrillada más glifosato permitió la cobertura más temprana.

El propósito de la asociación de yuca con mungo en este experimento fue proveer una cobertura más temprana al suelo de la que es posible obtener con el sombrío del monocultivo de yuca, antes de que los tratamientos de presiembra pierdan su efectividad. La asociación cumplió su propósito, ya que solamente 30 días después de la siembra produjo una cobertura del suelo de 80-90% independientemente de la rastrillada o del tratamiento con herbicida.

Por su rápido crecimiento el mungo en monocultivo cubrió rápidamente el suelo, pero la cobertura no se mantuvo por mucho tiempo debido a su corto ciclo vegetativo (Figura 19). En el monocultivo de yuca se obtuvo un control bueno y estable de la maleza con el tratamiento combinado de la rastrillada y el glifosato, ya que el control ejercido por la sombra de la yuca se hizo efectivo antes de que los tratamientos de presiembra perdieran su efecto. No obstante, una comparación entre los sistemas de siembra reveló que la asociación yuca-mungo proveyó el control más temprano y más efectivo de todos los sistemas (CIAT, 1980; Leihner et al., 1980).

[1] Como herbicida preemergente se usó una mezcla de tanque de Linuron y Fluorodifen a 0.5 y 2.1 kg/ha de i.a.

[2] El herbicida posemergente fue glifosato.

Evaluación de Sistemas Asociados

El sistema de cultivos asociados se adopta tanto por razones biológicas como económicas. Es bien sabido que un área sembrada con dos o más cultivos en asociación puede dar una producción total más alta que los cultivos por separado en la misma superficie. Sin embargo, la productividad biológica de un sistema de producción agrícola no es el único aspecto importante: el resultado económico de una asociación en relación con el obtenido en monocultivo es otro aspecto decisivo en la evaluación de un sistema de producción.

Mientras en la agricultura de subsistencia la mayor parte de la producción agrícola se consume en la finca y por lo tanto, la productividad biológica es de especial importancia, bajo condiciones de transición de agricultura de subsistencia a comercial, donde cantidades crecientes del producto agrícola se venden fuera de la finca, el resultado económico recibe cada vez mayor atención.

Eficiencia Biológica

Para la evaluación de la eficiencia biológica de los sistemas de cultivos asociados, la cual corresponde al mismo tiempo a la eficiencia en el uso de la tierra, el IRRI (1973, 1974) y Mead y Willey, (1980) han propuesto el concepto del "Indice Equivalente de Tierra" (IET). Este es útil para expresar y evaluar:

a) La ventaja o desventaja, en términos de producción biológica, de la asociación en comparación con el monocultivo (criterio de máxima producción).
b) La eficiencia o ineficiencia de un sistema comparado con otro

con respecto al uso de la tierra (criterio de menor área).

c) La ventaja o desventaja de una combinación de cultivos sobre otra (comparación entre combinaciones de cultivos).
d) La ventaja o desventaja de una práctica agronómica sobre otra dentro del sistema asociado (comparación entre prácticas agronómicas).
e) También sirve para valorar la competencia entre los cultivos, como se verá más adelante.

El concepto IET es aplicable donde los cultivos que se asocian son de igual aceptabilidad para el agricultor, es decir, cuando él les asigna la misma prioridad. Matemáticamente, este índice es la suma de dos o más cocientes según sea el número de cultivos que intervienen en la asociación. Se calcula como sigue:

$$IET = I_x + I_y = \frac{A_x}{M_x} + \frac{A_y}{M_y}$$, en donde

I_x e I_y son los IET individuales de los cultivos X y Y que se suman para encontrar el IET del sistema. Los IET individuales se calculan dividiendo el rendimiento del cultivo X en asociación (A_x) por su rendimiento en monocultivo (M_x) y el rendimiento del cultivo Y en asociación (A_y) por su rendimiento en monocultivo (M_y). Cuando el sistema asociado se compone de tres cultivos, el IET del sistema se compone de tres IET individuales:

$$IET = I_x + I_y + I_z = \frac{A_x}{M_x} + \frac{A_y}{M_y} + \frac{A_z}{M_z}$$

Estrictamente definido de acuerdo con la forma de calcularlo, el IET representa el área relativa de tierra cultivada en monocultivo que se necesitaría para obtener la misma producción que en la asociación.

Si se consideran individualmente los rendimientos de cada una de las especies incluídas en una asociación, se encuentra que ellos son mayores en el monocultivo que en la asociación, debido a la competencia interespecífica en el último sistema; por lo tanto, en el monocultivo de una especie se necesita un área menor que en la asociación para obtener producciones similares, lo que se manifiesta en valores A/M menores que la unidad ($A/M<1$). Sin embargo, si se considera la producción biológica total de la asociación, se encuentra que para igualarla con los monocultivos habría que sumar las áreas que éstos ocupan; así, el área total requerida para una producción total determinada resulta mayor en el sistema de monocultivo que en la asociación.

Con la ayuda de la metodología expuesta, ahora es posible evaluar, a la luz del concepto IET, algunas de las prácticas agronómicas mejoradas para las asociaciones con yuca, las cuales constituyen el principal objetivo de la presente publicación.

Tiempo relativo de siembra.

Para la asociación de yuca y frijol, se determinaron en el CIAT los IET correspondientes a diferentes épocas relativas de siembra, y generalmente se obtuvieron valores más altos sembrando el frijol antes de la yuca. Esto se debió probablemente a que las siembras tempranas de frijol, a la vez que permitieron mayores rendimientos de esta especie, tuvieron un efecto de competencia menor que el ejercido por la siembra tardía del mismo frijol sobre los rendimientos de la yuca (ver Figura 3 para rendimientos relativos).

El máximo valor IET se obtuvo con la siembra simultánea, lo que indica una ventaja comparativa para esta práctica y confirma que con ella se obtiene la más alta productividad biológica total (Figura 20).

Para calcular los IET que presenta la Figura 20 se usaron los rendimientos de monocultivos sembrados en las correspondientes fechas de siembra de la asociación, con el fin de corregir el efecto de esa fecha sobre el rendimiento del frijol. En esta forma no se hace una comparación entre asociación y monocultivo sino entre las diferentes fechas relativas de siembra de la asociación.

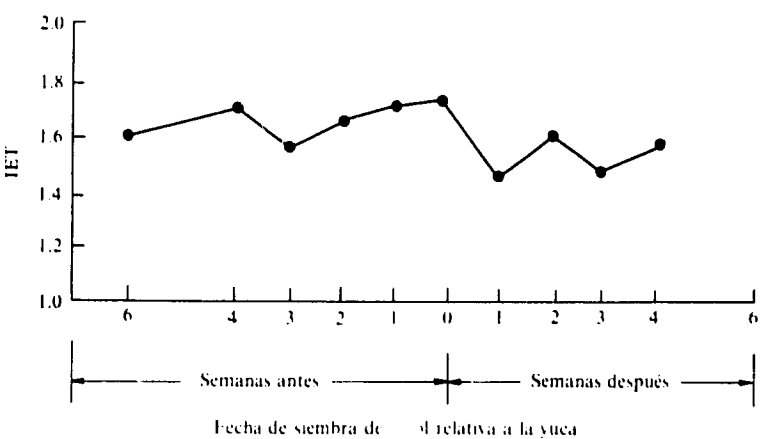


Figura 20. *Indice Equivalente de Tierra (IET) p[illegible] una asociación yuca/frijol en diferentes fechas relativas de siembra.*
Fuente: Thung y Cock, 1979.

Densidad de siembra.

Para determinar el efecto de la densidad de siembra de la yuca sobre la productividad total y eficiencia del sistema intercalado, se sembró en el CIAT una combinación de dos variedades de yuca con dos variedades de frijol (ver Figura 5 para rendimientos relativos). En tres de las cuatro combinaciones se encontró un IET relativamente constante a lo largo de un amplio rango de densidades de yuca, lo que indica que en la asociación se pueden usar las densidades normales del monocultivo sin perjudicar la eficiencia del sistema asociado (Thung, 1978; CIAT, 1979).

La misma observación se hizo en CIAT-Quilichao donde se probaron diferentes densidades de caupí en asociación con yuca. Para el cálculo de los valores IET, en el caso de la yuca se tomó el promedio de los rendimientos del monocultivo, ya que para éste se usaron parcelas estándar; para el caso del caupí se tomó el rendimiento del mejor tratamiento, para permitir una verdadera comparación entre las eficiencias del monocultivo y la asociación. El IET del sistema se mantuvo casi estable para densidades de siembra del caupí entre 7 y 15 plantas/m²; esto confirma que en el caupí, al igual que en la yuca, el uso en la asociación de las densidades corrientes del monocultivo (8-11 plantas/m²) no ocasiona detrimento en la eficiencia del sistema y a la vez asegura alta productividad (Figura 21).

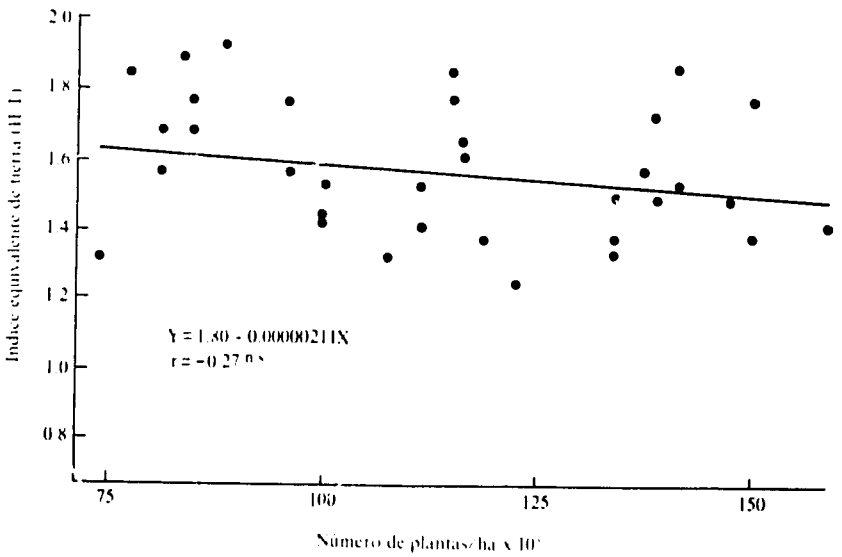


Figura 21. *Efecto de la variación en la densidad de siembra del caupí asociado con yuca a densidad constante sobre el Índice Equivalente de Tierra del sistema (IET).*

Respuesta a la fertilización

Cuando un cultivo responde positivamente a la fertilización, esta respuesta puede tener la misma proporción en la asociación y en el monocultivo, en cuyo caso los incrementos en la fertilización producen una diferencia constante entre los rendimientos del monocultivo y de la asociación. Pero la respuesta también puede ser más pronunciada en el monocultivo, donde no hay competencia por nutrimentos por parte de otra especie, lo que conduce a una ventaja cada vez mayor en el rendimiento del monocultivo a medida que se incrementa el nivel de fertilización. Como resultado, al incrementar el nivel de fertilización el IET individual de un cultivo en la asociación permanece constante o baja.

Con una competencia fuerte por nutrimentos entre los componentes de la asociación, y bajo condiciones de baja fertilidad y grandes aplicaciones de fertilizante para compensarla, se puede presentar un tercer caso en que el grado de respuesta a la fertilización sea mayor en la asociación que en los monocultivos, lo que conduce a incrementos en el IET a medida que se incrementa la fertilización.

Por otra parte, el IET del sistema también es afectado por los cambios que ocurren en la competencia entre los cultivos asociados cuando la fertilidad del suelo se incrementa. En una asociación de maíz y soya, altos niveles de N incrementaron drásticamente la capacidad competitiva del maíz frente a la soya, causando una reducción significativa en el rendimiento de esta última. Como consecuencia el IET total del sistema disminuyó con cada incremento de N (Cordero y McCollum, 1979).

Una situación similar se observó con incrementos de P en una asociación yuca-caupí sembrada en CIAT-Quilichao. A partir del segundo nivel de P, el caupí se volvió más competitivo frente a la yuca, mostrando la misma respuesta en su rendimiento en asociación y en monocultivo y causando a la vez una depresión en el rendimiento de la yuca. Esto dio como resultado un pequeño aumento y la posterior estabilización del IET[1] del sistema a partir del segundo incremento de P, sugiriendo que el nivel óptimo de P para una mayor eficiencia en el uso de la tierra fue de 22 kg/ha (Figura 22A).

Otro tipo de respuesta del IET se encontró en Caribia en el

[1] El IET se calculó sobre la base de los correspondientes rendimientos de los monocultivos de yuca y caupí para permitir la comparación entre los tratamientos dentro del sistema de asociación.

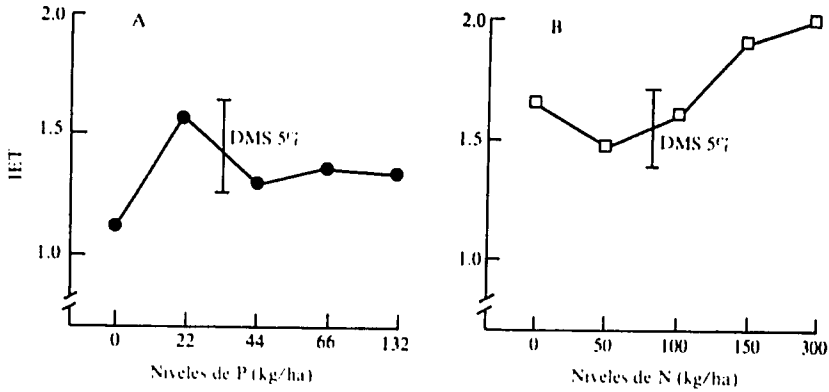


Figura 22. *Efecto de diferentes niveles de N sobre el Indice Equivalente de Tierra (IET) en asociaciones de yuca con caupí, en Quilichao (A) y en Caribia (B).*

sistema de asociación yuca-caupí fertilizando con niveles crecientes de N. La yuca, que en monocultivo respondió en forma negativa a incrementos de N, tuvo una fuerte respuesta positiva en la asociación, alcanzando valores de IET individuales superiores a uno. Esta circunstancia y la falta de respuesta del caupí, el cual mantuvo una relación constante entre los rendimientos en monocultivo y en asociación para todos los niveles de N, condujeron a un incremento del IET del sistema a partir del primer incremento de N hasta alcanzar valores cercanos a 2 en los niveles más altos del elemento (Figura 22B).

La alta eficiencia en el aprovechamiento de la fertilización nitrogenada en la asociación fue posible porque los rendimientos de la yuca presentaron una respuesta positiva al N sin que se modificara la situación de competencia entre las dos especies, ya que el efecto del N sobre el crecimiento aéreo de la yuca sólo se manifestó plenamente después de haber cosechado el caupí.

La fertilización con N también tuvo efectos positivos sobre los IET de diferentes asociaciones según informes de Oelsligle et al. (1976) y Cordero y McCollum (1979).

Competencia entre cultivos.

De acuerdo con Willey y Rao (1980), el concepto IET también ayuda en la evaluación del grado de competencia entre los cultivos asociados, o sea que permite establecer si un cultivo fue mejor o peor competidor que el otro en una asociación.

En una asociación de dos cultivos, la tasa de competencia (TC) se calcula simplemente dividiendo el IET individual de un cultivo por

el del otro y corrigiendo el resultado de acuerdo con la porción de espacio asignado a cada uno de ellos. Entonces, la tasa de competencia (TC) para el cultivo X en asociación con el cultivo Y se calcula de la siguiente manera:

$$TC_x = \left[\frac{A_x}{M_x} : \frac{A_y}{M_y}\right] \frac{E_y}{E_x}$$

donde A_x y A_y son los rendimientos de los cultivos X y Y en asociación y M_x y M_y los respectivos rendimientos en monocultivo. E_y es la porción relativa de espacio ocupado por el cultivo Y y E_x es la porción de espacio ocupado por el cultivo X. La tasa de competencia (TC) del cultivo Y adquiere por lógica el valor recíproco de TC_x.

Un ejemplo acerca del efecto de las densidades y los arreglos espaciales en asociaciones de yuca con caupí, tomado del trabajo mencionado antes, demuestra la utilidad del concepto TC para interpretar resultados y determinar tanto el grado de competencia entre cultivos como las ventajas o desventajas de distintas prácticas agronómicas en los cultivos asociados. La yuca sembrada a una distancia constante de 1.80 x 0.60 m se intercaló con caupí a razón de 80,000 plantas/ha distribuidas en dos surcos, a 0.45 m de distancia de ambos lados de la yuca (arreglo 45/2 que presenta la Figura 9). A través de los surcos, el sistema completo ocupa 1.80 m, de los cuales 0.45 corresponden a la yuca y los restantes 1.35 al caupí; o sea que las áreas ocupadas por la yuca y el caupí respectivamente tienen una relación de 1 a 3. Los rendimientos de la yuca fueron de 20.9 t/ha de raíces frescas en asociación y de 22.9 t/ha en monocultivo, y los del caupí fueron de 1165 y 1653 kg/ha de grano en asociación y en monocultivo, respectivamente. La TC de la yuca se calculó como sigue:

$$TC_{yuca} = \left[\frac{20.9}{22.9} : \frac{1165}{1653}\right] \frac{3}{1} = 3.89$$

y la TC de caupí fue:

$$TC_{caupí} = \left[\frac{11.65}{1653} : \frac{20.9}{22.9}\right] \frac{1}{3} = 0.26$$

El ejemplo muestra que con el manejo agronómico arriba descrito (arreglo del caupí en dos surcos distantes entre sí pero relativamente cercanos a la yuca, con una baja densidad de siembra del caupí) la yuca fue el cultivo dominante en esta asociación habiendo resultado casi cuatro veces más competitiva que el caupí. A pesar de las condiciones unilateralmente favorables para la yuca se logró un IET total de 1.63, el cual expresa una alta eficiencia del sistema.

Conservando la densidad de población y el arreglo de la yuca, pero distribuyendo el caupí en forma más pareja y aumentando al mismo tiempo su densidad de siembra (arreglo 60/3, 140,000 plantas/ha), los resultados fueron los siguientes:

$$TC_{yuca} = \left[\frac{17.7}{22.9} : \frac{1357}{1623}\right]\frac{1^{1}}{1} = 0.93$$

$$TC_{caupí} = \left[\frac{1357}{1623} : \frac{17.7}{22.9}\right]\frac{1}{1} = 1.08$$

En estas condiciones, se logró un balance casi completo entre las dos especies, siendo el caupí ligeramente más competitivo que la yuca. El IET total logrado en este sistema fue de 1.61.

Un problema que se presenta al usar el índice TC es la contribución del factor distribución del área (E_y/E_x), la cual es particularmente grande en el primer ejemplo y responde casi completamente por la gran diferencia que existe entre los TC de la yuca y del caupí, mientras que los rendimientos por sí mismos contribuyen poco a esta diferencia. Sin embargo, aun cuando se considere sólo la tasa del componente IET (eliminando el cociente E_y/E_x del cómputo), se obtienen tasas TC para yuca y caupí de 1.30 y 0.77 respectivamente, mostrando que, en cualquier caso, la yuca fue más competitiva que el caupí bajo las condiciones agronómicas dadas. En el segundo ejemplo la eliminación del factor distribución del área no afecta el TC ya que E_y/E_x tiene un valor unitario

Analizando la competencia entre la yuca y el caupí en el ejemplo por medio del concepto TC, se hace evidente que el manejo agro-

[1] La distribución del espacio al 1 por 1 se explica observando la Figura 9: el caupí en el arreglo 60/3 se sembró en tres surcos a 30 cm de distancia entre ellos. A los dos surcos exteriores les corresponden además otros 15 cm hacia afuera, así que el espacio total correspondiente a los tres surcos de caupí es de 15 + 30 + 30 + 15 cm = 90 cm, o sea la mitad del total de 180 cm.

nómico de un sistema asociado permite cambiar drásticamente el poder competitivo de sus componentes para dar preferencia a uno u otro, o mantener el balance entre ellos de acuerdo con las producciones deseadas. Esto no afecta necesariamente la eficiencia total medida por el IET.

El concepto TC constituye, entonces, un instrumento útil para cuantificar la capacidad competitiva de los cultivos en asociación y así verificar el efecto que distintas prácticas de manejo tienen sobre este parámetro.

Evaluación Económica

La evaluación económica es una definición de la productividad para diferentes alternativas de cultivos asociados, aplicando los criterios empleados por el agricultor. Estos criterios dependerán de sus objetivos, los cuales, a su vez, son determinados por el destino de la producción: autoconsumo o venta. En América Latina se produce más yuca para el mercado que para autoconsumo, lo que permite evaluar diferentes sistemas de cultivos asociados en términos de su valor comercial.

Comparación entre sistemas.

Al comparar diferentes sistemas de cultivo, es ventajoso establecer diferencias en la productividad de los mismos en términos del valor comercial tal como se encuentra en los precios del mercado. Las principales ventajas son:

a) Es posible comparar los diferentes productos e insumos del cultivo, aplicando una unidad común de medida.
b) Se pueden tomar en cuenta diferencias de calidad.
c) El investigador puede evaluar diferentes alternativas desde el mismo ángulo que el agricultor.

La evaluación económica asume, por lo tanto, que la elección de alternativas de sistemas de cultivo por parte del agricultor obedece al objetivo de obtener un mayor ingreso líquido, el cual es igual al valor de la producción total del cultivo menos sus costos. La comparación basada en la renta líquida es efectiva para ayudar a seleccionar el más conveniente entre diferentes sistemas de cultivo, especialmente en los casos siguientes:

a) Cuando hay competencia entre los cultivos asociados; esta competencia se puede modificar mediante prácticas de manejo

en favor de la yuca o del cultivo asociado (véase "Competencia entre cultivos").

b) Cuando hay mayores diferencias en el nivel de insumos y por lo tanto en el costo de la producción.

c) Cuando hay diferencias en el valor relativo de los cultivos de una región y otra, lo que puede modificar la rentabilidad del sistema de producción.

Por otra parte, el sistema con la mayor renta neta puede ser diferente del sistema que arroje el más alto índice equivalente de tierra (IET). El IET difiere de la medida de la renta líquida principalmente porque en el cálculo de ese índice cada cultivo tiene igual valor, y las diferencias en los costos de producción no se toman en cuenta. Por lo tanto, la determinación de la productividad biológica debe estar lógicamente separada de la definición de rentabilidad.

Determinación de la rentabilidad en sistemas de cultivos asociados.

En favor de la brevedad, se discutirá un análisis simple de rentabilidad (también conocido como presupuesto parcial) dividiéndolo en cuatro etapas principales: a) especificación de sistemas alternos; b) cálculo de beneficios brutos; c) determinación de costos de producción, y d) cálculo de la renta o del beneficio (para una discusión más completa de estas operaciones ver Perrin et al., 1976).

El análisis económico en su forma más simple pretende determinar cuál es la alternativa más rentable. De acuerdo con la naturaleza de los datos experimentales, este análisis se hace casi siempre por unidad de superficie (hectáreas). La primera operación debe especificar las distintas alternativas potencialmente utilizables por el agricultor, incluyendo los diferentes sistemas de cultivo, y determinando las prácticas culturales que dentro de cada sistema produzcan cambios en los costos de producción o en el rendimiento. En el Cuadro 15 se presenta un ejemplo de este análisis para diferentes alternativas en el sistema yuca-frijol.

Enseguida se calculan los beneficios brutos o el ingreso para cada alternativa. La producción de cada cultivo dentro de cada sistema se multiplica por su respectivo precio para obtener el valor de la cosecha, y luego los diferentes valores de los cultivos se suman para calcular el ingreso bruto total para cada alternativa. El precio es un parámetro crítico en estos cálculos, y debe corresponder al que se paga por los productos a la salida de la finca, o sea el precio que el agricultor recibe por la venta de su cosecha.

Cuadro 15 **Análisis de rentabilidad para una hectárea de terreno con diferentes sistemas de asociación yuca-frijol[1].**

	Yuca monocultivo			Yuca/frijol-arbustivo			Yuca/frijol voluble			Yuca/frijol arbustivo/frijol voluble		
	Cantidad	Precio por unidad	Valor	Cantidad	Precio por unidad	Valor	Cantidad	Precio por unidad	Valor	Cantidad	Precio por unidad	Valor
Beneficios brutos/ha												
(Producción en t)												
Yuca	28,2	3,500	98,700	23,0	3,500	80,500	13,4	3,500	109,900	24,9	3,500	86,800
Frijol arbustivo	-	-	-	2,0	12,000	24,000	-	-	-	2,0	12,000	24,000
Frijol voluble	-			-	-	-	0,5	24,000	12,000	0,6	24,000	14,400
Sistema total	-	-	98,700	-	-	104,500	-	-	121,900		-	125,200
Costos de producción/ha												
Preparación de tierra		2,000	2,000		2,000	2,000		2,000	2,000		2,000	2,000
Costos de labores (jornales)												
Siembra	7	150	1,050	12	150	1,950	7	150	1,050	12	150	1,950
Aplicación de abono	5	150	750	5	150	750	5	150	750	5	150	750
Aplicación de herbicida	2	150	300	2	150	300	5	150	750	5	150	750
Aplicación de fungicida	-	-	-	12	150	1,800	11	150	1,650	23	150	2,450
Desyerba	44,5	150	6,675	0	-	-	69,5	150	10,425	25	150	3,750
Segunda siembra de entre surcos	-	-	-	-	-	-	5	150	750	5	150	750
Cosecha	19	150	2,890	39	150	5,890	40	150	6,000	60	150	9,000
Costos en insumos comprados												
Semilla (kg)	-	-	-	33	16	528	60	40	2,400	93	31,5	2,928
Abono (kg)	300	12,6	3,800	300	12,6	3,800	600	12,6	7,560	600	12,6	7,560
Herbicida (litros)	7	145	1,015	7	145	1,015	7	145	1,015	7	145	1,015
Fungicida (kg)	-	-	-	6,4	364	2,365	10,3	223	2,240	16,7	275	4,605
Costos totales			18,440			20,358			36,615			38,508
Beneficios netos/ha												
Beneficios—Costos totales		80,260			84,142				85,285			86,692

[1] Precios y valores en pesos colombianos al cambio de $Col. 44,2/dólar

La mayor diferencia entre el análisis económico y el análisis biológico está en que el primero deduce del rendimiento monetario bruto los diferentes costos de producción entre los distintos sistemas, mientras que en el segundo sólo se toma en cuenta la producción total. El énfasis está en los insumos o costos que varían entre los tratamientos; por lo tanto, para distinguir entre las diferentes alternativas no se necesita un presupuesto completo que incluya costos fijos tales como la tierra y la maquinaria; sólo se hace un presupuesto parcial considerando los costos variables.

Los costos que con mayor probabilidad van a cambiar entre diferentes sistemas de cultivo en asociación con yuca son los relacionados con:

a) establecimiento del sistema,
b) mano de obra, especialmente para desyerbar;
c) insumos requeridos, tales como los fungicidas para una asociación con frijol, o el fertilizante nitrogenado para la asociación con maíz;
d) cosecha.

En el ejemplo que presenta el Cuadro 15, son notorias las diferencias en los costos de producción para los sistemas de cultivo, y se deben por un lado al incremento en el uso de insumos con la introducción del frijol y por otro lado al ahorro sustancial en el costo de la mano de obra necesaria para desyerbar, debido al control cultural de malezas establecido por el frijol arbustivo.

Los beneficios netos se calculan sustrayendo los costos variables totales de los beneficios brutos.

El cuadro se presentó no solamente para suministrar información con datos concretos sobre la rentabilidad de varios sistemas asociados de yuca con frijol, sino también para proporcionar al lector un marco de referencia que le permita, con la introducción de cifras propias, analizar una situación de cultivo familiar para él y efectuar el cómputo de la rentabilidad neta. El ejemplo muestra que en las condiciones del CIAT el sistema de cultivo de yuca y frijol en asociación da una ganancia por hectárea más alta que los sistemas de monocultivo. Se ha demostrado también (Hart, 1975; CIAT, 1978; CIAT 1980) que dentro de una gama de condiciones de producción los sistemas de cultivos asociados con yuca dan una respuesta económica más favorable que la yuca en monocultivo.

Referencias Bibliográficas

Altieri; M. A.; Francis, C. A.; Schoonhoven, A. van; Doll, J. D. 1978. A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. Field Crops Research 1:33-49.

Andrew, C. S. y Kamprath, E. J. (eds.). 1978. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Proceedings of a workshop held at Brisbane, Australia, 1978. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Melbourne, Australia. 415 p.

Andrews, D. J. y Kassam, A. H. 1976. The importance of multiple cropping in increasing world food suplies. En: Multiple cropping, ASA special publication no. 27. American Soc. Agron. Madison, Wisconsin. p.1-10.

Araujo, E. y Moreno, R. 1978. Propagação de doenças foliares do feijão macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp) em diferentes sistemas de cultivos. I. Viroses. Fitopatologia Brasileira 3.

Arene, O. B. 1976. Influence of shade and intercropping on the incidence of cassava bacterial blight. En: Persley G.; Terry, E. R.; y MacIntyre, R. (eds.), Proceedings workshop on cassava bacterial blight, Ibadan, Nigeria. Int. Res. Devel. Ctr. Ottawa, Canadá. (IDRC-09e).

Asher, C. J.; Edwards, D. G.; y Howeler, R. H. 1980. Nutritional disorders of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Univ. Queensland. St. Lucia, Australia. 48 p.

Bodkin, G. E. 1912. The cassava hawk moth (*Diplodia phonota* Ello). J. Board Agric. (Guyana británica) 6:17-27.

Bray, R. H. 1954. A nutrient mobility concept of soil plant relationships. Soil Sc. 78:9-22.

Burgos, C. F. 1980. Soil-related intercropping practices in cassava production. En: Weber, E. J.; Toro, J. C.; y Graham, M. (eds.), Proceedings workshop on cassava cultural practices, Salvador, Bahia, Brazil. Int. Devel. Res. Ctr. Ottawa, Canadá. p.75-81. (IDRC-151e).

Cable, D. R. 1968. Competition in the semi-dessert grasshrub type as influence by root systems, growth habits, and soil moisture extraction. Ecology 50:27-38

Cardona, C. y Walker, J. C. 1956. Angular leaf spot of bean. Phytopathology (USA) 46:610-615.

Castellanos, V. H. 1981. Comportamiento de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) sometida a una poda parcial y cultivada en asociación con frijol común arbustivo y voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis M.S., Univ. Costa Rica, Turrialba.

Castro, A. 1982. Effect of spatial planting arrangement on cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root yield. (En impresión).

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1974. CIAT annual report 1973. Cali, Colombia. p. 185-204.

———. 1978. CIAT annual report 1977. Cali, Colombia. p. C1-C68.

———. 1979. CIAT annual report 1978. Cali, Colombia. p. A1-A10.

———. 1980. Cassava program annual report, 1979. Cali, Colombia.

———. 1981. Cassava program annual report, 1980. Cali, Colombia.

Cleave, J. H. 1974. African farmers: labor use in the development of small-holder agriculture. Prager, New York. 253 p.

Cock, J. H. y Howeler, R. H. 1978. The ability of cassava to grow on poor soils. En: Jung, G. A. (ed.), Crop tolerance to suboptimal land conditions, ASA special publication no. 32. American Soc. Agron. Madison, Wisconsin. p. 145-154.

———; Franklin, D.; Sandoval, G.; y Juri, P. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. Crop Sci. 19:271-279.

Cordero, A. y McCollum, R. E. 1979. Yield potential of interplanted annual food crops in Southeastern U.S. Agron. J. 71(5):834-842.

Dalal, R. C. 1974. Effects of intercropping maize with pigeon peas on grain yield and nutrient uptake. Exp. Agric. 10:219-224.

Dempster, J. P. y Coaker, T. 1974. Diversification of crop ecosystems as a means of controlling pests. En: Jones, O. P. y Solemon, M. E. (eds.), Biology in pest and disease control. Wiley, New York. p. 106-114.

Díaz, R. O. y Pinstrup-Andersen, P. 1977. Descripción agroeconómica del proceso de producción de yuca en Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. (Edición preliminar).

Ene, L. S. O. 1977. Control of cassava bacterial blight (CBB). Tropical Root and Tuber Crops Newsletter no. 10. p.30-31.

Ezelio, W. N. O. 1979. Intercropping with cassava in Africa. En: Weber, E.; Nestel, B.; y Campbell, M. (eds.), Proceedings international workshop on intercropping with cassava, Trivandrum, India. Int. Devel. Res. Ctr. Ottawa, Canadá. p 49-56. (IDRC-142e).

FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 1981. Production Yearbook for 1980. Rome.

Fonseca, D. 1981. Efecto de poblaciones y arreglos espaciales de caupí (*Vigna unguiculata*) y maní (*Arachis hypogea*) en asociación con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) sobre producción e intensidad del uso de la tierra. Tesis Ing. Agr., Univ. Nacional, Facultad de Ciencias Agropec. Palmira, Colombia.

Hart, R. D. 1975. A bean, corn and manioc polyculture cropping system: II. A comparison between the yield and economic return from monoculture and polyculture cropping systems. Turrialba (Costa Rica) 25(4).

Harwood, R. R. y Price, E. C. 1976. Multiple cropping in tropical Asia. En: Multiple cropping, ASA special publication no. 27. American Soc. Agron. Madison, Wisconsin. p. 11-40.

Hegewald, B. y Leihner, D. E. 1980. Intercropping grain legumes with cassava on acid infertile soils. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. (Informe de posdoctorado).

Howeler, R. H. 1981. Nutrición mineral y fertilización de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. (Serie no. 092SC-4).

———, Flor, C. A.; y González, C. A. 1978. Diagnosis and correction of B deficiency in beans and mungbeans in a Mollisol from the Cauca Valley of Colombia. Agron. J. 70(3):493-497.

IRRI (International Rice Research Institute). 1974. Annual report 1973. Los Baños, Filipinas. p. 15-34.

Jacob, A. y Uexküll, H. von. 1973. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. 4 ed. Euroamericanas. México, D. F., México.

Kurtz, T.; Melsted, S. W.; y Bray, R. H. 1952. The importance of nitrogen and water in reducing competition between intercrops and corn. Agron. J. 44:13-17.

Larios, J. y Moreno, R. 1976. Epidemiología de algunas enfermedades foliares de la yuca en diferentes sistemas de cultivo. I. Mildiu polovoso y roña. Turrialba (Costa Rica) 26:389-398.

Leihner, D. E. 1979. Agronomic implications of cassava-legume intercropping systems. En: Weber, E.; Nestel, B.; y Campbell, M. (eds.). Proceedings workshop on intercropping with cassava, Trivandrum, India. Int. Devel. Res. Ctr. Ottawa, Canadá. p.103-112. (IDRC-142e).

———. 1980a. Cultural control of weeds in cassava. En: Weber E. J.; Toro, M., J. C.; y Graham, M., (eds.). Proceedings workshop on cassava cultural practices, Salvador, Bahía, Brasil. Int. Devel. Res. Ctr. Ottawa, Canadá. p. 107-111, 138-152. (IDRC-151e).

———. 1980b. A minimum input technology for cassava production. Zeitschrift für Acker- und Planzenbau 149:261-270.

———. 1981. Fuel from biomass-future role and potential of cassava. Entwicklung und ländlicher Raum 15(1):18-21.

——— y Castro, A. 1979. Prácticas sencillas para aumentar el rendimiento de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Documento presentado en la XXV Reunión del PCCMCA. Tegucigalpa, Honduras.

———; Holguín, J.; y López, M. 1980. Coquito (*Cyperus rotundus* L.) en el cultivo de la yuca; interacciones y control. Revista COMALFI (Colombia) 7(3,4):3-20.

Litav, M. y Wolovitch, S. 1971. Partial separation of roots reducing the effect of competition between two grass species. Anals of Botany. 35:1163-1178.

Litzinger, J. A. y Moody, K. 1976. Integrated pest management in multiple cropping systems. En: Multiple cropping. ASA special publication no. 27. American Soc. Agron. Madison, Wisconsin. p. 293-316.

López, J. y Leihner, D. E. 1980. Control químico de malezas en policultivos con yuca. Revista COMALFI (Colombia) 7(1,2):19-28.

Mead, R. y Willey, R. W. 1980. The concept of a "land equivalent ratio" and advantages in yields from intercropping. Expt. Agric. 16:217-228.

Meneses, R. 1980. Efecto de diferentes poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) en la producción de raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) al cultivarlos en asocio. Tesis Mg. Sc., Univ. Costa Rica/CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Mohan Kumar, C. R. y Hrishi, N. 1979. Intercropping systems with cassava in Kerala State, India. En: Weber, E.; Nestel, B.; y Campbell, M. (eds.). Proceedings international workshop on intercropping with cassava, Trivandrum, India. Int. Devel. Res. Ctr. Ottawa, Canadá. p. 31-34. (IDRC-142e).

Moreno, R. A. 1979. Crop protection implications of cassava intercropping. En: Weber, E.; Nestel, B.; y Campbell, M. (eds.). Proceedings international workshop on intercropping with cassava, Trivandrum, India. Int. Devel. Res. Ctr. Ottawa, Canadá. p. 113-127. (IDRC-142e).

——— y Hart, R. D. 1979. Intercropping with cassava in Central America. En: Weber, E.; Nestel, B.; y Campbell, M. (eds.). Proceedings international workshop on intercropping with cassava, Trivandrum, India. Int. Devel. Res. Ctr. Ottawa, Canadá. p. 17-24. (IDRC-142e.)

Nickel, J. L. 1973. Pest situation in changing agricultural systems; a review. Bull. Entom. Soc. Amer. 54:76-86.

Nitis, I. M. 1977. Stylosanthes as companion crop to cassava (*Manihot esculenta*). Faculty of Veterinary Science and Animal Husbandry, Udayana Univ. Depensar, Bali.

Oelsligle, D. D.; McCollum, R. E.; y Kang, B. T. 1976. Soil fertility management in tropical multiple cropping. En: Multiple cropping. ASA special publication no. 27. American Soc. Agron. Madison, Wisconsin. p. 275-292.

Okigbo, B. N. y Greenland, D. J. 1976. Intercropping systems in tropical Africa. En: Multiple cropping. ASA special publication no. 27. American Soc. Agron. Madison, Wisconsin. p. 63-102.

Perrin, R. K.; Winkelmann, D. L.; Moscardi, E. R.; y Anderson, J. R. 1976. From agronomic data to farmer recommendations. CIMMYT Information Bull. 27. México, D.F., México.

Pimentel, D. 1961. Species diversity and insect population outbreaks. Ann. Entom. Soc. Amer. 19:136-142.

Rao, B. S. 1970. Pest problems of intercropping on plantations. En: Blencowe, E. W. y Blencowe, J. W., (eds.). Crop incorporated society of plants. p. 245-252.

Raper, C. D. Jr. y Barber, S. A. 1970. Rooting systems of soybeans. I. Difference in root morphology among varieties. Agron. J. 62:581-584.

Root disease in replanted areas. 1943. Rubber research scheme, Sri Lanka. Advisory circular no. 10 (supl.):1-2.

Ruthenberg, H. 1971. Farming systems in the tropics. Clarendon, Oxford, Reino Unido.

Sánchez, P. A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. Wiley, New York.

Suryatna, Effendi. 1979. Cassava intercropping patterns and management practices in Indonesia. En: Weber, E.; Nestel, B. y Campbell, M. (eds.). Proceedings international workshop on intercropping with cassava, Trivandrum, India. Int. Devel. Res. Ctr. Ottawa, Canadá. p. 35-37.

Southwood, T. R. L. y Way, M. J. 1970. Ecological background to pest management. En: Concepts of pest management. N. C. State Univ., Raleigh. p. 6-28.

Thung, M. 1978. Multiple cropping based on cassava. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. (Informe de posdoctorado).

——— y Cock, J. H. 1979. Multiple cropping cassava and field beans; status of present work at the Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). En: Weber, E.; Nestel, B.; y Campbell, M. (eds.). Proceedings international workshop on intercropping with cassava, Trivandrum, India. Int. Devel. Res. Ctr. Ottawa, Canadá. p.7-16.

Trenbath, B. R. 1976. Plant interactions in mixed crop communities. En: Multiple cropping, ASA special publication no. 27. American Soc. Agron. Madison, Wisconsin. p. 129-170.

Willey, R. W. y Rao, M. R. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Exp. Agric. 16:117-125.