

El cultivo en callejones

**Jorge Jiménez
Donald Kass
Francisco Jiménez**

- **Introducción**
- **La experiencia**
- **Medidas para fomentar el uso y aceptación del cultivo en callejones**
- **Establecimiento y manejo del sistema de cultivo en callejones**
- **Perspectivas para el cultivo en callejones en América Latina**
- **Bibliografía**

El cultivo en callejones

Introducción

La definición de cultivo en callejones, agricultura en callejones o intercultivo de setos (Ssekabembe, 1985) refiere a una práctica agroforestal en la que los cultivos anuales son sembrados en los espacios que quedan entre las líneas de una especie leñosa, generalmente leguminosa, que es podada a intervalos regulares para evitar competencia y proveer un mantillo o "mulch" a los cultivos (Kang y Wilson, 1987). El mantillo sirve para controlar malezas y proveer nutrimentos al suelo. Alternativamente, el material podado puede ser utilizado como leña o como alimento para los animales.

Según Kang *et al.* (1989), el concepto inicial viene de la práctica de sembrar leucaena (*Leucaena leucocephala*) en surcos al contorno en Indonesia y las Filipinas, actividad que empezó por los años 20 y 30 y ganó más impulso en los años 50. Un estudio de Guevara (1976) fue el primero en investigar el efecto de la leucaena sobre los cultivos asociados. A partir de esa fecha, Kang y asociados en el IITA, (Nigeria) empezaron una serie de experimentos que resultaron, diez años después, en un conocimiento casi mundial de la tecnología (Kang *et al.*, 1981, 1985, 1989). Una revisión de Ssekabembe (1985) reporta las experiencias en cinco países. Desde entonces, se han publicado resultados en Costa Rica (Kass, 1987; Kass y Araya, 1987; Kass *et al.*, 1989), en Perú (Szott, 1987; Szott *et al.*, 1991; Salazar, 1991; Salazar *et al.*, 1993), en Bolivia (Delgadillo *et al.*, 1991) y en Colombia (Vega *et al.*, 1987).

La idea original de Kang fue encontrar una alternativa para la agricultura migratoria, que hasta entonces dependía de barbechos de hasta 50 años para producir cultivos anuales de una manera sostenible, en zonas del trópico húmedo (Kang y Wilson, 1987; Kang *et al.*, 1989). Se puede ver el trabajo de Kang dentro de un largo esfuerzo para buscar alternativas al sistema de roza, tumba y quema que ha existido desde tiempos inmemoriales (Nye, 1952; Newton, 1960; Djokoto y Stevens, 1962). Una de las alternativas significativas sugeridas en este tiempo fue la siembra de cultivos entre los corredores que se dejaban en los bosques (Jurion y Henry, 1969). Según Kang y Wilson (1987), los beneficios potenciales del cultivo en callejones son los siguientes:

- Se combina el período de cultivo y de descanso (barbecho).
- Se aumenta el período de cultivo y la intensidad del uso de la tierra (Raintree y Warner, 1986).
- Restauración más rápida de la fertilidad efectiva del suelo, a través del uso de especies más eficientes.

- Requerimientos bajos de insumos externos.
- El sistema es de escala neutral, siendo lo suficientemente flexible para su uso por agricultores pequeños y para la producción mecanizada de gran escala.

Este documento pretende ilustrar a los estudiantes sobre algunas experiencias con el cultivo en callejones, opciones para aumentar su productividad, sostenibilidad, rentabilidad y aceptabilidad por los agricultores de esta práctica agroforestal, así como algunas indicaciones sobre el establecimiento y manejo del cultivo en callejones. Finaliza haciendo un análisis de las perspectivas para el cultivo en callejones en América Latina.

La experiencia

Los primeros resultados sobre las bondades del cultivo en callejones fueron bastante alentadores como lo demuestra los resultados de Kang *et al.*, (1981) en Nigeria cuando sembraron maíz entre callejones de leucaena. Sin embargo, en los estudios realizados pocos años después (IITA, 1989) apareció una limitante en el sistema. Esta consistió en que los cultivos en la asociación, respondían aún a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado (Cuadro 1), indicando que el material podado de los árboles leguminosos, por lo menos en la manera en que fue manejado el sistema, no era suficiente para mantener la fertilidad de los suelos a niveles aceptables. Entonces, el valor de las leguminosas leñosas como fuente de N fue puesto en duda, ya que se obtenía mayor suministro de nitrógeno de leguminosas herbáceas utilizadas como abono verde. Otro problema de los experimentos de Kang fue la falta de un control adecuado, pues la parcela en que se removió el material podado de leucaena no es un control apropiado porque tiene árboles y los cultivos están aún sujetos a la competencia de la leucaena. Además, la pudrición de raíces muertas por la poda puede resultar en el aporte de cantidades significativas de nutrientes al suelo.

Cuadro 1. Rendimiento de maíz (t/ha) en rotación con caupí bajo cultivo en callejones.

Tratamiento	Años						
	1979	1980	1981**	1982	1983	1984	1985
ON* - R	-	1,04	0,48	0,61	0,26	0,69	0,66
ON + R	2,15	1,91	1,21	2,10	1,91	1,99	2,10
80 N + R	2,40	3,26	1,89	2,91	3,24	3,67	3,00
DMS (0,05)	0,36	0,31	0,29	0,44	0,41	0,50	0,18

*Tasa de aplicación de N: 0 y 80 kg/ha; (-R) material podado de *Leucaena* sacado de las parcelas; (+R) material podado de *Leucaena* retenido. Todas las parcelas recibieron P, K, Mg y Zn

**En 1981 hubo sequía.

Fuente: IITA, 1989.

Otra crítica del trabajo de Kang fue que no tenía una parcela con fertilizante nitrogenado y sin leucaena (Nair, 1993).

Como señala Nair (1993), resultados de otros experimentos en diferentes sitios, realizados en respuesta al éxito de Kang, no fueron tan promisorios. Kass y asociados (Kass, 1987; Kass y Araya, 1987; Kass *et al.*, 1989) trabajando en un suelo Typic Humitropept, de una fertilidad comparable a los Psammentic Ustorthent y Oxíc Paleustalf utilizados por Kang, encontraron una buena respuesta en frijol (*Phaseolus vulgaris*), pero no en maíz (*Zea mays*). Kass incluyó controles sin árboles y con fertilizante nitrogenado. En algunos tratamientos se logró mantener la producción de maíz por encima de 3 t/ha durante nueve años (Cuadro 2) (Soto *et al.*, 1993). La producción de maíz en los cultivos en callejones sin fertilizante nitrogenado se mantuvo alrededor de 2 t/ha, comparable a los rendimientos encontrados por Kang (1989). En lugar de la leucaena, que no se adapta muy bien a los suelos ácidos, Kass y asociados utilizaron como especies leñosas gliricida (*Gliricidia sepium*) y poró (*Erythrina poeppigiana*), especies más conocidas en América Central, principalmente como árboles de sombra en cacao (*Theobroma cacao*) y café (*Coffea arabica*). Otra diferencia en los ensayos de Kass y de Kang fue el régimen de poda: Kang hizo diversas podas durante el ciclo del maíz, mientras que Kass solamente podó al inicio del ciclo del cultivo. Otros investigadores en América Latina que utilizaron la metodología de Kass, encontraron que las podas más frecuentes son impracticables y en general se obtienen mejores resultados con frijol o caupí (*Vigna unguiculata*) que con maíz o arroz (*Oriza sativa*) (Fernández, 1990; Kass *et al.*, 1993).

Cuadro 2. Producción promedio de granos, biomasa total, e índice de cosecha (I.C.) de maíz y frijol en cultivo en callejones durante nueve años de experimentación en Turrialba, Costa Rica.

Tratamiento	Grano maíz kg/ha	Biomasa maíz kg/ha	I.C. maíz	Grano frijol kg/ha	Biomasa frijol kg/ha	I.C. frijol
Control - N	2105	4933	0,427	752	1426	0,527
Control +N	3001	6512	0,401	886	1462	0,606
Mulch Erythrina -N	3203	7989	0,401	1283	2292	0,560
Mulch Erythrina +N	3331	8319	0,400	1423	2471	0,576
Callejones-Ery -N	2053	7052	0,291	1189	2411	0,493
Callejones-Ery +N	2245	7709	0,291	1360	2828	0,481
Callejones-Gliricida -N	2125	6612	0,321	1067	2336	0,456
Callejones-Gliricida+N	2124	6687	0,317	1132	2437	0,464
D.M.S. p=0,05	448	752		195	348	

-N= sin nitrógeno; +N= más nitrógeno

Fuente: Soto *et al.*, 1993.

Los trabajos de Kang y Kass fueron criticados por Sánchez (1987) y Benitez (1990) por tratarse de suelos con fertilidad mucho más alta que la que comúnmente se encuentra en el trópico. Se inició entonces una serie de experimentos en un suelo menos fértil como el Typic Paleustult para determinar el beneficio del cultivo en callejones (Szott, 1987; Fernández, 1990; Szott *et al.*, 1991; Salazar, 1991). Los rendimientos de los cultivos en estos ensayos fueron menores en el cultivo en callejones que en el monocultivo y se notó una tendencia a aumentar los rendimientos de los cultivos conforme aumentó la distancia al surco de leguminosas leñosas, lo que indica que en estos suelos, la competencia por nutrientes fue muy intensa.

La fertilización con fósforo no tuvo mucho efecto sobre la producción de los cultivos (Cuadro 3). Estudios subsecuentes de Fernández (1990) indican que ambas, la competencia por la radiación solar y la competencia por nutrientes contribuyeron a reducir los rendimientos de los cultivos en los sistemas de cultivo en callejones. En suelos aluviales (Tropofluent), con mayor contenido de bases, el cultivo en callejones fue más exitoso (Salazar, 1991). Diferencias entre las especies de leguminosas utilizadas afectaron el grado de competencia por la luz y la cantidad de nutrientes liberados durante la descomposición del material podado (Salazar *et al.*, 1993; Palm y Sánchez, 1990).

Otra situación en la cual el cultivo en callejones presentó problemas que no fueron evidentes en los trabajos de Kang y Kass fue cuando hubo limitación de agua durante una parte del año. En sitios semiáridos de la India, los rendimientos de caupí, higuera (*Ricinus communis*) y sorgo (*Sorghum bicolor*) aumentaron cuando se aislaron los sistemas radiculares de los cultivos y del seto de leucaena mediante una barrera de polietileno (Ong *et al.*, 1991). Sin embargo, la competencia por humedad fue menor cuando la especie leñosa se sembró en surcos con relación a la siembra dispersa en el campo. Trabajos subsecuentes de Lal (1989a y 1989c) en el IITA también mostraron mayor disminución de los rendimientos de los cultivos en callejones, en los años más secos. El efecto de la especie leñosa también es importante. Jama-Adan (1993) demostró que la *Cassia siamea* compitió menos que la leucaena con el maíz, en las zonas semiáridas de Kenya.

El otro aspecto en que Kang *et al.* (1981, 1989) reportaron beneficios del cultivo en callejones fue el mantener o mejorar las propiedades del suelo. Trabajos en IITA mostraron aumentos en la materia orgánica y los cationes intercambiables del suelo, después de seis años de practicar en forma continua el cultivo en callejones. Lal (1989 b, c y d) reportó menor disminución en los niveles de nitrógeno y pH del suelo, menor densidad aparente y mayor retención de humedad del suelo, después de cuatro años con cultivos en callejones. Kass *et al.* (1989) observaron pocos cambios en el estado de fertilidad del suelo, con excepción de los niveles de potasio intercambiable, después de seis años de cultivo en callejones y atribuyeron el mejor desempeño del frijol en el sistema a las mejoras en las propiedades físicas del suelo.

Cuadro 3. Rendimiento de grano (t/ha) de ocho cultivos consecutivos en un sistema de cultivos en callejones en Ultisoles.

Seto	Ancho	P	Caupí	Caupí	Arroz	Caupí	Caupí	Arroz	Caupí	Arroz
nga	4m	+	1,1	0,7	0,7	1,0	0,8	1,9	1,1	2,6
	4m	-			0,6	0,8	0,9	1,7	1,0	2,7
	8m	+	0,9	0,8	1,0	0,7	0,8	1,6	1,0	2,4
	8m	-			1,0	0,7	0,8	1,8	0,9	2,4
Cassia	4m	+	1,0	0,3	0,5	0,7	0,7	1,1	0,8	2,3
	4m	-			0,5	0,6	0,6	0,9	0,7	2,5
	8m	+	1,1	0,5	0,7	0,6	0,8	1,2	0,8	2,3
	8m	-			0,8	0,7	0,8	1,6	0,8	2,5
Gliricidia	4m	+	0,8	0,5	0,7	0,6	0,5	1,3	0,7	2,2
	4m	-			0,7	0,5	0,5	1,4	0,5	1,7
	8m	+	1,0	0,6	1,0	0,6	0,7	1,6	0,7	2,0
	8m	-			0,9	0,5	0,7	1,6	0,7	2,0
Gliricidia + Inga	4m	+	1,1	0,6	0,7	0,7	0,8	1,7	1,1	2,7
	4m	-			0,6	0,7	0,8	1,5	0,8	2,1
	8m	+	1,0	0,9	0,8	0,6	0,8	1,6	0,9	2,8
	8m	-			0,9	0,6	0,7	1,8	0,9	2,4

P= fósforo; + significa con P; - significa sin P. Fuente: Salazar, 1991.

Estudios posteriores (Haggar, 1990; Haggar *et al.*, 1991; Paniagua, 1992; Mazzarino *et al.*, 1993) mostraron pocos cambios en las formas del fósforo o del nitrógeno y del carbono en la biomasa microbial atribuible al efecto del cultivo en callejones, notando que muy poco del nitrógeno que se aplicó con el material podado apareció en los cultivos. Haggar concluyó que el mayor beneficio del cultivo en callejones se debe a la acumulación lenta de las fracciones orgánicas.

En la Estación Experimental de Yurimaguas (Perú), se reportó diferencias bajas en los niveles de pH, calcio+magnesio, aluminio intercambiable y fósforo entre las parcelas con cultivo en callejones y los controles no fertilizados en un suelo infértil (Typic Paleudult). Hubo un pequeño aumento en el nivel de potasio intercambiable (Szott *et al.*, 1991). En el suelo más fértil, se notó una disminución en los niveles de fósforo y un aumento en los niveles de calcio y magnesio después de tres años de cultivo en callejones (Salazar, 1991; Salazar *et al.*, 1993).

El control de malezas es otro beneficio que se espera del cultivo en callejones. El grado de control depende, en gran medida, del tipo de arbusto. Salazar *et al.* (1993) reportaron mejor control en callejones de *Inga* que en los de *Erythrina*, que a su vez fue mejor que en *Leucaena*. Esta diferencia debe estar relacionada con la tasa de descomposición (Palm y Sánchez, 1990; Szott *et al.*, 1991), pues las especies que se descomponen más lentamente (*Inga*) son las que mejor controlan las malezas. Lamentablemente, las especies que se descomponen más lentamente también suplen las menores cantidades de nutrientes

a los cultivos. Para aprovechar este hecho, algunos autores han recomendado una mezcla de especies en los setos; sin embargo, una mezcla de *Inga* y *Gliricidia* no resultó en una mayor producción de los cultivos con respecto al uso de solamente una especie (Salazar, 1991) (Cuadro 3). En Costa Rica, Rippin *et al.* (1994) notaron mayor control de malezas gramíneas en *Erythrina*, mientras que para malezas de hoja ancha el control fue mayor con *Gliricidia*. El mayor control de malezas no resultó en mayor producción de los cultivos.

Un aspecto donde casi siempre se ha observado efectos benéficos de los cultivos en callejones es en el control de la erosión del suelo. Reducciones considerables de erosión se han reportado para setos de leucaena y gliricidia en Africa (Lal, 1990d), de leucaena y eucalipto en la India (Ghosh *et al.*, 1989) y de gliricidia en Colombia (Vega *et al.*, 1987). Igualmente, en un suelo poco erodable, Lebeuf (1993) observó una reducción en la pérdida de suelo con setos de *Erythrina fusca* en Costa Rica. También en este país se indica que los setos de *Erythrina poeppigiana* tuvieron buena aceptación por los agricultores cuando se presentaron como una práctica para conservar los suelos y no para mejorar la producción de los cultivos (Hernández *et al.*, 1995). Debido a que el enfoque de cultivos en callejones se sustenta como una práctica de conservación de suelos, su papel es aún más valioso en terrenos de pendiente, sujetos a erosión (Kang *et al.*, 1989).

De los experimentos realizados en los años 80, pocos se sometieron a un análisis económico *ex ante*. Algunos mostraron problemas debido a los bajos precios de los cultivos anuales, a los altos precios de los fertilizantes nitrogenados y a la alta necesidad de mano de obra para podar los árboles (Kass *et al.*, 1989; Kang *et al.*, 1989).

Cuando se trató de introducir el cultivo en callejones en las fincas, se encontraron todavía más problemas, en términos de disponibilidad de mano de obra y aceptabilidad social (Kang *et al.*, 1990; Nair, 1993). Muchos agricultores consideraban que la presencia de los setos reduce la flexibilidad en el uso de la tierra (Nair, 1990). En otras situaciones, los problemas de tenencia de la tierra presentaron obstáculos para la siembra de los setos. Sin embargo, hubo casos en donde los agricultores adoptaron el sistema, por lo menos en una parte de sus terrenos (Kang *et al.*, 1990).

Medidas para fomentar el uso y aceptación del cultivo en callejones

De esta breve revisión de la experiencia con el cultivo en callejones durante los últimos 15 años se puede concluir que el sistema tendrá la mayor posibilidad de éxito y aceptación bajo las siguientes condiciones:

- a. Suelos razonablemente fértiles.
- b. Donde hay problemas de erosión.
- c. Lugares relativamente húmedos donde hay poca competencia por agua.
- d. Donde los precios de los productos son altos.
- e. Donde el costo de mano de obra sea bajo, en relación con el costo del fertilizante.

Con la excepción de áreas con problemas de erosión, estas condiciones se encuentran en relativamente pocas situaciones en el trópico.

Se nota también que se han conseguido pocos de los beneficios postulados por Kang y Wilson (1987) mencionadas en la introducción. Sin embargo, se puede considerar cómo manipular el sistema para hacerlo más atractivo. En el Cuadro 4, se resumen algunas de las opciones para el manejo del cultivo en callejones que podrían aumentar su productividad, sostenibilidad, rentabilidad y aceptabilidad por los agricultores.

Reducir la competencia sobre y bajo la superficie del suelo

Casi todos los autores han señalado la importancia de la selección apropiada de las especies que se adaptan mejor al sistema (Kang *et al.*, 1990; Nair, 1993). Sin embargo, una reducción en la copa del árbol, casi siempre lleva consigo una reducción en la biomasa. Aumentos en el número de podas pueden reducir la competencia por luz, pero también resulta en una disminución en la producción de biomasa. Deben existir especies que tengan sistemas radicales más profundos. Sin embargo, especialmente cuando se establecen los árboles por estacas, los sistemas radicales son muy superficiales. Se ha obtenido un mejor éxito en reducir la competencia bajo la superficie del suelo podando las raíces (Fernández, 1990) o poniendo barreras (Ong *et al.*, 1991), pero estas medidas son muy caras. También se sugiere que, sembrando árboles más densamente en el surco y utilizando plantas C_3 en lugar de C_4 , podría obtenerse mayor eficiencia y productividad ya que la mayor parte de los cultivos en callejones siguen siendo realizados con plantas C_4 (Ong *et al.*, 1991; Jiménez, 1990; Jiménez *et al.*, 1991).

Cuadro 4. Factores que se pueden modificar en sistemas de cultivos en callejones.

A. Ambiente

1. Drenaje
 2. Encalado
 3. Fertilización
 4. Obras de conservación de suelo
 5. Preparación de terreno
 6. Uso previo
 7. Riego
-

B. Árboles

1. Especie, procedencia, clon, híbrido
 2. Se puede también utilizar más de una especie
 3. Población
 4. Semillas, estacas, microestacas, acodos aéreos
 5. Espaciamiento
 6. Fertilización
 7. Inoculación con rizobium u hongos micorrizales
 8. Sembrar en curvas de nivel
 9. Régimen de poda
 10. Altura de poda
 11. Se puede también podar las raíces
 12. Que se hace con el material podado
 - a. Devolver a las parcelas como mulch o incorporándolo
 - b. Alimentar animales
 - c. Leña
 - d. Se puede dividir el material podado entre esos usos
 13. Estado fisiológico de los cultivos al momento de aplicar los residuos
-

C. Cultivos

1. Especies, cultivares, C₃ o C₄
 2. Época de siembra
 3. Fertilización
 4. Control de malezas
 5. Densidad de siembra
 6. Arreglo espacial (distancia de los árboles)
 7. Prácticas de protección
-

Reducir la necesidad de mano de obra

(Kang y Wilson (1987) sostienen que el cultivo en callejones es igualmente accesible al pequeño agricultor como al grande. Sin embargo, muchas de las operaciones pueden ser mecanizadas, aunque la mano de obra es frecuentemente citada como el principal obstáculo para una mayor adopción del

cultivo de callejones por los pequeños agricultores. La labranza, después de podar los árboles puede aumentar la eficiencia del sistema si se realiza una poda de raíces para reducir la competencia bajo la superficie del suelo aunado a la incorporación de los residuos en el suelo, limitando de esa manera la posibilidad de perder nutrientes por volatilización o escurrimiento (Ssekabembe, 1985). Al incorporar los residuos disminuye su valor como mulch, pero las especies que quedan más tiempo sobre la superficie del suelo son normalmente las que liberan menos nutrientes (Salazar *et al.*, 1993).

Aumentar la producción de biomasa

El cultivo en callejones tendrá poco éxito si los árboles no producen suficiente biomasa para servir de mulch, suplir nutrientes a los cultivos, proveer madera para postes y leña y, eventualmente, material para alimentar animales. Difícilmente una especie puede producir suficiente material para satisfacer todas estas necesidades y tendrá que ser podada frecuentemente para evitar competencia con los cultivos. Sin embargo, la selección apropiada de especies pueden resultar en árboles que se recuperan rápidamente de la poda y producen más biomasa para diversas finalidades.

Utilizar especies adaptadas

Las ventajas que representa el uso de material adaptado han sido mencionadas. La selección no solamente de especies, sino también de clones y procedencias dentro de especies, debe mejorar el crecimiento de los árboles. Al mismo tiempo, se debe mejorar el desempeño del componente cultivo en la selección de material adaptado a las condiciones del sitio. Además, los cultivos de ciclo más corto y las especies C₃ deben sufrir menos de la competencia por radiación solar por parte de los árboles.

Introducir la práctica como método de conservación de suelos

Se ha notado que el cultivo en callejones casi siempre ha funcionado como una medida de conservación de suelos (Young, 1989). También que su aceptabilidad por parte de los agricultores es mayor cuando no se introduce como una medida para aumentar la producción de los cultivos sino como una medida de conservación de suelos (Hernández *et al.*, 1993).

No cultivar todos los años

El cultivo en callejones siempre ha sido introducido como una forma intensiva de agricultura (Raintree y Warner, 1986). A pesar de ello, debido al alto requerimiento de mano de obra, se pueden reducir los costos dejando de cultivar unos años, cuando la limitante de la tierra lo permita. Se ha llamado a este sistema "barbecho en callejones", sistema que puede servir también para eliminar las gramíneas perennes.

Aumentar la rentabilidad

Se ha observado que la rentabilidad de los sistemas agroforestales aumenta si hay un buen mercado para los productos. El cultivo en callejones puede ser mejor adoptado por los agricultores si se utiliza para producir productos de mayor valor, tales como maderables o frutales en lugar de granos básicos (Nair, 1993). Los cultivos pueden ser mejorados si se incorpora el material podado al suelo, en lugar de dejarlo sobre la superficie.

Establecimiento y manejo del sistema de cultivo en callejones

Componente arbóreo

La utilización de árboles en cultivos agrícolas conlleva algunas modificaciones en el manejo agronómico de éstos, fundamentado en una serie de relaciones de competencia por luz, agua y nutrientes que básicamente las ejerce el componente arbóreo. Esto modifica aspectos de manejo relacionados con arreglos espaciales y cronológicos y de algunas labores culturales. Para el establecimiento de cultivo en callejones, generalmente se utilizan leguminosas arbóreas, pues muchas de éstas reúnen requisitos idóneos para este sistema agroforestal (rápido crecimiento, alta producción de biomasa de fácil descomposición, respuesta a podas, alta capacidad de rebrote, además de su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico).

Establecimiento

El establecimiento del componente arbóreo se puede realizar por semillas o en forma asexual, sin embargo, por la facilidad de prendimiento que tienen la mayoría de las leguminosas y para lograr un rápido establecimiento de éstos, se utiliza más el segundo método. Para ello, se utilizan estacas de aproximadamente 1,5 m de largo y un diámetro mínimo que varía dependiendo de la especie, pero que normalmente está entre 4 y 8 cm. Para asegurar un alto prendimiento, se utilizan acodos, los árboles propagados de esta forma desarrollan un sistema radical poco profundo, de manera que tendría mayor competencia con el cultivo y extraería menos nutrientes de capas inferiores, por lo que el proceso de reciclaje de nutrientes sería menos eficiente. Sin embargo, esta apreciación no sería tan importante en el trópico húmedo donde el agua no es limitante y donde el nivel freático no favorece el desarrollo de raíces profundas.

En cuanto al establecimiento del componente arbóreo utilizando propagación sexual, se puede hacer directa (semilla sexual) e indirectamente (árbol). En algunos casos se pueden establecer los árboles (*leucaena*) dentro de las hileras del cultivo (maíz). Esto tiene la ventaja de que inicialmente el árbol no dificulta las labores del cultivo agrícola y que el primero se ve favorecido por los beneficios que

normalmente recibe el cultivo en sus etapas de crecimiento (deshierbas, fertilización, combate de plagas y enfermedades etc.). Una vez cosechado el cultivo agrícola, el árbol continúa su crecimiento y será podado hasta que alcance el tamaño adecuado para ello y esté en capacidad de poseer un tocón de aproximadamente 1 m de alto. Este método de establecimiento tiene la ventaja que permite establecer rápidamente grandes plantaciones. Sin embargo, como gran desventaja se anota el cuidado que debe darse a los árboles en sus estados de crecimiento inicial y la lentitud con que algunos de estos crecen, lo cual incrementaría los costos de establecimiento.

Arreglos espaciales

Las distancias de siembra de árboles varían según la especie. El cultivo agrícola y el manejo agronómico que éste requiere (preparación del terreno, sistemas de siembra, duración del ciclo etc.), también pueden determinar el espaciamiento de los árboles. En el cuadro 5 se anotan algunos espaciamientos utilizados según la especie arbórea.

Cuadro 5. Distancias frecuentemente utilizadas entre hileras y entre árboles en cultivo en callejones.

Distancia entre hileras	Distancia entre árboles	Especie arbórea
6 m	1,0 m a 4,0 m	<i>Erythrina poeppigiana</i>
2,5 m a 9,0 m	0,5 m a 2,0 m	<i>Glicidia sepium</i>
2,5 m a 6,0 m	0,5 m a 2,0 m	<i>Erythrina berteroana</i>
6 m	0,5 m a 2,0 m	<i>Erythrina fusca</i>
2,0 m a 7,5 m	0,5 m a 1,5 m	<i>Leucaena leucocephala</i>
6,0 m	0,5 m a 2,0 m	<i>Calliandra calothyrsus</i>
2,0 m a 3,0 m	2,0 m a 3,0 m	<i>Gmelina arborea</i>
1,0 m a 2,0 m	2,0 m a 4,0 m	<i>Sesbania grandiflora</i>
1,0 m a 2,0 m	2,0 m a 4,0 m	<i>Albizzia falcataria</i>
1,0 m a 2,0 m	2,0 m a 4,0 m	<i>Samanea sp.</i>

Manejo de las podas

En el manejo de un cultivo en callejones, la decisión de establecer un programa de podas es lo más importante. Este sistema agroforestal pretende obtener el máximo provecho de la especie forestal (aporte de nutrientes, conservación, etc.) a favor del cultivo agrícola. Pero a la vez, debemos minimizar la competencia (por luz, agua y nutrientes) que éste pudiera ejercer sobre el cultivo.

El momento de realizar las podas lo determina el cultivo agrícola y por ello está muy relacionado con el ambiente ecológico (trópico húmedo, trópico seco) en que se desarrolla el sistema.

La práctica de la poda en sí es una labor muy sencilla. Los rebrotes (ramas) se cortan con machete y se pican, esparciendo uniformemente el material sobre el suelo, de manera que se logre la mayor cobertura posible. Cuando el material es muy leñoso (algunas especies) su descomposición será muy lenta, dificultando en algunos casos las labores del cultivo, por lo que se extrae de la plantación. Esta situación se da generalmente en zonas secas, donde se utilizan especies leñosas como *Gliricidia* y *Leucaena*; aquí también la leña es un recurso utilizado y de gran valor, por lo que se utilizaría como tal, obteniendo otra salida económicamente importante del sistema. En el caso del trópico húmedo, utilizando especies de *Erythrina*, la descomposición de las ramas más gruesas (períodos de poda cada seis meses) generalmente no dura más de un año.

Con relación a la altura de poda, esta varía entre 0,5 m y 1,5 m. Alturas de 1 m han mostrado buenos resultados en el sentido de que se logra un crecimiento adecuado de los rebrotes y biológicamente el árbol no pierde su capacidad productiva, cuando las podas no sobrepasan dos por año. Esta apreciación sin embargo, está condicionada a una serie de factores como grosor y estado general del tocón, período entre podas, ambiente ecológico, especie de cultivo, espaciamientos y sobre todo, la especie arborea.

Componente cultivo

En esta sección no entraremos en detalles sobre el manejo agronómico de los cultivos agrícolas; trataremos de dar algunas sugerencias en aquellos componentes del manejo que requieran alguna modificación o consideración. En este sistema agroforestal se pueden utilizar cualquier cultivo anual (granos básicos, raíces y tubérculos hortalizas etc.), sin embargo, la mayoría de las experiencias son en granos básicos, específicamente en maíz y frijol y en menos grado tubérculos como aráceas y dioscóreas.

En general el manejo del cultivo agrícola (época de siembra, espaciamientos, fertilización, manejo de plagas etc.) sería el mismo que en un monocultivo.

Cuando se han establecido hileras de árboles para formar los callejones, existe una reducción de plantas del cultivo provocada por el espacio que ocupan los árboles. En este sentido, es importante realizar algunas modificaciones para que esta reducción sea mínima y si es posible que no exista. Los surcos del cultivo próximos a la hilera de árboles van a tener una mayor competencia y con ello una reducción en el crecimiento y la producción, sin embargo, en la mayoría de los casos es preferible establecerlo que dejarlo sin cultivar. En un cultivo como el maíz, generalmente espaciado de 0,7 a 1,0 m entre surcos, podría perfectamente mantenerse una población muy cercana a la del monocultivo, lo cual significa establecer el primer surco de maíz a 0,50 m de la hilera de árboles. En el caso de maíz espaciado a 0,7 m, la reducción de plantas de maíz por hectárea (dependiendo del espaciamiento entre hileras de árboles) podría tener una reducción de un 5 a 8%, lo cual es bastante razonable. En un cultivo

en callejones bien establecido (árboles con crecimiento adecuado), donde se cultiva maíz, generalmente este alcanza su floración sin ser superado (en altura) por el crecimiento de los rebrotes del árbol, lo cual indica que las plantas de maíz más próximas a las hileras de los árboles (0,5 m), aunque tienen competencia, logran alguna producción.

En el caso de cultivos como el frijol, donde el espaciamiento entre surcos es menor (0,4 m), es un poco más difícil mantener la población del monocultivo, sin embargo, la corta duración del ciclo (tres meses), permite que este finalice su crecimiento vegetativo cuando los rebrotes del árbol apenas inician su crecimiento, por lo tanto, se pueden establecer hileras de frijol tan cerca como 0,2 m de la hilera de árboles; con este manejo lograríamos mantener una población similar al monocultivo. Se debe tener presente que en ambos casos (maíz y frijol), este comportamiento del crecimiento del árbol con respecto al crecimiento del cultivo se logra cuando el período entre la poda del árbol y la siembra del cultivo es mínimo (por ejemplo una semana).

En ñampi (*Colocasia esculenta* var. *Antiquorum*), por ejemplo, se estableció a 1,0 m entre surcos y 0,33 m entre plantas, dejando 0,5 m desde la hilera de árboles. Con este espaciamiento se logró mantener la población de una plantación tipo monocultivo. (Jiménez *et al.* 1994).

Arreglo cronológico del sistema

En el manejo de este sistema agroforestal, es importante establecer un manejo cronológico que incluya básicamente el manejo de las podas y la siembra y cosecha del cultivo agrícola. A la hora de elaborar este cronograma se debe considerar el calendario agrícola para la región (obviamente el régimen climático) y las especies involucradas en el sistema. En el Cuadro 6, se incluye un ejemplo de alternativas de manejo para algunas condiciones ecológicas.

Cuadro 6. Arreglo cronológico según cultivo y época.

Alternativa por mes	MY	JU	JL	AG	ST	OC	NV	DC	EN	FB	MR	AB
A	P	C1	C1	CI	P	C2	C2	C2	P*	B	B	B
B	P	C1	C1	C1	C1	B	B	P	C2	C2	C2	B
C	P	C1	C1	C1	C1	P*	B	B	B	B	B	B

B= barbecho; C1= cultivo de primera; C2= cultivo de segunda;
P= Poda del árbol; P*= Poda opcional

Alternativa A

Se adapta a condiciones de trópico seco que permiten dos siembras de cultivo por año; generalmente una primera que es maíz y una segunda (postrera) que puede ser frijol, sorgo, ajonjolí, etc. Al finalizar esta siembra de segunda podrían podarse los árboles, si es que su biomasa se puede utilizar como forraje o leña; sin embargo, esto dejaría bastante desprotegido el suelo durante el barbecho y además podría deteriorar el árbol. La poda en este momento tiene la ventaja que reduce la posibilidad de que los árboles produzcan semillas y que su regeneración provoque problemas al siguiente ciclo de cultivo, como ha sucedido en el caso de la *Leucaena leucocephala*.

Alternativa B

Es la utilizada en condiciones del trópico húmedo, donde se realizan dos siembras de cultivo. Este arreglo deja la posibilidad de establecer períodos cortos de barbecho (dos meses) entre un ciclo de cultivo y otro, lo cual tiene la gran ventaja que le permite al árbol recuperarse y alcanzar una buena producción de biomasa. En este caso, los cultivos que más se utilizan son maíz y frijol, estableciéndose este cultivo en el período menos lluvioso.

Alternativa C

Esta es una alternativa donde se establece solo un ciclo de cultivo, generalmente para condiciones muy secas donde no permite la siembra de otro. Esta alternativa también es modificable a zonas húmedas cuando se establecen cultivos de ciclo más largo, como las aráceas o discóreas que duran entre siete y diez meses. En este caso se debe establecer un programa adicional de podas intermedias de manera que el árbol permita el crecimiento adecuado del cultivo agrícola.

Perspectivas para el cultivo en callejones en América Latina

Muchas publicaciones han criticado el sistema de cultivo en callejones por ser una tecnología desarrollada en estaciones experimentales y que ha tenido poca aceptación cuando fue introducida en los campos de los productores.

En su artículo, "Science in agroforestry" el Dr. Pedro Sánchez, director del ICRAF protestaba por el tiempo y dinero invertido en investigación en cultivo en callejones, no obstante, admitió que funcionaba en áreas de pendiente, en suelos fértiles, en sitios con lluvia adecuada, mano de obra disponible y una tenencia de tierra individual. En el mismo número de la revista, Current y Scherr encontraron que el cultivo en callejones es una de las tecnologías agroforestales más rentables y aceptables en los proyectos en América Central y el Caribe (Agroforestry Systems, 1995, Vol. 30 (1-2): 1.55 y 87-103).

Es probable que en América Central y el Caribe se han conjugado tres condiciones donde funciona el cultivo en callejones. Debido a que existe una alta proporción de suelos derivados de ceniza volcánica o de caliza y de tener un clima con una marcada época seca, los procesos de lixiviación ocurridos son menos intensos, al igual que en la zona Andina de América del Sur, donde se tienen suelos mucho más fértiles que los que se encuentran en la mayoría de las zonas del trópico de África y América del Sur. Además, en América Central a pesar de tener un periodo seco, durante el tiempo de los cultivos, la lluvia es relativamente abundante y no ocurre mucha competencia por agua entre los cultivos y los árboles. Existen otros factores que han contribuido a que el cultivo en callejones haya tenido un relativo éxito en América Central y el Caribe:

- El uso generalizado de frijol que se adapta mejor al cultivo en callejones que otros cultivos como maíz. También, cultivos que crecen y producen bien en condiciones de sombra de ñampi (*C. esculenta*) y tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*) (Jiménez *et al.*, 1997), son comunes en sistemas agroforestales de América Latina.
- El uso del cultivo en callejones fue introducido en muchos proyectos pequeños que trabajaron directamente con los productores. Así, el sistema fue modificado conforme las necesidades de los agricultores; no fue introducido como tecnología monolítica como frecuentemente se hizo en África.
- La tecnología fue introducida como una de conservación de suelos más que de producción. Entonces, los agricultores no tenían grandes expectativas en términos de rendimientos de los cultivos.

De alguna manera el cultivo en callejones ya existía en América Central. Entre los agricultores había una cierta tradición de sembrar cultivos anuales en los cafetales, especialmente los recién sembrados o después de podas profundas. Además, muchas de las especies utilizadas para sombra en café y cacao (*Erythrina* spp. y *Gliricidia sepium*) eran las mismas utilizadas en cultivo en callejones. Los agricultores de tradición maya no les gusta tener espacios vacíos, siempre asocian otros cultivos con el maíz. En plantaciones de cítricos es frecuente encontrar frijoles sembrados entre árboles. En muchos países de América Central existe una gran demanda de materiales para el cultivo de hortalizas. *Gliricidia sepium* y varias especies de *Erythrina* son muy utilizadas como soportes para cultivos como tomate (*Lycopersicon esculentum*), chile (*Capsicum annuum*) y chayote (*Sechium edule*).

Sin embargo, para tener éxito, el sistema tiene que adaptarse a las necesidades del agricultor, tanto en el manejo del terreno como los productos que puede obtener, las necesidades alimenticias y un adecuado nivel de vida. Es necesario pensar en cultivos y árboles de un alto valor comercial. El éxito de un sistema agroforestal depende tanto del valor de sus componentes como en su capacidad de

complementarse ecológicamente.

Bibliografía

- BENITES, J. R. 1990. Agroforestry systems with potential for acid soils of the humid tropics of Latin America and the Caribbean. *Forest Ecology and Management* 36: 81-101.
- DELGADILLO, R.; ALDUNATE, J.; ALVARADO, A. 1991. Situación de la Agroforestería en el Subtrópico Húmedo de la Región del Chapare, Bolivia. *In: T. J. Smyth; W. R. Raun; F. Bertsch (eds.). Manejo de Suelos Tropicales en Latinoamérica.* Raleigh, USA. North Caroline Universtiy. p. 257-263.
- DJOKOTO, R. K.; STEPHENS, D. 1962. Thirty long term experiments under continuous cropping in Ghana. I. Crop yields and responses to fertilizer and manures. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 39: 181-195
- FASSBENDER, H. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2a ed. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 530 p.
- FERNANDES, E. C. M. 1990. Alley cropping on acid soils. PhD. Thesis. Department of Soil Science. North Carolina State University. 157 p.
- GUEVARA, A. B. 1976. Management of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit for maximum yield and nitrogen contribution to intercropped corn. PhD Dissertation. University of Hawaii, Honolulu, HI.
- GHOSH, S. P.; MOHAN KUMAR, B.; KABEERATHUMMA, S.; NAIR, G. M. 1989. Productivity, soil fertility and erosion under cassava based agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 8: 67-82.
- HAGGAR, J. 1990. Nitrogen and Phosphorus dynamics of systems integrating trees and annual crops. Ph.D. dissertation. St. Johns College. University of Cambridge. 160 p.
- HAGGAR, J.; WARREN, G. P.; BEER, J. W.; KASS, D. 1991. Phosphorus availability under alley cropping and mulched and unmulched sole cropping systems in Costa Rica. *Plant and Soil* 137: 275-283.
- HEDLEY, M. J.; STEWART, J. W. B.; CHAUAHAN, B. S. 1982. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 64: 970-976.
- HERNANDEZ, I.; KASS, D. L.; CAMACHO, Y. 1993. Economic evaluation of alley farming maize-beans with *Erythrina poeppigiana* in Costa Rica, Central America. *In: B. T. Kang, A. O. Osiname; A. Larbi (eds.). Alley farming research and development. Proceedings.* IITA, Ibadan Nigeria. p. 472-479.
- INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. 1989. Resource and Crop Management Program. Annual Report 1987. IITA, Ibadan, Nigeria. 220 p.
- JAMA-ADAN. 1993. Soil fertility and productivity aspects of alley cropping with *Cassia siamea* and *Leucaena leucocephala* under semiarid conditions in Machacos, Kenya. Ph.D. dissertation. University of Florida, Gainesville.

- JIMENEZ, J. M. 1990. Análisis de crecimiento y fenología del maíz (*Zea mays* L. c.v. Tuxpeño) en un cultivo en callejones con poró (*Erythrina poeppigiana* Walpers, OF. Cook) plantado en cuatro arreglos espaciales. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 124 p.
- JIMENEZ, J. M.; VIQUEZ, E.; KASS, D.; OÑORO, P. 1991. Analysis of the growth and phenology of corn (*Zea mays*) associated with mountain immortal (*Erythrina poeppigiana* Walpers, OF. Cook) at different tree densities. In: Proceedings of the Third International Windbreaks and Agroforestry Symposium. Bridgetown, Ontario, Canada. p. 166-169.
- JIMENEZ, J. M.; OÑORO, P.; VIQUEZ, E. 1997. Producción de ñampi (*Colocasia esculenta* var. antiquorum) y maíz (*Zea mays* L.) en asocio con *Erythrina fusca* y *Calliandra calothyrsus*. Agroforestería en las Américas 4 (14): 6-10.
- JURION, F.; HENRY, J. 1969. Can primitive farming be modernized? Bruxelles, Institute National pour l'Etude Agronomique du Congo. 445 p.
- KANG, B. T. 1993. Alley cropping: past achievements and future directions. *Agroforestry Systems* 23:141-156.
- KANG, B. T.; WILSON, G.F.; SIPKENS, L. 1981. Alley cropping maize (*Zea mays* L.) and *Leucaena leucocephala* Lam. in Southern Nigeria. *Plant and Soil* 63:165-179.
- KANG, B. T.; WILSON, G. F.; LAWSON, T. L. 1984. Alley cropping, a stable alternative to shifting cultivation. International Institute for Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 22 p.
- KANG, B. T.; GRIME, H.; LAWSON, T.L. 1985. Alley cropping sequentially cropped maize and cowpea with leucaena on a sandy soil in Southern Nigeria. *Plant Soil* 85: 267-277.
- KANG, B. T.; WILSON, G.F. 1987. The development of alley cropping as a promising agroforestry technology. In: H. A. Steppeler and P. K. R. Nair (eds.) *Agroforestry: a decade of development*. International Council for Research in Agroforestry. Nairobi. p. 227-244.
- KANG, B. T.; REYNOLDS, L.; ATTA-KRAH, A. N. 1989. Alley farming. *Advances in Agronomy* 43: 315-359.
- KASS, D. C. L. 1987. Alley cropping of food with woody legumes in Costa Rica. In: J. Beer; H. Fassbender; J. Heuvelodop (eds.). *Advances in Agroforestry Research*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p.197-208.
- KASS, D. L.; BARRANTES, A.; BERMUDEZ, W.; CAMPOS, W.; JIMENEZ, J.; SANCHEZ, J. 1989. Resultados de seis años de investigación de cultivo en callejones (alley cropping) en "La Montaña". CATIE, Turrialba, Costa Rica. *El Chasqui* 19: 5-14.
- KASS, D. L.; ARAYA, J. F. 1987. Alley cropping with *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. on farmers fields in Costa Rica. In: *Gliricidia sepium* management an improvement, Nitrogen Fixing Tree Association Special Publication 87-01: 50-58.

- LAL, R. 1989a. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical Alfisol. I. Soil moisture and crop yield. *Agroforestry Systems* 8: 7-29.
- LAL, R. 1989b. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical Alfisol. III. Changes in soil chemical properties. *Agroforestry Systems* 8: 113-132.
- LAL, R. 1989c. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical Alfisol. IV. Changes in soil physical and mechanical properties. *Agroforestry Systems* 8: 192-215.
- LAL, R. 1989d. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical Alfisol. V. Water infiltrability, transmissivity and soil water sorptivity. *Agroforestry Systems* 8: 217-238.
- LEBEUF, T. 1993. Sistemas agroforestales con *Erythrina fusca* y su efecto sobre la pérdida de suelo y la escorrentía superficial en tierras de ladera, San Juan Sur, Turrialba Costa Rica. *In: Erythrina in the New and Old Worlds. Nitrogen Fixing Trees Association, Hawaii.* p. 333-343.
- MAZZARINO, M. J.; SZOTT, L.; JIMENEZ, M. 1993. Dynamics of soil total C and N, microbial biomass and water-soluble C in tropical agroecosystems. *Soil Biology & Biochemistry* 25: 205-214.
- NAIR, P. K. R. 1990. The promise and prospects of agroforestry in the tropics, a review of the technical and socioeconomic information with special emphasis to Africa. Report to the World Bank, DC. 12 p.
- NAIR, P. K. R. 1993. *An Introduction to Agroforestry.* Dordcht, The Netherlands, Kluwer Academic, 499 p.
- NEWTON, K. 1960. Shifting cultivation and crop rotation in the tropics. *Papua and New Guinea Agricultural Journal* 13 (3): 79-118.
- NYE, P. H. 1952. Studies on the fertility of Gold Coast Soils. Pt. IV. The potassium and calcium status of the soils and the effects of mulch and Kraal manure. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 20: 226-233.
- ONG, C. K.; COLETT, J. E.; SINGH, R. P.; BLACK, C. R. 1991. Above and below ground. *Forest Ecology and Management* 45: 45-57.
- PALM, C. A. SANCHEZ, P. A. 1990. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves on three tropical legumes. *Biotropica* 22: 330-338.
- PANIAGUA, A. 1992. Metodología de fraccionamiento del fósforo del suelo en un sistema de cultivo en callejones. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 111 p.
- RAINTREE, J. B.; WARNER, K. 1986. Agroforestry pathways for intensification of shifting agriculture. *Agroforestry Systems* 4: 39-54.
- RIPPIN, M. M.; HAGGAR, J. P.; KASS, D. L.; KOPKE, U. 1994. Alley cropping and mulching with *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O. F. Cook and *Glinicida sepium* (Jacq.) Walp. Effects on maize/weed competition. *Agroforestry Systems* 25: 119-134.

- SALAZAR, A. 1991. Cultivo en callejones, algunos resultado de investigación en Yurimaguas, Cuenca Amazónica del Perú. *In: T. J. Smyth, W. R. Raun y F. Bertsch (eds.). Manejo de suelos tropicales en Latinoamérica.* Soil Science Dept. North Carolina State University, Raleigh. p. 674-677.
- SALAZAR; SZOTT, L. T.; PALM, C. A. 1993. Crop-tree interactions in alley cropping systems on alluvial soils of the Upper Amazon Basin. *Agroforestry Systems* 22: 67-82.
- SANCHEZ, J. F. 1989. Análisis de la estabilidad y dinámica de sistemas de producción en cultivos en callejones. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 174 p.
- SANCHEZ, P. A. 1987. Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. *In: H. A. Steppler and P. K. R Nair (eds.). Agroforestry: a decade of development.* International Council for Research in Agroforestry, Nairobi. p. 206-223.
- SINGH, R. P.; ONG, C. K.; SAHARAN, N. 1990. Above and below ground interactions in alley-cropping in semiarid India. *Agroforestry Systems* 9: 259-274.
- SOTO PINTO, L. L.; SZOTT, L. T.; KASS, D. L. 1993. Dynamics efficiency of nutrient use in crops amended with *Erythrina*. *In: Erythrina in the New and Old Worlds.* Nitrogen Fixing Trees Association, Hawaii. p. 136-146.
- SSEKABEMBE, C. K. 1985. Perspectives on hedgerow intercropping. *Agroforestry Systems* 3: 339-356.
- SZOTT, L. T. 1987. Improving the productivity of shifting cultivation in the Amazon Basin of Peru through the use of leguminous vegetation. Ph.D. dissertation, Soil Science Dept., North Carolina State University, Raleigh, N.C. 168 p.
- SZOTT, C. R.; PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. 1991a. Agroforestry on acid soils of the humid tropics. *Advances in Agronomy* 45: 275-300.
- SZOTT, C. R.; FERNANDES, E. C. M.; SANCHEZ, P. A. 1991b. Soil plant interactions in agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*.
- VEGA, L. E.; van EIJK-BOS; MORENO, L. A. 1987. Alley cropping with *G. sepium* (Jacq.) Walp. ("Mata Ratón") and its effects on soil losses on hillslopes in Uraba, Colombia. s.n.t.
- YAMAOAH, C. F.; AGBOOLA, A. A.; WILSON, G. F. 1986. Nutrient contribution and maize performance in alley cropping systems. *Agroforestry Systems* 4: 247-254.
- YAMAOAH, C. F.; AGBOOLA, A. A.; WILSON, G. F.; MULONGOY, R. 1986. Soil properties affected by the use of leguminous shrubs for alley cropping with maize. *Agriculture, Ecosystems an Environment* 18: 167-177.
- YOUNG, A. 1989. Agroforestry for soil conservation. CAB International, Exeter, UK 275 p.