

Universidad Autónoma Chapingo

Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible



Cultivo en callejones con frijol de árbol [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] y maíz (*Zea mays* L.) en el trópico húmedo del Estado de Veracruz: análisis del rendimiento de grano y fertilidad del suelo.

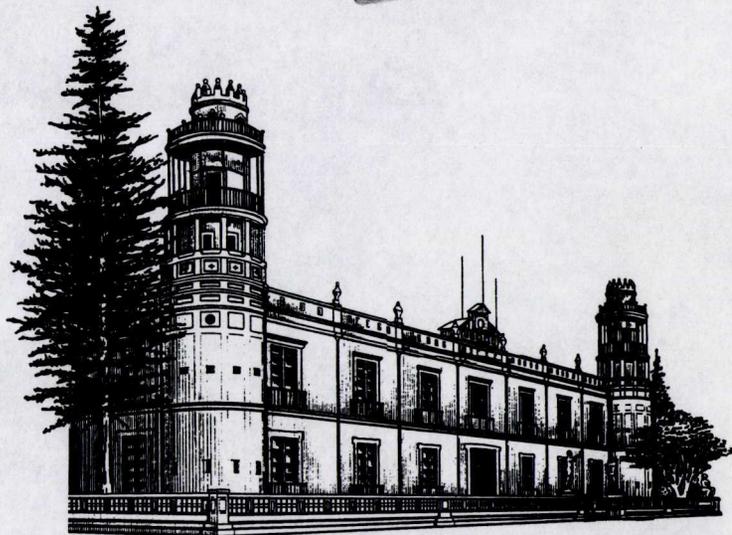
DIRECCION ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

TESIS PROFESIONAL

Que como requisito parcial para obtener el grado de
**Maestro en Ciencias en
Agroforestería para el Desarrollo Sostenible**

PRESENTA

Miguel Ángel Morán Valente



CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, MAYO DE 1999

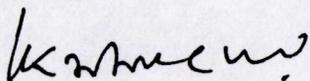
901871

CULTIVO EN CALLEJONES CON FRIJOL DE ÁRBOL Y MAÍZ EN EL TRÓPICO HÚMEDO DEL ESTADO DE VERACRUZ: análisis del rendimiento de grano y fertilidad del suelo.

Tesis de Maestría en Ciencias realizada por *Miguel Ángel Morán Valente* y con la dirección del siguiente Comité Asesor, la cual fue aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

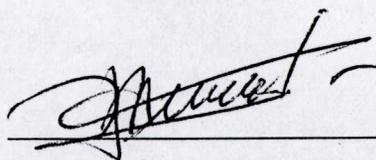
**Maestro en Ciencias en
Agroforestería para el Desarrollo Sostenible**

DIRECTOR



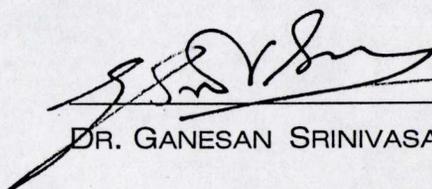
DR. L. KRISHNAMURTHY

ASESOR



DR. RUBÉN PUENTES S.

ASESOR



DR. GANESAN SRINIVASAN

34223

Chapingo, Edo. de México; 30 de abril de 1999.

CULTIVO EN CALLEJONES CON FRIJOL DE ÁRBOL Y MAÍZ EN EL TRÓPICO HÚMEDO DEL ESTADO DE VERACRUZ: análisis del rendimiento de grano y fertilidad del suelo.

El Jurado que revisó y aprobó el examen de grado de *Miguel Ángel Morán Valente*, autor de la presente Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible estuvo constituido por las siguientes personas:

PRESIDENTE



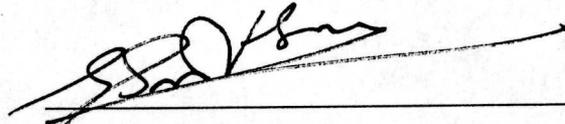
DR. L. KRISHNAMURTHY

ASESOR



DR. RUBÉN PUENTES S.

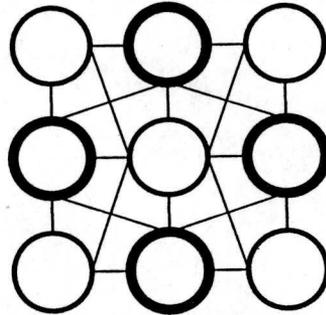
ASESOR



DR. GANESAN SRINIVASAN

Chapingo, Edo. de México; 30 de abril de 1999.

A ti que buscas y buscas...
te voy a decir el secreto de la vida:
siempre hay algo que no se puede
conocer,
pero que sin embargo ahí está y así es.



La Verdad no se encuentra en fórmulas, ni en cifras, ni tampoco en nombres, ni en símbolos, ni en teorías, ni en palabras, ni en *slogans*, ni en etiquetas, ni en convencionalismos, ni en distingos. Tampoco suele encontrarse la Verdad en estadísticas, ni en la lógica, ni en abstracciones. La Verdad es cambiante. La Verdad puede ser relativa. La Verdad es concreta y, sin embargo, incommensurable. La Verdad es algo que, en realidad haces tú. La Verdad se expresa mejor en el silencio y exige lo que constituye el más formidable logro del espíritu humano: una mente abierta y un corazón audaz. Su claridad no necesita ser matizada a base de cortesía, ni a base de modos culturales de expresión. La Verdad es encubierta a veces por la veracidad y a veces revelada por la mentira, pero siempre tiene sus riesgos.

Anthony de Mello, S.J. 1988.
La oración de la rana

Agradecimientos

Este trabajo me ha sido posible realizarlo gracias a un multidisciplinario y singular apoyo recibido por las siguientes personas e instituciones:

- Universidad Autónoma Chapingo, por refugiarme en sus vigorosos y callados árboles del conocimiento; por abrirme nuevos senderos y propósitos profesionales ante la madre Tierra. Muchas gracias.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por apoyarme durante 15 meses con una valiosa beca económica que me permitió substancialmente realizar la presente maestría. Muchas gracias.
- Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible A. C. por compartirme un espacio y condiciones para trabajar.
- Dr. L. Krishnamurthy, una persona que aprecio por ser como es y por su paciencia y amistad hasta en los tiempos difíciles, eso me ha ayudado a crecer como persona y a concluir mis estudios de maestría. Gracias.
- Dr. Rubén Puentes, por sus consejos en la planeación del proyecto, por su amistad espontánea y por su inestimable apoyo para alentar y financiar a través de la Fundación Rockefeller este tipo de investigaciones.
- Dr. Ganesan Srinivasan, por proporcionarme la semilla de maíz procedente del CIMMYT, por su amistad y por sus observaciones.
- Dr. Vicente Espinosa Hernández, por sus valiosas sugerencias en particular para mejorar la metodología y por sus agudos consejos en general.
- Dr. Ronald Ferrera Cerrato, por sus orientaciones en la definición de la metodología y tips para comprender la vida dormida en el suelo.
- Dr. Jesús Axayácatl Cuevas Sánchez y Edgardo Escalante R por sus consejos generales que me motivaban a continuar siempre adelante.
- Amigo y colega Ing. Arturo Peralta Solares, por su desinteresado apoyo logístico de toda índole en el trabajo experimental de campo, por su práctica amenidad y por su hospitalidad.
- A mis amigos de grata experiencia profesional M. C. Ramiro Hernández Escobar y M. C. Ariel Buendía Nieto porque nos unen experiencias profesionales y por sus juegos de palabra, prácticos y oportunos.
- Luis Rivera Morales "Huicho" un gran técnico de campo que trabaja con gusto, con paciencia y responsabilidad.
- Ing. Alberto Baez Díaz de la Compañía Azucarera Independencia S.A. de C.V. por los datos meteorológicos.
- Sras. Ma. Virginia Dehesa, Yildiz Almaráz, Norma Almaráz, Alejandra Mendoza, Lolita Coronel, Rocío, por todas sus amabilidades para facilitarme la resolución de importantes detalles académico-administrativos del ambiente universitario.
- Maestro Jorge Francisco Curtis por su grata amistad sin tiempo ni espacio.
- Ing. Carolina Camacho por su motivación profesional y amistad tan singular.

Dedicatoria

La pequeña experiencia revelada en este trabajo se la dedico humildemente:

- A la memoria de **José María**, mi angelito, que me ha enseñado el misterio callado del amor, la prudencia, el milagro de la vida y su plenitud.
- A mi esposa y encanto María Borbolla Castro, por su amor, por su amor y por su amor.
- A mis padres Carlos Morán Cuevas y Reyna Valente Luna, por enseñarme a amar la libertad y por el amor de siempre. Gracias por dejarme hacer y por su paciencia.
- A mi hermano Carlos, por sus atinados consejos, por disfrutar de su familia y por su hermosa sonrisa.
- A mi hermana Marlenne, por su entendimiento, confianza y por que da los primeros pasos viviendo uno de sus mejores sueños.
- A mis abuelos Fernando Valente Molina y Adulfa Luna Vital, Fortino Morán Ávila e Isabel Cuevas García, simplemente por ser mis abuelos y por sus profundas raíces de trabajo y amor fincados en la Tierra. Estoy feliz de poder abrazarlos en su hogar.
- A mis primos y hermanos que se deleitan con la vida y se preparan: Sergio, Marco Antonio, Alejandro, Evert, Jovana, Cristian, José, Andreli, Itha Yadid, Goben, Laurita, Fernando, Sadot, Magali, Magdalena, Víctor, Esperanza, Veronica, Alejandra, Laura, Natividad, Ana Cristina, Paulina.
- A todos mis amigos de infancia, juventud y madurez hoy en día, así como a mis queridos maestros que comparten lo mejor de sí para hacerme encontrar con el gozo de los chispazos de la comprensión y el conocimiento, pero que apenas empiezo y creo que nunca terminaré.
- Y especialmente a las personas que se entusiasman, aman y trabajan realmente con la agroforestería para acceder a un mejor hogar de la vida: nuestro singular planeta. Ojalá que la presente investigación les aporte buenos frutos y sirva al menos para cometer menos errores.

Contenido

Agradecimientos	<i>i</i>
Dedicatoria	<i>ii</i>
Índice de cuadros	<i>vi</i>
Índice de figuras	<i>viii</i>
Autobiografía	<i>x</i>
Resumen	<i>xii</i>
Abstract	<i>xiv</i>
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ESTRATEGIA DE DESARROLLO AGRÍCOLA EN MÉXICO	2
1.2. CULTIVO EN CALLEJONES	5
1.2.1. Antecedentes	7
1.2.2. Relaciones de nutrientes	7
1.2.3. Efectos en las propiedades del suelo	9
1.2.4. Efectos en los rendimientos de cultivo	10
1.2.5. Direcciones de la investigación en cultivos en callejones	13
1.3. POTENCIAL DE LOS CULTIVOS EN CALLEJONES EN MÉXICO	15
1.3.1. Resumen del potencial de los cultivos en callejones	39
1.4. POTENCIALIDADES Y USOS DEL FRIJOL DE ÁRBOL	40
1.4.1. Alimento humano	41
1.4.2. Forraje	42
1.4.3. Leña	44
1.4.4. Mejorador de la fertilidad del suelo	44
1.4.5. Otros usos	45
1.5. MAÍZ	46
1.5.1. Importancia socioeconómica	46
1.5.2. Importancia mundial del maíz	48
1.5.3. Importancia nacional del maíz	49
1.5.4. El maíz en el Estado de Veracruz	52

1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	54
1.7. OBJETIVO GENERAL	54
1.7.1. Objetivos particulares	54
1.8. HIPÓTESIS GENERAL	55
1.8.1. Hipótesis particulares	55
1.9. BENEFICIOS ESPERADOS	56
Capítulo II	57
2. MATERIALES Y MÉTODOS	57
2.1. LOCALIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL	57
2.2. MATERIALES UTILIZADOS	58
2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL	58
2.4. TRATAMIENTOS	58
2.5. VARIABLES A MEDIR	60
2.6. MUESTREO DE SUELOS	60
2.7. MUESTRAS DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	61
2.8. SIEMBRA DE MAÍZ Y FRIJOL DE ÁRBOL	61
2.9. PODA DE FOLLAJE	62
2.10. TOMA DE MUESTRAS DE VAINAS DE FRIJOL Y FENOLOGÍA	62
2.11. TOMA DE MUESTRAS DE MAÍZ Y SU FENOLOGÍA	63
Capítulo III	64
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
3.1. SOBRE LA UNIFORMIDAD BUSCADA EN EL ENSAYO EXPERIMENTAL	64
3.2. VARIACIONES	65
3.3. RENDIMIENTO DEL FRIJOL DE ÁRBOL	66
3.4. RENDIMIENTOS DEL MAÍZ	69
3.5. COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DEL CULTIVO DEL MAÍZ	74
3.6. VARIABLES EDÁFICAS	79
3.7. PLAGAS Y ENFERMEDADES	83
Capítulo IV	86
4. CONCLUSIONES	86
5. RECOMENDACIONES	88
Anexo 1: Maíz	90
Anexo 2: Frijol de árbol	101

Anexo 3: Condiciones biofísicas del sitio experimental	109
Anexo 4: Análisis de suelos	120
Anexo 5: Diseño -Croquis	124
Anexo 6: Siglas	125
Referencias bibliográficas	126
Breve reseña de los miembros del jurado	139

Indice de Cuadros

Núm. cuadro		página
1	Consumo del grano de maíz en México.	2
2	Producción nacional y dependencia alimentaria de maíz en México.	3
3	Superficie y causas de la degradación del suelo provocada por el hombre en América Latina desde 1945.	16
4	Logros más relevantes, funciones y servicios, así como las principales combinaciones de especies leñosas comúnmente usadas con cultivos anuales, en la tecnología agroforestal de cultivos en callejones en los últimos quince años a escala mundial.	18
5	Contenido de vitaminas y minerales del frijol de árbol.	42
6	Calidad proteica de maíces blancos y amarillos.	46
7	Valor nutritivo del maíz	47
8	Consumo mundial de maíz, año comercial (septiembre-agosto).	48
9	Importación nacional de maíz en el primer trimestre de 1999.	51
10	Panorama nacional de la producción y el comercio de maíz	51
11	El estado general de la producción de maíz en el Edo. de Veracruz.	52
12	Comportamiento del cultivo de maíz en el estado de Veracruz en el periodo de 1983 a 1997.	53
12a	Comportamiento del cultivo de maíz en el estado de Veracruz en el año agrícola 1997	
13	Rendimiento promedio del frijol de árbol en cada uno de los tratamientos	67
14	Resumen fenológico de las características agronómicas del genotipo de frijol de árbol	68
15	Contenido de nutrientes del <i>C. cajan</i> . Analizados en brotes tiernos (tallo con hojas).	68
15	Comparación del rendimiento del maíz en sus dos formas de manejo: tratamiento con poda y sin poda.	69
16	Resumen del rendimiento promedio de los tres genotipos de maíz para cada uno de los tratamientos	71
17	Comparación del beneficio neto económico entre los genotipos en intercultivo con el frijol de árbol	72
18	Resumen del análisis comparativo de las variables agronómicas mejor observadas durante el ciclo de cultivo entre los tres genotipos de maíz del experimento.	74
19	Resumen analítico de la comparación de factores agronómicos adversos, registrados durante el ciclo de cultivo entre los tres genotipos de maíz del experimento.	75
20	Análisis comparativo de los beneficios (productos y servicios) que se pueden obtener en la parcela, con cada uno de los manejos del sistema de cultivo en callejones maíz - frijol de árbol.	76

21	Balance económico promedio del maíz y del frijol de árbol por tecnología agrícola de manejo	77
22	Clasificación taxonómica del maíz.	90
23	Usos no alimenticios del maíz	92
24	Comparación de la producción mundial de los tres principales cereales de primerísima importancia en la alimentación humana.	93
25	Producción de algunos productos y subproductos derivados del maíz	93
26	Importaciones derivadas del maíz	
Tablas	Resultados de producción de maíz en el experimento	95-100
27	Resultados de las plantas cosechadas y del rendimiento del frijol de árbol	106
28	Contenido de elementos minerales en brotes tiernos del frijol de árbol	106
Tablas	Tablas de información meteorológica detallada	113-119
29	Comportamiento de la estructura del suelo	121
Tablas	Resultados generales obtenidos en las muestras de suelos	122-123

Indice de Figuras

Número de figura		página
1	Cultivo en callejones: para conservar y mejorar las propiedades del suelo: <i>Melia azedarach</i> , <i>Cedrela odorata</i> y <i>Mucuna</i> spp. en la estación experimental de agroforestería en Martínez de la Torre, Veracruz	6
2	En México, muchos de los cultivos anuales se cultivan en terrenos con una pendiente mayor al 4%.	17
3	Seto de plantas de frijol de árbol (<i>Cajanus cajan</i>) en el experimento.	41
4	México es el nicho ecológico más importante en el mundo para proteger y rescatar la diversidad biológica del maíz	47
5	Cinteotl, señor del maíz para los antiguos mexicanos	49
6	Lugar del ensayo: Campo Agroforestal Experimental Ixtacuaco	57
7	Efectos adversos de la sequía en el intercultivo del maíz en callejones de frijol de árbol	65
8	Aspecto de una calle del intercultivo maíz con el frijol de árbol a mitad del ciclo	66
9	Vainas secas de frijol de árbol en el ensayo, listas para ser cosechadas.	68
10	Dobla del cultivo de maíz en una calle sin poda de frijol de árbol	73
11	De la poda frecuente de los tallos del frijol de árbol podemos obtener buena leña entre otros beneficios e incorporar el follaje a la parcela para incrementar el contenido de materia orgánica y mejorar	79
12	Plagas y enfermedades del cultivo de maíz que se hicieron presentes durante el ensayo experimental durante sus diferentes etapas fenológicas	83
13	Ataque de pájaros al fruto del maíz	84
14	Plagas y enfermedades del cultivo de frijol de árbol que se hicieron presentes durante el ensayo experimental en las diferentes etapas fenológicas	85
15	Planta del frijol de árbol de 18 meses de edad, acamada por la infección en las raíces del nemátodo <i>Meloidogyne incognita</i>	85
16	Dibujo del frijol de árbol	103

Indice de Gráficas

Número de gráfica		página
1	Rendimiento total de grano de un ciclo de cultivo (un año) del frijol de árbol.	67
2	Representación del promedio del rendimiento de grano del maíz de los tres tipos de maíz (sin considerar específicamente el genotipo al cual pertenecen cada uno) en cada tratamiento.	70
3	Promedio de rendimiento final para el grano de maíz	71
4	Comportamiento del pH del suelo, al inicio y al final del ensayo del cultivo en callejones con frijol de árbol y maíz	80
5	Comportamiento de la materia orgánica del suelo, al inicio y al final del ensayo del cultivo en callejones con frijol de árbol y maíz	81
6	Comportamiento del Nitrógeno total del suelo, al inicio y al final del ensayo del cultivo en callejones con frijol de árbol y maíz	82
7	Contenido de nutrientes del <i>C. cajan</i> . Analizados en brotes tiernos (tallos con hojas).	107
8	Contenido de micronutrientes del <i>C. cajan</i> . Analizados en brotes tiernos (tallos con hojas).	107
9	Comportamiento promedio de la precipitación pluvial durante el ciclo de cultivo del maíz y una comparación con varios años atrás.	110
10	Comportamiento promedio de la temperatura durante el ciclo de cultivo del maíz.	110
11	Comportamiento promedio de la evaporación durante el ciclo de cultivo del maíz.	111
12	Comportamiento promedio de la humedad relativa durante el ciclo de cultivo del maíz.	111
13	Comportamiento de la estructura del suelo	121

Autobiografía

Miguelángel Morán Valente

Donde se abrazan el mar y la tierra están las raíces de mi árbol genealógico, espacio singular que me arrebató del silencio a la luz de esta frágil pero hermosa nave planetaria. Nací en San Marcos, Guerrero, México. Mi infancia la viví llena de curiosidad y sorpresas, bajo el abrigo de un sol brillante, preciosas visiones nocturnas y cómodos guaraches que me llevaron de pueblo en pueblo por la Región de Tierra Caliente —de Michoacán y de Guerrero—, ese tiempo lo viví plazeramente jugando entre bajiales abrigados de verdes milpas, del río Balsas, las huertas de mango, coco, y abundantes melones, el ganado, la leche bronca y el agradable olor del estiércol y sobre todo, correteando con guaches que como principal fortuna dispersa aún son mis amigos, unos profesionales y otros más campiranos. Luego, no muy tarde mi padre me ayudó a descubrir mi destino: ingresé a la Universidad en 1985.

Egresé en 1992 de la Universidad Autónoma Chapingo como Ingeniero agrónomo especialista en Fitotecnia. Gocé de la experiencia de ser un inquieto estudiante y de aprender de los viajes por toda la República Mexicana, conociendo a bellas personas llenas de esperanza entregadas y ocupadas en hacer producir con su sudor a la madre tierra.

He colaborado por convicción con el Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible y con su prestigiado líder el Dr. L. Krishnamurthy desde su nacimiento en 1992 hasta hoy en día.

Siento una loable responsabilidad ante el mundo que me rodea por la incipiente y al mismo tiempo antigua disciplina que he abrazado: la *Agroforestería*, para ella realmente es mi esfuerzo y mi trabajo profesional, sin embargo, apenas he traspasado la puerta del primer sendero y percibo lo agreste y la largura del camino que tengo que andar y desandar. Ahora bien, es el tiempo de dar ese salto del forjamiento académico que va templando al joven estudiante hacia la acción viva; es mi deseo alentar la educación y la sólida comprensión que sustentan a la Agroforestería desde los ranchos y las parcelas con investigación participativa, desde esas tierras donde en verdad se convive con la necesidad, el ingenio empírico y el orden, con las leyes de la naturaleza y con esos seres discretos que por siglos nos han proveído de víveres en la ciudad, ellos son los campesinos y agricultores, hacedores y usuarios de la Agroforestería. Mi propósito no será nada fácil, pero sí muy digno de emprender con la voluntad de todos y cada uno de los que en ella, de algún modo, estamos sembrando. Mucho depende el buen orden y la armonía del planeta, mi único hogar común, de la forma en que usted y yo emprendamos y ejecutemos estos proyectos de trabajo específicos que son nuestra mejor voluntad. Con inteligencia, tenacidad y pasión transformemos esas invisibles ideas aunque sea en pequeños nichos de árboles - plantaciones y montes vigorosos, donde se puedan saludar el armadillo, la iguana, todas las aves, las aguas transparentes y los rostros claros del cielo con el buen vivir de la familia y sus niños y ancianos felices.

Chapingo, Estado de México; mayo de 1999.

El descubrimiento del maíz (Mitología Náhuatl)

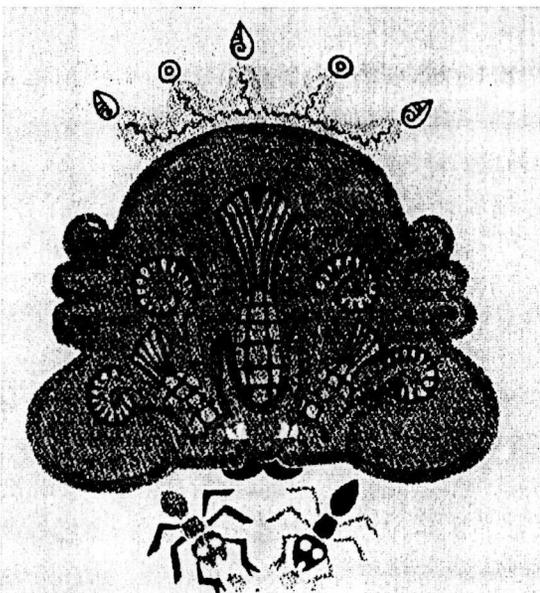
Terminada la creación de la humanidad, un nuevo problema atormentaba a los dioses. ¿Qué iban a comer los hombres? ¿Cómo iban a alimentarlos? Y se preguntaban entre sí cómo harían para darles el maíz, el alimento más precioso.

El maíz desgranado estaba escondido en un lugar que nadie conocía, *el Monte del Maíz*. Solamente las hormigas conocían su escondite, y por más que lo habían intentado, ninguno de los dioses había podido descubrirlo.

Y sucedió que un día una hormiguita roja iba hacia el Monte a buscar granos de maíz. Cuando regresaba, *Serpiente Emplumada* (Quetzalcóatl) la encontró por el camino y al verla tan cargada de granos, le preguntó: — ¿Dónde fuiste a buscar el maíz? Dímelo hormiguita; los hombres se mueren de hambre y tenemos que darles de comer. Pero la hormiguita no quería decírselo y *Serpiente Emplumada* seguía preguntando por el escondite. Al fin, conmovida por las súplicas

del dios y porque tenía que llevar su carga de maíz, la hormiga señaló con una antena y le dijo: —¿Ves aquel monte que se ve a lo lejos? Pues allí es donde se guarda el maíz. Pero no vas a poder entrar, porque sólo hay un huequito por donde nada más cabemos las hormigas. —No importa.

Llévame hasta allí, que yo veré la manera de entrar. Y por arte de magia, ante los ojos asombrados de la hormiguita roja, *Serpiente Emplumada* se transformó en hormiga negra. Y salieron los dos andando. La hormiguita roja iba delante, guiando a *Serpiente Emplumada* a través de caminos llenos de piedras y espinas, hasta que llegaron al *Monte del Maíz*.



Cuando se detuvieron, el dios, convertido en hormiga, pudo entrar por el huequito y comenzó a robar granos de maíz. Los sacaba del interior del Monte, y con la ayuda de la hormiguita roja los fue apilando hasta que tuvo una gran cantidad.

Terminado el saqueo, el dios hizo un atado con el maíz y lo llevó sobre sus espaldas hasta donde se encontraban los dioses, no sin antes agradecerle a la hormiguita roja su valiosa ayuda.

Todos los dioses comieron abundantemente y hubo fiestas y alegrías.

Después dieron de comer a los hombres para que se hicieran fuertes y hermosos.

Sin embargo, todos se preguntaban cómo harían para poder traer el *Monte del Maíz*. *Serpiente Emplumada*, viendo que el Monte no quería venir, decidió enlazarlo y después tratar de arrastrarlo. Pero el Monte estaba muy pesado de tanto maíz que tenía dentro, y no pudo jalarlo a pesar de los esfuerzos que hizo.

Una de las diosas, viéndolo pasar tantos trabajos, tuvo una buena idea. Se dijo: "Si lanzamos un rayo, entonces se partirá el *Monte del Maíz*, y así todos, los dioses y los hombres, tendremos siempre el alimento que necesitamos."

Fueron los dos a hablar con el Dios de la Lluvia (Tlaloc) y éste hizo que lloviera sobre la tierra. La lluvia cayo por todas partes ablandando hasta las piedras más duras; entonces el dios lanzó un rayo y abrió en dos el *Monte del Maíz*.

¡Qué alegría tan grande para todos! Habían logrado su propósito. Fue entonces que los dioses robaron el Monte. Robaron el maíz azul, el rojo, el amarillo, el blanco, y otros alimentos como los frijoles, los bledos y diversas especies de semillas.

Fue de esta manera que robaron el alimento para los hombres. Fue así que *Serpiente Emplumada*, el dios protector de los hombres, descubrió el maíz y los dioses lo robaron para dar de comer a la humanidad.

Resumen

Cultivo en callejones con frijol de árbol [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] y maíz (*Zea mays* L.) en el trópico húmedo del estado de Veracruz: análisis del rendimiento de grano y fertilidad del suelo.

Miguelángel Morán Valente
(Bajo la dirección de L. Krishnamurthy)

La investigación se realizó en 1998 en la Estación Experimental Agroforestal Ixtacuaco, del Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, ubicada a 5 km de la ciudad de Martínez de la Torre en el estado de Veracruz, México; con el propósito de contribuir en el diseño y manejo apropiado de la tecnología de cultivo en callejones entre el frijol de árbol (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) y el maíz (*Zea mays* L.).

Las características biofísicas del lugar donde se estableció el ensayo fueron las siguientes: el suelo Inceptisol; el clima tropical lluvioso (Amwg) con una precipitación promedio anual de 1609 mm, aunque, durante el ciclo de cultivo del maíz -fase del experimento- (temporal de otoño-invierno) comprendido de enero a julio de 1998 sólo precipitaron 459mm, cantidad insuficiente y mal distribuida fenológicamente; la temperatura media anual de 27°C y la altitud de 100msnm. En julio de 1996 se establecieron 16 calles de 45m de largo de frijol de árbol a una distancia de 3m x 1m (3,000 plantas ha⁻¹). Luego, en enero de 1998 se aleatorizaron unidades experimentales de 3m x 15m, sembrándose al interior de las calles de la leguminosa 3 surcos de maíz de cada genotipo a una densidad de 22mil plantas ha⁻¹, —el criollo correspondió al genotipo tuxpeño, nativo de la región (de 3m de altura), la variedad TL-95B 6401 Poza Rica-9422 (2.1m de altura), así como el híbrido TL-96A 1551 1x2 (CML-247 x CML-254)(1.8m de altura) —estos dos últimos genotipos procedentes del CIMMYT—.

Los tratamientos fueron tres: a) poda de ramas del frijol de árbol dejando las hileras a una altura de 1m (4,000 kg de biomasa seca ha⁻¹) los residuos se incorporaron como cubierta vegetal al suelo de las calles seleccionadas; este manejo se hizo un mes antes de la siembra del maíz; b) calles sin poda y d) calles control o monocultivo de cada uno de los genotipos de maíz y del frijol de árbol. Cada parcela tuvo 7 repeticiones. Las variables a valorar fueron: el

rendimiento de grano del maíz y del frijol de árbol y los cambios en la fertilidad del suelo en cuanto al pH, M.O. y N.

Los resultados de rendimiento de grano de maíz: para los tres genotipos en el tratamiento de poda e incorporación de biomasa fueron: 1878, 1592 y 1432kg ha⁻¹ de criollo, híbrido y variedad respectivamente, resultados seguidos por el tratamiento control con 1508, 1625 y 1239kg ha⁻¹ en el mismo orden; los rendimientos obtenidos en el tratamiento sin poda fueron los más bajos de todo el experimento para el criollo 1116, híbrido 1447 y variedad 1206kg ha⁻¹. Mientras que para el frijol de árbol se obtuvieron 758, 896 y 1586kg ha⁻¹ en los tratamientos con poda, sin poda y control respectivamente. Si sumamos la producción total de grano de ambas especies en el tratamiento de manejo con poda el maíz criollo resulta mejor en un 10.8% con respecto al híbrido y en 16.9% con respecto a la variedad. Mientras que el genotipo de maíz híbrido en el tratamiento de manejo sin poda resulta ser el más productivo en un 10.3% con respecto a la variedad y en un 14.2% con respecto al criollo. Esto podría explicarse por la variabilidad en el porte de altura que tienen cada uno, la poda del frijol y la mayor captación de energía solar pudo favorecer al maíz criollo y no así al híbrido que respondió mejor sin la poda a pesar de su menor estatura, (es bueno decir también que éste genotipo tuvo la mayor resistencia al prolongado periodo de sequía).

Por otro lado el contenido de materia orgánica se elevó en un 12% en el tratamiento de poda en 10 meses y en tan sólo 1% en el tratamiento sin poda en el mismo periodo de tiempo; el pH dejó de ser muy ácido (4.93) y pasó a ser ácido (5.78) elevándose en 0.85 unidades en el tratamiento con poda mientras que sin ella se incrementó en 0.73 unidades pues pasó de 5.21 antes del ensayo (enero) a 5.94 al término del mismo (noviembre). Finalmente para el Nitrógeno total ocurrió un incremento de 14.1% con el manejo de poda y de un 6% en el manejo sin la poda en el mismo periodo de tiempo. Estos resultados indican el efecto favorable que tuvo el manejo de las calles del intercultivo con el tratamiento de poda a pesar del ambiente adverso que se presentó durante el experimento.

Palabras clave. Agroforestería en los trópicos, cultivos en callejones, *Cajanus cajan*, *Zea mays*, rendimiento, fertilidad, poda.

Abstract

Alley cropping with pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] and maize (*Zea mays* L.) in the humid tropics in the state of Veracruz: analysis of grain yield and soil fertility.

Miguelángel Morán-Valente
(under the direction of Dr. L. Krishnamurthy)

With the aim of contributing for the appropriate design and management of alley cropping with pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] and maize (*Zea mays* L.), the present research was conducted during 1998, at the Agroforestry Experimental Station pertaining to the Agroforestry Center for Sustainable Development, located near Martínez de la Torre, in the state of Veracruz.

The biophysical conditions of the experimental location were as follows: soil type – Inceptisol, climate – Amwg with 1609 mm mean annual rainfall (though during the experimental cycle, the total rainfall received was only 459 mm, an insufficient quantity with uneven distribution), mean annual temperature was 27° C and the altitude is 100 m msl.

Pigeon pea hedgerows were planted during July 1996 at a density of 1m x 3m up to 45m long (3, 000 plants per hectare), over an area of 2,500 m². The experimental plots of 3m x 15m were randomized during January 1998, three rows of maize were planted between hedgerows at a density of 22,000 plants per hectare, using the following three genotypes: Creole corresponding to native tuxpeño type of the region which grows up to 3m height, the variety TL-95B 6401 Poza Rica-9422 (grows up to 2.1 m height), and hybrid TL-96 A 1551 1x2 (CML-247 x CML-254) which grows up to 1.8 m height, the last two genotypes obtained from CIMMYT.

The following were the tree treatments applied in the experiment: 1) pruning the pigeon pea at one meter height (one month earlier to maize planting) and incorporating the pruned material as green manure (4,000 kg dry weight material per hectare), 2) hedgerows without pruning, and 3) control plots (or monocropping of each genotype of maize and pigeon pea). Each treatment consisted of seven repetitions. The following variable were measured: grain

yield of maize, pigeon pea, soil fertility changes in terms of pH, organic matter and total nitrogen.

The results of grain yield of maize genotypes creole, hybrid and variety under pruned treatment (alley crop) were 1878 kg, 1592 kg and 1432 kg, respectively, while the corresponding values for control treatment (monocrop) were 1508 kg, 1625 kg and 1239 kg. The results of maize grain yield without pruning treatment were 1116 kg for creole, 1447 kg for hybrid and 1206 kg for variety. The grain yields for pigeon pea were 758 kg, 896 kg and 1586 kg, respectively for treatments with pruning hedgerows, without pruning hedgerows, and control monocrop. Total grain production of both species under alley cropping with pruning treatment show that maize creole production was 10.8% superior to that of hybrid and 16.9% more compared to maize variety. Whereas grain yield of hybrid maize variety in the treatment without pruning showed 10.3% more compared to variety and 14.2% with respect to creole.

The soil organic matter content increased about 12% under the pruning treatment over 10 months period (that is, the initial and final phase of the experiment) and only about 1% increase was noted under treatment without pruning. The value of pH increased from 4.93 at the beginning of the experiment to 5.78 at the end of the experiment under pruning treatment, thereby registering an increase of 0.85 units, whereas the magnitude of increase in pH under the treatment without pruning was only 0.73 units. The total soil nitrogen content increased about 14% under pruning treatment and 6% for treatment without pruning during the same period. The results show positive effects of pruning treatment of alley cropping even under precipitation shortage experienced during the present experimentation.

Index words. Agroforestry in the tropics, alley cropping, *Cajanus cajan*, *Zea mays*, yield, fertility, pruning.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Los *cultivos en callejones* son una tecnología agroforestal tan versátil como flexible y con un generoso potencial para que sea adaptada como una opción más por agricultores emprendedores a las condiciones singulares de su región y de sus múltiples necesidades.

El frijol de árbol es una leguminosa relativamente nueva en la República Mexicana y con un potencial tan diverso como atractivo: es alimento humano, forraje, leña, mejorador y conservador de la fertilidad del suelo, especie de noble y rápido crecimiento, resiste condiciones ambientales adversas como suelos pobres y escasez de agua, de fácil manejo agronómico, de notable demanda en el mercado nacional e importante en el panorama internacional. Además, está la ventaja empírica del conocimiento y aceptación de la especie por parte de productores curiosos y emprendedores pertenecientes a la región de influencia donde se llevó a cabo la investigación, de ella se alimentan familias y la consumen hatos de ganado de manera incipiente. Sin embargo aún falta probar abiertamente todas sus posibilidades en colaboración con la investigación participativa de la experiencia campesina para hacer apropiadas y adaptables sus múltiples bondades agroforestales.

En cuanto al maíz, de alguno u otra manera todos conocen su relevancia nacional. Hablar del maíz es hablar de México en todos sus tiempos, su cultura, su pueblo, su religión, sus fiestas, su vida y su sustento (Cuadro 1); por lo cual no es ningún acierto que la política agrícola del gobierno finque su seguridad y soberanía nacional alimentaria en una grave dependencia (de los granos básicos, el maíz principalmente) hacia el extranjero y en particular del vecino país norteamericano (Cuadro 2).

A pesar de que en el maíz los rendimientos de la agricultura campesina aparentemente sean bajos y destinados para el autoabastecimiento de la familia prioritariamente, producción en su mayor parte que proviene de tierras marginadas en el temporal incierto y que son el tipo de tierras que poseen la mayoría de los campesinos en México pero a las cuales han adaptado al través del tiempo un multivariado banco de razas singulares de éste oro llamado maíz. Por lo tanto, el creativo diseño, el dominio y la correcta adecuación de las tecnologías agroforestales adaptadas a las distintas regiones del país, así como el manejo amplio y preciso de una tecnología agroforestal como la de *cultivos en callejones* en particular, puede ser una alternativa real para mejorar substancialmente los rendimientos del maíz además de conservar y mejorar no solamente las tierras de laderas y de temporales inciertos tan presentes en nuestro país, sino también nos da la posibilidad de conservar la preferencia cultural del productor fincada en la basta riqueza genética del maíz.

Cuadro 1. Consumo del grano de maíz en México.

Año	1980	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Consumo per cápita (kilogramos)	247.7	221.5	178.6	198.4	177.8	183.2	230.6	189.0	215.7	212.3
Consumo nacional aparente (000 toneladas)	16 561	16 323	13 420	15 201	13 896	14 600	18 737	15 659	18 224	18 286

Fuente: Adaptado de SAGAR, SHCP, Bancomex y Banco de México.

1.1. ESTRATEGIA DE DESARROLLO AGRÍCOLA EN MÉXICO

En los últimos cincuenta años se ha priorizado la agricultura moderna, enfocándose la atención a las grandes extensiones de monocultivos prioritariamente. Con ésta estrategia, sin duda, se han alcanzado grandes logros para ciertos cultivos y en determinadas regiones agrícolas. Sin embargo, como expertos estrategias del desarrollo han concluido, esta forma de producción de alimentos ha causado graves problemas en el ecosistema, la degradación de los recursos naturales y

serios problemas socioeconómicos. La realidad de la soberanía alimentaria en los Estados Unidos Mexicanos requiere de un serio y agudo replanteamiento por todas las instituciones involucradas en el abastecimiento de alimentos para la nación (reporte de El Financiero del 27 agosto97 informa que el 46% del mercado nacional del maíz está dominado por nueve empresas dos de ellas, Maseca y Minsa, controlan el 25%) y ojalá que esta situación no se vea agravada con la extinción de la CONASUPO en éste año. En el cuadro 2, se aprecian los volúmenes importados en los últimos 13 años del grano de maíz y el nivel de dependencia alimentaria de la República Mexicana ante países desarrollados como EE.UU. El 99% del maíz importado proviene de EE.UU. (Cruz, 1997) dando lugar a la fuga de importantes divisas que representan cerca del 15% del valor total de compras externas del sector agrícola (El Financiero, 12marzo99). ¿Cómo es posible que México no sea capaz de autoabastecerse del grano alimenticio más elemental en la dieta de su pueblo, y que todos los años se tengan que importar millones de toneladas de granos básicos? Cuadros 2, 9 y 10.

Cuadro. 2. Producción nacional y dependencia alimentaria de maíz en México.

Año	Producción nacional interna (toneladas métricas) ¹	Importación (toneladas métricas) ¹	Abastecimiento total nacional disponible	Dependencia alimentaria
1986	11 721000	1 703600	13 424600	0.126
1987	11 607000	3 602900	15 209900	0.236
1988	10 600000	3 302600	13 902600	0.237
1989	10 945000	3 649200	14 594200	0.250
1990	14 635000	4 104400	18 739400	0.219
1991	13 527000	1 421700	14 948700	0.095
1992	16 929000	1 305700	18 234700	0.071
1993	18 125000	210 600	18 335600	0.011
1994	18 236000	2 746600	20 982600	0.130
1995	16 994000	2 686900	19 680900	0.136
1996	18 026000	5 909000 ^A	23 868800	0.247
1997	18 463000	2 400000 ^B	20 863000	0.115
1998	*17 000000 ^D	5 028613 ^C	22 028613	0.228
Promedio	15 139077	2 928601	18 062585	0.161

Fuentes: ¹FAO (1986-97) Anuarios estadísticos de producción agrícola y de comercio..

^A Periódico: El Financiero (27 abril99).

^B Periódico: El Financiero (29 mayo98).

^C Periódico: El Financiero (28enero99). Información oficial de la SECOFI confirmó que el gobierno autorizó importar en el primer trimestre 1,132 071 toneladas de maíz, de las cuales el 38% favorecen a la industria productora de almidón y alta fructosa.

^D Estimada del periódico El Financiero (8junio98). De enero a mayo de 1998 se habían importado 1.8 millones de toneladas.

Afortunadamente, México no está falto de recursos naturales para el desarrollo agrícola. Los recursos naturales *per se* tienen poco valor si no se combinan con los recursos humanos y tecnológicos, apoyados por una política de desarrollo a fin de satisfacer las necesidades de acceso a los alimentos en calidad y cantidad y durante todo el tiempo (Krishnamurthy, 1997).

En éste contexto el concepto del *desarrollo sostenible* propuesto por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo en su reporte “Nuestro futuro común” (WCED, 1987) es sumamente importante. Este concepto de desarrollo sostenible trasciende la estrategia del desarrollo agrícola sectorial y así cuestiona la calidad del desarrollo económico y propone que el desarrollo agrícola sostenible debe satisfacer las necesidades de la presente generación sin afectar la posibilidad de satisfacer las necesidades de las futuras generaciones. Así, considera que la producción de alimentos y la protección de los recursos naturales y una equidad social son atributos esenciales de este nuevo paradigma del desarrollo sostenible.

Interpretando los logros y limitaciones del desarrollo agrícola de los últimos cincuenta años Conway (1997), considera que lo que se requiere ahora es un esfuerzo para alcanzar una producción aún mayor que la lograda con la revolución verde y aún “*más verde*” en términos de la conservación de los recursos naturales. En este sentido él recomienda como futuras metas:

1. repetir el éxito de la revolución verde,
2. a una escala mundial,
3. en diversos ambientes agrícolas; y que esto sea
 - equitativo,
 - sostenible y
 - ambientalmente amigable

Todas estas como una opción que puedan contribuir a cumplir con las tareas recomendadas por Conway (1997).

Las tecnologías agroforestales armonizan perfectamente con este concepto de desarrollo sostenible. Por agroforestería entendemos el arte y la ciencia del cultivo de árboles en combinación interactiva con los cultivos y/o animales en la misma unidad de tierra para lograr múltiples objetivos (Krishnamurthy, 1998).

El *cultivo en callejones* es uno de los prototipos de las tecnologías agroforestales establecidas en todo el mundo (Cuadro 4), debido a su versatilidad para combinar los componentes de producción involucrados en el sistema, y la estrategia y habilidad como diseñemos y ejecutemos su manejo puede permitir la obtención de múltiples productos así como de varios servicios que contribuyan al desarrollo sostenible.

1.2. CULTIVO EN CALLEJONES

El cultivo en callejón es una tecnología agroforestal de tipo zonal (Figura 1). Esto se refiere a un sistema de uso de la tierra donde las especies leñosas y no leñosas crecen en un arreglo geométrico lineal o de hileras (Huxley, 1986a); el cultivo anual representa a la calle que crece en medio de las hileras del cultivo perenne que a su vez se encuentran distanciadas varios metros, según sean las necesidades particulares de cada una de las especies en combinación y de las condiciones ambientales en particular de la zona ecológica donde se encuentre establecido.



Figura 1. Cultivo en callejones para conservar y mejorar las propiedades del suelo: *Melia azedarach*, *Cedrela odorata* y *Mucuna* spp., en la estación experimental de agroforestería en Martínez de la Torre, Veracruz.

El cultivo en callejón, es una tecnología desarrollada durante la década pasada, muy prometedora principalmente para los trópicos húmedo y subhúmedo. Ésta tecnología asegura el crecimiento de cultivos herbáceos entre los setos plantados de arbustos y árboles, preferentemente especies leguminosas. Los setos son podados periódicamente para impedir la sombra sobre los cultivos en crecimiento y para proveerlos de biomasa, (la cual una vez reincorporada al suelo, mejorará tanto sus propiedades físicas como su nivel de nutrientes).

El cultivo en callejón es así una forma del llamado intercultivo de setos y combina las propiedades regenerativas de un sistema de milpa tradicional con la producción de cultivos alimenticios. El trabajo pionero en esta tecnología fue iniciado en el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), en Nigeria, por Biauwan Tjwan Kang y colaboradores a principios de los ochenta. El principio científico fundamental de esta tecnología es que, reteniendo continuamente árboles y arbustos de rápido crecimiento, preferentemente fijadores de nitrógeno sobre las tierras de cultivo, sus atributos de mejorador de suelo (tales como reciclaje de nutrientes, supresión de malezas y

control de la erosión en tierras inclinadas) crearán condiciones similares a aquellas de la fase de barbecho o descanso de la agricultura migratoria. El cultivo en callejón está siendo evaluado en muchas partes de los trópicos y en zonas templadas. Se ha escrito mucho acerca de esta tecnología (el documento más amplio ha sido la revisión de Kang *et al.*, 1990), que ha dado por resultado grandes esperanzas respecto a sus capacidades (Nair, 1993). Para poder recomendar los resultados específicos de ésta tecnología obtenidos en lugares apartados, a usuarios interesados de otras regiones, con condiciones biofísicas tan variables y contrastantes como las de la República Mexicana es necesario diseñar, ejecutar y darle seguimiento a varios experimentos conducidos localmente. Pero con la participación e interés del productor para la atención de problemas específicos en sus tierras de cultivo, ha sido apropiada la ejecución de la presente investigación experimental con ésta tecnología de cultivo en callejones en la Estación de Investigación Agroforestal Ixtacuaco, en el estado de Veracruz.

1.2.1. Antecedentes

El estado actual del conocimiento sobre los cultivos en callejones sugiere que la principal ventaja biológica del cultivo en callejón está relacionada con el mejoramiento de la fertilidad del suelo. Observe tan sólo los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en los últimos 15 años que se resumen en el Cuadro 4.

1.2.2. Relaciones de nutrientes

El aporte de nitrógeno por las perennes leñosas (esto es, la cantidad de nitrógeno disponible por la descomposición de la biomasa adicionada al suelo) es la fuente de nitrógeno más importante para los cultivos agrícolas en los sistemas no fertilizados de cultivos en callejones. Obviamente, la cantidad de nitrógeno aportado es variable, y se corresponde en gran parte con la producción de biomasa (y nitrógeno)

de los árboles, la cual depende del tipo de especies y su manejo así como de características específicas del lugar. El aporte de nitrógeno puede ser muy variable de acuerdo con la tasa de fijación de nitrógeno así como por la tasa de nodulación de las raíces.

Setos de *Leucaena leucocephala*, podados aproximadamente cada ocho semanas, aportaron 45g de N por metro de seto; si los setos fueron plantados a 5m de distancia entre ellos, esta cantidad representa 90 kg de N ha⁻¹ año⁻¹. Han sido reportados de otros estudios de campo aportaciones más altas de nitrógeno donde las especies en setos vivos fueron *L. leucocephala* o *Gliricidia sepium* (Yamoah *et al.*, 1986a; Budelman, 1988). En un estudio comparativo donde se efectuó la práctica de poda en *L. leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Sesbania grandiflora*, Duguma *et al.* (1988) encontraron que los rendimientos más altos obtenidos para éstas tres especies fueron en podas efectuadas bianualmente y a 100cm de altura (245.1; 205.6 y 110.8 kg N ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente).

La poda de setos vivos también es una fuente importante de otros nutrientes. En estudios realizados en Costa de Marfil, en un periodo de tres meses se obtuvieron rendimientos de 44, 59 y 37 kg ha⁻¹ de *G. sepium*, *L. leucocephala* y *Flemingia macrophylla* (syn *F. congesta*) respectivamente (Budelman, 1988).

La cantidad de información sobre estos aspectos del cultivo en callejón es creciente; pero se necesita realizar más investigación con respecto a qué cantidad de nutrientes producidos por las especies de setos vivos satisficará los requerimientos de los cultivos sembrados en los callejones en las etapas críticas de crecimiento. Existe información disponible acerca de los patrones de descomposición y ciclos de nutrientes característicos de especies en setos vivos (Budelman, 1988; Jama-Adan, 1993); pero la mayoría de los estudios continúan siendo insuficientes ya que los resultados corresponden a sitios muy específicos.

1.2.3. Efectos en las propiedades del suelo

Uno de los atributos más importantes del cultivo en callejones consiste en la incorporación deliberada al suelo de residuos orgánicos (a partir de la poda y picado de tallos y hojas) ricos en nutrientes, teniendo un efecto favorable en el control de la erosión del suelo (Young, 1989) en las propiedades físicas y químicas y por lo tanto en la productividad del cultivo. Sin embargo, son escasas las investigaciones que reporten a largo plazo los efectos de los cultivos en callejones en las propiedades del suelo; la mayor parte de esta información ha sido generada por el IITA, la institución que más ha estudiado sobre los cultivos en callejones.

Kang *et al.* (1989) y Kang y Wilson (1987) reportaron que, con la continua incorporación de podas de *L. leucocephala*, se mantuvieron elevados los contenidos de materia orgánica de un suelo y los niveles de nutrientes en comparación con cultivos sin la incorporación de éstas podas. Atta-Krah *et al.* (1985) demostraron que el suelo bajo cultivo en callejón fue muy alto su contenido de materia orgánica y nutrientes a diferencia de los suelos sin árboles. Yamoah *et al.* (1986b) compararon los efectos de *C. siamea*, *G. sepium* y *F. macrophylla* en pruebas de cultivos en callejones y encontraron que el nivel de materia orgánica y de nutrientes del suelo se mantuvieron a niveles más altos con *C. siamea* (la cual, sorprendentemente no es una especie fijadora de nitrógeno). En otro conjunto de informes del IITA por Lal (1989) mostró que, durante un periodo de 6 años (12 estaciones de cultivo) las tasas relativas de declinación o de extracción del nivel de nitrógeno, el pH, y las bases intercambiables del suelo fueron notoriamente menos bajas en los cultivos en callejones que en las parcelas de control sin cultivos en callejón. En estos estudios fue evidente el incremento significativo de las bases intercambiables y del pH del suelo durante el tercero y cuarto años después del establecimiento de estos setos.

1.2.4. Efecto en los rendimientos del cultivo

El criterio más ampliamente usado para probar la influencia de los cultivos en callejones es el efecto de ésta práctica sobre los rendimientos del cultivo. La mayoría de los experimentos de cultivos en callejones y sus efectos en los rendimientos de los cultivos han generado poca información y proviene de experimentos conducidos en cortos periodos de tiempo.

Muchas pruebas han generado resultados prometedores. En un cultivo en callejones de ocho años conducido por Kang *et al.* (1989, 1990) en el sur de Nigeria y en suelos arenosos mostraron que usando únicamente las podas de *L. leucocephala* el rendimiento de maíz pudo mantenerse a un nivel "razonable" de 2 t ha⁻¹ en contraste con 0.66 t ha⁻¹ del rendimiento del maíz en el tratamiento sin poda de *Leucaena* ni fertilizante. La incorporación de 80 kg de N ha⁻¹ junto con las podas de *C. siamea*, *G. sepium*, y *F. macrophylla* elevó los rendimientos del maíz por encima de las 3 t. Sin embargo en un reporte anterior de Kang *et al.* (1981) indican que una aplicación de 10 ton de poda fresca de *L. leucocephala* tuvo el mismo efecto en el rendimiento de maíz que con la aplicación de 100 kg de N/ha, aunque para obtener esta cantidad de biomasa fue necesario acarrearlo de setos que crecían fuera del experimento.

Kang y Duguma (1985) mostraron que el rendimiento de maíz obtenido, usando hojas de *L. leucocephala* producidos en setos plantados a 4 m de distancia fue el mismo que el rendimiento obtenido cuando se aplicaron 40 kg de nitrógeno por hectárea al cultivo. En un estudio conducido por O'Sullivan (1985) en las Filipinas reportó que cuando el maíz fue asociado con *L. leucocephala* se obtuvieron rendimientos de 2.4 t ha⁻¹ (con fertilización) y 1.2 t ha⁻¹ (sin fertilización); los rendimientos correspondientes al cultivo del maíz sin *L. leucocephala* fueron de 2.1 y 0.5 t ha⁻¹. Sin embargo los detalles del experimento tales como las dosis de experimentación y el tiempo de conducción del experimento no son aclarados.

Hay resultados de otros ensayos con cultivos en callejones menos promisorios. Por ejemplo en pruebas conducidas en un suelo ácido e infértil en Yurimaguas, Perú, los rendimientos de todos los cultivos estudiados en el experimento, aparte de *Vigna*, fueron extremadamente bajos, y todos los rendimientos de las parcelas en cultivos en callejones fueron iguales o menores que las parcelas de control. Los rendimientos del cultivo de arroz en la cuarta y sexta rotación fueron significativamente bajos con respecto a las parcelas control no fertilizadas; mientras que los rendimientos de *Vigna* en la segunda y quinta rotaciones fueron los más altos en las parcelas de control no fertilizadas. Szott (1987) y Fernandes (1990) concluyeron desde estos datos que la principal razón de los pobres rendimientos de estos cultivos bajo el sistema de cultivo en callejones fueron la competencia de raíces y el sombreado, la reducción del rendimiento del cultivo debido a la competencia de raíces entre setos y cultivos en callejones se detectaron a los once meses después de establecidos los setos y esta competencia se incrementó con la edad de los setos vivos así como por el espacio ocupado por los cultivos al cerrarse los setos.

Otros resultados sugieren que el cultivo en callejones no puede ser efectivo bajo condiciones de stress hídrico. En cuatro años de estudios llevados a cabo por el Instituto Internacional de Investigaciones de Cultivos para los Trópicos Semiáridos (ICRISAT) cerca de Hyderabad, India, el crecimiento de especies en setos fue mayor que cuando los cultivos estuvieron limitados de humedad resultando en una reducción de los rendimientos del cultivo (Corlett *et al.*, 1989; ICRISAT, 1989; Rao *et al.*, 1990). Observaciones similares han sido reportadas desde áreas semiáridas en el noroeste de Nigeria (Odigi *et al.*, 1989) y en Kenia (Nair, 1987; ICRAF, 1989; Coulson *et al.*, 1989). Seis años de estudio en el noroeste de la India mostraron que los rendimientos en maíz, fueron bajos cuando estuvieron asociados en setos con guaje, que cuando crecieron individualmente (Mittal y Singh, 1989). Los rendimientos de forraje y leña de *L. leucocephala* también fueron bajos cuando

estuvieron en callejones que cuando no lo estuvieron. Sin embargo en este estudio aparece que la incorporación al suelo de las podas del abono verde de *L. leucocephala* fue tomada como forraje.

En estudios del IITA hechos por Lal (1989) mostraron que los rendimientos de maíz y *Vigna* fueron normalmente bajos en el sistema de cultivos en callejones que cuando estuvieron como monocultivos. Una observación importante en este estudio fue que en los años en que la lluvia fue escasa, el rendimiento declinó más drásticamente bajo calles espaciadas y cerradas indicando la severa competencia por humedad entre los setos y los cultivos. Estudios recientes del IITA hechos por Ehui *et al.* (1990) han proyectado los rendimientos del maíz en relación con la acumulación de pérdida de suelo bajo diferentes sistemas de barbecho manejados. Sin embargo cuando la tierra en barbecho y la tierra ocupada por los setos (en cultivos de roza, tumba y quema; y cultivos en callejones respectivamente) fueron considerados¹, y los rendimientos de maíz fueron ajustados de acuerdo con las cantidades de estas posibles pérdidas (debido a la disminución del área de cultivo) en producción, los más altos rendimientos que pudieron ser obtenidos si las calles estuvieran espaciadas a cuatro metros, entonces los más bajos rendimientos debieran ser obtenidos desde el noveno año del tratamiento en barbecho.

En un estudio reciente concluido en la estación del ICRAF en Machakos, Kenia, Jama-Adan (1993) comparó la relativa producción de *C. siamea* y *L. leucocephala* como especies de seto para cultivos en callejones encontró que durante seis estaciones de crecimiento (1989-1991, dos estaciones de cultivo por año) en las condiciones semiáridas (promedio de lluvias de 700mm, distribución bimodal) el rendimiento del maíz fue mejor cuando estuvo en cultivo en callejones con *C. siamea* que con *L. leucocephala*. El maíz en cultivo en callejones con *L. leucocephala* fue menor que con respecto al cultivo control; pero el

control y la *C. siamea* en cultivo en callejones tuvieron rendimiento similar. Los resultados mostraron que la *C. siamea* es una mejor especie para los cultivos en callejones que la *L. leucocephala* para condiciones semiáridas. La importancia de la apropiada selección de especies para el cultivo en callejones es muy clara desde este estudio.

1.2.5. Direcciones de la investigación en cultivos en callejones

Muchos estudios sobre cultivos en callejones están siendo retomados en varias partes de los trópicos, en los próximos años esto tendrá un rápido incremento en la cantidad de información generada. Como la mayoría de los datos está disponible, la interpretación de la información será más refinada y consistente. Muchos expertos están tomando posiciones extremas en la interpretación de los resultados que han sido obtenidos, algunos toman partidos para defender los cultivos en callejones y otros para denigrarla. Sin embargo los méritos o deméritos de los cultivos en callejones no pueden ser juzgados bajo ningún criterio personal o sobre los resultados obtenidos en el corto tiempo. Otros beneficios de rendimiento del cultivo, tales como el mejoramiento de la fertilidad y la producción de leña y forraje, deben ser cuidadosamente estudiados así como los requerimientos de mano de obra, pérdidas de áreas de cultivo, o problemas en el manejo de enfermedades.

Una clave fundamental es la adaptabilidad ecológica. Muchos resultados sugieren que los cultivos en callejones ofrecen un potencial considerable para los trópicos húmedos y subhúmedos. Sin embargo el escenario es diferente para las regiones secas. El aporte de nutrientes por la descomposición de los residuos vegetales es un aspecto básico de los cultivos en callejones dependiendo de la cantidad, calidad y tiempo de aplicación de los residuos. Si las condiciones ecológicas no favorecen la producción de cantidades suficientes de cubiertas ricas en

¹ En experimentos con callejones, así como en otras combinaciones de leñosas y herbáceas, los rendimientos del cultivo son expresados en unidad de masa por área, esto es, el área combinada entre ambos, hileras y cultivos. Además, los rendimientos del cultivo están medidos en el transecto de una a otra parte de los setos, *i.e.* de todas las líneas o hileras del cultivo, extendidas desde la línea más próxima hasta el seto con la hilera más lejana.

nutrientes para la aplicación a tiempo, entonces no hay una ventaja perceptible en el uso del cultivo en callejón.

Sin embargo, hay varios factores que pueden limitar la realización de este potencial. Un factor importante es la humedad del suelo. En la mayoría de las regiones semiáridas, la lluvia es unimodal y cae sobre un periodo de cuatro meses. Así, el número de podas sería reducido a un máximo de tres. La producción del acolchado y, por lo tanto, las aportaciones de nitrógeno también serían bajas y no será suficiente para producir beneficios sustanciales para el cultivo. Adicionalmente, hay efectos de la sombra causados por los setos así como de la reducción de tierra disponible para la producción de cultivos. El trabajo adicional que es requerido para mantener y podar los setos es otra limitación. Además, los agricultores pueden decidir quitar el recubrimiento o las podas para usarlo como forraje para los animales, en vez de agregarlo al suelo, como es el caso en Haití (Bannister y Nair, 1990).

Un punto importante para recordar, es que bajo condiciones donde el cultivo en callejón es apropiado como en los trópicos húmedos de las tierras bajas, la tecnología puede ser adoptada para los niveles altos y bajos de productividad. Si niveles más altos de productividad del cultivo son la meta, será necesaria la aplicación de fertilizantes para la mayor parte de las condiciones. En otras palabras, el cultivo en callejón no puede ser un sustituto de los fertilizantes si se quieren lograr altos niveles de producción. Pero, la eficiencia en el uso de fertilizantes se puede aumentar substancialmente bajo el cultivo en callejón en comparación con las situaciones de cultivos sin callejón (Kang *et al.*, 1989, 1990). En suelos arenosos extremadamente ácidos, como los de la cuenca amazónica del Perú (Szott *et al.*, 1991) el éxito del cultivo en callejón puede depender de la extensión en que se usen insumos externos como los fertilizantes. La selección de especies de setos vivos que se puedan adaptar a los suelos infértiles y ácidos es también una consideración importante del manejo bajo tales circunstancias.

Junto con todos estos factores para mejorar las ventajas biológicas del cultivo en callejón, se deberían también hacer esfuerzos para mejorar su aceptación social y su potencial de adopción. En adición a las dificultades comunes para popularizar una tecnología agrícola mejorada, desarrollada en las estaciones de investigación y entre los agricultores destinatarios, hay algunas características del cultivo en callejón que equilibran sus ventajas y estorban su amplia adopción. Estas incluyen:

1. Mano de obra y destrezas adicionales que se requieren para la poda y la aplicación e incorporación de los residuos de la poda;
2. Pérdida del área de cultivo debida a los setos o hileras del cultivo leñoso;
3. Dificultad en las operaciones agrícolas mecanizadas por la estrechez de las calles;
4. Posibilidad de que las especies leñosas de setos vivos se conviertan en maleza y/o en un hospedero alternativo de plagas y patógenos, o para refugiar aves consumidoras de granos;
5. Posibilidades para un incremento en la actividad de las termitas, especialmente bajo condiciones de sequía.

Aun si la tecnología de cultivos en callejones llegara a ser bien adoptada en México y en el mundo, es evidente que su mayor potencial es su flexibilidad para adecuarse, dependiendo de las condiciones biofísicas y socioeconómicas específicas de cada necesidad y región.

1.3. POTENCIAL DE LOS CULTIVOS EN CALLEJONES EN MÉXICO

Las condiciones fisiográficas de gran parte de la República Mexicana y de América Latina no son alentadoras, pues son adversas debido a sus elevadas pendientes, por lo tanto, hay muchas posibilidades de incentivar y potenciar la tecnología de cultivos en callejones. En México y Centroamérica existen 61 millones de hectáreas con un nivel de erosión de moderada a extrema y en un 45% se debe al mal manejo de la producción agrícola (Cuadro 3).

Cuadro. 3. Superficie y causas de la degradación del suelo provocada por el hombre en América Latina desde 1945.

Causa de la degradación	México y Centro América	Sudamérica	Mundo
Área degradada (millones de hectáreas)			
Moderada a extrema	61	139	1,215
Ligera	2	105	749
% participación de tierras vegetadas degradadas			
Degradación moderada a extrema	24.1	8.0	10.5
Degradación ligera	0.7	6.0	6.5
Causas de la degradación del suelo (%)			
Deforestación	22.0	41.0	30.0
Sobre explotación	18.0	5.0	7.0
Sobre pastoreo	15.0	28.0	35.0
Actividades agrícolas	45.0	26.0	28.0
Industrialización	1.0

Fuente: Oldeman, van Engelen y Pulles 1990.

Por otra parte, la República Mexicana posee una enorme potencialidad para promover y desarrollar esta tecnología pues de acuerdo a Turrent (1986) el 61% del área dedicada a cultivos anuales o de ciclo corto se encuentra en pendientes mayores al 4% (esto es 5'187,825 ha de terrenos de ladera y profundos así como 3'523,522 ha de terrenos en ladera y delgados); en todos ellos es posible implementar esta tecnología como una alternativa más para la conservación y mejoramiento del suelo tal como lo demuestra el éxito de Filipinas en tierras con 25% de pendiente (Tacio, 1991) y con 18-31% (Maclean, 1992). Esto hace considerar relevantes los componentes de producción del maíz y el frijol de árbol y por lo tanto puede ser una tecnología exitosa y socialmente aceptable en el trópico mexicano.

El *Cajanus cajan* a pesar de ser una especie leñosa, perenne y exótica muestra una gran adaptabilidad en diversas condiciones biofísicas teniendo la ventaja de que ya contamos con una cultura de adopción por esta especie dentro de los hábitos alimenticios de la población rural de México.

Con respecto a la importancia del maíz que es el otro componente de producción de la presente tecnología, todo mundo conoce su relevancia. Los mexicanos en particular tienen la certidumbre de que son seres de maíz porque es un producto del hombre, de su imaginación, su conocimiento y su trabajo; cultivar el maíz es cultivarse a sí mismo. Su pasado, presente y futuro tiene su fundamento en el maíz y es el alimento inseparable de la cultura nacional, de la sociedad e historia de los nativos y orgullosos mexicanos.



Figura 2. En México, muchos de los cultivos anuales se cultivan en terrenos con una pendiente mayor al 4%. Adaptado de Remonde (1994) y Turrent (1986).

La información siguiente (Cuadro 4), es esencial para comprender la magnitud de los avances de investigación más notables alcanzados hasta la fecha reportados en el ambiente científico y llevados a cabo en diversas regiones del mundo con la tecnología agroforestal de cultivos en callejones. Este cuadro permite tener una mejor visión de lo que sería posible trabajar según sean las necesidades y los nichos ecológicos específicos de México.

Cuadro 4. Logros más relevantes, funciones y servicios, así como las principales combinaciones de especies leñosas comúnmente usadas con cultivos anuales en la tecnología agroforestal de cultivos en callejones en los últimos quince años a escala mundial.

Especies	Propósito	Lugar	Referencia
1983			
<i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Zea mays</i>	Aumentar la productividad. Indica que el guaje es una especie potencial para ayudar a elevar la productividad del maíz, desde un 28 a 112% tomando como base un rendimiento de 1000kg/ha de maíz. 1m de seto o hilera de guaje produce 45g de N orgánico anualmente en tierras de trópico húmedo y la producción del maíz se incrementa de 5 a 16 kg por cada kg de N orgánico.	Revisión de investigaciones realizadas en varios lugares	Torres F. 1983. Potential contribution of <i>Leucaena</i> hedgerows intercropped with maize to the production of organic nitrogen and fuelwood in the lowland tropics. <i>Int. Agroforestry Systems</i> 1: 323-333.
<i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Zea mays</i>	Creación de un programa de cómputo (MULBUD) para simular y analizar económicamente los sistemas agroforestales como el de cultivos en callejones.	Nairobi, Kenya	Hoekstra D. A. 1983. An economic analysis of a simulated alley cropping system for semi arid conditions, using micro computers. <i>Int. Agroforestry Systems</i> 1: 335-345.
1986			
<i>Gliricidia sepium</i> <i>Leucaena leucocephala</i> <i>Actoa barterii</i> <i>Alchornea cordifolia</i> <i>Calliandra calothyrsus</i> <i>Cassia siamea</i> <i>Gmelina arborea</i> <i>Zea mays</i>	Hace una revisión del potencial que posee la tecnología del cultivo en callejones en varias condiciones. Los cultivos en callejones ofrecen uno de los mejores potenciales para la agricultura sostenible. El guaje y el cocuite han mostrado buenos resultados en suelos no ácidos y en tierras bajas del trópico húmedo y subhúmedo; además de que las podas aportan elevados niveles de nitrógeno al suelo, mejoran y mantienen la materia orgánica, el nivel de nutrientes y la actividad biológica del suelo. Los setos en hileras reducen la escorrentía y la erosión. La mecanización del cultivo en callejones es posible si se maneja apropiadamente. Los autores citando a Nye (1958) dicen que el autor	Ibadan, Nigeria	Kang B.T., A. C. B. M. van der Kruis, and D. C. Couper. 1986. Alley cropping for food crop production in the humid and subhumid tropics. <i>Int. Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.</i> pp: 16-26.

observó que en la región de la savana, región norte de Ghana, el *Cajanus cajan* plantado en espaciamentos cerrados acumuló las más grandes cantidades de nutrientes establecido con *Andropogon*. También citando a Schaafhausen (1966), éste declaró haber obtenido buenos resultados usando *C. cajan* como mejorador de suelo y como forraje aunque no se especifican.

Leucaena leucocephala
Gliricidia sepium
Zea mays

Describen un sistema más intensivo de producción de árboles para alimentar al ganado. De una comparación de 25 especies de leguminosas con potencial forrajero el cocuite y el guaje fueron las más productivas y el guaje aún más palatable que el cocuite. Por otro lado, el rendimiento total del maíz de dos ciclos de cultivo fue como sigue: a) convencional o sin árboles 3.06 t ha⁻¹. b) en callejones 4.11 t ha⁻¹ y c) en callejones pero después de un barbecho con pastoreo de dos años 5.34 t ha⁻¹.

Ibadan, Nigeria

Reynolds L. and A. N. Atta-Krah. 1986. Alley farming with livestock. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.* pp: 27-36.

Leucaena leucocephala
Flemingia congesta
Musa

Se propone el cultivo en callejones con árboles y arbustos leguminosas como una fuente de acolchado benéfica para las plantaciones de plátano.

Ibadan, Nigeria

Wilson G. F. and R. Swennen. 1986. Alley cropping: potential for plantain and banana production. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.* pp: 37-41.

Gliricidia sepium
Leucaena leucocephala

De 640 árboles y arbustos conocidos fijadores de nitrógeno, aproximadamente 80 poseen valor forrajero. El cocuite y el guaje son de las principales especies que abastecen de forraje en los cultivos en callejones y su germoplasma continúa en expansión hibridización y evaluación.

Waimanalo,
Hawai

Brewbaker J. L. 1986. Nitrogen-fixing trees for fodder and browse in Africa. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.* pp: 55-70.

Estudio de carácter metodológico y socioeconómico	Los métodos de investigación en finca pueden aplicarse en la investigación y desarrollo del cultivo en callejones. Sus componentes son: selección del sitio, descripción, diseño del ensayo en finca, prueba en finca, colección de datos (agronómicos, físicos, económicos y de aceptabilidad social), monitoreo y evaluación	Ibadan, Nigeria	Palada M. C. 1986. On-farm research methods for alley cropping. <i>In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.</i> pp: 84-91.
Estudio de transferencia de tecnología	La investigación en la estación experimental ha producido una validación biofísica de la tecnología, en este caso del cultivo en callejón pero los agricultores tienen la clave para desarrollar, validar y evaluar estas tecnologías en sus propios ambientes.	Ibadan, Nigeria	Atta-Krah A. N. and P. A. Francis. 1986. The role of on-farm trials in the evaluation of alley farming. <i>In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.</i> pp: 92-106.
<i>Leucaena leucocephala</i>	El documento resume los resultados experimentales presentados en el 11° Taller Anual de Proyectos de Investigación en Zonas Áridas Agrícolas de la India. En los ensayos usaron principalmente al guaje en combinación con varias especies de cultivos anuales.	Hyderabad, India y Patancheru, India	Singh R. P., R. J. Van den Beldt, D. Hocking, and G. R. Korwar. 1986. Alley farming in the semi-arid regions of India. <i>In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.</i> pp: 108-122.
<i>Leucaena leucocephala</i> cv. Hawaiian Giant maíz y frijol	De 1980 a 1983 llevaron a cabo la investigación del guaje (1667-3333 plantas/ha) asociado al maíz y al frijol para la obtención de grano para la alimentación humana y producción de forraje. El rendimiento de forraje de guaje fue de 2.9 t ha ⁻¹ en el tratamiento con maleza; de 3.4 t ha ⁻¹ en el intercultivo con frijol y de 2.8 t ha ⁻¹ en el intercultivo con maíz.	Mafiga, Morogoro, Tanzania	Lulandala L. L. L. and J. B. Hall. 1986. Fodder production from <i>Leucaena Leucocephala</i> intercropped with maize and beans in Tanzania. <i>In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.</i> pp: 131-136.

Leucaena leucocephala, seis variedades
Cajanus cajan y
Zea mays

Se discuten los beneficios del cultivo en callejón y el establecimiento de bancos de forraje en finca para mantener bueyes y pequeños rumiantes.

El maíz se sembró a una densidad de 41,666 plantas/ha; el frijol de árbol a 83, 333 plantas/ha y a 40 cm. entre hileras.

El frijol de árbol redujo en 28% el rendimiento del maíz y un índice de tierra equivalente para el grano de 76%. El promedio del forraje fresco fue de 1 a 2 t ha⁻¹. El peso de la hojarasca y el promedio de leña fue de 3 a 5 y de 5 a 8 t ha respectivamente. La elevada densidad de plantas del frijol de árbol se redujo drásticamente con la presencia de malezas.

Se recomienda reducir la densidad de plantas del frijol de árbol a la mitad y podarse 3 a 4 veces durante el año para disminuir la competencia con el maíz cuando el propósito es alimentación de animales.

Kara, Togo

Remington T. and K. Eklou-Takpani. 1986. Alley farming in central Togo. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.* pp: 137-138.

Leucaena leucocephala,
Zea mays

Contribución de nitrógeno al suelo y rendimiento del maíz.

Las semillas de guaje variedad K-28 se sembraron en 5 surcos a un espaciamiento de 4m entre hileras. Durante el segundo año fue podado y los residuos incorporados a los lotes donde se sembró maíz. El mayor rendimiento se obtuvo cuando se aplicó 80 kg de urea y poda, pues el rendimiento de maíz fue de 2,941 kg/ha incrementándose en 1,371 kg/ha por encima del control (que fue de 1,570kg ha) mientras que con la sola adición de 80kg de urea sin poda se obtuvo 2,689 kg/ha mostrando así que con la adición de podas del guaje se reduce el uso de fertilizantes nitrogenados para incrementar los rendimientos.

Glidji, Togo

Kpombekou-Ademawou K. 1986. Alley cropping maize with *Leucaena leucocephala* in southern Togo. *In: Proceeding of an international workshop held at Ibadan, Nigeria. Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics.* pp 139-140.

<p><i>Leucaena leucocephala</i>, <i>Gliricidia sepium</i> <i>Cajanus cajan</i> y <i>Zea mays</i> cv. EV 7843 SR</p>	<p>Los cultivos en callejones han sido probados y adoptados por el Centro de Acción Regional para el Desarrollo Rural en Cotonou Benin. Los resultados de los experimentos de dos años con maíz en cultivo en callejones con <i>Leucaena</i>, <i>Gliricidia</i> y <i>Cajanus</i> demuestran que ésta última combinación incrementó su rendimiento en un 35% (3,625 versus el control: 2,685 kg ha⁻¹ año⁻¹) para la estación de cultivo comprendida de abril a julio (principal estación); mientras que para el periodo de septiembre a diciembre (menor estación) su rendimiento fue de 1,542 kg ha⁻¹ año⁻¹ que comparado con el control se obtuvo 1,018 kg ha año es decir que 51% por encima del control aunque en éste tratamiento el maíz se combinó simultáneamente con <i>Cajanus</i> y con <i>Gliricidia</i>.</p>	<p>Cotonou, Benin</p>	<p>Akonde T. P., B. Lame, and E. Kummerer. 1986. Adoption of alley cropping in the Province of Atlantique, Benin. <i>In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.</i> pp: 141-142.</p>
<p><i>Leucaena leucocephala</i>, <i>Sesbania grandiflora</i>, <i>Casuarina equisetifolia</i>, <i>Gliricidia sepium</i>, <i>Acacia albida</i> y <i>Zea mays</i></p>	<p>Para mejorar la producción, la alimentación del ganado y la fertilidad del suelo. El diseño de plantación fue de 2,4 y 8m entre hileras y de 0.5, 1, 2 y 3m entre plantas con todas sus combinaciones. Los resultados obtenidos de 1982 a 1985 fueron:</p> <p>el maíz intercalado con las especies leñosas mostró bajos rendimientos en el segundo y tercer años, particularmente con las densidades más altas de árboles. En el tercer año de cultivo el maíz en callejón con el guaje (de 4m de distanciamiento) podado a una altura de 10-15 cm produjo más que el control, 2,780 y 2,526 kg/ha respectivamente, mientras que con la casuarina produjo 281 kg y con la <i>Gliricidia</i> también podada se obtuvo 2,367kg/ha.</p> <p>El establecimiento de árboles (2,500-10,000 árboles/ha) mejoró la fertilidad del suelo y redujo la infestación de malezas. En los tres años el guaje y la casuarina produjeron 175 t/ha y 86m³/ha de leña comercial respectivamente.</p>	<p>Kenya</p>	<p>Getahun A. and B. Jama. 1986. Alley cropping in the coastal area of Kenya. <i>In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.</i> pp: 163-170.</p>

Son varias las especies analizadas, entre ellas *Erythrina poeppigiana*,

Son discutidos algunos aspectos relevantes del reciclaje de nutrientes, aspectos climáticos y capacidad de crecimiento de especies leñosas.

Kenya

Huxley P. A. 1986. Hedgerow intercropping: some ecological and physiological issues. *Ir: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986. pp: 208-219.*

1989

Leucaena leucocephala (Lam.)
Brassica chinensis L. cv. Speedy
Brassica campestris L. cv. Tropical Delight
Capsicum anum L. cv. Canape
Vigna unguiculata L. Walp. cv. IT81D-1228-14
Amaranthus cruentus L. cv. White Leaf
Apelmoschus esculentus L. cv. Southern Sea
Cucumis sativus L. cv. Tasty Green
Brassica oleracea L. cv. Leo
Lycopersicon esculentum Mill. Cv. PT 3027
Phaseolus radiatus L. cv. VC2778A
Lactuca sativa L. cv. King Crown

Producción de verduras, control de erosión.

El guaje se podó a los 145 días después de haberse transplantado, dejándose a 25 cm de altura y posteriormente las podas fueron a intervalos de 8-10 semanas. En 14 meses se acumularon 5.3 t/ha de peso seco incorporado a los lotes de cultivo (de 20m x 4m). El peso fresco cosechado de hortalizas en el sistema convencional fue de 2.15 t/ha mientras que en callejones fue de 4.63 t/ha.

Ibadán, Nigeria

Chen Y.S., B. T. Kang, and F. E. Caveness. 1989. Alley Cropping Vegetable Crops with *Leucaena* in Southern Nigeria. In: Hort Science 24(5):839-840.

Leucaena leucocephala (Lam) de Wit,
Gliricidia sepium (Jacq) Steud

El aporte de C y N al suelo por la presencia de las leguminosas. 12 meses después de plantado el guaje, existe una correlación significativa entre el rendimiento de materia seca, la altura de la planta y el contenido de C y N en el suelo.

Oyo, Ibadan
Nigeria

Cobbina J., B.T. Kang and Atta-Krah. 1989. Effect of soil fertility on early growth of *Leucaena* and *Gliricidia* in alley farms. *Ir: Agroforestry Systems* 8: 157-164.

Calliandra calothyrsus
(Meissn.),
Zea mays y
Frijol judío o *Vigna*

Rendimiento del cultivo.

Cuatro podas al año de *Calliandra* produjeron 6 t/ha de materia seca y equivale a 200 kg de N/ha, esto incrementó el rendimiento de maíz. Se mantuvo un promedio de 3.1 t/ha/año de maíz sin la aplicación de fertilizantes químicos. Sin embargo, con fertilización pero sin poda es cuando más se elevaron los rendimientos del maíz.

Ibadán, Nigeria

Gichuru, M.P. and B. T. Kang. 1989. *Calliandra calothyrsus* (Meissn.) in an alley cropping system with sequentially cropped maize and cowpea in southwestern Nigeria. *Int. Agroforestry Systems* 9: 191-204.

Leucaena leucocephala
Lam,
Sorghum bicolor Moench,
Ricinus communis y
Vigna unguiculata

Los efectos del microclima en el crecimiento y rendimiento de cultivos como el sorgo, ricino y frijol judío, generado por hileras de guaje tanto en la parte aérea (competencia por sombra - luz, velocidad del viento, humedad y temperatura) como en la subterránea (competencia por agua - humedad del suelo y crecimiento radical).

Hyderabad, India

Singh R.P., C.K. Ong and N. Saharan. 1989. Above and below ground interactions in alley cropping in semi-arid India. *Int. Agroforestry Systems* 9: 259-274.

1990

Cajanus cajan (L.) Millsp.

Prueba y comparación de seis genotipos durante dos años, evaluando producción de vainas, abono verde, forraje y leña. La producción potencial total de materia seca en la India peninsular es de 15 t ha⁻¹ año⁻¹ en forma de 2t de grano, 3t de hojarasca, 9t de tallos y 1t de residuos de cascarilla de vainas y ramillas.

Hyderabad, India

Daniel J. N. and C. K. Ong. 1990. Perennial pigeonpea: a multi-purpose species for agroforestry systems. *Int. Agroforestry Systems* 10: 113-129.

Sesbania sesban (L) Merrill,
Phaseolus sp. y
Zea mays

Rendimiento del cultivo en calles con 2, 4 y 8m de amplitud con podas de *Sesbania* mas fertilizante (P₂O₅ y N). El maíz respondió al N pero no al P residual. El mayor rendimiento de maíz se obtuvo de las calles de 8m con 40kg de N ha⁻¹ equivalente a 3,500 kg ha mientras que a 2m el rendimiento osciló entre 500 y700kg/ha según la dosis de N. El frijol rindió 1100 kg/ha en las calles de 6m y 500kg a 2m.

Buberuka
Rwanda

Yamoah, C. F. and Burleigh, J. R. 1990. Alley cropping *Sesbania sesban* (L) Merrill with food crops in the highland region of Rwanda. *Int. Agroforestry Systems* 10: 169-182.

Estudio socioeconómico	Anexa un buen cuestionario para evaluar las experiencias campesinas con cultivos en callejones en el oeste de Kenia	Occidente de Kenia	Scherr S. J., James H. Roger and Peter A. Oduol. 1990. Surveying farmers' agroforestry plots: experiences in evaluating alley cropping and tree border technologies in Western Kenya. <i>In: Agroforestry Systems</i> 11: 141-174.
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit, <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp, <i>Alchornea cordifolia</i> , <i>Acioa barterii</i> <i>Zea mays</i> L. y <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp.	Incidencia de la radiación solar y sus efectos en el rendimiento del cultivo.	Ibadan, Nigeria	Lawson T, L. and B. T. Kang. 1990. Yield of maize and cowpea in an alley cropping system in relation to available light. <i>In: Agricultural and Forest Meteorology</i> , 52(1990) 347-357.

1991

<i>Leucaena leucocephala</i> <i>Leucaena diversifolia</i> <i>Flemingia congesta</i> <i>Desmodium rensonii</i> <i>Gliricidia sepium</i> <i>Calliandra calothyrsus</i> <i>Acacia auriculiformis</i> <i>Acacia mangium</i> <i>Pterocarpus indicus</i> <i>Swietenia macrophylla</i> <i>Calliandra calothyrsus</i> <i>Sesbania sesban</i> <i>Sesbania formosa</i> café, cocotero, plátano, pimienta negra, cítricos, guava, rambután (<i>Nephelium lappaceum</i>),	Controlar la erosión del suelo, ayudar a restaurar la estructura y fertilidad del suelo y producir alimentos de manera eficiente fueron las metas de esta investigación. El primer experimento de SALT se estableció en 1980 en 1 ha de terreno con 25% de pendiente. Este fue seguido en 1984 para probar SALT en hileras en contorno y en 1987 se desarrollaron dos más, una con ganado y otra con sostenibilidad. Esta tecnología es más productiva mientras se reduzca notablemente la pérdida del suelo. Se realiza la rotación de los cultivos anuales o semiperennes y cada tercer calle los agricultores establecen un cultivo frutal como café, cocotero, plátano, cítricos, guava, rambután, durián y lanzones (<i>Lansium domesticum</i>) que sean cosechadas en diferentes periodos de tiempo: 1 a 5 años, 6 a 10, 11 a 15 y 16 a 20 años.	Filipinas	Tacio H. D. 1991. The SALT (Sloping Agricultural Land Technology) system. <i>Agroforestry for sloping lands. Agroforestry Today</i> . 3(1).
---	--	-----------	---

<p>durián (<i>Durio zibethinus</i>) y lanzones (<i>Lansium domesticum</i>)</p> <p>maíz, arroz, frijol, vigna, genjibre y piña.</p>	<p>El costo para establecer dos hectáreas de SALT entre tres agricultores durante los primeros 21 meses es de US\$325 y la mano de obra es familiar.</p>		
<p><i>Leucaena leucocephala</i>, <i>Acioa</i>, maíz y frijol judío o judías (<i>Vigna</i>)</p>	<p>Rendimiento del cultivo, fertilidad del suelo.</p> <p>Hay incompatibilidad entre estas dos leguminosas al compartir la misma hilera en el terreno. El follaje del guaje incorporado al suelo suprimió mejor las malezas. Hubo mayores rendimientos del maíz cuando estuvo asociada a estas dos especies que en monocultivo.</p>	<p>Ibadan, Nigeria</p>	<p>Siaw, D.E.K.A., B.T.Kang, and D.U.U. Okali. 1991. Alley cropping with <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit and <i>Acioa barteri</i> (Hook. f.) Engl. <i>Int. Agroforestry Systems</i> 14: 219-232.</p>
<p>1992</p>			
<p><i>Cajanus cajan</i>, <i>Sesbania sesban</i>, <i>Calliandra calothyrsus</i>, <i>Cassia siamea</i>, <i>Gliricidia sepium</i>, <i>Leucaena leucocephala</i>, <i>L. pallida</i>, <i>L. Salvadorensis</i> y <i>L. híbrida</i> (<i>L. pallida</i> x <i>L. diversifolia</i>)</p>	<p>Evaluar la densidad de plantas de cada especie para el sistema de cultivo en callejones y el nitrógeno aportado en forma de forraje verde al maíz y su rendimiento, así como el efecto competitivo entre el maíz y cada una de las especies leñosas. <i>S sesban</i>, <i>G sepium</i>, <i>L pallida</i> e híbrida produjeron entre 5 y 12 t/ha/año de abono en materia seca con rendimientos de N entre 140 y 275kg/ha en 4 podas. El frijol de árbol en dos podas produjo 4.4 y 0.5 t/ha/año. El maíz respondió linealmente a la aplicación de N en forma de abono verde incrementándose 12kg por cada kg de N aplicado (de menos de 600 hasta 1800kg/ha).</p>	<p>Honolulu, Hawaii</p>	<p>Rosecrance, R. C., J.L. Brewbaker, and J. H. Fownes. 1992. Alley cropping of maize with nine leguminous trees. <i>Int. Agroforestry Systems</i> 17: 159-168.</p>
<p><i>Flemingia congesta</i>, <i>Sesbania sesban</i>, <i>Cassia spectabilis</i>, <i>Calliandra calothyrsus</i> y <i>Tephrosia vogelii</i> frijol de árbol, maíz, judía, cacahuate y mijo.</p>	<p>Mejorar los sistemas de cultivos tradicionales en la región aplicando la tecnología de cultivo en callejones.</p>	<p>Luapula y Copperbelt, Zambia</p>	<p>Matthews R. B., S. T. Holden, J. Volk and S. Lungu. 1992. The potential of alley cropping in improvement of cultivation systems in the high rainfall areas of Zambia. I. Chitemene and Fundikila. <i>Int. Agroforestry Systems</i>. 17: 219-240.</p>

<p><i>Leucaena leucocephala</i>, <i>Sesbania sesban</i>, <i>Albizia falcataria</i>, <i>Flemingia congesta</i>, <i>Gliricidia sepium</i>, <i>Cassia spectabilis</i>, <i>Zea mays</i> (híbrido) y soya</p>	<p>Elevar los rendimientos. La incorporación de podas del guaje, incrementaron 95% los rendimientos del maíz, <i>Flemingia congesta</i> también respondió. Hubo una correlación entre la cantidad de biomasa procedente de las podas y el rendimiento de maíz. Los resultados son de 5 años de ensayos.</p>	<p>Zambia</p>	<p>Matthews R.B., S. Lungu, J. Volk, S. T. Holden and K. Solberg. 1992. The potential of alley cropping in improvement of cultivation systems in the high rainfall areas of Zambia. II. Maize production. <i>Int. Agroforestry Systems</i> 17: 241-262.</p>
<p><i>Calliandra calothyrsus</i>, <i>Gliricidia sepium</i>, <i>Colocasia esculenta</i> (taro o malanga)</p>	<p>Efecto en las características del suelo, control de malezas y rendimiento de malanga durante cuatro años.</p> <p>La población de malezas fue la más baja en calles de 4m con respecto a las de 5, 6m y el control pero también el de menor rendimiento de malanga, incluso por debajo del control. El suelo no mejoró en cuanto a N, P, K, Ca, Mg y C orgánico; tampoco se reflejó en rendimientos positivos de la malanga.</p>	<p>Samoa Occidental</p>	<p>Rosecrance R. C., S. Rogers, and M. Tofinga. 1992. Effects of alley cropped <i>Calliandra calothyrsus</i> and <i>Gliricidia sepium</i> hedges on weed growth, soil properties, and taro yields in Western Samoa. <i>Int. Agroforestry Systems</i> 19: 57-66.</p>
<p><i>Leucaena leucocephala</i> (Lam), <i>Amaranthus cruentus</i> (quelite) <i>Celosia argentea</i>, <i>Hibiscus esculentus</i> (okra) <i>Lycopersicon esculentum</i> (jitomate)</p>	<p>Efecto de las podas del guaje en el rendimiento de las hortalizas.</p> <p>Se presentaron mejores rendimientos cuando fue fertilizado que con los residuos de las podas, sin embargo las podas ayudan a disminuir los requerimientos de fertilización.</p>	<p>Ibadan, Nigeria</p>	<p>Palada M.C., B.T. Kang and S. L. Claassen. 1992. Effect of alley cropping with <i>Leucaena leucocephala</i> and fertilizer application on yield of vegetable crops. <i>Int. Agroforestry Systems</i> 19: 139-148.</p>
<p><i>Gliricidia sepium</i>, <i>Cassia spectabilis</i>, <i>Oryza sativa</i> L. y <i>Zea mays</i> L.</p>	<p>Reducir la erosión de suelos con pendiente (18-31%) y mejorar la producción de arroz y maíz.</p> <p>El maíz respondió mejor que el arroz a la incorporación de 40 kg de N/ha a partir de la biomasa de <i>G. sepium</i>.</p>	<p>Claveria, Mindanao Filipinas</p>	<p>Maclean R. H., J. A. Litsinger, K. Moody and A. K. Watson. 1992. The impact of alley cropping <i>Gliricidia sepium</i> and <i>Cassia spectabilis</i> on upland rice and maize production. <i>Int. Agroforestry Systems</i> 20: 213-228.</p>

1993

<i>Gliricidia sepium</i> , <i>Zea mays</i>	Conservar el suelo, sustentar la producción y obtener dos cosechas de maíz en el agrosistema de laderas y además demostrar la factibilidad de ser utilizada por los agricultores, por tratarse de una tecnología apropiada, sencilla y eficiente.	Los Tuxtlas, Veracruz	SARH-INIFAP. 1993. Terrazas de muro vivo para sustentar la productividad en terrenos agrícolas de ladera. Isla, Veracruz, México.
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam), <i>Flemingia congesta</i> , <i>Zea mays</i>	Cambios físico-químicos en las propiedades del suelo de un cultivo en callejones de 7 años de edad. El guaje produjo la mayor biomasa y las mayores concentraciones de N, P y K así como la menor relación de C/N y C/P. Se apreció un deterioro de la fertilidad del suelo por la constante aplicación de fertilizante nitrogenado; con el incremento en el nivel de aplicación de urea disminuyó el Mg, K y el pH, se incremento en Al, y la acidez del suelo así como una alta resistencia al penetrómetro.	Kasama, Zambia	Dalland A., P. I. Vaje, R. B. Matthews and B.R. Singh. 1993. The potential of alley cropping in improvement of cultivation systems in the high rainfall areas of Zambia. III. Effects on soil chemical and physical properties. <i>In: Agroforestry Systems</i> 21: 117-132.
<i>Cassia siamea</i> , <i>Zea mays</i> var. Jeka,	Rendimiento y fertilidad del suelo. La poda mas el fertilizante incrementaron en 202% el rendimiento de maíz; mientras que se elevó en 31% cuando sólo fue poda. El P, el K y la M.O. declinaron después de la extracción de la cosecha	Banjul, Gambia	Danso A. A. and P. Morgan. 1993. Alley cropping maize (<i>Zea mays</i> var. Jeka) with cassia (<i>Cassia siamea</i>) in The Gambia: crop production and soil fertility. <i>In: Agroforestry Systems</i> 21: 133-146.
<i>Cassia siamea</i> , y <i>Oryza sativa</i> L. var. Barafita,	Fueron estudiados el rendimiento y la calidad del arroz, el pH del suelo, el contenido de materia orgánica y de N, P y K. No hubo rendimientos significativos. La aplicación de fertilizante junto con la poda de <i>C. siamea</i> no elevó la producción.	Banjul, Gambia	Danso A.A. and P. Morgan. 1993. Alley cropping rice (<i>Oryza sativa</i> var. Barafita) with cassia (<i>Cassia siamea</i>): soil fertility and crop production. <i>In: Agroforestry Systems</i> 21: 147-158.

<i>Erythrina</i> , <i>Gliricidia</i> , <i>Zea mays</i> ,	Competencia entre el cultivo y los árboles, disponibilidad de N.	Turrialba, Costa Rica	Haggar J.P. and J. W. Beer. 1993. Effect on maize growth of the interaction between increased nitrogen availability and competition with trees in alley cropping. <i>In: Agroforestry Systems</i> 21: 239-250.
<i>Erythrina poeppigiana</i> , <i>Zea mays</i> y <i>Phaseolus vulgaris</i>	Prueban el arreglo espacial (orientaciones geoastronómicas de las hileras), espaciamientos, fases fenológicas así como el aporte de nitrógeno a partir de podas de la leguminosa (incorporación de materia orgánica)	Turrialba, Costa Rica	Nygren P. and J.M. Jimenez. 1993. Radiation regime and nitrogen supply in modelled alley cropping systems of <i>Erythrina poeppigiana</i> with sequential maize-bean cultivation. <i>In: Agroforestry Systems</i> 21: 271-286.
<i>Inga edulis</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam), <i>Erythrina</i> sp., <i>Oryza sativa</i> L.	Competencia, rendimiento del cultivo, disponibilidad de nutrientes y control de malezas.	Yurimaguas, Perú	Salazar A., L. T. Szott and C.A. Palm. 1993. Crop-tree interactions in alley cropping systems on alluvial soils of the Upper Amazon Basin. <i>In: Agroforestry Systems</i> 22: 67-82.
<i>Cassia spectabilis</i> , <i>Manihot esculenta</i> y <i>Zea mays</i>	Efectos en el rendimiento del cultivo y en las propiedades del suelo. Los rendimientos más bajos de maíz y yuca resultaron cuando se combinaron el cultivo en callejones (a 6 m) con la cero labranza.	Yaounde, Camerún	Hulugalle N.R. and J. N. Ndi. 1993. Effects of no-tillage and alley cropping on soil properties and crop yields in a Typic Kandudult of southern Cameroon. <i>In: Agroforestry Systems</i> 22: 207-220
<i>Inga edulis</i> , <i>Zea mays</i> y <i>Phaseolus vulgaris</i>	Evalúan durante tres años el crecimiento, la distribución y densidad de estos cultivos.	Belem, Brasil	Riley J. and S. Smyth. 1993. A study of alley-cropping data from Northern Brazil. I. Distributional properties. <i>In: Agroforestry Systems</i> 22: 241-258.

Es una revisión geográfica de varias especies	Se expone el potencial y las limitaciones de la técnica y se discuten las zonas de futuras investigaciones.	Se revisan varias regiones	Kang, B. T. 1993. Alley cropping: past achievements and future directions. <i>In: Agroforestry Systems</i> 23(2-3): 141-155.
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud, <i>Zea mays</i>	Se investigaron los efectos del espaciamiento entre hileras (la amplitud de las calles a 2, 4 6 y 8m) y los espaciamientos dentro de las hileras de la <i>Gliricidia sepium</i> en crecimiento (a 0.25, 0.50 y 1.00m) así como el rendimiento del grano del maíz (a densidades de 20,000; 40,000 y 53,333 plantas ha ⁻¹ . Antes de podar los árboles se aplicó a todos los lotes N, P y K en forma de fertilizante. El maíz con la mayor densidad de plantas presentó mejor rendimiento antes de la poda pero el de menor densidad lo superó después de la poda; además, el rendimiento del maíz se incrementó con el aumento de amplitud de las calles posterior a la poda. La falta de luz limitó el rendimiento de grano antes de la poda.	Senehun, Sierra Leona	Karim A. B., P.S. Savill and E. R. Rhodes. 1993. The effects of between-row (alley widths) and within-row spacings of <i>Gliricidia sepium</i> of alley-cropped maize in Sierra Leone. <i>Growth and yield of maize</i> . <i>In: Agroforestry Systems</i> 24: 81-94
<i>Gliricidia sepium</i>	Proponen cinco sistemas de producción en siete modelos. Cada modelo se compone de 15 calles en forma de hileras en contorno en media hectárea de terreno.	Sri Lanka	Nuberg I. K. and D. G. Evans. 1993. Alley cropping and analog forest for soil conservation in the dry uplands of Sri Lanka. <i>In: Agroforestry Systems</i> 24: 247-269.

1994

Revisión de varias especies: <i>Leucaena</i> , <i>Erythrina</i> , <i>Gliricidia</i> , <i>Inga</i> , <i>Cassia o Senna</i> ,	Analiza los resultados de experimentos con cultivos en callejones en un amplio rango de ambientes y de tiempo ¿Los cultivos en callejones son realmente una opción realista y práctica para revertir los problemas de pérdida de la fertilidad?	Revisión de investigaciones en varios sitios: La Montaña, Costa Rica; Yurimaguas, Perú;	Ong C. K. 1994. Alley cropping - ecological pie in the sky. <i>In: Agroforestry Today</i> (July - September) vol 6 N°3.
--	--	---	---

<p><i>Flemingia</i>, <i>Cajanus</i>, cocotero, frijol, mijo, arroz, soya, maíz</p>	<p>La función de los árboles es fijar el nitrógeno atmosférico, reciclar los nutrientes de las profundidades del suelo, eliminar malezas y elevar el contenido de materia orgánica; sin embargo el ICRAF ha analizado recientemente los resultados de su red de investigaciones y encontró serios problemas experimentales y de interpretación en muchos de sus trabajos. En más de la mitad de los resultados de cultivo en callejones con maíz sus rendimientos fueron negativos. Se sobrestiman las ventajas de la tecnología en los resultados de ensayos con competencia de raíces y particularmente para zonas áridas y suelos ácidos, quizá esto se deba a que los lotes experimentales son muy pequeños, por ejemplo en uno de los experimentos en Nigeria hecho por el IITA, las raíces de <i>Senna siamea</i> afectaron en seis veces más su lote de crecimiento de 18 x 20m. Seleccionar especies fijadoras de nitrógeno y de rápido crecimiento no es la mejor solución, puede ser contraproducente necesitamos poner atención en la complementariedad de las raíces de los árboles y los cultivos.</p> <p>Probablemente el pequeño tamaño de los lotes experimentales sea la razón más importante de los resultados positivos obtenidos en una estación y que posteriormente son difíciles de reproducir en los campos de los agricultores.</p>	<p>Ibadán, Nigeria; Machakos, Kenya; Kasama, Zambia; Claveria, Filipinas; Lampung, Indonesia Hyderabad, India;</p>	
<p><i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook y <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.</p>	<p>El acolchado de la <i>Erythrina</i> y la <i>Gliricidia</i> redujeron la producción de biomasa de las malezas en 52% y 28% respectivamente con respecto al control. La primera tuvo un considerable impacto en las malezas gramíneas mientras que la segunda en las dicotiledóneas.</p>	<p>Turrialba, Costa Rica</p>	<p>Rippin M., J. P. Hagggar, D. Kass and U. Kopke. 1994. Alley cropping and mulching with <i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook and <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.: effects on maize/weed competition. In: Agroforestry Systems 25: 119-134.</p>

1995

<p><i>Gliricidia sepium</i>, <i>Calliandra calothyrsus</i> y <i>Senna siamea</i></p>	<p>Tasa de descomposición de hojas, brotes y raíces.</p>	<p>Togo</p>	<p>Lehmann J., G. Schroth and W. Zech. 1995. Decomposition and nutrient release from leaves, twigs and roots of three alley-cropped tree legumes in central Togo. <i>Agroforestry Systems</i> 29: 21-36.</p>
<p><i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud, <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit <i>Panicum maximum</i> Jacq. cv. Ntchisi</p>	<p>Producción de forraje, configuración de las hileras (distanciamiento) y esquemas de corte en el tiempo.</p>	<p>Fasola, Nigeria</p>	<p>Ezenwa J., L. Reynolds, Aken M.E. Ova, A.N. Atta-Krah and J. Cobbina. 1995. Cutting management of alley cropped leucaena/gliciridia-Guinea grass mixtures for forage production in southwestern Nigeria. <i>In: Agroforestry Systems</i> 29: 9-20.</p>
<p><i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud, <i>Arachis hypogaea</i> L., <i>Zea mays</i> y <i>Phaseolus vulgaris</i></p>	<p>Durante un par de años evaluaron el incremento en el rendimiento del cacahuate, la menor incidencia de enfermedades, y la reducción de la transpiración del mismo cultivo.</p>	<p>Costa de Marfil</p>	<p>Schroth G., P. Balle and R. Peltier. 1995. Alley cropping groundnut with <i>Gliricidia sepium</i> in Cote d'Ivoire: effects on yields, microclimate and crop diseases. <i>In: Agroforestry Systems</i> 29: 147-163.</p>
<p>Son varias las especies analizadas en diversos estudios realizados con antelación</p>	<p>Uno de los principales propósitos de la agroforestería es que los árboles mantengan la fertilidad del suelo. Las investigaciones de campo con especies agroforestales nos reportan que el 80% de los nutrientes son liberados durante el año de crecimiento del cultivo y éste captura menos del 20% lo cual hace muy ineficiente el aprovechamiento de los nutrientes. La información generada es insuficiente para determinar qué cantidad del N no capturado por el cultivo es capturada por los árboles o se encuentra en la materia orgánica del suelo, cuánto N está</p>	<p>Nairobi, Kenya</p>	<p>Palm C. A. 1995. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. <i>In: Agroforestry Systems</i> 30: 105-124.</p>

	disponible para los próximos cultivos o qué cantidad se pierde por lixiviación, volatilización o desnitrificación. Requerimos de ensayos experimentales de mayor tiempo.		
<i>Albizia julibrissin</i> <i>Mucuna deeringiana</i> , <i>Trifolium incarnatum</i> , <i>Sorghum bicolor</i> , <i>Triticale aestivum</i>	La productividad primaria neta fue más alta en el cultivo en callejones. El balance de nutrientes de N, P, K, Ca y Mg desde enero hasta noviembre de 1991 fue más alto también para el cultivo en callejones	Georgia, USA.	Matta-Machado R. P. and C. F. Jordan. 1995. Nutrients dynamics during the first three year of an alley cropping agroecosystems in Southern USA. <i>In: Agroforestry Systems</i> 30: 351-362.
<i>Paraserianthes falcataria</i> , <i>Calliandra calothyrsus</i> <i>Gliricidia sepium</i> <i>Flemingia macrophylla</i> <i>Vigna unguiculata</i> <i>Oryza</i> (arroz)	Determinación del crecimiento y rendimiento del arroz y vigna (judías) en callejones en un suelo ácido y con elevada saturación de Al (72%); estudio conducido durante 7 años. Se aplicaron 20 kg de P y 50 kg de K ha ⁻¹ anualmente. Los árboles se podaron de 4 a 6 veces por año y el residuo fue incorporado al terreno. <i>Paraserianthes</i> y <i>Calliandra</i> crecieron vigorosamente a diferencia de la <i>Gliricidia</i> que fue reemplazada al cuarto año por la <i>Flemingia macrophylla</i> . El C y el N del suelo se mantuvieron durante los 7 años. Los resultados indican que una pequeña incorporación de cationes de los nutrientes debido al reciclaje por los árboles y hace pensar que para mantener esta agricultura en callejones en suelos intemperizados se requiere de un ingreso externo de nutrientes.	West Sumatra, Indonesia	Evensen C. I., T. S. Dierolf and R. S. Yost. 1995. Decreasing rice and cowpea yields in alley cropping on a highly weathered Oxisol in West Sumatra, Indonesia. <i>In: Agroforestry Systems</i> 31: 1-19.
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud, <i>Arachis hypogaea</i> L. y <i>Zea mays</i>	Evaluación de la producción de biomasa aérea y de raíces.	Costa de Marfil	Schroth G. and W. Zech. 1995. Above- and below-ground biomass dynamics in a sole cropping and an alley cropping system with <i>Gliricidia sepium</i> in the semi-deciduous rainforest zone of West Africa. <i>In: Agroforestry Systems</i> 31: 181-198.

<i>Cajanus cajan</i> , <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Calliandra calothyrsus</i>	Evaluación del rendimiento de materia seca (forraje) de cada una de estas especies durante dos años en setos de 4m de distanciamiento, con un tratamiento de podas de los rebrotes en el tercer año de 6(3 cortes), 12(1 corte) y 18 semanas. La <i>G sepium</i> presentó el rendimiento más consistente que excedió las 2 t/ha.	Pokoase Accra, Ghana	Barnes P. 1995. Dry matter herbage productivity and aspects of chemical composition in four forage shrub legumes at a subhumid site in Ghana. <i>In: Agroforestry Systems</i> 31: 223-227.
<i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Senna siamea</i> (Syn. <i>Cassia siamea</i>) y <i>Zea mays</i>	Producción de biomasa a partir de podas. El cultivo en callejones maíz-guaje rindió 16% menos grano que con respecto al monocultivo de maíz.	Machakos, Kenia	Jama B., P. K. R. Nair and M. R. Rao. 1995. Productivity of hedgerow shrubs and maize under alleycropping and block planting systems in semiarid Kenya. <i>In: Agroforestry Systems</i> 31: 257-274.
Evaluación de varias especies	Presenta los resultados de ocho evaluaciones exploratorias con agricultores que adoptaron la tecnología de cultivos en callejones con el propósito de mejorar la fertilidad del suelo. Aunque están convencidos de sus bondades como el aumento de sus rendimientos, el control de la erosión del suelo y el abastecimiento de leña muchos no sintieron los riesgos de corto plazo (i. e. reducción de la productividad del cultivo) y su trabajo extra logró beneficios a largo plazo.	Región semiárida de Kenia	David S. 1995. What do farmers think? Farmer evaluations of hedgerow intercropping under semi-arid conditions. <i>In: Agroforestry Systems</i> 32: 15-28.
<i>Cajanus cajan</i> y <i>Gliricidia sepium</i>	Control de erosión hídrica y eólica.	Paradeniya, Sri Lanka	Mapa R.B. and H.P.M. Gunasena. 1995. Effect of alley cropping on soil aggregate stability of a tropical Alfisol. <i>In: Agroforestry Systems</i> 32: 237-245.
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud, maíz, y arroz	Aporte de nutrientes a través de podas de la leguminosa a los cultivos anuales y conservación de la fertilidad del suelo.	Costa de Marfil	Schroth G., R. Oliver, P. Balle, G.M. Gnahoua, N. Kanchanakanti, B. Leduc, B. Mallet, R. Peltier and W. Zech. 1995. Alley cropping

with *Gliricidia sepium* on a high base status soil following forest clearing: effects on soil conditions, plant nutrition and crop yields. *In: Agroforestry Systems* 32: 261-276.

1996

Leucaena leucocephala
Zea mays

Efectos de la aplicación de N, P y follaje de guaje en el rendimiento del maíz y en las propiedades del suelo. En tres años de experimentación y con los mismos detalles que se describen en el próximo resumen inmediato.

Los bajos rendimientos se debieron a la falta de respuesta al fósforo en la más alta tasa de P en este tratamiento el cual puede estar inducido por la deficiencia de Zn. Los lotes que reincorporaron el follaje tuvieron alto el C orgánico, el N total, pH, Ca intercambiable, Mg, K y S y baja la relación C/N en la capa de suelo que va de 0 a 15cm en los lotes donde el follaje tuvo que ser removido. El N y el P fueron los principales elementos que limitaron el rendimiento.

Lilongwe, Malawi

Jones R. B., J. W. Wendt, W. T. Bunderson and O. A. Itimu. 1996. *Leucaena* + maize alley cropping in Malawi. Part 1: Effects of N, P, and leaf application on maize yield and soil properties. *In: Agroforestry Systems* 33: 281-294

Leucaena leucocephala
Zea mays

Fósforo residual y efectos del manejo del follaje en el rendimiento del maíz y en las propiedades del suelo.

De 1987 a 1991 fueron investigados: a) la incorporación del follaje, b) la remoción del mismo y c) la remoción del follaje pero con la adición de 100kg de N ha⁻¹. En la estación de crecimiento 90-91 se aplicaron 0, 30 y 60 kg de N ha⁻¹ a una densidad de plantas de maíz de 14,800, 29,600 y 44,400 plantas ha⁻¹ así como la aplicación de 0, 18 y 35kg ha⁻¹ de P. En las estaciones de cultivo de 91-92 y 92-93 los follajes fueron aplicados igualmente a todos los lotes de cultivo, se continuó con la misma tasa de aplicación de N pero sin aplicar el P.

Lilongwe, Malawi

Wendt J. W., R. B. Jones, W. T. Bunderson, and O. A. Itimu. 1996. *Leucaena* + maize alley cropping in Malawi. Part 2: Residual P and leaf management effects on maize nutrition and soil properties. *In: Agroforestry Systems* 33: 295-305.

	<p>Los resultados mostraron que la aplicación de los follajes equilibraron los rendimientos de las dos estaciones y dio como resultado un mejoramiento relativo de varias propiedades del suelo. El efecto residual de las aplicaciones de P no fue el adecuado para maximizar rendimientos.</p>		
<p><i>Erythrina poeppigiana</i>, <i>Zea mays</i> y <i>Phaseolus vulgaris</i> L.</p>	<p>Se evaluó la dinámica del fósforo en un suelo Andic Eutropept donde se alternó maíz-frijol durante 15 años a partir de enmiendas orgánicas.</p> <p>Los sistemas tratados con estiércol de ganado 20 t ha⁻¹ una semana antes de la siembra de los cultivos) presentaron los mayores contenidos de fósforo con respecto a la aplicación de ramas y hojas verdes de <i>Erythrina</i> (20 t ha⁻¹ poda⁻¹ una semana antes de sembrar) así como de 38.4 kg de P ha⁻¹ año⁻¹ como triple superfosfato.</p>	<p>Turrialba, Costa Rica</p>	<p>Vasconcelos, J.L., D. L. Kass, E. Somarriba y J. A. Morera. 1996. Efectos de los cultivos en callejones y otras enmiendas orgánicas sobre las fracciones de fósforo del suelo. Agroforestería en las Américas. Vol. 3. N° 11-12. Pp 8-11</p>
<p><i>Erythrina berteroana</i> Urb., <i>Mucuna deeringiana</i> (Bort) y <i>Phaseolus vulgaris</i> L.</p>	<p>El contenido de fósforo en la masa microbiana del suelo, la población de lombrices y el rendimiento de frijol.</p> <p>Los mejores rendimientos se obtuvieron con el acolchado de <i>Erythrina</i> y con la cobertura de mucuna con respecto al testigo.</p>	<p>Turrialba, Costa Rica</p>	<p>López B., L. F. y D. C. L. Kass. 1996. Efecto de enmiendas orgánicas en la dinámica del fósforo e indicadores de actividad biológica sobre el rendimiento del frijol en un suelo Acrudoxic melanudand. Agroforestería en las Américas Vol. 3 N° 11-12. pp 12-15</p>
<p><i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.), <i>Calliandra calothyrsus</i> (Meissn.),</p>	<p>Evaluar cambios en las propiedades físicas del suelo después de seis años de cultivos en callejones con una rotación maíz-frijol.</p> <p>Los tratamientos con árboles no aumentaron la retención de humedad del suelo.</p> <p>La labranza redujo la retención de humedad debido a que disminuye la proporción de poros pequeños.</p>	<p>Turrialba, Costa Rica</p>	<p>Heredia B. J. y D. C. L. Kass. 1996. Cambios en las propiedades físicas del suelo después de seis años de cultivos en callejones con dos sistemas de labranza. <i>Ir.</i> Agroforestería en las Américas. Vol. 3 N° 11-12. pp 16-19</p>

1997

<p><i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp., <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit Yuca Maíz</p>	<p>Efectos en el suelo; aporte de N, P, K, Ca, Mg durante un periodo de 6 años (1986-92).</p>	<p>Calavi, República de Benin</p>	<p>Akondé, T. P., R. F. Kühne, N. Steinmüller and D. E. Leihner. 1997. Alley cropping on an Ultisol in subhumid Benin. Part 3: nutrient budget of maize, cassava and trees. <i>In: Agroforestry Systems</i> 37: 213-226.</p>
<p><i>Leucaena leucocephala</i> y sorgo</p>	<p>Efectos en el rendimiento y en la fertilidad del suelo. El guaje produjo un promedio de 2.74 t/ha/año de podas y 1.57 t /ha/año de leña, mientras que el rendimiento del cultivo de sorgo disminuyó en 28-45% cuando las podas del guaje salieron totalmente del terreno y en un 21-24% cuando se incorporaron 1.92 t/ha/año de podas. Esto fue debido a la competencia por el agua.</p>	<p>Bijapur, India</p>	<p>Korwar, G.R. and G. D. Radder. 1997. Alley cropping of sorghum with <i>Leucaena</i> during the post rainy season on Vertisols in semi-arid India. <i>In: Agroforestry Systems</i> 37: 265-277.</p>

1998

<p><i>Cajanus cajan</i>, <i>Leucaena leucocephala</i>, <i>Sesbania sesban</i></p>	<p>Alimentación de cabras con forraje verde (podas) de estas tres especies durante dos años. El consumo de forraje del frijol de árbol, guaje y <i>Sesbania</i> en (g/cabeza/día) fue de 63.1 a 91.4, 52.6 a 93.8 y 49.7 a 83.4 respectivamente. Las ganancias de peso estuvieron en un rango de 25.5 a 43.2, de 16.7 a 37.5, de 14.4 a 28.3 y de 6.7 a 21.6 g/cabeza/día suplementadas con <i>Cajanus</i>, <i>Leucaena</i>, <i>Sesbania</i> y el control respectivamente</p>	<p>Tanzania</p>	<p>Karachi, M. and M. Zengo. 1998. Legume forages from pigeon pea, leucaena and sesbania as supplements to natural pastures for goat production in western Tanzania. <i>In: Agroforestry Systems</i> 39: 13-21.</p>
<p><i>Paulownia elongata</i>, <i>Zea mays</i>, <i>Phaseolus</i> spp., <i>Zingiber officinale</i></p>	<p>En una plantación de 7 años de edad y de 15m x 5m de <i>Paulownia elongata</i> el rendimiento del frijol y del maíz disminuyó significativamente comparado con el testigo. La plantación estuvo irrigada y fertilizada; se</p>	<p>Shandong, China</p>	<p>Newman, S. M.; K. Bennet and Y. Wu. 1998. Performance of maize, bean and ginger as intercrops in <i>Paulownia</i> plantations in China.</p>

	<p>crea que el sombreado fue el factor limitante clave, también el rendimiento disminuyó a medida que el cultivo estaba más cerca a los árboles.</p>		<p><i>Int. Agroforestry Systems</i> 39: 23-30.</p>
<p><i>Albizia julibrissin</i></p>	<p>La rápida descomposición de las hojas de la <i>Albizia julibrissin</i> incrementa notablemente el contenido de nitrógeno en el suelo en poco tiempo. En cuatro meses de estudio el nitrato(NO_3^--N) y el amonio(NH_4^+-N) del suelo fueron 2.8 y 1.4 veces respectivamente más altos en el sistema de cultivo en callejones que en el lote sin árboles; la nitrificación y la mineralización netas no fueron más altas en el cultivo en callejones que en el control. La poda de los árboles contribuyó con 5.33 toneladas de materia seca y 118kg de N ha^{-1} en las parcelas con cultivo en callejón.</p>	<p>Georgia, USA</p>	<p>Rhoades C. C.; T. M. Nissen and J. S. Kettler. 1998. Soil nitrogen dynamics in alley cropping and no-till systems on ultisols of the Georgia Piedmont, USA. <i>Int. Agroforestry Systems</i> 39: 31-44.</p>
<p><i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.,</p>	<p>Probar el efecto de plantación del frijol de árbol en hoyos a cielo abierto, controlando la maleza y captando la humedad del suelo.</p>	<p>Domboshawa, Zimbabwe</p>	<p>Nyakanda C., Mashingaidze B. and Zhakata E. 1998. Early growth of pigeonpea under open-pit planting and restricted weeding in semiarid Zimbabwe. <i>Int. Agroforestry Systems</i> 41: 267-276.</p>

1.3.1. Resumen del potencial de los cultivos en callejones

Del análisis de la información del cuadro anterior, podemos destacar para la tecnología de cultivos en callejones fundamentalmente lo siguiente:

1. La mayoría de las investigaciones se han llevado a cabo para las condiciones biofísicas de África y Asia y en menor escala en el continente Americano incluyendo a México.

2. Los principales propósitos han sido:

- mejorar las condiciones generales de fertilidad del suelo;
- elevar el rendimiento del cultivo anual involucrado;
- conservar el recurso suelo;
- controlar la presencia de malezas;
- alimentar hatos de animales; y
- abastecer a la familia de leña;

3. Las especies leñosas más estudiadas son escasas y se refieren principalmente a los generos: *Leucaena*, *Gliricidia*, *Erythrina*, y *Sesbania* principalmente; después le siguen la *Casuarina*, *Acacia*, *Acioa*, *Albizia*, *Alchornea*, *Calliandra*, *Senna* o *Cassia*, *Gmelina*, *Flemingia*, *Desmodium*, *Pterocarpus*, *Paulownia*, *Swietenia*, *Musa*, *Inga* y *Cajanus*. Apenas con una veintena de especies es con lo que principalmente se ha trabajado de entre las miles de posibilidades, por lo tanto la tarea aún es muy grande y de posibilidades ilimitadas.

4. Entre las especies de cultivos anuales o bianuales de mayor interés en estos trabajos de investigación están los siguientes géneros: *Zea*, y *Phaseolus*, entre los más estudiados; seguidos tímidamente por *Glycine*, *Arachis*, *Manihot*, *Oryza*, *Mucuna*, *Vigna*, *Sorghum*, *Brassica*, *Lactuca*, *Lycopersicum*, *Amaranthus*, *Capsicum*, *Panicum* y *Zingiber*, también es limitada la exploración de la tecnología de cultivos en callejones con los cultivos anuales o comerciales.

1.4. POTENCIALIDADES Y USOS DEL FRIJOL DE ÁRBOL

Enseguida se describen los aspectos esenciales más relevantes desde la perspectiva de la presente investigación para el frijol de árbol.

Se estima que más del 85% de los 2 millones de toneladas producidos cada año provienen de la India (Giller y Wilson 1991) y que es la quinta leguminosa más producida en el mundo y el segundo cultivo de gramíneas más importante para la India (Pípolo y Pípolo 1994). El frijol de árbol [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] a sido una especie seleccionada en la presente investigación debido a su enorme potencial nutricional como alimento humano (vainas frescas y granos secos), como forraje (pastoreo directo, corte y acarreo de la planta verde a través de podas periódicas, ensilaje, o henificación), por ser excelente combustible en forma de leña, y por sus potentes cualidades como conservador y mejorador del suelo (incorporación del follaje al suelo como abono verde y fijación de nitrógeno).

Los factores favorables para la extensión del cultivo de frijol de árbol e las regiones semiáridas son, el enraizamiento profundo, la resistencia a la sequía y la fijación del nitrógeno atmosférico. En Uganda se ensayaron 5000 variedades de guisantes de Angola procedentes de diversas regiones del mundo y algunas de ellas, adaptadas a la breve estación de lluvias, es decir, con un ciclo de desarrollo corto, dieron rendimientos máximos de 4 toneladas por hectárea. Por otra parte, los ensayos de cultivo mixto en parcelas experimentales del frijol de árbol y un cereal, demostraron que la producción era tanto mayor cuanto más distantes se encontraban los periodos de maduración de ambas plantas.



Figura 3. Seto de plantas de frijol de árbol (*Cajanus cajan*) en el experimento.

A continuación se describen algunos detalles de estas virtudes del frijol de árbol.

1.4.1. Alimento humano

La principal importancia nutricional y posiblemente económica del frijol de árbol se encuentra en las semillas, de las que se alimentan millones de personas, pues tan sólo en la India esta es la principal leguminosa alimenticia que consume la población, ya sea como vainas verdes y granos tiernos (en forma de ensalada), granos secos en forma de *dhal* y harina (adaptado de FAO, 1982).

Roder *et al.*, (1998) produjeron rendimientos superiores a 2.2 t ha^{-1} en algunas variedades semi perennes en Filipinas, mientras que Jarillo *et al.*, (1998), en el CEIEGT-UNAM rancho del Clarín, Veracruz evaluaron el rendimiento potencial de grano y su valor nutritivo en 24 líneas de frijol de árbol obteniendo un rendimiento promedio de $3,105 \pm 896 \text{ kg ha}^{-1}$ y un rango de 574 a $4,400 \text{ kg ha}^{-1}$. El análisis químico proximal para las líneas en este mismo ensayo resultó en: materia seca, 86.4-88.6%; cenizas, 4.3-5.3%; extracto etéreo, 0.6-1.4%; fibra cruda, 4.1-6.8%; proteína cruda, 18.6-27%; extracto libre de nitrógeno, 56.3-69.5% y la

presencia de taninos (ácido tánico) varió de 0.13 a 0.85%; en cambio en otra evaluación el contenido de proteína de las semillas secas oscila entre 20 y 30% (Daniel, 1990 citando al ICRISAT, 1987 y a Whiteman, 1984) mientras que en Brasil Pípolo y Pípolo (1994) encontraron en una evaluación de 25 genotipos un rango de proteínas que va de 14.56% a 21.31% y el de aceite entre 0.19% a 4.62% lo cual lo hace muy valioso como alimento humano (Cuadro 5). También las semillas frescas o inmaduras son usadas como alimento a semejanza del chícharo (*Pisum sativum*) en el Este de África, El Caribe y algunas partes de la India (Daniel, 1990).

Cuadro 5. Contenido de vitaminas y minerales del frijol de árbol.

Vitaminas /Minerales	Rango	Promedio
Minerales		
	<i>(mg/100g)</i>	
Calcio	57 - 276	166.5
P Total	131.8 - 600	365.9
P Phytin	153 - 236	194.5
Magnesio	16 - 300	158
Hierro	3.5 - 16.6	10.1
Sodio	-	28.5
Potasio	-	1104
Copper	-	1.25
Azufre	-	177
Cloro	-	5
Vitaminas		
Tiamina	0.45 - 0.80	0.63
Riboflavina	0.13 - 0.19	0.16
Niacina	2.9 - 3.22	3.1
Ácido Fólico	-	0.1
Collina	-	18.3
	<i>(µg/100g)</i>	
Carotenos	66 - 132	99

Fuente: Sinha, 1977 citado por Sharad *et al.*, 1993.

1.4.2. Forraje

Las hojas del frijol de árbol son usadas como forraje para alimentar animales (Daniel 1990, citando a Wallis *et al.*, 1986). El rendimiento de forraje oscila en un rango de 3.5 a 6 t ha⁻¹ obteniéndose de 3 a 4 cortes de 25 y 50 cm de altura. La digestibilidad in vitro del follaje estuvo entre 41 y 69% y el contenido de proteína cruda fue de 17 a 32% (Daniel, 1990

citando a Bahar, 1982). Mientras que Calegari, (1994) reporta en la fase de floración de 16 a 23% de proteína bruta. Otros estudios preliminares en algunas líneas de frijol de árbol muestran que con irrigación se puede producir de 10 a 15 t ha⁻¹ de forraje verde en tres cosechas (Daniel 1990, citando al ICRISAT, 1987 y a Wallis *et. al.*, 1986). Las hojas que contienen alrededor de 3.5% de nitrógeno pueden ser mezcladas con forrajes de baja calidad para mejorar el valor de la alimentación, además de que también pueden ser usadas como acolchado o abono verde (Daniel, 1990). Quiroga-Madrigal (1994), nos dice que produce hasta 65 t/ha de materia verde y 11 t/ha de grano.

El *C. cajan* se cultiva comúnmente como una leguminosa por todos los trópicos y en un mayor número de regiones los cultivares altos están siendo usados cada vez más como una fuente de forraje para ganado (Wildin, 1989). Aunque cultivado como una planta anual o bianual para producción de legumbres, se puede mantener hasta más de 5 años como forrajero, pero se requiere un manejo cuidadoso (Wijnberg y Whiteman 1985) citados por Nair (1993).

El frijol de árbol se cultiva principalmente para alimentación humana; su utilización como especie forrajera fue estudiado ampliamente en Brasil y resumido por Seiffert y Thiago (1983) y Costa (1987) citados por Nair (1993).

Costa y Paulino (1990), citados por Nair (1993) reportaron producción forrajera total acumulada para el frijol de árbol de 6.1 a 8.3 t ha⁻¹ según la variedad utilizada, en un período de 7 a 8 meses realizando cortes mensuales a 50 cm de altura en un suelo muy ácido (pH 4.8) de Rondonia (Brasil). En el mismo sitio, Costa y Alves (1988) citados por Nair (1993) identificaron un efecto significativo en los RMS por efecto de la fertilización con 50 kg/ha de P₂O₅. En suelos del cerrado brasileño la producción total de forraje puede llegar a 4 t/ha de MS (Seiffert y Thiago, 1983) citados por Nair (1993) y se le utiliza como heno, en ensilaje y como banco de proteína; esta planta no resiste el pastoreo pesado. Los mayores rendimientos reportados se han

conseguido con frecuencias de corte cada 90 días a una altura de 50 a 70 cm (Nair, 1993).

1.4.3. Leña

En Gwalior, India (Daniel, 1990 citando al ICRISAT, 1987) se obtuvieron 7.5 t ha⁻¹ estación⁻¹ de tallos de frijol de árbol secados al aire; en el segundo año se obtuvo en el ICRISAT 7 t ha⁻¹ excluyendo el peso del tallo principal a una altura de 1m. el peso de los tallos principales fue de 2 t ha⁻¹, aunque se obtuvieron 9 t ha de tallos en general. Un peso total de 10 a 12 t ha⁻¹ ha sido registrado en Malawi (Daniel, 1990). El tallo principal del frijol de árbol es excelente como leña (aproximadamente 3,500 – 4,000 kcal kg⁻¹), mientras que las ramas o tallos secundarios sirven para la fabricación de cestas o canastos. Quiroga-Madrigal (1994), evaluó en 1991 en Villaflores, Chiapas al *Cajanus cajan* llegando a alcanzar 2.5 m de altura y troncos de 10 cm de diámetro en dos años.

1.4.4. Mejorador de la fertilidad del suelo

Las especies leguminosas perennes son conocidas por su potencial para mejorar la fertilidad del suelo a partir de la fijación de nitrógeno y el reciclaje de nutrientes de las profundidades del suelo.

El nitrógeno contenido en las hojas del frijol de árbol es de 1.3 a 1.5%, y una tonelada de hojas que se incorporan al suelo puede contribuir con 10 kg de nitrógeno. En un sistema perenne la incorporación de hojas será anualmente, aunque la cantidad depende del genotipo y de las prácticas de manejo. El IITA obtuvo 12.8 t ha⁻¹ de materia seca (excepto las partes leñosas) en cuatro años de barbecho nitrógeno (Daniel, 1990).

La fijación biológica del nitrógeno es otro de los beneficios del frijol de árbol. Un genotipo de 115 días fijó 4.4 kg de N ha⁻¹ mientras que un genotipo que alcanzó la madurez a los 215 días fijó 70 kg de N ha⁻¹.

Una gran proporción del nitrógeno fijado se reincorpora al suelo a partir de la hojarasca, las raíces y los nódulos. En cambio la FAO, (1985) citada por Monegat, (1991) indican que en condiciones de campo el N fijado por el frijol de árbol oscila de 168 a 280 kg ha⁻¹ año⁻¹ pero también reporta de varios autores un rango comprendido entre 41 a 90 y 41 a 280 kg ha⁻¹ año⁻¹.

El *Cajanus cajan*, con sus raíces profundas, sobrevive más en las estaciones secas y tiene una abundancia de desechos y hojas para agregarse como abono verde al principio de la temporada de lluvias. Se encontró que un barbecho manejado de leguminosas arbustivas como el *Cajanus cajan*, usado ya ampliamente por los agricultores tradicionales, era más eficiente que la regeneración natural para la restauración de la fertilidad y el aumento de los rendimientos (Nye, 1958; Webster y Wilson, 1980) citados por Nair (1993).

El N residual estimado de un frijol de árbol de ciclo mediano osciló entre 38 y 49 kg ha⁻¹ el cual resultó en un incremento de 57 y 32% del rendimiento de grano y materia seca respectivamente en un cultivo de maíz (Daniel, 1990 citando a Kumar, 1983).

1.4.5. Otros usos

Es alimento para el gusano de la seda y como cerca de gallineros domésticos, para sombra, protección y producción de granos que son **alimento de aves**. En la **medicina casera** las hojas sirven como antihemorrágicas, diuréticas, para lavar heridas y limpiar los dientes, contra inflamación de la garganta y dolores dentales; las cenizas del tallo para pulverizar úlceras; el jugo de las hojas como laxante y antihemorrágico; y masticadas, contra ulceraciones y en la boca y abscesos en las encías; y contra la inflamación crónica del hígado (Bukart, 1952 citado por Monegat, 1991).

Rodríguez *et al.* (1991) reportaron en Cuba al *Cajanus cajan* como una especie benigna por su rápido crecimiento para proporcionar

sombra favorable al cultivo del cafeto en la fase de vivero. Y, finalmente como **abono verde, cobertura y rompevientos** (FAO, 1982; Brewbaker, 1987); y Quiroga-Madrigal (1994), dice que con una densidad adecuada, **controla a la maleza**, probablemente por lixiviados alelopáticos que escurren de sus hojas durante la lluvia y Roder *et al.*, (1998) dice que el intercultivo y rotación del frijol de árbol con arroz **reduce la infestación del nemátodo *Meloidogyne graminicola*** así como a la maleza.

1.5. MAÍZ

1.5.1. Importancia socioeconómica del maíz

Maíz, palabra de origen indio caribeño, significa literalmente “*lo que sustenta la vida*” (Figura 5). El maíz que es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, combustible (FAO, 1993).

Cuadro 6. Calidad proteica de maíces blancos y amarillos.

Identificación	Proteína ¹ %	Triptofano ² %	Lisina ² %
Blancos mexicano			
Sint. Exp. 69	9.1	0.082	0.335
VS-409	11.0	0.120	0.371
Llera 3	10.3	0.099	0.377
H-422	10.9	0.080	0.407
H-433	10.0	0.075	0.375
Tuxpeño	10.5	0.100	0.422
Pepitilla	9.6	0.081	0.466
promedio	10.2	0.091	0.393
Blanco extranjero			
WCF H-814W	8.8	0.081	0.387
Amarillos extranjeros			
PAG	8.4	0.091	0.335
WAC 922	7.9	0.086	0.379
Pay Master 9427	7.2	0.086	0.337
MCF H-7120	7.1	0.074	0.320
Grower 4131	6.8	0.091	0.353
Wagner	7.9	0.089	0.272
Pionner 3165	8.9	0.083	0.321
Pay Master 3165	8.9	0.083	0.321
Pionner 3147	8.1	0.082	0.318
promedio	8.2	0.083	0.324

¹ BS Nx6.25

² En 100g de muestra

Fuente: Vázquez, A. S. (1987) citado por FIRA, 1998.

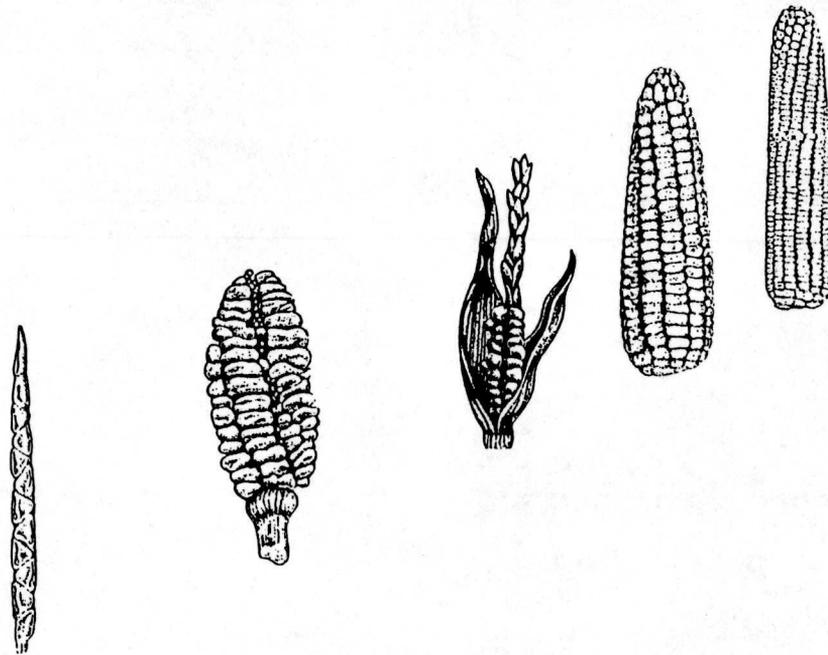


Figura 4. México es el nicho ecológico más importante en el mundo para proteger y rescatar la diversidad biológica del maíz.

Cuadro 7. Valor nutritivo del maíz.

Por cada 100g de porción comestible

Nutrientes

- energía: 350 K/cal
- proteínas: 8.9g
- grasa: 4.3g
- carbohidratos: 72.2g

Minerales

- ceniza: 1.20g
- calcio: 2.20g
- fósforo: 2.68g

Vitaminas

- vitamina A: 17mg
 - tiamina: 0.36mg
 - riboflavina: 0.12mg
 - niacina: 1.7mg
-

Fuente: Solís, 1998.

1.5.2. Importancia mundial del maíz

Con una producción global de unos 595 millones de toneladas (Cuadro 8), el maíz ocupa el segundo lugar en la producción de cereales, después del trigo (Cuadro 21). Directa o indirectamente constituye el principal alimento del 15 al 20% de la humanidad; se cultiva, por lo menos, en 70 países, cubriendo un área de 120 millones de hectáreas, siendo el cultivo más repartido de todo el mundo. El maíz se cultiva en los cinco continentes, desde Canadá al extremo sur de Sudamérica, y desde altitudes por debajo del nivel del Mar Caspio hasta 4000m en los Andes. Puede crecer bajo condiciones climáticas extremas: en zonas semiáridas, con precipitaciones anuales inferiores a 400mm (por ejemplo en América Central y en Rusia) o en regiones húmedas tropicales con precipitaciones superiores a 2 metros, como en el sudeste asiático (Gay, 1987 citado por Sasson, 1993).

En los países en desarrollo, mediados los años 1980, el consumo de maíz alcanzaba una media de 20 kg por persona año⁻¹, en comparación con 45 kg el trigo y 82 kg el arroz. La cantidad de calorías procedentes de este cereal se mantuvo estable durante dos décadas, cuando había aumentado progresivamente en 2.3% anual para el trigo y 0.4% para el arroz. En los países donde el maíz es el alimento básico, como México, Guatemala, Kenya y Zimbabwe, el consumo era de una media de 100 kg por persona y año, proporcionando el 40% de calorías de la dieta (Sasson, 1993).

Cuadro 8. Consumo mundial de maíz, año comercial (septiembre-agosto). —Miles de toneladas—

País	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1997/98 Particip.
Brasil	33.25	36.158	36.78	37.15	34.3	5.8%
Canadá	7.1	7.65	7.63	7.65	8.1	1.4%
China	92.904	99.654	108.049	115.353	121.25	20.4%
Japón	16.45	16.45	16.1	16.1	15.9	2.7%
México	20.477	20.25	23.159	23.441	22.6	3.8%
Sudáfrica	8.132	6.82	8.08	8.062	7.9	1.3%
Otros	171.481	169.39	184.061	185.729	189.856	31.9%
Subtotal	349.749	356.372	383.859	393.485	399.906	67.2%
EUA	159.819	183.577	159.887	179.19	195.208	32.8%
Total mundial	509.613	539.949	543.746	572.675	595.114	100%

Fuente: Foreign Agricultural Service. USDA. Marzo de 1998. Citado por FIRA (1998).

1.5.3. Importancia nacional del maíz

El maíz ocupa más del 40% de la superficie agrícola nacional y representa el 51% de la superficie total cosechada en México. De este cultivo viven directamente 10 millones de campesinos y es la más importante fuente de empleo e ingresos en la población rural. Para las clases populares el consumo de maíz representa el 25% de su gasto total en alimentos. La superficie que se siembra anualmente en nuestro país es del orden de 7 a 8 millones de hectáreas y participa con el 3.8% de la producción a nivel mundial (Cuadro 8). El grano de maíz producido tiene diversos destinos: un 66% es para consumo humano —142 a 256 kg anuales per cápita— (Cuadro 1), en México cada familia consume diariamente en promedio dos kilogramos de tortillas; un 14% para uso directo por animales de traspatio; un 19% se industrializa en alimentos balanceados y otros productos y 1% se destina para semilla (SARH, 1992; El Financiero, 19febrero y 28enero 99).

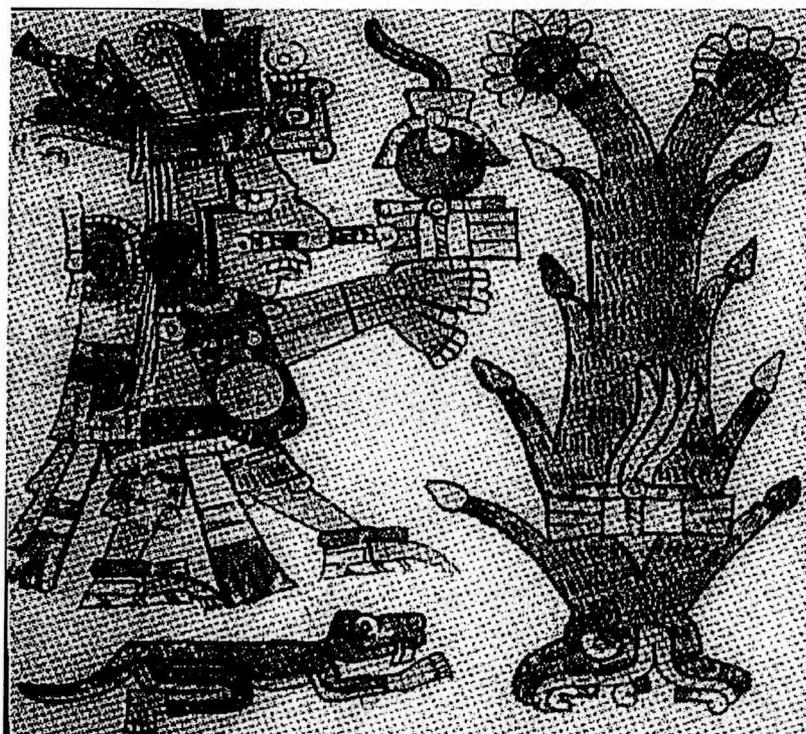


Figura 5. Cinteotl, señor del maíz para los antiguos mexicanos. (Códice Borgia: Seler, 1963).

Son 1.6 millones de hectáreas de riego cultivadas con maíz con un promedio de rendimiento de 3.5 ton/ha y con posibilidad de elevarlo a 6 toneladas (para el año 2000 el INIFAP intenta cultivar de uno a dos millones de hectáreas con líneas de maíz proteínico que hoy está validando en el país). Mientras que de *buen temporal* están dedicadas 1.8 millones de hectáreas con un rendimiento de 2.6 ton/ha pero también con posibilidades de incrementarse a 4.7 ton/ha. Además a diferencia de otros países donde emplean el 100% de semillas mejoradas en nuestro país sólo empleamos el 15% (entre ellas las líneas de maíz con alto contenido proteínico) —lo demás corresponde a semillas criollas— (El Financiero, 25 agosto97 y 27enero99).

Actualmente existen 2.5 millones de productores de maíz en México, de los cuales alrededor de 100mil obtienen ingresos mayores a sus costos. Lo cual quiere decir que la mayoría de los productores mexicanos no son competitivos. En cuanto a la evolución del maíz en el territorio nacional, su crecimiento acumulado de 1990 a 1998 fue de 25.84%, lo que significó una variación anual de 3.23%. Mientras que el incremento acumulado del rendimiento (kg/ha) en el mismo lapso fue de 1.19% significando tan sólo una variación de 0.15% al año (El Financiero, 28enero99).

Durante enero-mayo de 1997, México importó 1.8 millones de toneladas de maíz, o sea más de tres veces el volumen registrado en el mismo periodo del año anterior, de 535,300 toneladas. Y para 1998 entero el pronóstico de compras del exterior era de 3.5 a 4 millones de toneladas, con lo cual se rebasarían los cupos de importación libres de arancel pactados en el TLCAN, de 2.8 millones de toneladas este año. Estas importaciones de maíz implican para este año la pérdida de 140 millones de jornales y de 400 mil empleos permanentes en el campo, además de que dejarán de derramarse unos 5,200 millones de pesos (El Financiero, 8junio98). Sin embargo en información más reciente del periódico El Financiero (jueves 28 enero99) nos dice que el volumen importado en 1998 de acuerdo a la SECOFI fue de 5'028 613 toneladas

de maíz 78.6% arriba de las definidas en el TLCAN libres de arancel. Además de confirmarse que el gobierno autorizó importar en el primer trimestre de 1999: 1,132 071 toneladas de maíz, de las cuales el 38% favorecen a la industria productora de almidón y alta fructosa (Cuadro 9).

Cuadro 9. Importación nacional de maíz en el primer trimestre de 1999.

Sector	Cupo (toneladas)	Ene-marzo99
Almidonero	1,622,032	432,410
Harinero	627,226	203,000
Cerealero	66,911	17,500
Conasupo	438,468	-0-
Pecuario	2,273,977	479,161
Total	5,028,613	1,132,071

Fuente: SECOFI, publicado por El Financiero (28 enero '99).

Esto es definitivamente, una alarmante y ofensiva prueba de la grave dependencia alimentaria, pues todos los años se rebasa la cuota arancelaria de importación, para un pueblo que ha nacido y se sustenta gracias al maíz (Cuadros 2, 9 y 10).

Cuadro 10. Panorama nacional de la producción y el comercio de maíz.

Año	Superficie sembrada (hectáreas) ¹	Sup. Cosechada (000 has) ²	Rendimiento (kg/ha) ²	Exportación (toneladas métricas)	Ingreso económico por exportación (\$10,000Dis U.S.) ²	Egreso económico por Importación (10,000Dis U.S.) ²
1990	7'917,518	7 339	1 994	800	12	55400
1991	7'730,038	7 051	1 918	16200	286	17897
1992	8'002,675	7 219	2 345	18500	281	18410
1993	8'247,607	7 428	2 440	47900	613	6973
1994	9'196,478	7 851	2 323	36400	463	36953
1995	9'079,636	7 500	2 266	82600	1320	40203
1996	8'639,045	7 778	2 318	78200	1760	106348
1997	9'089,823	7 472	2 471			
1998	8'487,705					

Reconstrucción de varias fuentes:

¹ SAGAR-DGA de varios años.

² FAO (90-97) Anuarios estadísticos de producción agrícola y de comercio.

1.5.4. El maíz en el estado de Veracruz

En el estado de Veracruz, la cosecha de maíz en 1996 alcanzó la cifra récord e histórica de aproximadamente 1.3 millones de toneladas (Cuadros 11 y 12), lo cual le permitió a la entidad ascender del undécimo al sexto lugar a nivel nacional (El Financiero, 1997b). Mientras que en el periodo 1993/94 - 1997/98 y correspondiente al ciclo otoño - invierno, la entidad obtuvo un promedio de participación de 7.3% (4° lugar nacional) detrás de Sinaloa, Tamaulipas y Sonora con 49.9%, 13.4% y 11.1% respectivamente (Agro-síntesis, 1999).

Tan sólo el 1.4% de la producción del estado de Veracruz en el año agrícola de 1997 provino de tierras con sistema de riego, mientras que el grueso de la producción, es decir el 98.6% proviene de tierras de temporal; y por otra parte el 32% de la misma producción de 1997 correspondió al ciclo agrícola otoño - invierno y el 68% al ciclo de primavera verano (Cuadro 13).

Cuadro 11. El estado general de la producción de maíz en el Edo. de Veracruz.

Estado	Consumo (000 toneladas)	Participación nacional	Producción promedio 90-96 (000 toneladas)	Déficit o superávit (000 toneladas)
Veracruz	1,382	6%	945	-437

Fuente: FIRA, 1998.

Cuadro. 12. Comportamiento del cultivo de maíz en el estado de Veracruz en el periodo de 1983 a 1997.

Año agrícola →	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1995	1996	1997*
Superficie sembrada, miles de hectáreas	574	526	516	482	479	551	524	603	504	483	604 ^E		659
Producción, miles de toneladas	699	611	758	510	647	645	720	846	798	905	1,229 ^E	1,300 ^F	1,121
Rendimiento promedio, toneladas ha ⁻¹	1.22	1.16	1.47	1.06	1.35	1.17	1.37	1.40	1.58	1.87			1.70

Fuente: SARH, DGPA, 1993.

* Anuario Estadístico de Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, SAGAR 1997.

^E INEGI, Anuario estadístico (internet: <http://www.inegi.gob.mx>).

^F El Financiero, miércoles 26 marzo 97, p 16A. Con ésta cifra récord histórica, Veracruz ascendió del 11° al 6° lugar nacional.

Cuadro. 12a. Comportamiento del cultivo de maíz en el estado de Veracruz en el año agrícola 1997.

Ciclo de cultivo	Superficie sembrada (has)			Superficie cosechada (has)			Producción (toneladas)		
	<i>Riego</i>	<i>Temporal</i>	<i>Total</i>	<i>Riego</i>	<i>Temporal</i>	<i>Total</i>	<i>Riego</i>	<i>Temporal</i>	<i>Total</i>
Primavera - verano	1,922	453,166	455,088	1,922	408,960	410,882	5,980	754,879	760,859
Otoño - Invierno	2,466	201,672	204,138	2,466	196,638	199,104	9,535	350,688	360,223
Total en el año agrícola	4,388	654,838	659,226	4,388	605,598	609,986	15,515	1,105 567	1,121 082

1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Evaluar los efectos de la poda de follaje del frijol de árbol, asociado a tres genotipos de maíz en la fertilidad del suelo y en el rendimiento de grano de ambas especies, a partir del análisis y el diseño de una tecnología agroforestal de *cultivo en callejones*, para condiciones de temporal en el trópico húmedo del estado de Veracruz.

1.7. OBJETIVO GENERAL

Contribuir a diseñar la tecnología apropiada de cultivos en callejones con frijol de árbol (*Cajanus cajan*) y maíz (*Zea mays*), y evaluar la estrategia de manejo para condiciones de temporal en el trópico húmedo.

1.7.1. Objetivos particulares

1. Evaluar los rendimientos de grano tanto en maíz como en el frijol de árbol.
2. Cuantificar los cambios en la materia orgánica (M.O.), ph, nitrógeno total (N) y otros nutrientes, después de un ciclo de cultivo por la incorporación del residuo vegetal (poda aérea del follaje) del frijol de árbol al suelo.
3. Comparar el comportamiento fenológico entre los tres diferentes genotipos de maíz, así como del *Cajanus cajan* para las condiciones ambientales de la región.
4. Determinar si existe algún efecto de competencia interespecífica entre el frijol de árbol así como su influencia en el maíz.
5. Evaluar la relación beneficio - costo de la tecnología bajo la presente estrategia específica de manejo.

1.8. HIPÓTESIS GENERAL

La poda de follaje de las hileras del frijol de árbol (*Cajanus cajan*) incorporado al suelo, ayuda a mejorar algunos parámetros de fertilidad del mismo (M.O., pH y N₂) y permite que el productor mejore los rendimientos del cultivo de maíz.

1.8.1. Hipótesis particulares

1. El mejor rendimiento total de grano del maíz, se obtiene en el tratamiento de poda
2. El rendimiento de grano del maíz criollo (*Zea mays*), es superior con respecto a los otros dos genotipos comparados, debido al patrón de prácticas de manejo del productor y a su mayor adaptabilidad al clima imperante de la región.
3. La fenología del *Cajanus cajan* se adapta favorablemente a las condiciones ambientales biofísicas que imperan en la región.
4. La poda de follaje (ramillas con hojas y tallos) del *Cajanus cajan*, después de seis meses de incorporada al suelo, incrementa su pH, el contenido de materia orgánica y de nitrógeno total, por lo cual mejora la fertilidad.
5. El rendimiento de grano de maíz es superior al estar intercultivado con el frijol de árbol, que cuando está en monocultivo.
6. El beneficio económico por bienes y servicios de la combinación frijol de árbol - maíz, es positiva y favorable para el productor que adopte el uso de esta tecnología, principalmente con la práctica de largo plazo.

1.9. BENEFICIOS ESPERADOS

Se espera que los resultados científicos más importantes generados por ésta investigación, puedan proyectarse en el aprovechamiento de la factibilidad biológica y de las ventajas que posee el cultivo en callejones establecido en las condiciones biofísicas del estado de Veracruz. Mientras estos resultados puedan aportar las bases para posteriores investigaciones y recomendaciones que puedan adoptar los agricultores en la práctica, la parcela experimental aportará una rica fuente de campo para investigaciones científicas más profundas así como un sitio atractivo para demostraciones y entrenamientos que generen nuevos retos propios de la investigación y la creatividad.



Mural de la Capilla Diego Rivera, Universidad Autónoma Chapingo

2.2. MATERIALES UTILIZADOS

Para la realización de ésta investigación fue indispensable hacer uso de los siguientes insumos y materiales:

- Semilla de frijol de árbol
- Semilla de maíz
- Pesticidas
- Sembrador - coa
- Mochila aspersora
- Machetes
- Estufa secadora
- Longímetro
- Brújula
- Termómetro
- Tijeras de podar
- Penetrómetro
- Básculas granataria y electrónica
- Palas recta y curva
- Mecahilo
- Estacas
- Costales
- Pintura vinílica
- Bolsas de polietileno de 4kg
- Bolsas de papel estraza #8 y #10
- Etiquetas, ligas
- Cámara fotográfica, de vídeo y sus respectivas películas, computadora

2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue un modelo de 2 centros de clasificación con un bloque (vea esquema en el anexo 5).

Se sembraron 16 hileras de frijol de árbol distanciadas tres metros entre calles y un metro entre plantas (3,000 plantas/ha).

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + V_j + (MV)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y= variable rendimiento (observada)

μ = media potencial

M_i = efecto del manejo o tratamiento

V_j = variedades

$(MV)_{ij}$ = interacción manejo x variedades

ε_{ijk} = error experimental asociado a Y_{ijk}

2.4. TRATAMIENTOS

Para el análisis sólo se consideran dos tratamientos:

1. Maíz (tres genotipos) con frijol de árbol y **poda** de follaje en siete repeticiones.
2. Maíz (tres genotipos) con frijol de árbol **sin poda** de follaje en siete repeticiones.

Sin embargo para efectos de un mejor análisis del presente ensayo experimental hubo la necesidad de considerar un tercer tratamiento:

3. Monocultivos de maíz y frijol de árbol -control o **testigo**- distribuidas de la siguiente forma:

- 1 frijol monocultivo con poda
- 1 frijol monocultivo sin poda
- 1 maíz monocultivo, genotipo criollo
- 1 maíz monocultivo, genotipo variedad
- 1 maíz monocultivo, genotipo híbrido
- 3 frijol con poda, intercultivo maíz (c/u de los tres genotipos)
- 3 frijol sin poda, intercultivo maíz (c/u de los tres genotipos)

La unidad experimental fue de 3m de ancho x 15m de largo, es decir 45m². De acuerdo a la explicación anterior en total fueron 47 unidades experimentales, 42 parcelas de 45m² mas 5 de 250m², éstas últimas sirviendo sólo como una mejor referencia comparativa. Las tres variedades de maíz se combinaron y distribuyeron en el terreno aleatoriamente con el frijol de árbol - *Cajanus cajan* (3 surcos del cultivo de maíz). La mitad del lote asignado a las combinaciones del cultivo en callejones entre el frijol de árbol y el maíz fue con poda de follaje del frijol (realizada antes de la siembra del maíz) a una altura de 1m y la otra mitad sin poda, estas parcelas se repitieron siete veces; sumadas a éstas estuvieron los testigos en monocultivos de ambas especies con sus respectivas variedades.

En el traslape lineal entre hileras (en las cabeceras) entre una y otra unidad experimental se consideraron 2m de borde para el efecto de orilla; de tal manera que en la parcela útil a evaluar se consideraron sólo los 10m centrales, habiendo omitido al menos un par de metros por cada cabezal u orilla.

En cada calle se sembraron 3 surcos de maíz del genotipo asignado de manera aleatoria. Incluyendo los genotipos en las parcelas control. Las parcelas control o testigo en el maíz fueron de 45 metros de largo con seis surcos para cada uno de los genotipos. Ésta fue una de las variantes en el tamaño de parcelas por lo cual no entra ésta ultima en el análisis

experimental, pero, no por ello deja de ser una referencia como ya se menciona con antelación para cuantificar y comparar su producción en monocultivo con los primeros dos tratamientos del maíz en presencia del frijol de árbol tanto con poda como sin ella.

2.5. VARIABLES A MEDIR

Las variables centrales del experimento, registradas en cada uno de los tratamientos fueron:

1. Rendimiento del grano de maíz
2. Rendimiento del frijol de árbol
3. Cambios en la fertilidad del suelo (materia orgánica, pH, nitrógeno total,)

Otras variables cualitativas:

4. Fenología del frijol de árbol
5. Fenología de las tres variedades de maíz
6. Presencia y tolerancia a plagas y enfermedades
7. Análisis económico

2.6 . MUESTREO DE SUELOS

Se colectó una muestra de suelo del 100% de las unidades experimentales al inicio del experimento y al final del primer ciclo del cultivo de maíz (otoño-invierno), de las cuales se prepararon 9 muestras compuestas (por mezcla) para cada periodo de muestreo.

Se hizo un perfil del suelo persiguiendo a las raíces del frijol de árbol con la finalidad de observar la longitud e interacciones creadas con las raíces del cultivo de maíz.

Los análisis físico - químicos de las muestras de suelo y de las muestras de planta se realizaron en el Laboratorio de Servicio del

Departamento de Suelos de la UACH. Las metodologías empleadas para la determinación de los elementos nutricionales del suelo se detallan en el anexo de suelos.

2.7. MUESTRAS DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

La identificación de enfermedades se realizó en los Laboratorios de Micología y Nematología del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

La técnica de diagnóstico para identificar nemátodos de la raíz del frijol de árbol fue por "Tinción - disección - cortes fenestrales" y para la identificación de hongos en la corteza se empleó el "Aislamiento in vitro en PDA (papa - dextrosa - ágar)".

2.8. SIEMBRA DE MAÍZ Y FRIJOL DE ÁRBOL

El frijol de árbol se sembró en julio de 1996 para esperar a que creciera durante el primer año y medio (y se pudieran efectuar las podas) a una distancia de 1m entre plantas y a 3m entre hileras para obtener una densidad promedio de 3,000 plantas ha⁻¹. La primera cosecha se obtuvo en enero-marzo de 1997 y en 1998 se cuantificó de enero a abril la producción (2° ciclo productivo del *Cajanus cajan*) que es el que se reporta en este estudio.

La siembra de maíz correspondió al ciclo agrícola de otoño-invierno y se realizó apegándose a la manera tradicional como se practica en las huertas de cítricos de la región. Lo abrupto del terreno y sus suelos poco profundos por lo general no permiten introducir el uso de maquinaria agrícola pesada, por lo que viene practicándose un tipo de *labranza cero*, simplemente se siembran manualmente y con un palo sembrador tres semillas por cada zancada dejando un distanciamiento de 80-90cm entre matas y 90-100cm entre surcos aproximadamente, obteniendo una densidad promedio de 22,000 plantas ha⁻¹.

Se sembraron tres surcos en medio de cada calle de frijol de árbol. El surco central fue el que sirvió de muestra para cuantificar el rendimiento de maíz.

2.9. PODA DE FOLLAJE

La poda de follaje o biomasa aérea se realizó en el lote respectivo antes de sembrarse el maíz (enero 98) con la ayuda de tijeras manuales, así como de un filoso machete. Los tallos del frijol de árbol se podaron dejándose a un metro de altura (cortándose entre 150 - 200 cm, pues su punto de crecimiento apical oscilaba de 2.5 a 3.0 m). La poda se picó e incorporó adjuntamente al suelo en el interior de la calle. La biomasa incorporada a las calles aproximadamente fue de 4,000 kg ha⁻¹ en base seca.

2.10. TOMA DE MUESTRAS DE VAINAS DE FRIJOL Y FENOLOGÍA

Fueron seleccionadas aleatoriamente 10 plantas de frijol de árbol de cada calle con competencia perfecta, es decir, con la presencia de plantas por uno y otro lado al interior de la hilera.

Periódicamente (cada 5 - 8 días) se cosecharon las vainas maduras del frijol de los ejemplares seleccionados durante los meses de febrero a marzo principalmente y en menor cantidad durante el mes de abril (periodo de fructificación) y se obtuvo una muestra al azar, la cual se metió a una estufa-secadora durante 72 horas a una temperatura de 75°C para homogeneizar el contenido de humedad del grano, hasta que alcanzara una humedad de 3%. Inmediatamente se pesaron cada una de las muestras de ambos tratamientos —con poda y sin poda— en una báscula electrónica, primero con cascarilla y posteriormente sin ella (trillada).

Con respecto a la fenología, se fueron registrando periódicamente los datos pertinentes a partir de la emergencia a floración (+50%),

fructificación (+50%), características visuales de la inflorescencia, la vaina, la semilla y la planta en general.

2.11. TOMA DE MUESTRAS DE MAÍZ Y SU FENOLOGÍA

Para el registro de las observaciones en las parcelas de maíz se siguió la metodología del CIMMYT registrada en su manual de ensayos internacionales (CIMMYT, 1985).

Cuando el 50% de las plantas centrales observadas para muestrear cambiaron de una fase fenológica a otra, (floración, producción, etc.) fue registrada la fecha de ocurrencia de estos cambios fenológicos y sus respectivas observaciones.

Además de cuantificar el rendimiento total de cada una de las parcelas primero se tomó una muestra del 33% de las plantas de cada una de las unidades experimentales. Inicialmente a éstas se les registró visualmente caracteres de vigor como altura de planta, altura de inserción del fruto-elote, presencia de pestes así como el acame de tallo y raíz.

Posteriormente se hizo una única cosecha de toda la parcela apartándose las mazorcas de las plantas seleccionadas y registrando todas sus características morfológicas (número de carreras de granos de maíz, longitud, diámetro, color y apariencia de vigor físico, % de partes dañadas y número de mazorcas con más de 2/5 partes podridas) % de humedad y peso de las muestras. Cobertura de mazorcas (una semana antes de la cosecha), número total de mazorcas cosechadas, presencia de enfermedades y daños por plagas en el fruto, número de hileras, peso de campo de la mazorca (con el 15% de humedad) y peso final del grano trillado.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. SOBRE LA UNIFORMIDAD BUSCADA EN EL ENSAYO EXPERIMENTAL

Desde el establecimiento del experimento, se buscó llevarlo a cabo de tal modo que estuviera lo más apegado a la realidad del manejo agrícola, es decir de la manera como los campesinos de la región realizan cada una de las actividades involucradas con el cultivo del maíz, incluso para hacer cada una de las prácticas de manejo desde la siembra hasta la cosecha conté con el entusiasta y amable apoyo de campesinos nativos de la localidad que fungieron como trabajadores de campo para sacar adelante el proyecto. Con esa cooperación eficiente de mano de obra no hubo problema. El experimento se complica cuando la uniformidad del terreno deja mucho que desear debido al desnivel del terreno y a su variabilidad físico-química. Así pues, y como ya se describió en la metodología, la siembra, los deshierbes, el cuidado contra el ataque de aves, roedores y plagas se llevaron a cabo de la manera convencional como los realizan los productores de la región.

Es sumamente difícil lograr una uniformidad ambiental en las condiciones del terreno, sobre todo cuando se trata de un lote experimental de gran superficie como es el caso; esto tiene sus ventajas y desventajas. De una parcela o unidad experimental a la próxima existen variaciones visuales en la estructura físico-química del suelo, sin embargo, así son realmente las parcelas donde el productor maneja sus cultivos y plantaciones, y eso justamente simula a la realidad. Por otro lado es necesario y muy racional aclarar que al interior de la parcela donde se llevó a cabo el experimento existió la presencia de árboles de cítricos que son parte del banco de germoplasma del campo experimental lo cual hacía más complejo el ensayo (experimentalmente), a pesar de que se buscó al máximo que éstos árboles quedaran en las cabeceras u orillas de la gran parcela

sus raíces que se extienden por varios metros en su periferia, posiblemente no dejan de influir en cierto grado en los resultados del experimento al causar cierto grado de confusión natural experimentalmente hablando. Sin embargo, para salvar precisamente esta situación se asignaron aleatoriamente los tratamientos en cada unidad experimental, con una superficie considerable de 45m² y repitiéndose siete veces cada una, según se explicó en la metodología.



Figura 7. Efectos adversos de la sequía en el intercultivo del maíz en callejones de frijol de árbol.

3.2. VARIACIONES

A pesar de trabajar con la intención de apegarse al método emprendido por los usuarios, hubo variaciones debido a la naturaleza del manejo diferente (entre el maíz en callejones y el maíz monocultivo sumado a las podas) e interacciones entre genotipos así como de los factores ambientales adversos que se presentaron durante el ciclo de cultivo del maíz. Recién nacido el maíz hubo áreas considerables en el experimento que se anegaron de agua por la abundante precipitación y por el mal drenaje del suelo; más tarde, en la fase crítica de polinización y llenado de grano del maíz ocurrió lo contrario, escaseó el agua en el suelo y se presentaron muy altas temperaturas promedio (40

a 45 °C) a pleno sol del medio día. Vea los datos del anexo de clima que prevalecieron en el sitio durante abril a junio de 1998 principalmente (Figuras 7 y 8).

3.3. RENDIMIENTOS DEL FRIJOL DE ÁRBOL

En el rendimiento del frijol del tratamiento control o testigo se obtuvieron 1,586 kg ha⁻¹ de grano (Daniel y Ong, 1990 obtiene 2,000 kg ha⁻¹ en monocultivo); mientras que en el tratamiento con poda 758 kg ha⁻¹ (52.2 % menos) y en las calles sin poda 896 kg ha⁻¹ (43.5 % menor). El bajo rendimiento obtenido en todos los tratamientos, incluido el testigo se debió al reducido e inapropiado espacio entre hileras del *C. cajan* (tres metros) compartiendo sus recursos al interior de la calle con la presencia de tres surcos de maíz y acentuándose este hecho al mal temporal y distribución de las lluvias durante el ensayo, todo esto hizo más severa la competencia por nutrientes y agua en el interior del suelo y entre las raíces (vea en el anexo del clima los cuadros en detalle y las gráficas correspondientes del clima).

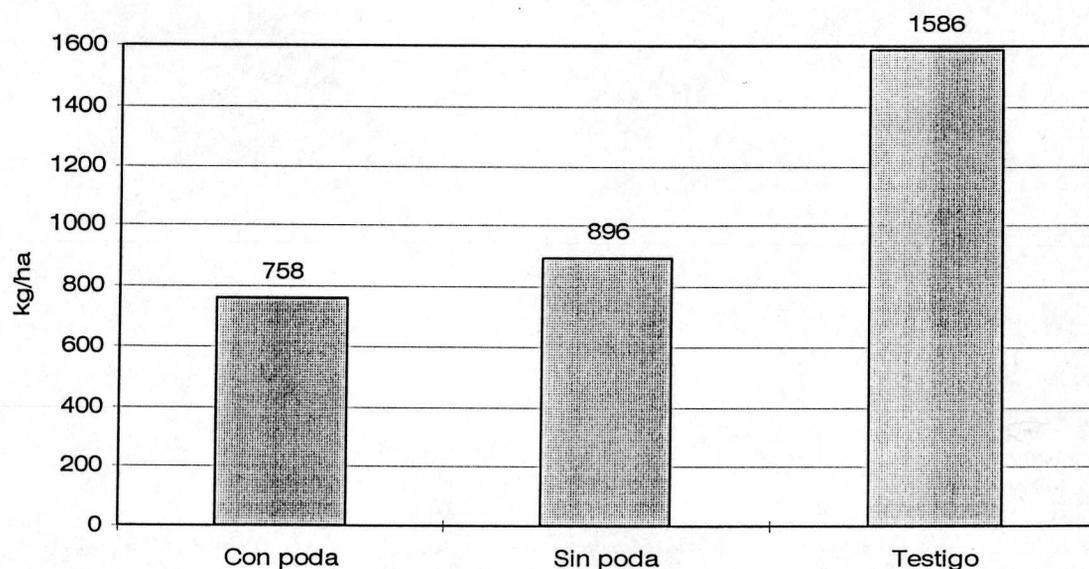


Figura 8. Aspecto de una calle del intercultivo maíz con el frijol de árbol (*Cajanus cajan*) a mitad del ciclo.

Cuadro 13. Rendimiento promedio del frijol de árbol en cada uno de los tratamientos (expresado en kg ha^{-1}).

Tratamiento	Rendimiento del frijol de árbol
Con poda	758
Sin poda	896
Testigo	1 586

Gráfica 1. Rendimiento total de grano de un ciclo de cultivo (un año) del frijol de árbol.



Estos han sido los rendimientos del frijol de árbol (Cuadro 13 y Gráfica 1) para esta región en particular de México, nicho caracterizado ecológicamente como trópico húmedo y que sin embargo por las condiciones que imperaron mientras se desarrolló el trabajo, parecieran más bien ser de trópico seco, entonces aquí cabe mencionar lo que Sasson, (1993) nos dice lo que ocurre con la producción en la India, allá el rendimiento medio del *C. cajan* era de 600 kg ha^{-1} , cuando en las parcelas experimentales del ICRISAT se alcanzaban hasta $5,000 \text{ kg}$; además el tiempo de maduración de la semilla podía bajarse de 300 a 150 días; el manejo real que se le da a un cultivo en condiciones reales de campo y con limitantes ambientales hará que se obtengan resultados menos satisfactorios con respecto a los experimentos donde se proveen todas las condiciones propicias al cultivo. En éste caso sólo se puede mencionar que el periodo de floración inició en noviembre

(días de fotoperíodo corto) para empezar a fructificar desde diciembre y consumirse como chícharo fresco, defoliándose en febrero y terminando de producir sus últimas vainas en el mes de abril (Cuadro 14).

Cuadro 14. Resumen fenológico de las características agronómicas (promedio) del genotipo de frijol de árbol (*C. cajan*), con el que se realizó el ensayo en el Campo Experimental Agroforestal *Ixtacuaco* en el edo. de Veracruz.

Días a maduración	aprox. 185-200
Días a florecimiento	aprox. 120-140
Altura total	250-300 cm
Diámetro de la base del tallo	2 a 4 cm
Hábito de crecimiento	indeterminado
Tipo de inflorescencia	dispersa
Color de la flor	amarilla, a veces con estrías rojizas
Número de vainas por planta	250 a 300
Número de granos por vaina	3 a 6
Longitud de vaina	4.5 a 6.5 cm
Ancho de vaina	1.2 a 1,5 cm
Peso de una vaina seca con semilla	1.0 a 1.2 g
Peso de 100 semillas	18 g
Color de la testa de la semilla	café claro (beige) o marrón



Figura 9. Vainas secas de frijol de árbol en el ensayo, listas para ser cosechadas; observe que van de cuatro a seis semillas por legumbre.

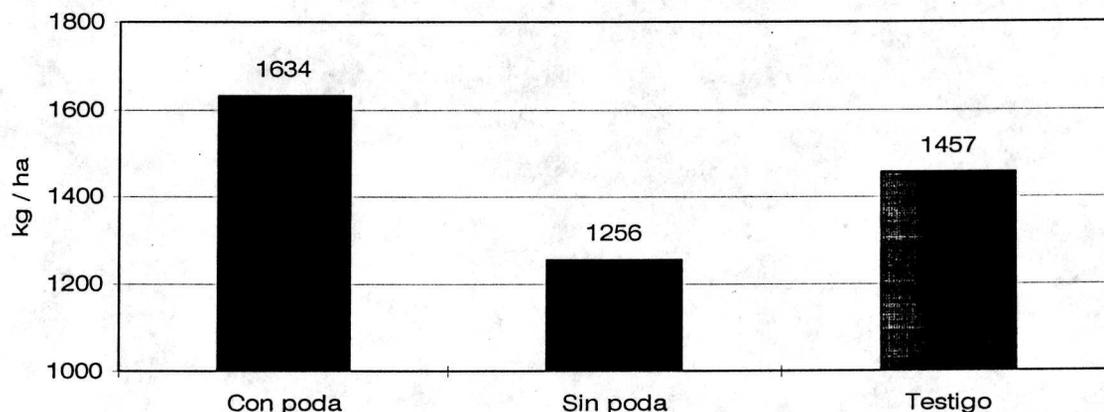
3.4. RENDIMIENTOS DEL MAÍZ

Por otro lado, para el rendimiento del grano de maíz, el genotipo que manifestó el mejor rendimiento en el tratamiento con poda fue el criollo con 1,878 kg ha⁻¹ (Akonde *et al.*, 1986, encontraron que el maíz en callejones rindió 51% más por encima del monocultivo; mientras que Danso y Morgan 1993 nos dicen que con la poda de *Cassia* el maíz se elevó en 31% con respecto al control) seguido del híbrido con 1,625 kg ha⁻¹ y de la variedad con 1,432 kg ha⁻¹. El híbrido se comportó mejor en el tratamiento testigo o monocultivo 1,625 kg ha⁻¹ (Lal, 1989 y Jama *et al.*, 1995 encontraron que el maíz rindió menos en callejones que en el control, estos últimos reportan que maíz intercultivado con guaje rindió 16% menos que en el control) y en el tratamiento sin poda se obtuvieron 1,447 kg ha⁻¹ es decir 89% del rendimiento con respecto al testigo. En cambio para el genotipo variedad la poda tuvo efectos positivos al obtener un 15.6% del rendimiento por encima del testigo en el cual se obtuvieron 1,239 kg ha⁻¹ mientras que el menos favorecido fue el tratamiento sin poda con 1,206 kg ha⁻¹ el 84% (Gráfica 3).

Cuadro 15. Comparación del rendimiento del maíz en sus dos formas de manejo: tratamiento con poda y tratamiento sin poda (kg ha⁻¹).

Calle	GENOTIPO					
	Criollo		Híbrido		Variedad	
	con poda	sin poda	con poda	sin poda	con poda	sin poda
1	2189	1346	1487	1085	1890	1401
2	1813	1278	1936	1087	1157	642
3	2196	209	1742	2059	453	843
4	1395	1188	1239	559	1593	1769
5	1828	955	1544	1841	1045	1364
6	1153	2301	2116	1784	1745	398
7	2574	535	1082	1716	2143	2028
Subtotal	13148	7812	11146	10131	10026	8445
Promedio	1878	1116	1592	1447	1432	1206

Gráfica 2. Representación del promedio del rendimiento de grano del maíz de los tres tipos de maíz (sin considerar específicamente el genotipo al cual pertenecen cada uno) en cada tratamiento.



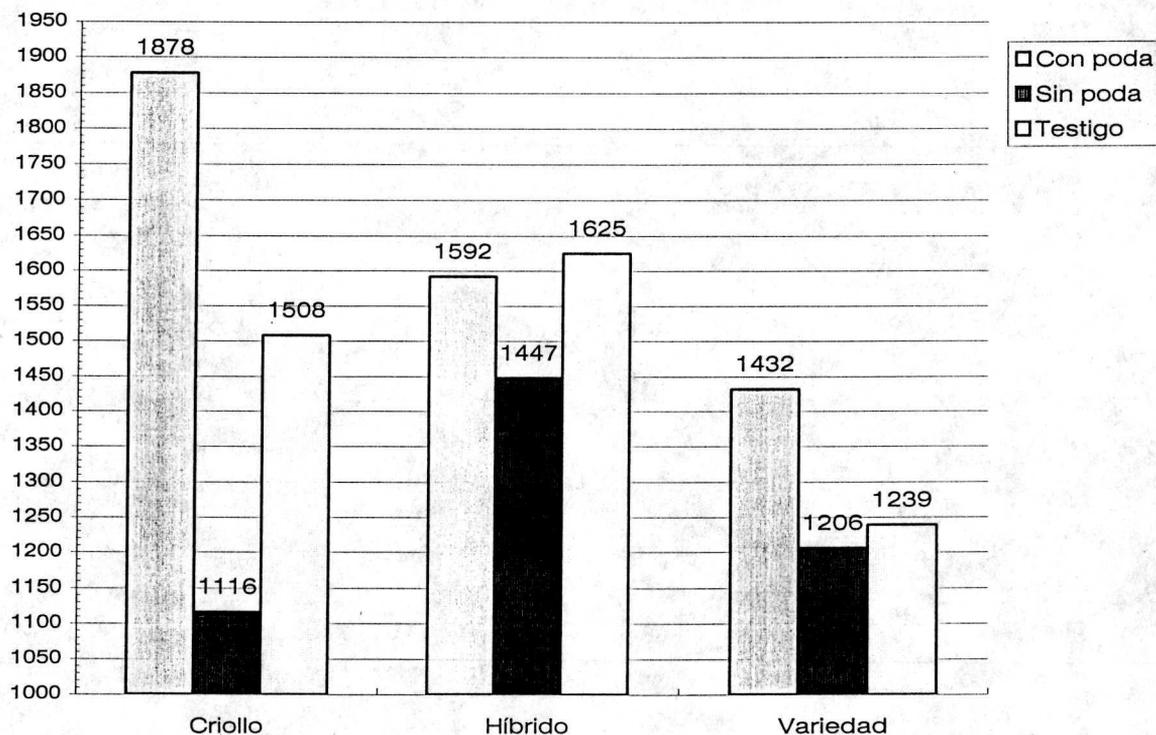
Estos rendimientos obtenidos son muy buenos si los comparamos con el rendimiento medio obtenido en el ámbito estatal (Cuadro 12). Por otra parte, si analizamos el rendimiento del maíz sin considerar que fueron tres genotipos, simplemente desde la perspectiva de haber realizado el ensayo del intercultivo de maíz entre las calles que forman las hileras del frijol de árbol, observamos así que el maíz en los callejones con poda del frijol de árbol presentó el mejor rendimiento con $1,634 \text{ kg ha}^{-1}$ seguido por el monocultivo con $1,457 \text{ kg ha}^{-1}$ y finalmente el tratamiento con ausencia de poda de la leguminosa con $1,256 \text{ kg ha}^{-1}$ (Gráfica 2). La mayor interceptación de luz por los árboles de frijol de árbol en el tratamiento sin poda y la mayor demanda de agua y nutrientes en el suelo por los mismos pudieron hacer disminuir el rendimiento del intercultivo de maíz. Szott, (1987) y Fernández (1990) encontraron que el rendimiento se vio disminuido debido a la competencia interespecífica entre las raíces, así como por el sombreado; mientras que Nair (1987), ICRAF (1989), Coulson (1989), Odigi (1989), Mittal y Singh (1989), Corlett (1989), ICRISAT (1989) y Rao (1990) especifican que por el estrés hídrico. Es bueno decir que los surcos de maíz más próximos al seto de frijol durante todo el ciclo se vieron rebasados en altura y vigor por el surco central, esto se debió al mayor efecto de sombreado y a la interacción radicular con el frijol de árbol por ganar agua y nutrientes del suelo (Figura 9). Newman et al. (1998)

concluyeron que el sombreado y la cercanía a los árboles de *Pawlonia elongata* fueron la clave para la disminución del rendimiento del maíz. En el tratamiento con poda, al realizar ésta práctica, se abre el dosel de la leguminosa permitiendo mayor captación de luz por la gramínea C₄ además de que hay una compensación en el sistema radicular del frijol de árbol, es decir al practicarse la poda aérea del follaje y sus ramas también se mueren muchas raíces de la planta disminuyendo de ésta forma la competencia por agua y nutrientes entre las plantas asociadas.

Cuadro 16. Resumen del rendimiento promedio de los tres genotipos de maíz para cada uno de los tratamientos, expresado en kg ha⁻¹.

Tratamiento	Criollo	Híbrido	Variedad
Con poda	1878	1592	1432
Sin poda	1116	1447	1206
Testigo	1508	1625	1239

Gráfica 3. Promedio de rendimiento final para el grano de maíz (kg ha⁻¹).



En resumen, el mejor rendimiento se obtuvo en el tratamiento con poda para el genotipo de maíz criollo con 24.5% por encima del tratamiento testigo y si sumamos a esto la producción del frijol de árbol y la biomasa producida para alimentar a los animales, entonces, se aprecia el enorme potencial para incentivar esta tecnología de cultivo en callejones entre el maíz criollo y el *Cajanus cajan*. Las diferencias en el rendimiento se reflejan debido a variaciones ambientales drásticas no consideradas originalmente en el experimento. Por otra parte, el frijol de árbol al ser una leguminosa de vigorosa raíz pivotante, y cuando por un largo periodo de tiempo no se afloja o remueve el terreno y sumado a ello la mala estructura del suelo, entonces las raíces se extienden horizontalmente buscando los nutrientes que le permitan sobrevivir, acentuándose la competencia con el cultivo del maíz.

Cuadro 17. Comparación del beneficio neto económico entre los genotipos en intercultivo con el frijol de árbol.

	Maíz kg/ha	Frijol kg/ha	Total de granos kg/ha	Costo de producción \$/ha	Ganancia económica neta \$/ha
Híbrido sin poda	1,447	896	2,343	5,530	6,034
Criollo sin poda	1,116	896	2,012	5,530	5,439
Variedad sin poda	1,206	896	2,102	5,530	5,601
Híbrido con poda	1,592	758	2,350	5,690	4,755
Criollo con poda	1,878	758	2,636	5,690	5,270
Variedad con poda	1,432	758	2,190	5,690	4,468
Promedio					5,261

Los costos y la ganancia o ingreso económico neto ha sido calculado en base a la información del cuadro 20.

El valor de la semilla de la leguminosa es de \$10 kg en el mercado y el del maíz a \$1.8 kg.

La mayor ganancia económica se obtiene en el intercultivo del maíz híbrido y manejo sin poda (\$ 6,034), esto, a pesar de haber obtenido el mejor rendimiento de la suma de granos con el maíz criollo en el tratamiento con poda. Influye mucho la diferencia de precios del mercado asignado a una leguminosa como a un cereal. Sin embargo en este análisis no se aprecian los beneficios a largo plazo que traerá la incorporación de los residuos de la poda en el mejoramiento de la fertilidad del suelo y en consecuencia, en los rendimientos de los cultivos involucrados.



Figura 10. Dobra del cultivo de maíz en una calle sin poda de frijol de árbol.

3.5. COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DEL CULTIVO DEL MAÍZ

Cuadro 18. Resumen del análisis comparativo de las variables agronómicas mejor observadas durante el ciclo de cultivo entre los tres genotipos de maíz del experimento.

Variable agronómica	Maíz		
	Criollo	Híbrido	Variedad
Fecha de siembra	11y 12 de febrero	11y 12 de febrero	11y 12 de febrero
Fecha de resiembra de un 80%	24 y 25 de febrero	24 y 25 de febrero	24 y 25 de febrero
Emergencia	28feb	28feb	28feb
Densidad de planta /ha	22,000	22,000	22,000
Promedio de láminas foliares	18	14	15
Altura de la mazorca superior (nudo de inserción de la mazorca superior)	193cm	93cm	105cm
Número d entre nudo donde se inserta la mazorca (de la base del tallo hacia arriba)	13	8 y 9	7 y 8
Altura de la planta hasta la hoja bandera (hasta la lígula de la hoja bandera)	296cm	175cm	207cm
Presencia y vigor de raíces adventicias	abundantes, grandes y fuertes	grandes y fuertes	menos apreciable
Espiga masculina (+ 50%)	4mayo98	7 de mayo	30 de abril
Promedio de longitud de las mazorcas cosechadas	15-20cm	10-15cm	12-18cm
Genotipo que manifiesta con frecuencia el <i>cuateo</i> de mazorcas	X	X	
Días a floración (desde la siembra hasta el 50% de estigmas visibles)	69	72	65
Días a madurez fisiológica	125-130	135-145	120-125
Calidad de cobertura de la mazorca (mazorcas con granos expuestos en su extremo apical)			
Plantas cosechadas en la muestra (17 de julio)	750	750	720
La suma total de mazorcas cosechadas en el surco central de cada calle y unidad experimental (el número total de mazorcas cosechadas, incluyendo las podridas)	568	682	614
La suma total del peso de campo (el peso total de todas las mazorcas sanas, deshojadas, con un 15-20% de humedad)	64.5 kg	75.8 kg	57.1 kg
Peso de 1,000 granos	394g	236g	349g
Número de carreras de mayor frecuencia en la mazorca	12 y 10	12	14

Cuadro 19. Resumen analítico de la comparación de factores agronómicos adversos, registrados durante el ciclo de cultivo entre los tres genotipos de maíz del experimento.

Variable agronómica	Maíz		
	Criollo	Híbrido	Variedad
Genotipo más afectado por los estragos de la sequía. Visualmente se aprecian el 50% de sus hojas basales (son 8 ó 9 láminas foliares) completamente deshidratadas y secas.	X (al día 4 junio)		
Genotipo más afectado por los ataques de mapache		X	
Genotipo más afectado por los ataques de aves como urracas o tordos			X
Insectos (varios instares del gusano cogollero) presente desde el 20 de marzo aproximadamente. El 4 de abril se controla químicamente.	X	X	X
Presencia de gallina ciega en el subsuelo	X	X	X
Genotipo más afectado por los ataques de pulgón (abundantes en la flor masculina y hoja bandera)		X	
Genotipo más afectado por los ataques de hormiga colorada		X	
Cuadro de enfermedades en general (1 = sana, ..., 5 = muy enferma)	2	3	3
Genotipo que manifiesta la enfermedad del <i>Penicillium</i> spp. en los granos de la mazorca		X	
Genotipo que manifiesta la enfermedad con síntomas muy similares a la necrosis letal del desarrollo en los granos de la mazorca		X	
Genotipo que manifiesta pudriciones de mazorca por <i>Giberella</i> sp. (estado imperfecto del <i>Fusarium</i>).			X
Cobertura de malezas (estimación del % del área del suelo cubierto con malezas) El 19 de marzo se hizo el primer aporque o deshierbe manual	70	70	70
Acame de cosecha (A. de raíz:: # de plantas con una inclinación de 30° o más con respecto a la vertical y acame de tallo:: # de tallos quebrados bajo la mazorca)	28 (de una muestra de 569 plantas)	33 (de una muestra de 552 plantas)	29 (de una muestra de 518 plantas)

Para mayores detalles remítase a los cuadros de resultados generales en el anexo de maíz.

El 22 de abril precipitan 20cm como última lluvia considerable; sin embargo posterior a esa fecha la precipitación se vuelve inapreciable del 23 de abril al 22 de junio, excepto los días 29 abril y 27 de mayo con 18 y 16 cm respectivamente, agua que se reabsorbió inmediatamente en el suelo de las parcelas por la excesiva resequeidad del mismo terreno (anexos de clima y maíz).

Cuadro 20. Análisis comparativo de los beneficios (productos y servicios) que se pueden obtener en la parcela, con cada uno de los manejos del sistema de cultivo en callejones maíz - frijol de árbol.

<i>Producto o servicio obtenido</i>	<i>Maíz - frijol con poda</i>	<i>maíz frijol sin poda</i>	<i>Maíz solo</i>	<i>Frijol solo</i>
Conservación del suelo: por fuertes precipitaciones y escorrentías de agua, rompevientos,	♥♥♥	♥♥		♥
Incremento de materia orgánica en el suelo	♥♥♥	♥♥	♥	♥
Incorporación de N ₃ natural al suelo	♥♥	♥♥♥		♥
Alimento	♥♥	♥♥♥	♥♥	♥♥
Leña	♥♥♥			
Medicina	♥	♥	♥	♥
Forraje	♥♥♥	♥	♥	♥
Bioinsecticida	♥	♥	♥	
Ahorro de fertilizante	♥♥	♥♥	♥	♥
Menor presencia de patógenos	♥	♥		
Menor presencia de malas hierbas	♥♥♥	♥♥	♥	♥
Exige la tolerancia y control de malezas	menos	poco	mucho	medio
Exige control de plagas y enfermedades	poco	poco	mucho	medio
Competencia por agua y nutrientes (en espacio reducido, como lo fue en el ensayo)	mucho	medio	poco	poco
Empleo de mano de obra	medio	regular	poco	poco

♥♥♥ Excelente
 ♥♥ Bueno
 ♥ Regular

Cuadro 21. Balance económico promedio del maíz y del frijol de árbol por tecnología agrícola de manejo.

Labor	Equipo, herramientas e insumos	Época del año	Monocultivo maíz		Monocultivo frijol de árbol con poda		Cultivo en callejones Frijol de árbol - maíz	
			Jornales	Costos promedio \$/ha	Jornales	Costos promedio \$/ha	Jornales	Costos promedio \$/ha
Preparación del terreno	Tractor o yunta Barbecho Rastro Surcado	dic - enero jun - jul	Barb \$250 Rast \$200 Surc \$200	650	3	650	Barb \$250 Rast \$200	450
Siembra	semilla criolla o mejorada, pala, coa o espeque	dic - enero jun - jul	5 peones	200	8 en maíz mas 5 en frijol	520	6	240
Control manual de malezas (2 veces) o	Machete, azadón	febrero - marzo 40 dds y 90dds	10	600	10	400	6 + 6	500
Control químico de malezas	faena, coloso, rival (glifosato)	febrero - marzo 40 dds	2 peones + 1.5 l de glifosato	190	2	400	2	200
Podas del cultivo leñoso asociado	Tijeras y machete	diciembre enero	0	0	4	160	1 poda al año con 4 personas	160
Fertilización	urea, sulfato, triple 17, 18-12-06, estiércol, otros	febrero marzo 40 dds	5peones + 250kg urea	650	3peones + 150 kg fertilizante	120 + 270 = 390	0	0
Control de pestes (plagas y enfermedades)	malatión, foley, (paratión metílico)	20 y 45 dds; y 90 dds, si acaso es necesario	2 + 1litro	130	2	150	0	0
Dobla de la milpa	Cuchillo o navaja	20 días antes de la cosecha	5	200	3	120	0	0
Cosecha de mazorca sin totomoxtle, o cosecha de vainas de frijol (2 a 4 veces)	cosechador,	-	7	280	4 peones para el maíz+ \$2.00 por kilo cosechado de frijol	160 (maíz) + 2,800 (C. cajan)	\$2.00 por kilo cosechado	Variable según el rendimiento Ej. 3,000

Desgranado, encostado y acarreo en maíz. Trillado y envasado en frijol.	Costales, mecahilo,		3	400	2 + 4	240	6	250
Transporte	Flete de vehículo, gas		1	100	1	100	1	100
Total de costos (\$)				3,400		4,450		5,690
Precio de venta del grano en el mercado \$/kg				\$1.8 / kg		\$ 10 / kg		\$1.8 + 10 / kg
Rendimiento de grano kg/ha				1,450 kg		1500 kg		750kg de frijol + 1600 kg de maíz
Ingreso total sólo del grano (\$)				2,610		15,000		7,480
Ingreso neto (\$)				- 790		+ 10,550		+ 1,790

dds: días después de la siembra

El costo de una jornada de trabajo realizada por un peón cuesta \$40 M. Nal.

Bulto de 50 kg de urea = \$90

Bulto de 50 kg de sulfato = \$70

Glifosato \$70 x litro

Malatión 1l = \$50

Foley 1l = \$50

No se conoce en la zona, algún productor que maneje con prioridad el frijol de árbol en forma de monocultivo y mucho menos que tenga 1 o más hectáreas del mismo, la especie se encuentra en el ámbito de huertos caseros o como pequeños setos dispersos en sus parcelas. Por lo cual los costos se calcularon en base a la experiencia con la parcela experimental del autor y a entrevista de campo con los productores de la zona.

Las actividades de manejo del frijol de árbol son tan variables según el propósito(s) principal en que el productor enfatice su interés. Las opciones pueden ser: o se extrae la poda del follaje para alimentar animales, o se incorpora al suelo, o se busca la máxima producción de grano, o requiero leña, o una combinación de éstas según la época del año y la necesidad en particular.

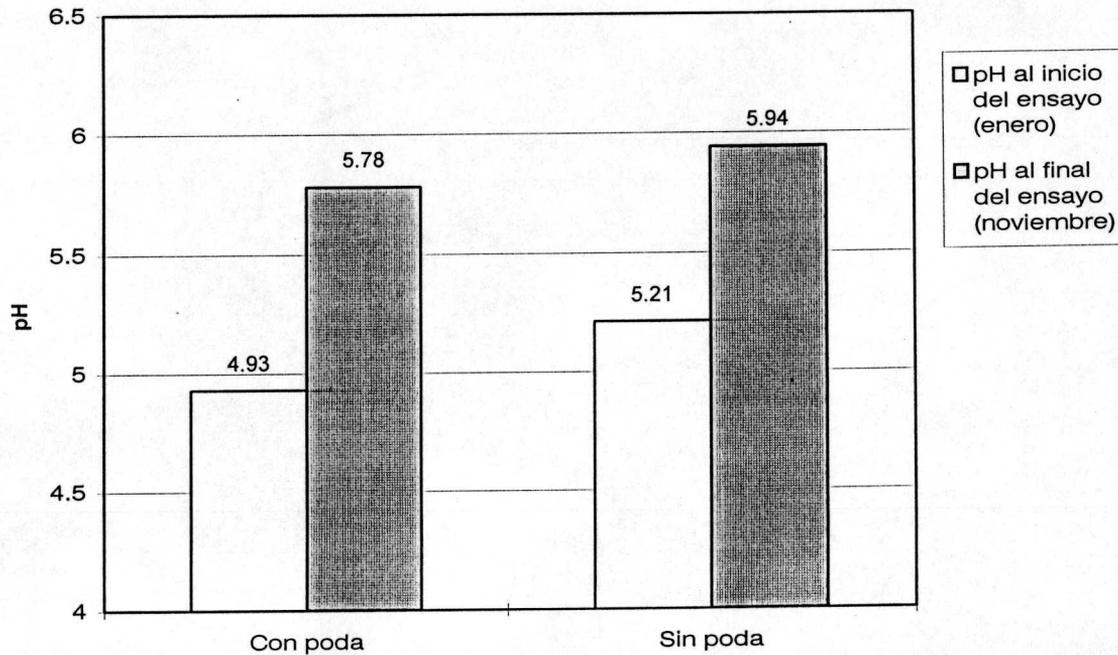
3.6. VARIABLES EDÁFICAS

Respecto al potencial de hidrógeno -pH- del suelo (Cuadro 15) en todos los tratamientos se elevó substancialmente, pero particularmente en el tratamiento con poda en un 17% o en 0.85 unidades de pH, pues pasó de un pH de 4.9 a un pH de 5.8 (Gráfica 4).



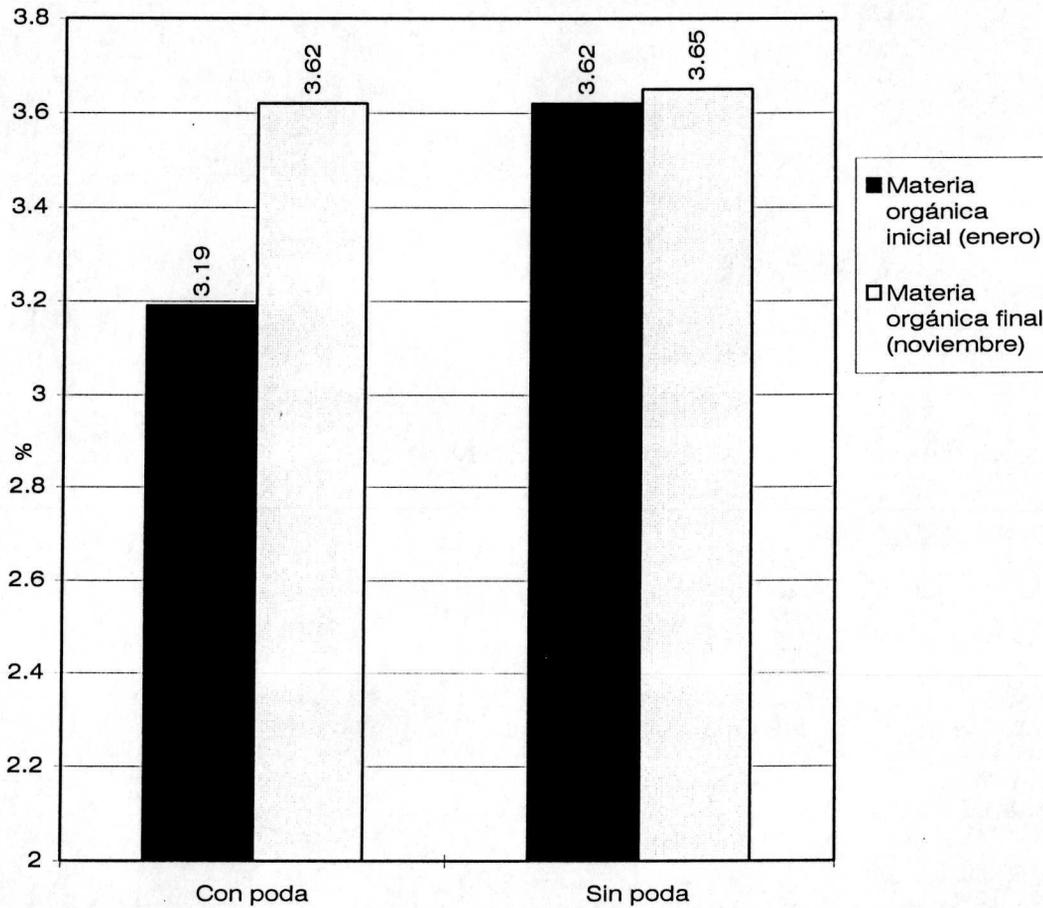
Figura 11. De la poda frecuente de los tallos del frijol de árbol podemos obtener buena leña entre otros beneficios e incorporar el follaje a la parcela para incrementar el contenido de materia orgánica y mejorar la estructura del suelo.

Gráfica 4. Comportamiento del pH del suelo, al inicio y al final del ensayo del cultivo en callejones con frijol de árbol y maíz.



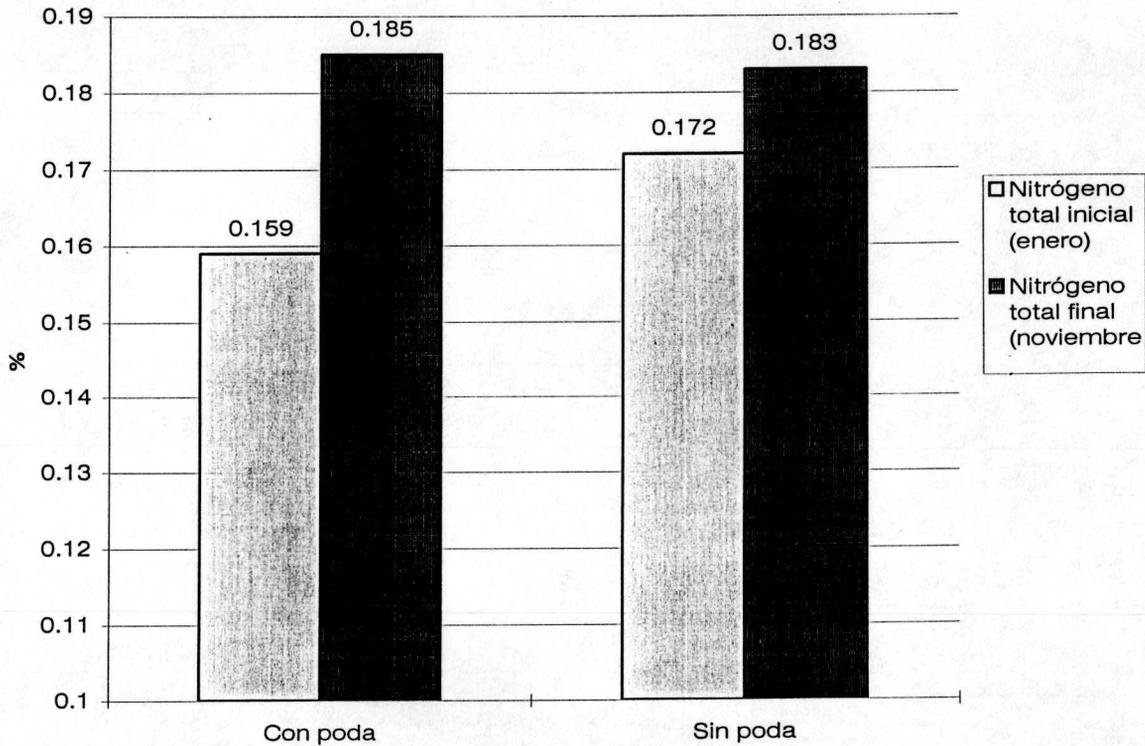
De acuerdo a las normas básicas de la Junta de Extremadura (1992) el pH: menor a 5.5 es considerado muy ácido de 5.6 a 6.5 es ácido y de 6.6 a 7.5 es neutro por lo cual se aprecia en el gráfico que en ambos tratamientos pasó de un pH muy ácido a ácido, es decir que de 4.93 pasó a ser ácido 5.78 elevándose en 0.85 unidades en el tratamiento con poda mientras que sin ella se incrementó en 0.73 unidades pues pasó de 5.21 antes del ensayo a 5.94 al término del mismo lo cual concuerda con lo encontrado por Lal (1989), siendo por lo tanto más notable la transformación en el suelo que recibió los residuos de la poda del follaje del frijol de árbol. Un pH de 5 o menor puede indicar deficiencia de elementos como Ca, Mg, P, Mo y B, o bien cantidades tóxicas de Zn, Mn, Al, Ni y otro. El pH deseable para el cultivo del maíz está entre 5.5 y 7.5 con lo cual el suelo ha empezado a favorecer a la práctica agrícola.

Gráfica 5. Comportamiento de la **materia orgánica** del suelo, al inicio y al final del ensayo del cultivo en callejones con frijol de árbol y maíz.



De acuerdo a las normas básicas de la Junta de Extremadura (1992) el contenido de materia orgánica en un suelo es de 2 - 2.5% considerado normal, de 2.6 a 3.5% es alto y mayor a 3.6% muy alto; por lo cual se descubre que el contenido inicial de materia orgánica se elevó en un 12% (+0.43 unidades) en el tratamiento de poda en el rango de 10 meses y en tan sólo 1% (+0.03) en el tratamiento sin poda en el mismo periodo de tiempo como también lo expresaron en sus resultados Atta-Krah *et al.*, (1985) y Yamoah *et al.*, (1986a), Kang y Wilson (1987) y Kang *et al.*, (1989).

Gráfica 6. Comportamiento del **Nitrógeno total** del suelo, al inicio y al final del ensayo del cultivo en callejones con frijol de árbol y maíz.



De acuerdo a las normas básicas de la Junta de Extremadura (1992) el contenido de nitrógeno total:

- De 0.06 a 0.10 es bajo
- De 0.11 a 0.20 es normal
- De 0.21 a 0.40 es alto y
- mayor a 40 es muy alto

Por lo cual se aprecia que en el Nitrógeno total ocurrió un incremento de 14.1% con el manejo de poda y de un 6% en el manejo sin la poda en el mismo periodo de tiempo al igual que los resultados de Matta-Machado y Jordan (1995) cuando encontraron que el balance de nutrientes de N, P, K, Ca, y Mg fue más alto en el tratamiento de cultivo en callejones que en el control y también de Jones *et al.*, (1996) que encontraron que se incrementó además del N, el C, pH, Ca, Mg, K y S y bajó la relación C/N en los primeros 15 cm del suelo.

3.7. PLAGAS Y ENFERMEDADES

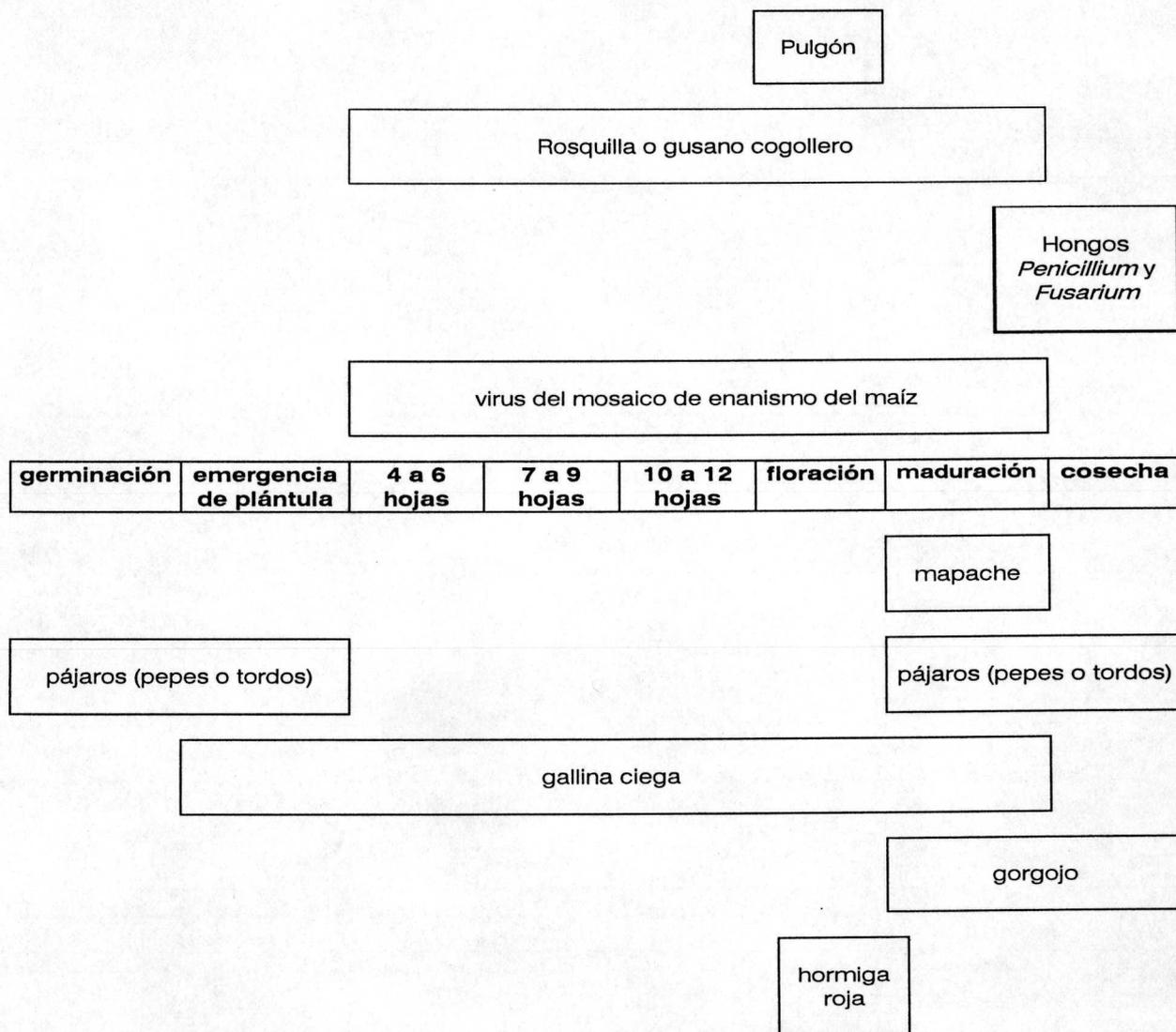


Figura 12. Plagas y enfermedades del cultivo de maíz que se hicieron presentes durante el ensayo experimental durante sus diferentes etapas fenológicas.

Inmediatamente después de la siembra iniciaron algunos problemas, sorpresivamente hubo una fuerte extracción de la semilla del suelo por parte de los pájaros posiblemente de las especies *Cassidix mexicanus* y *Angelaius phoeniceus*, zanate y tordo respectivamente; estos mismos causaron graves problemas durante la fructificación principalmente en las parcelas ubicadas más cercanamente a los árboles de toronja que parecía alojarlos de mañana

y tarde así como mostraron preferencia de entre los tres genotipos por el maíz de tipo variedad, posiblemente por cualidades organolépticas de su preferencia que no se determinaron (Figura 13).

En otra apreciación de campo, parecer existe una asociación simbiótica entre el pulgón y la hormiga roja cuando el primero se instala en la emergente flor masculina y aparece una mielecilla que atrae a las hormigas, esto se observó sólo en plantas del maíz híbrido. Para ver la susceptibilidad de los genotipos de maíz a cada uno de estos patógenos puede ver el Cuadro 19.



Figura 13. Ataque de pájaros al fruto del maíz.

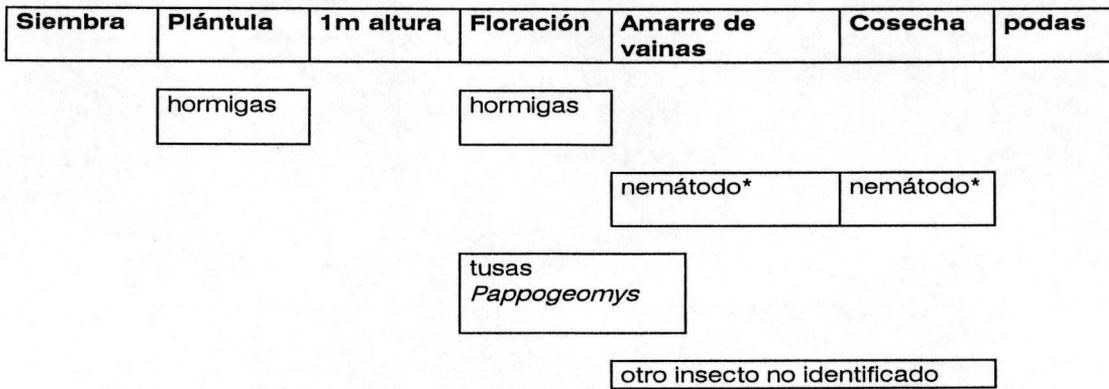


Figura 14. Plagas y enfermedades del cultivo de frijol de árbol que se hicieron presentes durante el ensayo experimental durante sus diferentes etapas fenológicas.

*El nemátodo al que se refiere es *Meloidogine incognita*, que ataca las raíces de plantas mayores a un año de edad cuyo tallo ya es muy leñoso, pero que inclusive provoca el acame de la planta (Anexo 4 de suelos y plagas).



Figura 15. Planta del frijol de árbol de 18 meses de edad, acamada por la infección en las raíces de parte del nemátodo *Meloidogine incognita*.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la producción de maíz y frijol de árbol asociados en cultivo en callejones en el Campo Experimental Agroforestal Ixtacuaco se concluye lo siguiente:

1. El mejor rendimiento total de grano del maíz, se obtuvo en el tratamiento de poda en cultivo en callejones con $1,634 \text{ kg ha}^{-1}$ seguido el control con $1,457 \text{ kg ha}^{-1}$ y el manejo sin poda con $1,256 \text{ kg ha}^{-1}$.
2. El mejor rendimiento de grano de maíz asociado al frijol de árbol en cultivo en callejones y con manejo de poda lo obtuvo el genotipo criollo con $1,878 \text{ kg ha}^{-1}$, seguidos por el híbrido $1,592 \text{ kg ha}^{-1}$ y la variedad $1,432 \text{ kg ha}^{-1}$. Lo cual quiere decir que el maíz criollo de la región (tuxpeño) es el genotipo mejor adaptado para compartir con el *C. cajan* y beneficiarse del ambiente aéreo y edáfico y a pesar de las condiciones ambientales adversas que imperaron en el lugar así como del manejo de prácticas agronómicas.
3. El frijol de árbol se adapta favorablemente a las condiciones ambientales biofísicas que imperan en la región puesto que su producción de grano fue de 758 kg ha^{-1} , en cultivo en callejones con manejo de poda, mientras que sin el tratamiento de poda aumentó 18.2% (896 kg ha^{-1}) y en monocultivo se elevó en 109.2% ($1,586 \text{ kg ha}^{-1}$) Habiendo sido algunas de sus cualidades favorables su rápido crecimiento, su resistencia a la sequía, la profundidad de exploración de las raíces, su tolerancia aunque no resistencia al nemátodo *Meloidogyne incógnita* y su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico.

4. La poda del follaje del *Cajanus cajan* incorporado al suelo, incrementó el pH en 0.85 unidades, es decir de 4.93 pasó a ser de 5.78; por otro lado el contenido de materia orgánica se elevó en un 12% en el mismo tratamiento (de 3.19 inicial a 3.62 al final) y finalmente, el nitrógeno total se elevó en 14.1%, (de 0.159% a 0.185%) con el manejo de poda. Estos parámetros indican que al través del tiempo se mejora la fertilidad del suelo.
5. El rendimiento promedio del grano de maíz en las calles de frijol de árbol (con poda y sin ella) fue de 1,445 kg ha⁻¹ y en monocultivo fue de 1,457 kg ha⁻¹ lo cual no es significativa la diferencia productiva a diferencia de si se compara el control con el intercultivo del *C. cajan* pero con manejo de poda.
6. La ganancia económica promedio, obtenida de la producción de grano de maíz y frijol de árbol en cultivo en callejones fue de \$ 5,261 M. N. y aún sin cuantificarse en términos económicos el beneficio de los otros componentes biológicos extraídos del sistema o aportados al suelo, todo ello hace atractiva la tecnología para que sea adoptada por el productor, principalmente recompensado en el largo plazo.
7. Finalmente: desde las regiones de ladera más marginadas y hasta las parcelas con tierras de primer nivel ambiental y de tecnología agrícola, es posible obtener beneficios reales tanto sociales, económicos, ecológicos y hasta científicos al adaptar la tecnología de cultivos en callejones con este interesante binomio de oriente y occidente: *Cajanus cajan* y *Zea mays*.

5. RECOMENDACIONES

Para futuras experiencias en la implementación y diseño de las tecnologías en callejones considere las siguientes recomendaciones:

1. Posiblemente la presencia de extensas raíces superficiales de algunos árboles de toronja se sumaron a las adversidades del temporal en los lotes de crecimiento y afectaron negativamente los rendimientos del maíz principalmente, por lo cual se debe tomar en cuenta la ubicación del lugar experimental.
2. Se debe dirigir también la atención, a otras especies leñosas que no necesariamente sean leguminosas de rápido crecimiento, pues muchas veces esto puede crear una fuerte competitividad cuando se trabaja con condiciones ambientales limitadas y no se manejan adecuadamente las distancias entre las raíces de los árboles y el intercultivo de los callejones.
3. Las raíces de los árboles se van a comportar de acuerdo a la estructura y a las condiciones físico-químicas de fertilidad, y humedad que prevalezcan en el suelo, por lo tanto, para progresar en este tipo de estudios se debe poner mayor énfasis en los niveles de competencia y capacidad de convivencia radicular para no afectar el crecimiento de los cultivos.
4. Es necesario proporcionarle mayor amplitud a las calles para evitar dicha competencia por agua, luz y nutrientes en las raíces según sean las cualidades singulares de los cultivos involucrados, esto puede favorecer el control de malezas pero afectar a la producción.
5. Para esta tecnología en callejones del frijol de árbol y maíz, mientras se tenga un buen temporal o aprovisionamiento de agua de riego y espaciamientos con una amplitud de al menos 4-5 metros entre hilera e hilera de *C. cajan* los tres genotipos de maíz podrían expresar todo su potencial agronómico y productivo, pues en éste ensayo dicha expresión se vio limitada para todos los componentes de la tecnología.

6. Se recomienda podar con mayor frecuencia el frijol de árbol con el propósito de evitar el sombreado hacia el cultivo y poder aprovechar también el residuo vegetal como forraje de corte y acarreo para complementar la alimentación de ciertos hatos de ganado como vacunos, ovinos, caprinos, equinos, cunícula, etc.
7. Desde la planificación del proyecto, se deben tomar en cuenta las condiciones reales y los riesgos o amenazas de la naturaleza en la parcela, sin olvidarse de ampliar el tiempo y los ciclos de cultivo o de darle continuidad a la investigación en los campos experimentales o en las parcelas de aquel productor que guarda un interés por ir a la vanguardia como usuario de tecnologías innovadoras y de fácil adopción y adaptación a sus necesidades específicas. Si se consideran a tiempo este tipo de sugerencias se tendrán mayores posibilidades de ser exitosos en el análisis y diseño de los cultivos en callejones logrando conjuntamente con los usuarios un mayor orden, precisión y validez externa y con los apropiados parámetros estadísticos.
8. Es muy importante seguir incentivando el cultivo de los maíces criollos, pues estos se encuentran bien adaptados a las condiciones biofísicas del lugar, a un determinado manejo y al gusto cultural específico de los productores.
9. México tiene una gran diversidad de nichos ecológicos y de razas de maíz con características agronómicas específicas que pueden conducir a escala internacional al productor a aprovechar las ventajas comparativas del producto de maíz con usos tan diversos y a la vez singulares: palomitas o rosetas, pigmentos, tlayudas, forraje, alta calidad proteínica, elote u hortaliza, etc.
10. Un sólo ciclo de cultivo no es suficiente, ni mucho menos lo más confiable para respaldar con todos los elementos la presente investigación. En agroforestería se requiere darle continuidad durante muchos años a la misma investigación para que el sistema de producción alcance su mayor estabilidad y uniformidad.

Anexo 1

Alegre y seco salí de mi casa, en el campo reverdecí,
y a los seis meses volví ...tan blanco y hermoso como salí.
¿Qué es?

Maíz

Cuadro 22. Clasificación taxonómica del maíz.

Categoría	Ejemplo	Carácter distintivo
Reino	Vegetal	Planta anual
Grupo	Fanerogama	Plantas con flores
División o Phylum	Tracheophyta	Sistema vascular
Subdivisión	Pterasidae	Producción de flores
Clase	Angiosperma	Semilla cubierta
Subclase	Monocotiledóneae	Cotiledón único escutelum
Orden	Graminales o gumiflora	Tallos con nudos prominentes
Familia	Graminae	Grano-cereal
Tribu	Maydeae	Flores unisexuales
Género	<i>Zea</i> (existen entre 450 y 530 géneros)	Único
Especie	<i>mays</i> (existen casi 5,000 especies)	Maíz común
Subespecies	<i>Zea mays indurata</i> <i>Zea mays saccharata</i> <i>Zea mays amilacea</i> <i>Zea mays everta</i> <i>Zea mays cerea</i>	Maíz cristalino Maíz dulce Maíz amiláceo Maíz reventador o palomero Maíz céreo
Raza	mexicana, perennis, más de 300 razas clasificadas, 30 en México	Teocintle anual, teocintle perenne, adaptadas a regiones bien definidas. Ejemplo: Tuxpeño trópico; Chalqueño mesa central
Variedades	Polinización libre V-7; Híbridos H-507	Clima frío, clima caliente húmedo
Líneas puras	T ₂	Interviene en todos los híbridos de clima caliente húmedo de México

Fuentes: construida de Bartolini (1990), FIRA (1991), Reyes (1990).

Usos prehispánicos

Los nahuas nombraban a la mazorca: *centli* y al maíz en grano, *tlaolli*. Al maíz tostado le llaman *izquitt*; sancochado en agua con cal, para ser molido y adaptado a diversos modos: *nextamalli*. La masa preparada en discos delgados que se cuecen al comal: *tlaxcalli*, y que pueden ser modificadas con ingredientes vegetales y animales: *tlatlaoyo*, o bien se cuecen al vapor en una olla y son llamados tamales (*tamalli*). Se usaba deshidratado de dos modos: en las tortillas totalmente tostadas, *totopoztli*, o en polvo *pinolli*. También se usó el maíz para hacer una bebida fermentada. Macerado y echado a fermentar con alguna especia rudimentaria, dio base a varias bebidas embriagantes, tales como el *zendeché*. Relacionado con el uso alimenticio esta el *cuitlacoche* u hongo de maíz (Porrúa, 1986).

Bancos de genes del maíz y del frijol de árbol

Sasson, (1993) nos dice que en los países en desarrollo existen sólo dos bancos de genes para la conservación a largo plazo de maíz, uno en Pergamino, Argentina, y otro en Filipinas. La Universidad de ILLinois cuenta con una colección de más de 100,000 muestras de maíz y también de numerosos mutantes con interesantes propiedades, como las variedades con semillas ricas en lisina. El CIMMYT y el INIFAP de nuestro país tienen las colecciones de conservación a corto plazo más importantes de los países en desarrollo, puesto que cuentan con 15,000 y 11,000 muestras respectivamente (Figura 4). Las muestras que se conservan en el CIMMYT proceden de más de 50 países y corresponden, sobre todo, a las variedades domesticadas de maíz; comprenden también los congéneres silvestres de esta planta, como el teosintle anual (*Zea mexicana*) y el teosintle perenne (*Zea diploperennis*). En Colombia, en el Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, existen también colecciones de variedades andinas de maíz, y en Brasil, en Piracicaba, colecciones de las variedades que se cultivan en el este de América del Sur. Por otra parte en cuanto a los

bancos de genes de las leguminosas a diferencia de los cereales y para el caso particular del frijol de árbol, el ICRISAT es el centro mundial de selección de cereales y leguminosas cultivadas en las zonas tropicales semiáridas y guarda unas 9,000 muestras de esta especie en Hyderabad, India.

Cuadro 23. Usos no alimenticios del maíz

Artesanal	Industrial
Muñecos	Papel
Figuras zoomorfas	Forraje
Juguetes	Explosivos
Cohetería	Aceite natural
Elaboración de Cristos de caña	Almidón
Tapicería	Combustible
Atados	Pegamentos
Desgranadores	Cordelería
Cestería	Alcohol
	Ácido láctico
	Color caramelo

Fuente: Solís (1998).

Cuadro 24. Comparación de la producción mundial de los tres principales cereales de primerísima importancia en la alimentación humana. El maíz ha ocupado el segundo lugar de producción a nivel mundial en los años más recientes.

Año	Sup. cosechada (miles de has) ⁴			Producción mundial (miles de toneladas) ⁴			Rendimiento promedio (kg/ha) ⁴		
	Maíz	Arroz	Trigo	Maíz	Arroz	Trigo	Maíz	Arroz	Trigo
1987	126236	141103	220888	451086	465780	510462	3573	3301	2311
1988	127697	146502	218589	400892	490768	506968	3139	3350	2319
1989	129514	148102	226589	474095	517272	542722	3661	3493	2395
1990	128926	147927	232250	479340	521703	601723	3718	3527	2591
1991	129150	148366	223806	478775	519869	550993	3707	3504	2462
1992	132530	147554	221682	528034	526643	564837	3984	3569	2548
1993	126868	146867	222497	470354	527103	564065	3707	3589	2535
1994	131528	146452	215921	569557	534701	527982	4330	3651	2445
1995	136087	149849	219718	515046	550600	543614	3785	3674	2474
1996	141065	150559	231175	590214	567781	586036	4184	3771	2535
1997	140079	149811	226945	585828	573263	609566	4182	3827	2686
Suma	1449680	1623092	2460060	5543221	5795483	6108968	41970	39256	27301
Prom.	131789	147554	223642	503929	526862	555360	3815	3569	2482

Fuente: Construido a partir de FAO (1987-97) Anuarios estadísticos de producción agrícola.

Cuadro 25. Producción de algunos productos y subproductos derivados del maíz

Producto	1994	1995	1996	1997	PARTICIP. 1977.
Almidón y fécula de maíz	468,996	514,048	572,887	610,887	17.56%
Harina de maíz	1'968,345	2'318,585	2'580,528	2'214,326	63.73%
Glucosa	179,980	192,096	187,915	204,387	5.88%
Frituras y palomitas	89,211	70,786	84,247	93,960	2.70%
Subproductos alimento para animales	185,349	220,795	257,761	351,871	10.13%
Total	2'891,881	3'316,310	3'683,338	3'474,592	100%

Cuadro 26. Importaciones derivadas del maíz.

Descripción	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Harina de maíz	9,754	22,556	80,901	35,514	8,094	9,712
De maíz, grañones y sémola	9,370	43,733	28,164	23,001	41,584	46,628
De maíz, los demás granos trabajados (por ejem.mondados, perlados, troceados o quebrantados).	351,499	322,642	279,827	67,549	86,365	63,973
Almidón de maíz			4,019	7,433	20,641	48,257
Aceite en bruto de maíz	14,446	17,997	16,710	29,740	13,683	7,478
Los demás, aceite de maíz	2,853	5,286	9,468	6,011	2,673	2,074
Glucosa y jarabe de glucosa, sin fructosa, en estado seco, inferior o igual al 20% en peso			37,750	32,855	58,699	67,857
Glucosa y jarabe de glucosa con un contenido de fructosa, en estado seco, superior o igual al 20% pero inferior al 50% en peso.			3,238	16,048	1,670	1,931
Lad demás			24,937	3,526	38,270	6,906
Fructosa químicamente pura.			390	138	1,269	2,921
Las demás fructosas y jarabes de fructosa, en estado seco superior al 50% en peso.			47,975	52,672	159,471	337,975
Maíz dulce. Las demás hortalizas preparadas o conservadas (excepto en vinagre o ácido acético), sin congelar, excepto los productos de la partida 20.06			8,173	6,844	5,930	5,033
De maíz. Salvados, moyuelos y demás residuos del cernido, de la molienda o de otros tratamientos de los cereales o de las leguminosas incluso en "pellets".			29,257	27,904	11,994	5,298
Del germen de maíz, tortas y demás residuos sólidos de la extracción de grasas o aceites vegetales, incluso molidos o en "pellets"			0	0	0	0
TOTAL	1'705,065	624,608	2'834,604	2'971,304	629,434	310,681

Fuente: SECOFI

TABLAS GENERALES DE RESULTADOS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL EXPERIMENTO

Criollo

	<i>Total</i>	<i>Grandes</i>	<i>Chicas</i>	<i>Pájaros / tusas</i>	<i>Mal llenado</i>	<i>Poliniz deficiente</i>	<i>Hongos</i>	<i>gorgojo</i>	<i>gusanillo</i>	<i>Peso mazorca(g)</i>	<i>Peso grano (g)</i>
1	41	16	15	2	7	8		0		4550	3980
2	41	18	17	2	5	4				4900	4285
3	36	15	16	2	5	3	1		x	4590	3990
4	31	13	10		8					3225	2790
5	32	10	16		3	6			x	3075	2660
6	27	10	11		6					2325	2150
7	51	19	26		6				1	7460	5500
subtotal	259	101	111	6	40	21	1	0	1	30125	25355
8	24	12	8		3*		1			2770	2450
9	34	11	17	2	2	4				2850	2500
10	12	0	4		0	6	2		x	400	350
11	34	11	19	2	2	4	1			3175	2700
12	25	10	9		5		1		4	1700	1605
13	28	15	13		0*					3390	2930
14	15	4	5	2	2*		2			1000	925
subtotal	172	63	75	6	9	14	7		4	15285	13460
Testigo 1	58	15	21	5	0	15	2-Ene			4900	3900
testigo 2	79	51	14	8	6					10500	9000

Criollo

	N° plantas	N° matas	ptas cortadas	ptas acame de raíz	ptas cosechadas en medio	N° mazorcas
1	111	34	0	3	40	41
2	120	38	0	1	52	41
3	115	35	1	0	40	36
4	91	32	3	0	44	31
5	72	24	0	0	32	32
6	101	33	29	1	41	27
7	115	34	0	0	47	51
subtotal	725	230	33	5	296	259
8	93	34	7	0	40	24
9	104	34	2	7	43	34
10	101	33	30	1	37	12
11	101	37	0	9	50	34
12	111	34	1	1	37	25
13	82	28	0	2	28	28
14	83	29	34	3	38	15
subtotal	675	229	74	23	273	172

Variedad

	<i>Total</i>	<i>Grandes</i>	<i>Chicas</i>	<i>Pájaros / tusas</i>	<i>Mal llenado</i>	<i>Poliniz deficiente</i>	<i>Hongos</i>	<i>gorgojo</i>	<i>gusanillo</i>	<i>Peso mazorca (g)</i>	<i>Peso grano (g)</i>
1	45	11	14	18	0	1	1-Ene			4890	3780
2	27	7	12	3	5					2075	1790
3	18	2	8	2	5		0-1			750	720
4	19	5	3	11	0		1-0			1875	1520
5	29	7	15	5	0	2				2080	1710
6	26	16	3	5	2					2725	2220
7	42	16	7	10	8*		1			4425	3410
subtotal	206	64	62	54	12	3	2-Ene			18820	15150
8	32	11	13	7	0	1	1-0-1neg			3475	2740
9	27	3	11	7	4		2-0	1		1575	1225
10	33	7	10	14	0	2				1830	1495
11	46	21	14	6	5					4750	3780
12	46	10	21	14	0	1	1-0			3750	2975
13	22	2	9	8	0	3				700	615
14	30	15	11	4	0		x-0			3625	2950
subtotal	236	69	89	60	9	7			1	19705	15780
Testigo 1	86	14	28	21	18		5-0			7290	5470
Testigo 2	86	22	27	16	0		3-Ene	x		8325	5910

Variedad

	N° plantas	N° matas	ptas cortadas	ptas acame de raíz	ptas cosechadas en medio	N° mazorcas
1	110	36	0	0	44	45
2	71	28	13	8	34	27
3	92	37	12	5	35	18
4	61	28	0	1	21	19
5	87	42	25	0	36	29
6	74	31	9	4	28	26
7	74	28	0	2	35	42
subtotal	569	230	59	20	233	206
8	95	37	19	1	43	32
9	86	36	34	1	42	27
10	84	35	9	0	39	33
11	78	39	0	5	47	46
12	86	34	0	2	48	46
13	73	29	25	0	34	22
14	86	32	6	0	32	30
subtotal	588	242	93	9	285	236

Híbrido

	<i>Total</i>	<i>Grandes</i>	<i>Chicas</i>	<i>Pájaros / tusas</i>	<i>Mal llenado</i>	<i>Poliniz deficiente</i>	<i>Hongos</i>	<i>gorgojo</i>	<i>gusanillo</i>	<i>Peso maz(g)</i>	<i>Peso gran(g)</i>
1	32	11	19	0	0	2				2925	2500
2	47	15	14	16	0					5100	4050
3	44	24	9	11	?					4800	3960
4	36	10	17	4	5					2700	2250
5	43	18	14	7	3		1			3900	3160
6	37	15	18	4	0					4325	3560
7	26	6	10	4	6*					1850	1525
subtotal	265	99	101	46	8	2	1			25600	21005
8	30	12	15	2	1				2	2100	1725
9	37	10	17	6	4					2225	1975
10	38	10	18	6	4*					3980	3370
11	22	4	13	5	0					1075	890
12	32	8	18	6	0					3540	2930
13	42	12	20	7	0		2-Ene		1	4625	3650
14	36	11	13	11	0		0-1			3975	3120
subtotal	237	67	114	43	5				3	21520	17660
Testigo 1	70	11	46	7	1*	7			x	5825	4725
Testigo 2	110	62	21	20	?		7		x	12915	10440

Híbrido

	N° plantas	N° matas	ptas cortadas	ptas acame de raíz	ptas cosechadas en medio	N° mazorcas
1	109	37	16	5	37	32
2	98	37	0	8	46	47
3	124	41	0	0	50	44
4	86	35	12	4	40	36
5	104	37	4	0	45	43
6	102	34	0	0	37	37
7	73	30	12	3	31	26
subtotal	696	251	44	20	286	265
8	82	33	13	3	35	30
9	95	37	16	0	40	37
10	88	32	0	8	36	38
11	67	25	0	0	35	22
12	99	35	0	0	35	32
13	81	32	7	2	45	42
14	90	30	2	0	40	36
subtotal	602	224	38	13	266	237

Muestra aleatoria de mazorcas para determinar el número de carreras en cada uno de los tres genotipos de maíz.

Genotipo	N° de carreras o hileras								Total*
	8	10	11	12	13	14	16	18	
Criollo	1	21	0	34	0	14	1	0	71
Variedad	0	1	0	8	1	22	5	1	38
Híbrido	0	9	0	64	0	20	0	0	93

* El total de mazorcas colectadas proceden de la misma superficie de campo muestreada para cada uno de los genotipos (determinado en el tratamiento control o monocultivo).

Anexo 2

Frijol de árbol

TAXONOMÍA

Nombre científico: *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh

Sinónimos: *C. indicus* Spreng; *C. cajan* (L) Huth; *C. cajan* (L) Druce; *C. flavus* DC.; *Cytisus cajanus* L.

Familia: Leguminosae

Subfamilia: Papilionoideae

Número cromosómico: $2n = 22$

SINONIMIA

Ambrevade, andu, arhar, arveja, arveja palomera, cachito, cadio, catjan, congo pea, dhal, falso café, **frijol de árbol**, frijol de la India, frijol de palo, gandú, gandul, quando, guandú, guandul, guisante de Angola, guisante del Congo, guisante de paloma, kadios, mbazi, non-eye pea, pigeon pea, pois cajan, poroto guandú, poroto paraguayo, quimbolillo, quinchoncho, red gram, sacha café, timbolillo, thuvara, trigo de árbol quinchoncho, yellow dhal [FAO (1982, 1982a y 1991); Monegat (1991); Nair (1993); Calegari (1994); Jarillo et al., (1998)].

PRINCIPALES ATRIBUTOS ANTROPOCÉNTRICOS

El frijol de árbol se cultiva principalmente para la alimentación humana (como chícharo fresco o en grano) seguido en importancia como forraje ampliamente estudiado en Brasil (de ramoneo o de corte y acarreo), es muy buena leña o combustible, conservador de suelos en laderas y fijador de nitrógeno atmosférico. Tolerante a sequías o escasez hídrica. Productora de néctar. Es una especie con capacidad para fijar una elevada cantidad de nitrógeno y producir una biomasa muy satisfactoria (de 15 a 25 t /ha de materia verde y alrededor de 4 t/ha de materia seca). También se le emplea como abono verde, en rotación y asociación de cultivos; intercultivado con gramíneas anuales, intercalado con cultivos perennes (frutales y otras), para corte como fuente de proteína y/o abono verde, en la alimentación animal (pastoreo directo, corte de la planta verde, ensilaje o henificación) y para producción de

grano (1,000-2,000 kg/ha). El frijol de árbol es una planta que presenta un sistema radicular con gran capacidad de reciclar nutrientes en el suelo; su raíz pivotante bastante agresiva penetra en suelos compactados y densos, realizando una buena mejora de las características físicas del suelo. Su forraje bastante apreciado por los animales, presenta, en la fase de floración, tenores que varían de 16 a 23% de proteína bruta. Es posible la siembra de frijol de árbol consociado en líneas alternadas con maíz o sorgo forrajero, para luego cortar y ensilar.

ORIGEN

El *Cajanus cajan* fue probablemente domesticado en la India, pero ha sido cultivado desde hace aproximadamente 2,000 años a. C. en África Tropical Occidental e India, ahora se encuentra distribuido en gran parte del mundo, (Brewbaker, 1987; Calegari y Peñalva, 1994 y Giller y Wilson, 1991).

DISTRIBUCIÓN

Actualmente se cultiva en el Caribe, especialmente en la República Dominicana, Haití, Jamaica y Puerto Rico, así como en otras partes de América Latina, como Belice, Brasil, Colombia, Guyana y Panamá. Está presente también en África oriental, principalmente en Kenya y Uganda, y se cultiva asimismo de manera limitada en Myanmar e Indonesia. La India es el principal productor y consumidor con 2 millones de toneladas año⁻¹ aproximadamente (adaptado de FAO, 1990).

BOTÁNICA Y MORFOLOGÍA

Construido a partir de FAO,(1991); Giller y Wilson, (1991); Calegari, (1994) y Pípolo (1994a):

El *Cajanus cajan* puede medir de 3 a 4 m de altura y es un arbusto erecto y muy ramificado. Es una especie anual, bianual o perenne (persiste hasta cinco años en Colombia), determinado principalmente por la susceptibilidad o tolerancia que presenta a algunas enfermedades foliares y al manejo en particular de podas.

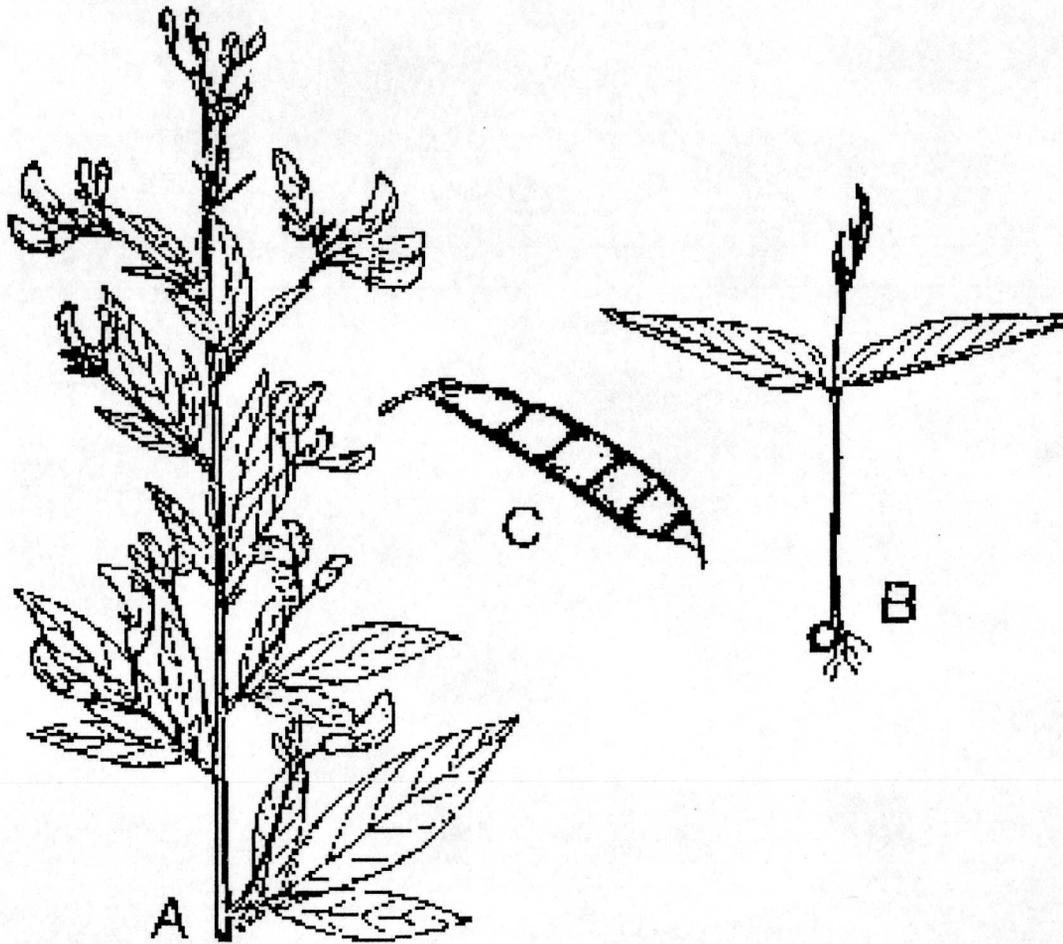


Figura 16. Frijol de árbol: A: hábito, B: plántula y C: vaina. FAO (1991).

Tallo. El tallo es leñoso en la base. Las ramas jóvenes son angulosas y flexibles.

Hojas. Las hojas son lanceoladas, estrechas y pilosas, alternas trifoliadas, con folíolos anchos y ovalados (oblongo-elípticos), folíolo terminal peciolado, los laterales son sésiles, pubescencia acentuada en todos los folíolos, de coloración verde oscuro (haz) y acenizado (enves).

Flores. Las flores amarillas, pardas o purpúreas con diferentes intensidades; hermafroditas, aunque también reportan que es autógama pues su flor presenta la estructura típica para la autofecundación. Tiene cinco sépalos y cinco pétalos; diez estambres diadelfos, estigma capitado y anteras amarillas y pequeñas, el ovario es súpero. brotan en racimos terminales, constituyéndose en panículas sobre pedúnculos erguidos. Tiene facilidad de polinización cruzada.

Floración: Las flores abren entre las 7:15 y las 15 h, la mayoría esta abierta alrededor de las 10h. Las flores permanecen abiertas de 6 a 48h dependiendo de las condiciones del tiempo. La dehiscencia de las anteras se da un día antes de la abertura de la flor y su periodo de mayor liberación del polen está entre las 11h y las 14:30h. El polen permanece vivo durante 42h en condiciones naturales, cuando se almacena en refrigeración con el clima controlado puede vivir por 11 días.

Vainas. Las vainas son rectas, achatadas lateralmente y contienen de 3 a 7 semillas (3-6cm) de color pardo, rojo o negro, a veces con manchas rojizas, crema, violáceas. En un kg puede haber aproximadamente 16,000 semillas.

Raíz. Tiene una raíz primaria de enraizamiento sumamente profundo (pivotante) que alcanza los 3m de profundidad aunque el 91% de sus raíces se encuentra en los primeros 30cm.

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

Reacción a la temperatura. El frijol de árbol es una planta termófila. Las temperaturas medias más favorables están entre los 20 y los 30°C. Los brotes aparecen a la temperatura de 18-22°C al sexto día de la siembra, mientras que con temperaturas más bajas (hasta 15°C) aparecen al cabo de dos semanas. El crecimiento se retiene al bajar la temperatura a más de 16°C. En condiciones adecuadas de humedad y fertilidad del suelo, crecerá a temperaturas superiores a los 35°C. Grana como una planta perenne a 1840 m hasta con una temperatura mínima nocturna de 10°C. Las plantas altas pueden librarse de las heladas ligeras por la altura del follaje. (FAO,1991; Ustimenko, 1982).

Escala de altitud. Es fundamentalmente una planta de tierras bajas semiáridas pero tiene una gran adaptabilidad. Por lo general no debe plantarse por encima de los 770. De 0 a 2,000 m en la India y Colombia. 1,250 m en Hawaii, a alturas de 1,230 a 1,500 m deja de granar. (FAO, 1991).

Reacción a la humedad. La propagación del frijol de árbol está relacionada a las regiones áridas, aunque crece mejor en climas tropicales y subtropicales, con bastante resistencia a la sequía. En los trópicos se cultiva en aquellas regiones donde la suma de precipitaciones anuales no baja de 600 mm, pero requiere al menos 500 mm de precipitación anual. Al mismo tiempo vegeta bien en las regiones húmedas de los trópicos donde la suma de

precipitaciones anuales alcanza 2500mm, aunque no tolera la humedad excesiva en las raíces. En la estación seca puede producirse caída de la hoja

Reacción al fotoperíodo y a la luz. Planta de día corto. Las variedades tempranas maduran bien en días alargados (de 14 horas) sin notarse el aumento de la continuidad de la vegetación. Su límite de latitud se extiende hasta los 30° en América del Sur; (Ustimenko, 1982; FAO, 1991).

Reacción a los tipos de suelo. Presenta buen desarrollo en suelos arenosos y también arcillosos pesados negros. El pH óptimo es de 6-6.5 pero se desarrolla en suelos con pH desde 5 hasta 8. Crece en suelo arenoso con tal que no contenga más de 0.0005 g de cloruro de sodio por gramo de suelo.

Relaciones de Rhizobium. Promiscuo y por regla general sin inocular. Puede emplearse el tipo caupí de inóculo, y la estirpe australiana corriente es *CB 756* y en América del Sur, *C 95*, basada en el material australiano. También esta nodulado por *Bradyrhizobium*. La nodulación ocurre profundamente y es difícil de reconocerla en el campo (FAO 1991; Giller y Wilson, 1991).

Fenología. A menudo es una especie anual debido a la susceptibilidad al fusarium, la mortalidad puede ser de 75% en los primeros dos años de edad. Pero en 1985 el ICRISAT identificó genotipos en su banco de germoplasma resistentes a enfermedades lo cual las convierte en especies de largo plazo (Ong y Daniel 1990). Las variedades de frijol de árbol se distinguen por la duración del periodo de vegetación; las variedades muy precoces maduran en 3-5 meses -en la India hay variedades que producen semilla en 95 días- (Giller y Wilson, 1991), las semitardías en 5-7 y las tardías en 7-12 meses. En los países tropicales para la producción de semillas generalmente se cultivan variedades semitardías (el periodo de vegetación es de 180-220 días); y para la producción de masa verde se cultivan variedades precoces, tempranas de 120-150 días (Ustimenko, 1982).

Forma de prepararlo para su consumo. En África e Indonesia las semillas maduras se remojan durante varias horas (12 a 24h) antes de hervirlas o machacarlas, en seguida se descascaran y luego se cuecen al vapor o se fríen (esto es el *dhal*). En el Caribe y en América del Sur, sus semillas verdes y sus vainas son hortalizas comunes y se aprovechan también los brotes después de la germinación (adaptado de FAO, 1982).

Cuadro 27. Resultados de las plantas cosechadas y del rendimiento del frijol de árbol.

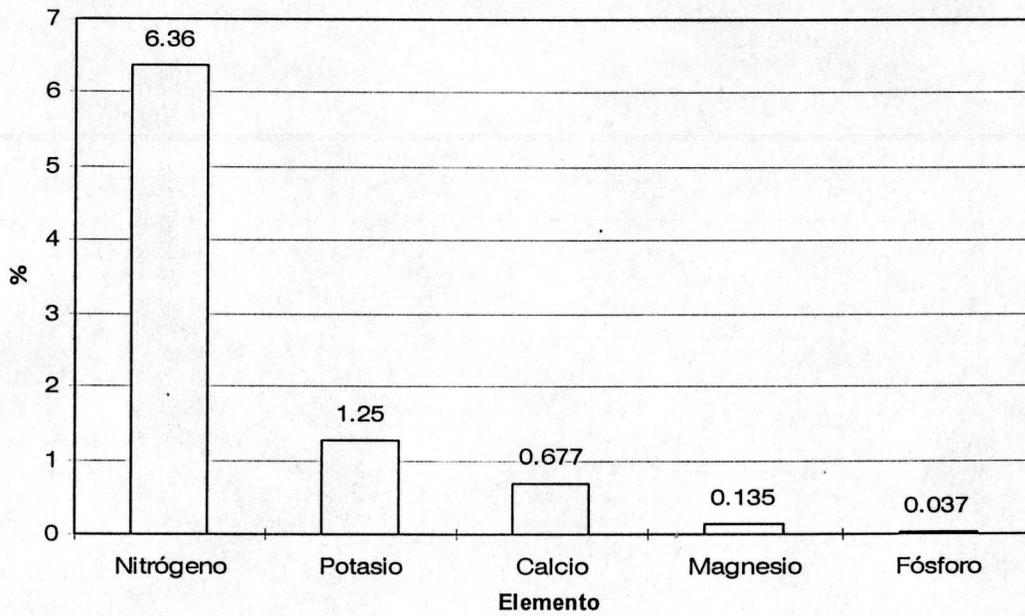
	Calle	Total de plantas en la unidad experimental	#de plantas en producción	Plantas cosechadas en la muestra	Rend. de la muestra (g)	Rendimiento g / planta	Rendimiento kg /ha
c o n p o d a	1	40	26	5	1384	276.8	830
	2	39	19	6	937	156.2	467
	3	38	21	5	1310	262	786
	4	44	21	4	1321	330	990
	5	51	10	3	777	259	777
	6	40	24	4	1080	270	810
	7	42	23	5	1277	255.4	766
	Sub total	294	144	32	8086	252.7	758
s i n p o d a	1	48	29	4	1082	270.5	811
	2	42	28	4	1222	305.5	916
	3	43	21	2	1036	518	1554
	4	38	31	4	1002	250.5	751
	5	37	34	3	1546	515.3	1546
	6	38	35	3	1619	539.6	1619
	7	39	25	3	1752	584	1752
	Sub total	285	203	31	9259	298.7	896
	control	32	20	3	1586	528.6	1586
	<i>Total</i>	<i>611 plantas</i>	<i>367 plantas</i>	<i>66</i>	<i>18 931 g</i>		

Cuadro 28. Contenido de elementos minerales en brotes tiernos (ramillas) del frijol de árbol -*Cajanus cajan*-.

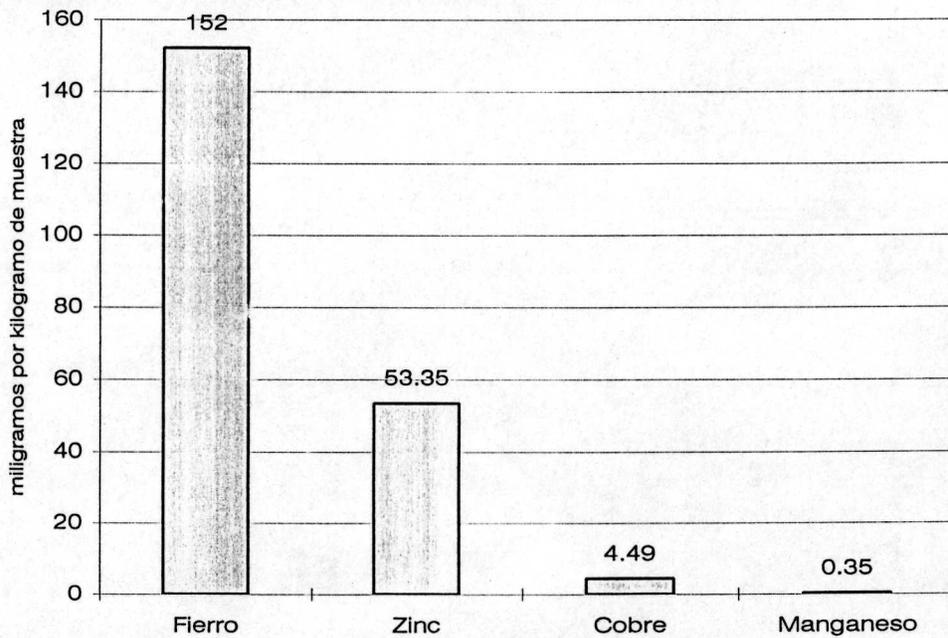
Nº de muestra	% N	% P	%K	%Ca	%Mg	mg.kg ⁻¹ Fe	mg.kg ⁻¹ Cu	mg.kg ⁻¹ Zn	mg.kg ⁻¹ Mn
1	6.47	0.036	1.30	0.713	0.135	152	4.49	55.8	0.37
2	6.26	0.038	1.21	0.642	0.136	152	4.49	50.9	0.33
Total	12.73	0.074	2.51	1.355	0.271	304	8.98	106.7	0.70
Promedio	6.36	0.037	1.25	0.677	0.135	152	4.49	53.35	0.35

Análisis químico realizado en el laboratorio de suelos de la UACH.

Gráfica 7. Contenido de nutrientes del *C. cajan*. Analizados en brotes tiernos (tallo con hojas).



Gráfica 8. Contenido de micronutrientes del *C. cajan*. Analizados en brotes tiernos (tallo con hojas).



Anexo 3

Condiciones biofísicas del sitio experimental

Geología

La geología está constituida principalmente por rocas ígneas de composición andesítica, riolíticas y basáltica, que se depositaron durante el Cenozoico, en forma de derrames, tobas brechas y cenizas volcánicas. También hay rocas sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico e ígneas intrusivas del Terciario las cuales están expuestas a la superficie mediante ventanas erosionales (INEGI, 1987).

Clima

El Mpio. de Martínez de la Torre, que es el de influencia ambiental más cercana a la estación experimental Ixtacuaco, tiene un clima cálido-húmedo-regular, con una temperatura media anual de 27.7 °C; y lluvias abundantes en verano y principios de otoño y de menor intensidad en invierno. Su precipitación media anual es de 1,293.6 mm.

Para la región donde se encuentra enclavado el Campo Agroforestal corresponde un clima designado por Koeppen con los símbolos *Amwg* en donde:

Aw = Clima tropical lluvioso de sabana con la temperatura de todos los meses superior a 18° C. La lluvia periódica a través del año, superior a 750 mm y con invierno seco.

g = La temperatura máxima es anterior al solsticio de verano.

m = De bosque lluvioso, con estación seca y lluvias monzónicas de verano.

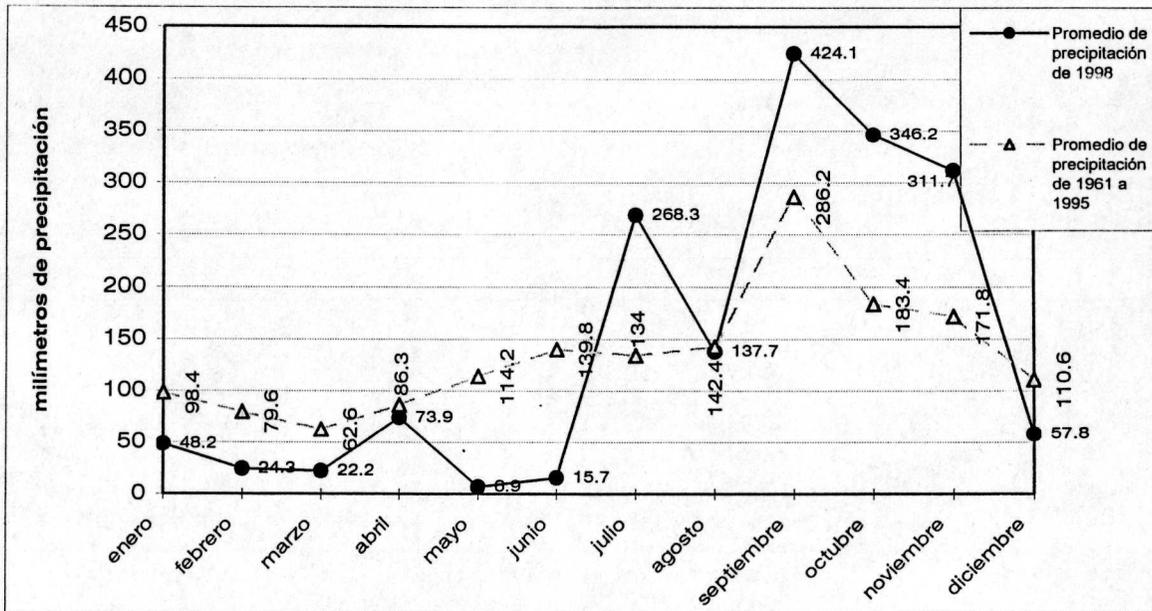
En la clasificación de Thornthwaite modificada por Contreras, al sitio le corresponde un clima *BrA'a'* que indican:

B = húmedo

r = sin estación seca bien definida

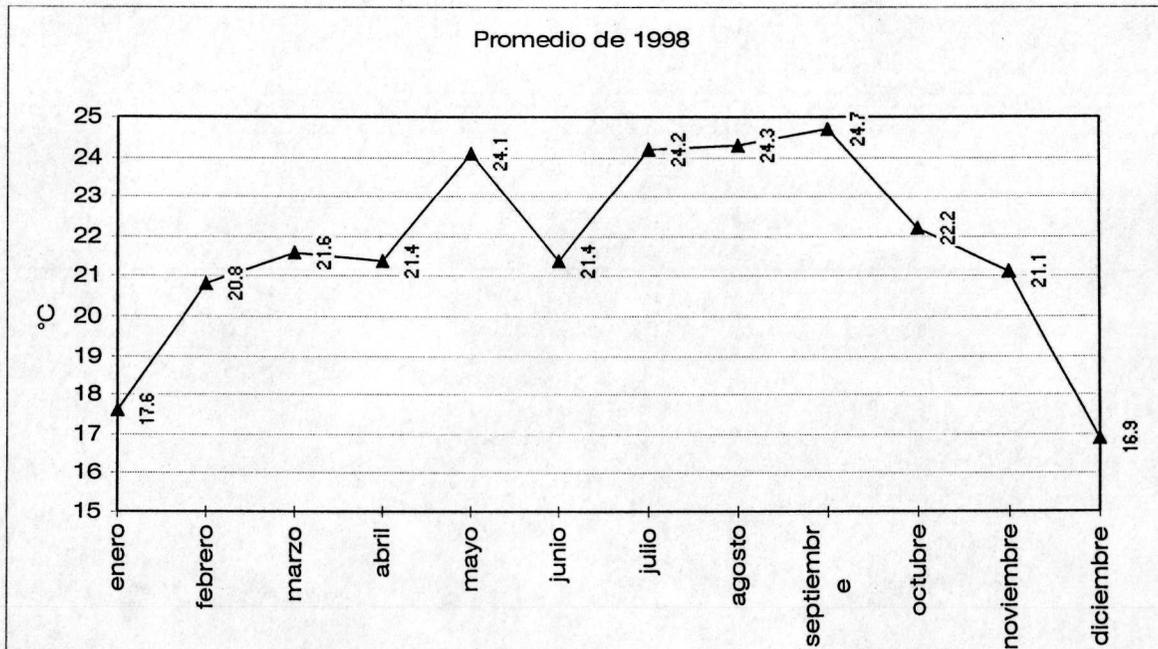
A = cálido

a' = sin estación invernal bien definida.

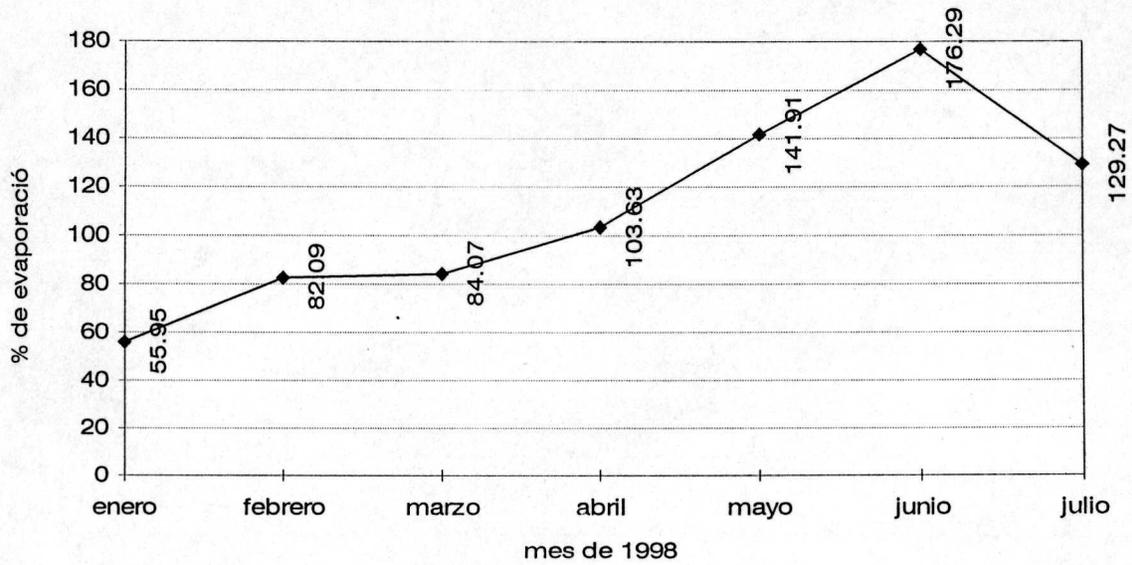


Gráfica 9. Comportamiento promedio de la precipitación pluvial durante el ciclo de cultivo del maíz y una comparación con varios años atrás.

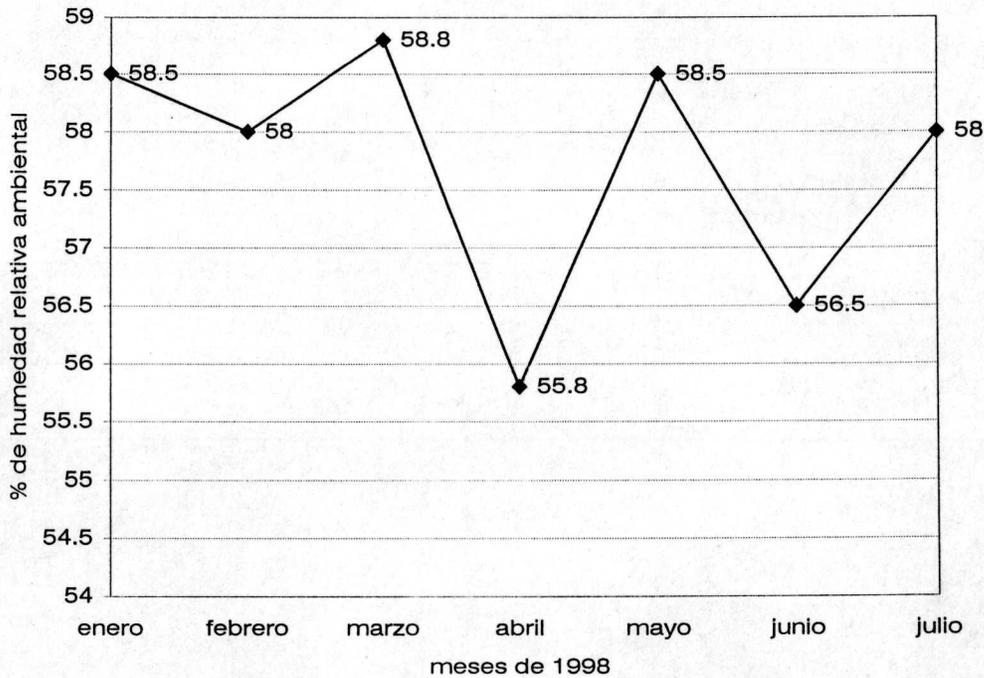
Se puede apreciar que la fase de floración y fructificación del maíz, coincidieron con las lluvias y temperaturas (Cuadro 16 y Gráficas 1 y 2) desfavorables para el buen desarrollo del cultivo (abril hasta junio).



Gráfica 10. Comportamiento promedio de la temperatura durante el ciclo de cultivo del maíz.



Gráfica 11. Comportamiento promedio de la evaporación durante el ciclo de cultivo del maíz.



Gráfica 12. Comportamiento promedio de la humedad relativa durante el ciclo de cultivo del maíz.

Fuentes: Todas las representaciones gráficas han sido construidas a partir de datos proporcionados por los equipos y/o las estaciones meteorológicas del Ingenio Independencia S.A. de C.V. rancho El Clarín de la UNAM e INIFAP - Ixtacuaco. La hora de registro de los datos fue por la mañana, alrededor de las 7:30 a.m.

Fisiografía

El Campo Experimental Agroforestal Ixtacuaco se encuentra dentro de la provincia del eje neovolcánico que se puede caracterizar como una enorme masa de rocas volcánicas de diversos tipos, acumuladas en numerosos y sucesivos episodios volcánicos que se iniciaron a mediados del terciario (hace 35 millones de años aproximadamente), y continuaron hasta el presente (INEGI, 1987).

Suelos

Sus suelos corresponden a las unidades denominadas Fluvisoles y Litosoles. La primera tiene textura arenosa, buen drenaje, pH entre 5 y 6.5, pobres en materia orgánica y en nitrógeno. Los Litosoles tienen textura de arcillosa a franca, drenaje interrumpido, pH entre 4.5 y 6., ricos en materia orgánica y nitrógeno en su capa superficial. En las capas subsecuentes se observa pobreza en todos los nutrientes (INEGI, 1987).

La clasificación específica del suelo para el lugar donde se realizó el experimento y de acuerdo a la USDA, 1994 pertenece al orden Inceptisols y al suborden Tropepts, en lo que se refiere a Grandes grupos se le ha denominado como Dystropepts (son suelos francos, profundos, imperfectamente drenados en estado natural, con limitación de aereación en todo su perfil por tener una estructura masiva) y para el caso del Subgrupo se le ha clasificado como Typic Dystropepts. Los Inceptisols son suelos inmaduros que tienen rasgos de perfiles expresados más débilmente que en los suelos maduros y que conservan cierta semejanza con el material parental. Muchos de los inceptisols del mundo se forman de material volcánico. Se dice que esos suelos son de cenizas volcánicas y más recientemente han recibido el nombre de suelos de ando (Pech, 1996).

Hidrología

Sus ríos más importantes en la zona son: el Bobos, el María de la Torre, el Quilate, Pedernales, San Pedro, Chapa-Chapa, el Tlapacoyan o

Atzálan, que se unen al río bobos para formar la cascada de Tomata, convirtiéndose en afluente del río Nautla (INEGI, 1987).

Flora y fauna

Su vegetación es de selva perennifolia y manglar, con especies de amate, caoba, huapaque, pastos o gramíneas nativas, chacá, cocuite, cedro rojo y otras. El Municipio. cuenta con un sinnúmero de especies, entre las que se encuentran el conejo, armadillo, tejón, tusa, tordo o pepe, entre otros.

Tablas de información meteorológica detallada

% de evaporación en 24h en mm

	E	F	M	A	M	J	J
1	2.07	4.77	1.66	4.66	3.69	5.61	2.96
2	0.91	2.41	0.34	4.35	3.90	6.51	5.50
3	1.47	3.23	0.31	5.21	5.63	5.89	4.37
4	2.26	2.68	3.19	3.43	2.52	6.39	5.55
5	2.11	2.92	3.72	2.15	3.77	7.99	5.98
6	2.42	2.69	4.73	5.43	4.06	6.29	6.41
7	0.75	2.62	3.68	4.05	5.22	5.06	5.97
8	0.38	3.41	3.22	4.07	6.17	5.02	6.95
9	1.42	3.21	0.31	5.23	5.62	6.26	5.10
10	2.01	3.02	0.46	4.63	5.63	4.56	3.25
11	2.35	1.16	0.22	3.99	4.17	5.80	3.36
12	3.44	3.04	0.29	5.33	2.69	5.34	5.47
13	2.93	1.97	0.77	5.26	4.44	6.61	6.17
14	1.80	1.54	1.72	4.44	2.31	7.56	6.00
15	1.65	4.31	2.96	4.07	3.18	7.86	3.99
16	0.24	4.96	3.49	8.15	4.21	5.98	2.95
17	0.79	1.90	3.05	4.50	5.83	5.80	2.63
18	0.55	3.34	3.77	2.18	5.53	5.01	3.71
19	0.48	2.00	4.26	0.17	4.97	4.43	4.95
20	2.66	1.33	0.73	0.23	5.64	7.27	5.07
21	2.52	1.68	0.84	0.52	5.47	5.98	5.45
22	3.29	4.61	2.10	1.32	4.22	3.20	3.87
23	0.89	3.21	4.44	0.85	5.32	5.75	2.21
24	0.56	3.30	4.02	2.78	4.65	4.83	3.72
25	2.23	3.30	3.45	4.50	4.30	6.63	2.64
26	1.98	4.31	4.02	2.93	4.00	5.59	2.06
27	2.08	2.56	4.06	3.94	4.04	5.62	2.05
28	2.44	2.61	4.16	2.23	4.17	7.00	2.63
29	3.00		4.66	1.03	4.57	4.34	3.21
30	1.30		5.02	2.00	5.93	6.11	2.36
31	2.97		4.42		6.06		2.73
Suma	55.95	82.09	84.07	103.63	141.91	176.29	129.27
Media	1.80	2.93	2.71	3.45	4.58	5.88	4.17

% de humedad relativa de los meses de enero a julio de 1998.

	E	F	M	A	M	J	J
1	59	59.5	56.5	55	58	56.5	57
2	61	56	61	59	56	57	61
3	61	60	61.5	58	56.5	55	56
4	59.5	58.5	61	54	60.5	57	56.5
5	61	60	62.5	59	53	56.5	58.5
6	60.5	52.5	59.5	60.5	59	53.5	57.5
7	59	56	60	62	60.5	52.3	55
8	60	60	59	57	57	55.5	55.5
9	64	59.5	51	57	54.5	55.5	58.5
10	60	59	60.5	56.5	51	57.5	61
11	62	58.5	63.5	56.5	55	58.5	57
12	59	61	64.5	57	56.5	55	57
13	58.5	55.5	64	57	57	59	57.5
14	60.5	60	61.5	60	59	56	56.5
15	59	58	61	60	59	56	57
16	66.5	62	61	56.5	60	56	58
17	64	50.5	58.5	53	60	56.5	60
18	61	55	59	57	57	57.5	59.5
19	62.5	56	59	60	57	57.5	58.5
20	61	62	56.5	63	55.5	55.5	59
21	59	62.5	61	63	55.5	59	59.5
22	60.5	58.5	63	63.5	54.5	57.5	56.5
23	60.5	59	61.5	61.5	56	60	58
24	64	57	61	59.5	55	55.5	60
25	64.5	61	56	58.5	55.5	56	60
26	61	61.5	60	58	57	54.5	59.5
27	58	58	60	60	59.5	52	60.5
28	61	56.5	58	52.5	61	58	61.5
29	60		57	60	58.5	53.5	63
30	60.5		59.5	56.5	57	56.5	58.5
31	58		61		59		59
Media	58.5	58	58.8	55.8	58.5	56.5	58

Temperaturas mínimas °C de los meses de enero a julio de 1998.

	Enero	Febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio
1	9.0	17.0	20.0	15.5	21	22	24.5
2	11.0	16.5	17.0	16	21	23.5	22.5
3	12.0	11.5	17.0	18.5	22	25	24
4	13.0	9.5	17.0	21	21.5	25	24.5
5	13.5	10.0	17.5	22	23.5	23.5	21.5
6	14.0	14.5	20.0	22	23	25	23
7	16.5	16.0	20.5	21	22	25.5	22
8	17.5	14.5	15.0	21.5	20	24.5	21
9	17.5	12.0	17.5	23.5	20.5	25.5	22
10	14.0	12.5	15.5	21.5	22	25	22
11	14.5	14.5	14.0	16.5	22	24.5	23
12	18.5	16.0	14.5	16	23	26	23
13	17.0	17.5	15.5	16.5	24.5	25	24
14	16.0	18.0	16.0	19.5	24	25	25
15	16.5	17.0	14.5	21	24.5	23	24
16	13.5	12.5	16.5	19.5	20	23.5	24.5
17	14.5	13.5	18.5	20	24	24	23
18	15.0	18.0	21.5	23.5	20	27	23.5
19	17.5	17.0	20.5	21	19	26	22.5
20	15.0	21.0	22.0	20	20.5	26	22.5
21	14.0	15.5	17.0	21	22.5	26	22.5
22	14.0	17.0	17.5	18.5	23	25.5	21.5
23	17.0	12.5	14.0	18.5	23.5	22.5	21
24	16.0	14.5	12.5	14.5	24	23.5	22.5
25	15.5	15.5	14.5	15.5	25	23	22
26	14.0	15.5	18.0	17	25.5	25	22.5
27	14.5	17.0	19.0	19.5	25.5	24.5	22
28	12.5	19.0	20.5	20	25.5	24.5	21
29	14.0		22.0	21	24	24.5	21.5
30	16.0		20.5	20.5	21	24.5	22
31	17.0		20.5		22		22.5
Total	460.5	460.5	546.5	1467.5	699.5	3634.5	703
Media							

Temperaturas máximas °C de los meses de enero a julio de 1998.

	Enero	Feb	M	A	M	J	J
1	24.5	30.0	31.0	--	24.5	37.5	38
2	21.0	30.0	27.0	31	32	36	35
3	23.5	23.5	20.5	31.5	34	38.5	35
4	26.0	27.5	21.0	34	34.5	38.5	37
5	27.5	27.0	31.0	31.5	36.5	39	37.5
6	29.5	29.5	33.0	28	34	43	36.5
7	30.5	26.5	31.5	33	36	40	38
8	21.0	27.0	33.5	33.5	39	36	38
9	19.5	30.0	24.5	36	43	37.5	37
10	25.0	31.5	20.0	32	42	38	33.5
11	27.5	34.0	17.0	30.5	39.5	36.5	33
12	28.5	25.0	16.0	30.5	34.5	38	35
13	30.5	29.5	18.5	32	35	36.5	37.5
14	28.5	27.0	22.5	35	37	38	38.5
15	30.0	30.5	27.0	35	35	40	38
16	21.0	28.5	31.5	38	35	42	37
17	18.0	33.5	32.0	44	34.5	39	32.5
18	25.0	28.5	32.0	35	34.5	39.5	33.5
19	24.0	30.5	32.5	28.5	33.5	36.5	33
20	24.5	30.5	33.5	22	34.5	37	35.5
21	29.5	22.5	24.0	23	36.5	37.5	35.5
22	32.5	28.5	22.5	22.5	35.5	37	36
23	31.5	31.0	25.0	22.5	35	34.5	36
24	19.0	31.0	28.5	25	33	36.5	32
25	18.0	29.5	31.0	27.5	37.5	35	33
26	23.5	32.0	29.5	31	36	37.5	32.5
27	28.0	34.5	31.0	33	35.5	37	33
28	24.5	29.5	32.0	36	34.5	36.5	33
29	26.0		32.5	31.5	34	40	32
30	30.5		34.5	23.5	35.5	36	32.5
31	27.0		35.0		36		33
Total	795.5	795.5	861	2452	1097.5	6001.5	1087.5
Media							

Temperaturas °C ambiente (Termómetro al abrigo) de los meses de enero a julio de 1998.

	Enero ¹	Febrero ¹	Marzo ¹	Abril	Mayo ¹	Junio ²	Julio	Agosto	Septiembre
1	14.4	20.7	20.5	18.5	22.5	-	26.0	23.0	24.5
2	14	16	18	17.5	22.0	24	23.5	24.0	24.5
3	16.7	17.7	16.5	20.0	23.5	20	26.0	23.0	22.5
4	18.7	15.5	23.1	25.0	23.0	20	25.5	22.0	25.5
5	22.5	18.5	24.5	23.5	25	17	23.0	23.0	24.5
6	19.5	19	24	23.0	24.0	24	24.0	26.0	24.5
7	16.5	19.5	27	22.0	23.5	18	23.0	25.0	24.5
8	15.4	20	0	25.0	21.0	0	21.5	25.5	24.0
9	18.5	24.2	14.5	25.0	22.5	17	23.5	25.5	25.0
10	18.7	22.5	12.2	22.5	24.0	20	24.5	24.0	26.0
11	22	18	11.7	17.5	24.0	21	24.5	20.5	24.5
12	21	20.4	12.5	17.0	25.0	0	25.0	23.0	26.0
13	17.7	18	18	20.5	26.5	17	25.5	23.5	24.5
14	20	22	19	23.0	24.5	21	26.0	26.5	26.0
15	12.7	21.5	20.5	22.5	26.5	22	26.0	26.0	26.0
16	11.5	23.5	24.2	20.5	25.5	22	26.0	25.0	25.0
17	15.6	22	25	25.5	24.0	25	24.5	25.5	26.0
18	16.7	22.5	26.3	25.0	21.0	19	25.0	25.5	25.0
19	18.4	21	26.4	22.0	20.0	20	24.0	24.5	25.0
20	19.5	18.5	27.5	21.5	24.5	24	24.0	23.5	25.0
21	21	21	27	22.0	23.5	24	24.0	25.0	26.5
22	19.6	22.2	27.5	19.5	25.0	0	23.0	25.0	24.5
23	15.2	20	23	19.5	25.5	0	23.0	23.5	25.0
24	13.9	26.5	21	15.5	26.5	23	24.5	23.5	24.5
25	17.2	22	22	18.5	27.0	25	23.5	25.0	25.0
26	19.5	23	22	19.5	26.5	25	24.5	25.5	24.0
27	18	23	22.5	22.5	26.5	24	23.5	24.0	24.0
28	16.5	23.7	23	25.5	26.0	21	22.5	24.5	23.0
29	17	0	27	22.0	23.5	0	24.0	23.0	25.0
30	18.5	0	0	21.5	23.0	0	23.0	24.0	23.5
31	20.7	0	0	0	23.0	0	24.0	25.5	0
Total	547.1	582.4	606.4	643	748.5	493	750.5	753	743.5
Media	17.6	20.8	21.6	21.4	24.1	21.4	24.2	24.3	24.7

¹ Tomados del higrómetro al abrigo del INIFAP. ² Datos de la estación meteorológica del Clarín, UNAM.

- Dominó el cielo despejado, caluroso y con vientos débiles del noreste.

Pluviómetro lecturas en mm

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1	0.0	0.0	0.0	--	0	0	--	5.7	0
2	0.0	19.0	5.3	0	0	0	45.8	11.8	0
3	0.0	4.4	Inapreciable	0	0	0	1	0	0
4	0.0	0.0	Inapreciable	0	0	0	0	0	0
5	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	61
6	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	62.2
7	Inapreciable	0.0	0.0	0	0	0	0	0	91.6
8	Inapreciable	0.0	0.0	0	0	0	0	0	28.2
9	9.6	0.0	0.0	1	0	0	6.3	0	5.5
10	0.0	0.0	4.8	0	0	0	73.5	0	0
11	0.0	0.0	17.8	0	0	0	0	15	0
12	0.0	0.0	12.0	0	0	0	0	0	0
13	0.0	0.0	6.0	0	0	0	0	0	19.8
14	0.0	0.0	Inapreciable	0	0	0	0	0	2.5
15	Inapreciable	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0
16	41.2	0.0	Inapreciable	0	0	0	1.5	0	0
17	0.0	Inapreciable	0.0	0	0	0	25.7	0	0
18	0.0	0.0	0.0	0	0	0	3	0	9.5
19	0.0	0.0	0.0	2.2	0	0	0	0	33.6
20	Inapreciable	16.5	Inapreciable	10.8	0	1.7	0	0	0
21	0.0	7.8	1.5	14.4	0	11.3	0	0	0
22	0.0	0.0	19.2	26.8	0	0	0	50.5	5.5
23	16.2	0.0	1.5	3	0	1	0	0	7.0
24	13.4	0.0	0.0	0	0	0	0	0	51
25	17.1	0.0	0.0	0	0	0	8.2	0	3
26	0.0	0.0	0.0	0	0	0	1	0	33.5
27	1.5	0.0	0.0	0	4.7	0	19.8	0	0
28	0.0	0.0	0.0	0	2.2	1.7	19.7	0	0
29	0.0	0.0	0.0	11.5	0	0	62.5	49	2
30	0.0	0	0.0	4.2	0	0	0.3	4.1	8.2
31	Inapreciable	0	0.0	0	0	0	0	1.6	0
Total	48.2	24.3	22.2	73.9	6.9	15.7	268.3	137.7	424.1
Media									

En el ciclo de cultivo del maíz comprendido de enero a julio sólo se captaron 459.5 mm de precipitación efectiva, la cual no favoreció a la productividad. La Precipitación total en el año fue de 1,937mm.

Temperatura media mensual para el Municipio de Martínez de la Torre, Ver.

Estación	periodo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Martínez de la Torre, Veracruz	1995	20.5	21.4	22.1	24.3	28.3	27.7	26.8	27.1	27.0	24.1	22.2	19.6
Promedio	61-95	19.1	20.4	22.9	25.6	27.5	27.7	23.3	27.5	26.7	25.0	22.2	20.3
Año más frío	1976	17.2	20.0	23.7	25.3	22.4	21.4	27.5	27.7	27.2	24.3	23.8	20.0
Año más caluroso	1972	22.5	22.7	25.6	27.7	28.2	27.9	27.3	26.8	27.2	26.5	24.6	22.4

Fuente: CNA. Registro mensual de temperatura media en °C. Inédito.

Precipitación total mensual para el Municipio de Martínez de la Torre, Ver.

Estación	periodo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Martínez de la Torre, Veracruz	1995	117.7	56.6	40.6	15.7	12.8	20.4	122.8	135.6	93.0	467.5	246.1	111.9	1440.7
	1998*	48.2	24.3	22.2	73.9	6.9	15.7	268.3	137.7	424.1	546.2	311.7	57.8	1937
Promedio	61-95	98.4	79.6	62.6	86.3	114.2	139.8	134.0	142.4	286.2	183.4	171.8	110.6	1609.3
Año más seco	1970	36.6	112.4	70.5	10.6	59.1	170.6	50.0	183.1	307.5	124.6	75.6	19.4	
Año más lluvioso	1981	117.7	152.5	37.7	102.5	156.3	370.9	156.3	370.9	397.5	197.2	38.3	178.9	

Fuente: *Construido a partir de datos del Ingenio Independencia de Martínez de la Torre, Ver.
CNA. Registro mensual de precipitación pluvial en mm.

Anexo 4

Análisis de suelos

Metodologías empleadas en laboratorio para el análisis de las muestras compuestas de suelos.

Variable	Método
Ph	Potenciométrico relación suelo-agua 1:2
Mo	Walkley and black
N total	Digestado con mezcla diácida y determinado por arrastre de vapor kjeltec-auto-analyzer 1030
N inorgánico	Extraído con cloruro de potasio 2n y determinado por arrastre de vapor kjeltec-auto-analyzer 1030.
P	Bray p-1
K	Extraído en acetato de amonio 1.0N ph7.0 relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama.
Ca	Extraído en acetato de amonio 1.0n ph7.0 relación 1:20 y determinado por Espectofotometría de absorción atómica.
Mg	Extraído en acetato de amonio 1.0n ph7.0 relación 1:20 y determinado por Espectofotometría de absorción atómica.
CIC	Acetato de amonio 1.0n ph7.0 centrifugacion kjeltec-auto-analyzer 1030.
Fe, Cu, Zn y Mn	Extraídos con dtpa relación 1:4 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica
Mo	Método de la parafina
Co	Potenciométrico en el extracto de la pasta.
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos

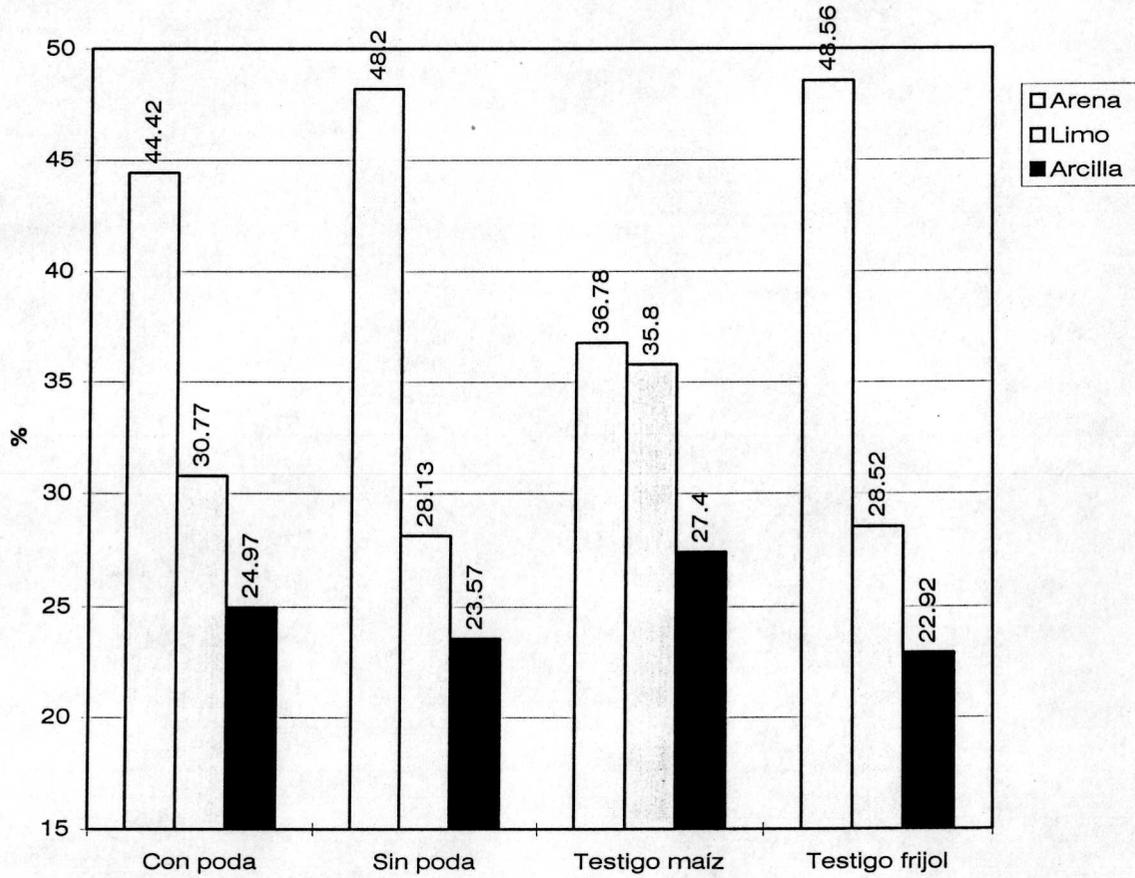
Metodologías empleadas en laboratorio para el análisis de las muestras de material vegetal del frijol de árbol.

Elemento	Método
N	Digestado con mezcla diácida y determinado por arrastre de vapor kjeltec-auto-analyzer 1030
P	Fotocolorimetría por reducción con molibdo-vanadato
K	Espectofotometría de emisión de flama
Ca	Espectofotometría de absorción atómica
Mg	Espectofotometría de absorción atómica
Fe	Espectofotometría de absorción atómica
Cu	Espectofotometría de absorción atómica
Zn	Espectofotometría de absorción atómica
Mn	Espectofotometría de absorción atómica

Cuadro 29. Comportamiento de la **estructura** del suelo.

Tratamiento	Arena	Limo	Arcilla
Con poda	44.42	30.77	24.97
Sin poda	48.2	28.13	23.57
Testigo maíz	36.78	35.8	27.4
Testigo frijol	48.56	28.52	22.92

Gráfica 13. Comportamiento de la **estructura** del suelo,



Tablas de resultados generales obtenidos en las muestras de suelos.

Nº de control	pH 1:2	M O %	Ntot %	Ninorg mg.kg ⁻¹	P mg.kg ⁻¹	K mg.kg ⁻¹	Ca mg.kg ⁻¹	Mg mg.kg ⁻¹
1594	5.83	3.35	0.175	8.4	-	372	1164	78
1595	5.36	3.87	0.194	5.04	19.07	138	920	229
1596	5.72	3.80	0.191	7.56	20.71	300	1084	242
1597	5.59	4.28	0.217	5.04	41.09	272	1133	141
1598	5.47	3.39	0.176	4.20	3.14	180	961	101
1599	5.87	2.23	0.109	5.88	24.2	308	1259	106
1600	6.23	4.92	0.251	5.88	40.4	374	1360	158
1601	6.28	3.21	0.162	5.88	137	266	1203	157
1602	5.83	4.26	0.217	8.40	29.1	276	1061	169
1603	5.00	3.51	0.173	10.92	159	298	1298	224
1604	4.48	2.97	0.149	12.60	39.6	142	727	192
1605	5.17	3.65	0.148	9.24	20.8	328	1285	228
1606	5.10	3.78	0.189	14.28	32.1	226	1216	139
1607	4.87	3.04	0.153	8.40	144	294	963	615
1608	5.13	3.72	0.189	11.76	-	364	1254	141
1609	5.35	3.51	0.179	10.92	29.1	358	1293	164
1610	4.82	2.77	0.137	11.76	139	224	765	106
1611	5.20	3.45	0.173	11.76	12.6	206	1244	108

Nº de control	CIC Cmol.kg ⁻¹	Fe cm.kg ⁻¹	Cu cm.kg ⁻¹	Zn cm.kg ⁻¹	Mn cm.kg ⁻¹	Mo cm.kg ⁻¹	Co cm.kg ⁻¹
1594	22.94	91.85	0.86	1.29	5.59	0.00	0.00
1595	24.23	168	0.35	1.12	6.00	0.00	0.00
1596	22.27	77.46	1.22	1.36	3.92	0.00	0.00
1597	22.27	109	1.07	2.04	25.3	0.00	0.00
1598	22.27	135	1.00	0.85	23.9	0.00	0.00
1599	21.27	98.2	1.14	0.75	7.09	0.00	0.00
1600	21.61	349	0.93	1.43	4.92	0.00	0.00
1601	18.34	59.2	0.71	1.06	2.17	0.00	0.00
1602	19.65	104	0.86	1.50	6.59	0.00	0.00
1603	24.89	122	1.14	1.50	10.58	0.00	0.00
1604	22.27	147	0.43	0.89	4.34	0.00	0.00
1605	20.96	91.8	0.78	1.66	6.50	0.00	0.00
1606	24.23	111	1.22	2.64	10.83	0.00	0.00
1607	19.65	146	1.72	1.33	10.42	0.00	0.00
1608	22.92	122	0.86	1.16	9.09	0.00	0.00
1609	20.30	72.6	0.93	1.50	8.17	0.00	0.00
1610	18.34	79.0	0.43	1.12	5.34	0.00	0.00
1611	18.34	74.2	0.43	1.39	8.25	0.00	0.00

Nº CONTROL	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACION TEXTURAL
1594	37.28	38.16	24.56	Franco
1595	39.28	36.16	24.56	Franco
1596	51.28	26.16	22.50	Franco-arcillo-arenoso
1597	34.56	38.72	26.72	Franco-arcilloso
1598	37.56	32.72	30.72	Franco
1599	43.28	32.16	24.56	Franco
1600	55.20	24.16	20.56	Franco-arenoso
1601	60.56	22.88	16.56	Franco-arenoso
1602	43.84	31.60	24.56	Franco
1603	35.28	33.44	31.28	Franco-arcilloso
1604	35.28	35.44	29.28	Franco-arcilloso
1605	47.28	25.44	27.28	Franco-arcillo-arenoso
1606	39.28	33.44	27.28	Franco-arcilloso
1607	39.28	33.444	27.28	Franco-arcilloso
1608	41.28	35.44	23.28	Franco
1609	51.28	25.44	23.28	Franco-arcillo-arenoso
1610	55.28	23.44	21.28	Franco-arcillo-arenoso
1611	53.28	25.44	21.28	Franco-arcillo-arenoso

Nº CONTROL	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe mg.kg ⁻¹	Cu mg.kg ⁻¹	Zn mg.kg ⁻¹	Mn mg.kg ⁻¹
no poda 1612	6.47	0.036	1.30	0.713	0.135	152	4.49	55.8	0.37
poda 1613	6.26	0.038	1.21	0.642	0.136	152	4.49	50.9	0.33

Identificación de claves de las muestras.

clave	Enero	clave	Noviembre
1603	Testigo maíz	1594:	Testigo maíz
1604:	Testigo maíz	1595:	Testigo maíz
1605:	sin poda 1	1596:	sin poda 1
1606:	poda mezcla 1	1597:	poda mezcla 1
1607:	poda mezcla 2	1598:	poda mezcla 2
1608:	sin poda mezcla 2	1599:	sin poda mezcla 2
1609:	sin poda mezcla 3	1600:	sin poda mezcla 3
1610:	poda mezcla 3	1601:	poda mezcla 3
1611:	testigo frijol	1602:	testigo frijol

Anexo 5 - Diseño

Distribución esquemática de los tratamientos en el ensayo del intercultivo maíz en cultivo en callejones.

← Camino →																					
- Tratamiento Parcela	orilla	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	orilla	X	Y	Z		
Monocultivo frijol poda del frijol de árbol	F	Maíz y frijol de árbol con poda							Maíz y frijol de árbol sin poda							Monocultivo - maíz					
		Sin poda del frijol de árbol	C	H	V	V	H	V	C	H	H	C	H	C	H	C	V	V	V	H	C
		V	C	H	C	V	C	V	V	C	V	V	V	V	H	H	C				
	H	V	C	H	C	H	H	C	V	H	C	H	C	V	C	H	V	H	C		

C= Criollo

H= Híbrido TL-96A 1551 1 x 2 (CML-247 x CML-254)

V= Variedad TL-95B 6401 Poza Rica-9422

0, 1, 2, ..., 7, son las calles o hileras de setos con poda y sin poda de follaje
 X, Y y Z Parcelas testigo del monocultivo maíz y F es monocultivo frijol de árbol.

Anexo 6**Siglas**

Glosario de siglas de instituciones empleadas en el documento.

<i>Siglas</i>	<i>Significado</i>	<i>Sede</i>
BANAMEX	Banco Nacional de México	México
CADS	Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible	Chapingo, México
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza	Turrialba, Costa Rica
CEIEGT	Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la UNAM	Veracruz, México
CIDICCO	Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura	Tegucigalpa, Honduras
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo	México
CONASUPO	Comisión Nacional de Abasto Popular	desaparecida este año en México
CNA	Comisión Nacional del Agua	México
DGPA	Dirección General de Política Agrícola	México
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	Roma, Italia
ICRAF	Centro Internacional de Investigación en Agroforestería	Nairobi, Kenya
ICRISAT	Centro Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Semiáridas	Hyderabad, India
IITA	Instituto Internacional de Agricultura Tropical	Nigeria
INIA	Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas	México
SAGAR	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural	México
SARH	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (hoy SAGAR)	México
SECOFI	Secretaría de Comercio y Fomento Industrial	México
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público	México
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte	México - EE. UU. - Canadá
UACH	Universidad Autónoma Chapingo	Edo. de México
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México	Cd. de México

Referencias bibliográficas

- Agro-síntesis, 1999. Mayor rentabilidad con altos rendimientos en maíz. Agro-síntesis, Revista mensual, marzo 1999. Editorial Año Dos Mil S.A. México, D.F. pp. 13-18.
- Akondé T. P., Lame B. and Kummerer E. 1986. Adoption of cropping in the Province of Atlantique, Benin. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.* B.T. Kang and L. Reynolds (editors). International Development Research Centre. Ottawa, Ont. Canada 1989. pp. 141-142.
- Akondé T. P., Kühne R. F., Steinmüller N. and Leihner D. E. 1997. Alley cropping on an Ultisol in subhumid Benin. Part 3: nutrient budget of maize, cassava and trees. *Agroforestry Systems* 37: 213-226.
- Atta-Krah A. N., Sumberg J. E., and Reynolds L. 1985. Leguminous Fodder Trees in the Farming Systems: An Overview of Research at the Humid Zone Programme of ILCA in Southwestern Nigeria. ILCA, Ibadan, Nigeria.
- Atta-Krah A. N. and Francis P. A. 1986. The role of on-farm trials in the evaluation of alley farming. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.* B.T. Kang and L. Reynolds (editors). pp: 92-106.
- Bannister M. E. and Nair P. K. R. 1990. Alley cropping as a sustainable agricultural technology for the hillsides of Haiti: Experience of an agroforestry outreach project. *American Journal of Alternative Agriculture* 5: 51-59.
- Barnes. P. 1995. Dry matter herbage productivity and aspects of chemical composition in four forage shrub legumes at a subhumid site in Ghana. *Agroforestry Systems* 31: 223-227.
- Bartolini R. 1990. El Maíz. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 277 pp.
- Brewbaker J. L. 1986. Nitrogen-fixing trees for fodder and browse in Africa. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.* B.T. Kang and L. Reynolds (editors). pp: 55-70.
- Brewbaker J. L. 1987. Significant nitrogen fixing trees in agroforestry systems. *Agroforestry: Realities, Possibilities and Potentials.* H. L. Gholz, (Editor)., U. Fla. Nijhoff, Dordrecht, Neth. pp: 31-46.

- Budelman A. 1988. The decomposition of the leaf mulches of *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* and *Flemingia macrophylla* under humid tropical conditions. *Agroforestry Systems* 7: 33-45; 47-62.
- Calegari A., y Peñalva M. 1994. Abonos verdes. Importancia agroecológica y especies con potencial de uso en el Uruguay. Convenio JUNAGRA-GTZ. Canelones, Uruguay.
- CIMMYT. 1985. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. México, D. F. 20p.
- Cobbina J., Kang B. T. and Atta-Krah. 1989. Effect of soil fertility on early growth of *Leucaena* and *Gliricidia* in alley farms. *Agroforestry Systems* 8: 157-164.
- Conway G. 1997. The doubly green revolution. Food for all in the 21st century.
- Corlett J. E., Ong C. K., and Black C. R. 1989. Modification of microclimate in intercropping and alley-cropping systems. *Meteorology and Agroforestry*, Reifsnyder W.S. and Darnhofer T.O. (eds.), pp: 419-430. ICRAF/WMO/UNEP/GTZ, Nairobi, Kenya.
- Coulson C. L., Mungai D. N., Stigter C. J., Mwangi P. W., and Njiru D. M. 1989. Studies of sustainable crop yield improvement through an agroforestry intervention. University of Nairobi/ Kenya Forest Res. Inst./ Kenya Agri. Res. Inst., Nairobi, Kenya (unpubl. report).
- Cruz S. J. A. 1997. Estimación de la función de oferta del maíz (*Zea mays*) en México, 1970-1996. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México.
- Chen Y.S., Kang B. T., and Caveness F. E.. 1989. Alley Cropping Vegetable Crops with *Leucaena* in Southern Nigeria. *Hort Science* 24(5):839-840.
- Dalland A., Våje P. I., Matthews R. B. and Singh B. R. 1993. The potential of alley cropping in improvement of cultivation systems in the high rainfall areas of Zambia. III. Effects on soil chemical and physical properties. *Agroforestry Systems* 21: 117-132.
- Daniel J. N. and Ong C. K.. 1990. Perennial pigeonpea: a multi-purpose species for agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 10: 113-129.
- Danso A. A. and Morgan P. 1993. Alley cropping maize (*Zea mays* var. Jeka) with cassia (*Cassia siamea*) in The Gambia: crop production and soil fertility. *Agroforestry Systems* 21: 133-146
- Danso A. A., and Morgan P. 1993a. Alley cropping rice (*Oryza sativa* var. Barafita) with cassia (*Cassia siamea*): soil fertility and crop production. *Agroforestry Systems* 21: 147-158.

- David S. 1995. What do farmers think? Farmer evaluations of hedgerow intercropping under semi-arid conditions. *Agroforestry Systems* 32: 15-28.
- Duguma B., Kang B. T., and Okali D. U. U. 1988. Effect of pruning intensities of three woody leguminous species grown in alley cropping with maize and cowpea on an alfisol. *Agroforestry Systems* 6: 19-35.
- Ehui S. K., Kang B. T., and Spencer D. S. C. 1990. Economic analysis of soil erosion effects in alley cropping, no-till and bush fallow systems in southwestern Nigeria. *Agricultural Systems* 34: 349-368.
- El Financiero. 1997. Veracruz, entidad a la vanguardia en los cambios estructurales del campo. Periódico El Financiero. Miércoles 26 de marzo de 1997. México, D. F. p. 16A.
- El Financiero. 1997. Capacidad para lograr autosuficiencia de maíz en 3 años. Periódico El Financiero. Lunes 25 de agosto de 1997. México, D. F. p. 37.
- El Financiero. 1997. Intentan abrir el abanico de cultivos de alimentos. Periódico El Financiero. Miércoles 27 de agosto de 1997. México, D. F. p. 29.
- El Financiero. 1997. Preven caída de precios de granos en todo el mundo. Periódico El Financiero. Jueves 28 de agosto de 1997. México, D. F. p. 29.
- El Financiero. 1998. Fuerte impacto de "El Niño" en la agricultura nacional; una severa sequía afecta la mayoría de los campos de cultivo. Periódico El Financiero. Viernes 29 de mayo de 1998. México, D. F. p. 22A.
- El Financiero. 1998. Se triplica la importación de maíz; se superarán los cupos libres de arancel. Periódico El Financiero. Lunes 8 de junio de 1998. México, D. F. p. 28.
- El Financiero. 1998. Caen precios del maíz por falta de liquidez. Periódico El Financiero. Martes 15 de diciembre de 1998. México, D. F. p. 25.
- El Financiero. 1999. Sembrar maíz proteínico a lo largo del país, meta del INIFAP para 1999. Periódico El Financiero. Miércoles 27 de enero de 1999. México, D. F. p. 16.
- El Financiero. 1999. Deficiencias productivas acentúan las importaciones de maíz. Periódico El Financiero. Jueves 28 de enero de 1999. México, D. F. p. 5A.
- El Financiero. 1999. Autorizan cupos de importación de maíz mayores a los previstos. Periódico El Financiero. Jueves 28 de enero de 1999. México, D. F.
- El Financiero. 1999. Alto potencial para explotar la comercialización de productos *gourmet* de maíz. Periódico El Financiero. Viernes 19 de febrero de 1999. México, D. F. p. 5A.

- El Financiero. 1999. La hidroponía, eficaz método para revertir el déficit de la producción de maíz en México. Periódico El Financiero. Viernes 12 de marzo de 1999. México, D. F. p. 18.
- El Financiero. 1999. Importación récord de maíz estadounidense. Periódico El Financiero. Martes 27 de abril de 1999. México, D. F. p. 17.
- Evensen C. I., Dierolf T. S. and Yost R. S. 1995. Decreasing rice and cowpea yields in alley cropping on a highly weathered Oxisol in West Sumatra, Indonesia. *In: Agroforestry Systems* 31: 1-19.
- Ezenwa I., Reynolds L., Aken'Ova M. E., Atta-Krah A.N. and Cobbina J. 1995. Cutting management of alley cropped leucaena/gliciridia-Guinea grass mixtures for forage production in southwestern Nigeria. *Agroforestry Systems* 29: 9-20.
- FAO. 1982. Las leguminosas en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 20. Roma, Italia. p. 83.
- FAO. 1982a. Piensos tropicales. Colección FAO: Producción y sanidad animal. Roma, Italia. pp. 143-145.
- FAO. 1986 a 1997. Anuario de Comercio -de varios años-. Roma, Italia.
- FAO. 1986 a 1997. Anuario de Producción Agrícola -de varios años-. Roma Italia.
- FAO. 1990. Utilización de alimentos tropicales: frijoles tropicales. Roma, Italia. 80 pp.
- FAO. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. Colección FAO: Producción y protección vegetal N° 2. Roma, Italia. pp. 575-583.
- FAO. 1993. El maíz en la nutrición humana. Colección: Alimentación y nutrición N° 25. Roma, Italia. p. 1.
- Fernandes E. C. M. 1990. Alley Cropping on an Acid Soil in the Peruvian Amazon: Mulch, Fertilizer, and Hedgerow Root Pruning Effects. Ph.D. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA.
- FIRA. 1991. Instructivos técnicos de apoyo para la formulación de proyectos de financiamiento y asistencia técnica. Serie agricultura: Cultivos básicos. México. 195pp.
- FIRA. 1996. Situación actual y perspectivas de la producción nacional de maíz. Boletín informativo N° 288 Vol. XXIX. Morelia, Michoacán; México. 28pp.
- FIRA. 1998. Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano. Alternativas de competitividad. Boletín informativo N° 309 Vol. XXX. Morelia, Michoacán; México. 87 pp.

- Getahun A. and Jama B. 1986. Alley cropping in the coastal area of Kenya. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.* B.T. Kang and L. Reynolds (editors). pp: 163-170.
- Giller K. E. y Wilson K. J. 1991. Nitrogen fijation in tropical cropping systems. CAB international. Unit Kingdom.
- Gichuru M. P. and Kang B. T. 1989. *Calliandra calothyrsus* (Meissn.) in an alley cropping system with sequentially cropped maize and cowpea in southwestern Nigeria. *Agroforestry Systems* 9: 191-204.
- Haggar J. P. and Beer J. W. 1993. Effect on maize growth of the interaction between increased nitrogen availability and competition with trees in alley cropping. *Agroforestry Systems* 21: 239-250.
- Heredia B. J. y Kass D. 1996. Cambios en las propiedades físicas del suelo después de seis años de cultivos en callejones con dos sistemas de labranza. *Agroforestería en las Américas*. Vol. 3 N° 11-12. p. 16-20
- Hoekstra D. A. 1983. An economic analysis of a simulated alley cropping system for semi arid conditions, using micro computers. *Agroforestry Systems* 1: 335-345.
- Hulugalle N. R. and Ndi J. N. 1993. Effects of no-tillage and alley cropping on soil properties and crop yields in a Typic Kandiudult of southern Cameroon. *Agroforestry Systems* 22: 207-220.
- Huxley P. A. 1986. Hedgerow intercropping: some ecological and physiological issues. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.* B.T. Kang and L. Reynolds (editors). pp: 208-219.
- Huxley P. A. 1986a. Rationalising Research on Hedgerow Intercropping an Overview. Working Paper N° 40. ICRAF. Nairobi, Kenya.
- ICRAF. 1989. *Annual Report for 1988.* International Council for Research in Agroforestry, Nairobi, Kenya.
- ICRISAT. 1989. *Annual Report for 1988.* International Crops Research Institute for the Semiarid Tropics, Hyderabad, India.
- INEGI. 1987. Síntesis Geográfica del estado de Veracruz. Anexo Cartográfico; México, D.F.
- Jama-Adan B. 1993. Soil Fertility and Productivity Aspects of Alley Cropping with *Cassia siamea* and *Leucaena leucocephala* under Semiarid Conditions in Machakos, Kenya. Ph. D. Dissertation, University of Florida, Gainesville, FI, USA.

- Jama B., Nair P. K. R. and Rao M. R. 1995. Productivity of hedgerow shrubs and maize under alleycropping and block planting systems in semiarid Kenya. *Agroforestry Systems* 31: 257-274.
- Jarillo R. J., Castillo E. G., Valles B. M. y Hernández R. H. 1998. Rendimiento de grano y contenido de taninos en líneas de *Cajanus cajan* (Guandul) en el trópico húmedo de México. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) Universidad del Zulia; Maracaibo, Venezuela.* 15(2):123-134.
- Jones R. B., Wendt J. W., Bunderson W. T. and Itimu O. A.. 1996. *Leucaena* + maize alley cropping in Malawi. Part 1: Effects of N, P, and leaf application on maize yield and soil properties. *Agroforestry Systems* 33: 281-294.
- Junta de Extremadura. 1992. Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego. Consejo de abonado (normas básicas). Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. pp. 59-67.
- Kang B. T., Wilson G. F., and Sipkens L. 1981. Alley cropping maize (*Zea mays* L.) and leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam de Wit) in southern Nigeria. *Plant and Soil* 63: 165-179.
- Kang B. T. and Duguma B. 1985. Nitrogen movement in alley cropping systems. Nitrogen in Farming Systems in the Humid and Subhumid Tropics, Kang B.T. and van den Heide J. (eds.), pp. 269-284. Institute of Soil Fertility, Haren, The Netherlands.
- Kang B.T., van der Kruijs A. C. B. M., and Couper D. C. 1986. Alley cropping for food crop production in the humid and subhumid tropics. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.* B.T. Kang and L. Reynolds (editors). pp: 16-26.
- Kang B. T. and Wilson G. F. 1987. The development of alley cropping as a promising agroforestry technology. *Agroforestry: A Decade of Development*, Stepler H.A. and Nair P.K.R. (eds.), pp. 227-243. ICRAF, Nairobi, Kenya.
- Kang B. T., van der Kruijs A. C. B. M., and Cooper D.C. 1989. Alley cropping for food production in the humid and subhumid tropics. *Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics*, Kang B.T., and Reynolds L. (eds.), , pp.16-26. International Development Research Centre, Ottawa, Canada.
- Kang B. T., Reynolds L., and Atta-Krah A. N. 1990. Alley farming. *Advances in Agronomy* 43: 315-359.
- Kang, B. T. 1993. Alley cropping: past achievements and future directions. *Agroforestry Systems* 23(2-3): 141-155.

- Karachi M. and Zengo M. 1998. Legume forages from pigeon pea, leucaena and sesbania as supplements to natural pastures for goat production in western Tanzania. *Agroforestry Systems* 39: 13-21.
- Karim A. B., Savill P. S. and Rhodes E. R. 1993. The effects of between-row (alley widths) and within-row spacings of *Gliricidia sepium* on alley-cropped maize in Sierra Leone. Growth and yield of maize. *Agroforestry Systems* 24: 81-93.
- Korwar G.R. and Radder G. D. 1997. Alley cropping of sorghum with *Leucaena* during the post rainy season on Vertisols in semi-arid India. *Agroforestry Systems* 37: 265-277.
- Kpombrekou-Ademawou K. 1986. Alley cropping maize with *Leucaena leucocephala* in southern Togo. In: *Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986.* B.T. Kang and L. Reynolds (editors). International Development Research Centre. Ottawa, Ont. Canada 1989. pp. 139-140.
- Krishnamurthy L. R. 1997. Opciones agroforestales para el desarrollo del campo mexicano. Conferencia magistral en el II foro Internacional: Los aprovechamientos forestales en las selvas y su relación con el ambiente. 5-8 de diciembre de 1997, Veracruz México. FAO, SEMARNAP, Gob. del edo. de Ver.
- Krishnamurthy L. R. 1998. Editorial. *Gestión de Recursos Naturales*. 2ª época N°11. pp 3-4.
- Lal R. 1989. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical alfisol. Parts I-VI. *Agroforestry Systems* 8(1): 1-6; 7-29; 8(2): 97-111; 113-132; 8(3): 197-215; 217-238; 239-242.
- Lawson T, L. and B. T. Kang. 1990. Yield of maize and cowpea in an alley cropping system in relation to available light. *Agricultural and Forest Meteorology*, 52(1990) 347-357.
- Lehmann J., Schroth G. and Zech W. 1995. Decomposition and nutrient release from leaves, twigs and roots of three alley-cropped tree legumes in central Togo. *Agroforestry Systems* 29: 21-36.
- López B. L. F. y Kass D. C. L. 1996. Efecto de enmiendas orgánicas en la dinámica del fósforo e indicadores de actividad biológica sobre el rendimiento del frijol en un suelo Acrudoxic melanudand. *Agroforestería en las Américas* Vol. 3 N° 11-12. p. 12-15.
- Lulandala L. L. L. and Hall J. B. 1986. Fodder production from *Leucaena Leucocephala* intercropped with maize and beans in Tanzania. *Alley Farming in the Humid and*

- Subhumid Tropics. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986. pp: 131-136.
- Maclean R. H., Litsinger J. A., Moody K. and Watson A. K. 1992. The impact of alley cropping *Gliricidia sepium* and *Cassia spectabilis* on upland rice and maize production. *Agroforestry Systems* 20: 213-228.
- Mapa R.B. and Gunasena H.P.M. 1995. Effect of alley cropping on soil aggregate stability of a tropical Alfisol. *Agroforestry Systems* 32: 237-245.
- Matthews R. B., Holden S. T., Volk J. and Lungu S. 1992. The potential of alley cropping in improvement of cultivation systems in the high rainfall areas of Zambia. I. Chitemene and Fundikila. *Agroforestry Systems*. 17: 219-240.
- Matthews R. B., Lungu S., Volk J., Holden S. T. and Solberg K. 1992. The potential of alley cropping in improvement of cultivation systems in the high rainfall areas of Zambia. II. Maize production. *Agroforestry Systems*. 17: 241-262.
- Mittal S. P. and Singh P. 1989. Intercropping field crops between rows of *Leucaena leucocephala* under rainfed conditions in northern India. *Agroforestry Systems* 8: 165-172.
- Monegat C. 1991. Plantas de cobertura del suelo. Características y manejo en pequeñas propiedades. CIDICCO - Honduras.
- Nair P. K. R. 1987. Soil productivity under agroforestry. *Agroforestry: Realities, Possibilities and Potentials*, Gholz H.L. (ed.), pp. 21-30. Martinus Nijhoff, Dordrecht, The Netherlands.
- Nair P. K. R. 1990. The Prospects for Agroforestry in the Tropics. World Bank Technical Paper No. 131, World Bank, Washington, D.C., USA.
- Nair P.K. R. 1993. An Introduction to Agroforestry. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Newman S. M.; Bennet K. and Wu Y. 1998. Performance of maize, bean and ginger as intercrops in Paulownia plantations in China. *Agroforestry Systems* 39: 23-30.
- Nuberg I. K. and Evans D. G. 1993. Alley cropping and analog forest for soil conservation in the dry uplands of Sri Lanka. *Agroforestry Systems* 24: 247-269.
- Nyakanda C., Mashingaidze B. and Zhakata E. 1998. Early growth of pigeonpea under open-pit planting and restricted weeding in semiarid Zimbabwe. *Agroforestry Systems* 41: 267-276.
- Nygren P. and Jimenez J.M. 1993. Radiation regime and nitrogen supply in modelled alley cropping systems of *Erythrina poeppigiana* with sequential maize-bean cultivation. *Agroforestry Systems* 21: 271-286.

- Odigi G. A., Abu J. E., and Adeola A. O. 1989. Effect of alley width and pruning height on crop yield in Gambari, southwestern Nigeria. Paper presented at the International Conference on Agroforestry, July 1989; University of Edinburgh, UK.
- Oldeman L. R., V. W. P. Van Engelen and J. H. M. Pulles. 1990. The extent of human induced soil degradation. World map of the status of human - induced soil degradation: an explanatory note.
- Ong C. K. and Daniel J. N. 1990. Traditional crop sparks new interest as a multipurpose tree. *Agroforestry Today*. ICRAF. Nairobi, Kenya. 2(2):4-7.
- Ong C. K. 1994. Alley cropping - ecological pie in the sky. *Agroforestry Today*. ICRAF. Nairobi, Kenya. 6 (3):8-10.
- O'Sullivan T. E. 1985. Farming systems and soil management: The Philippines/Australian development assistance program experience. *In: Soil Erosion Management, ACIAR Proceedings Series 6*. Craswell E.T., Remenyi J. V., and Nallana L. G. (eds.), pp. 77-81. ACIAR, Canberra, Australia.
- Palada M. C. 1986. On-farm research methods for alley cropping. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics*. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986. B.T. Kang and L. Reynolds (editors). pp: 84-91.
- Palada M. C., Kang B. T. and Claassen S. L. 1992. Effect of alley cropping with *Leucaena leucocephala* and fertilizer application on yield of vegetable crops. *Agroforestry Systems* 19: 139-148.
- Palm C. A. 1995. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry Systems* 30: 105-124.
- Pech C. J. F. 1996. Manejo sustentable para café (*Coffea arabica* L.) y cítricos (*Citrus* spp.) en el Campo Experimental de Ixtacuaco, Veracruz. (Combate a la desertificación). Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, México. (Tesis profesional).
- Pípolo V. C.; Pípolo A. E. 1994. Avaliação de genótipos de Guandu [*Cajanus cajan* (L) Millsp.]. Semina. Revista cultural científica da Universidade Estadual de Londrina. 15(1): 62-67.
- Pípolo V. C.; Pípolo A. E. 1994a. Genética e melhoramento do Guandu [*Cajanus cajan* (L) Millsp.]. Semina. Revista cultural científica da Universidade Estadual de Londrina. 15(1): 104-110.
- Porrúa. 1986. Diccionario Porrúa de historia, biografía y geografía de México. 5ª. Edición México, D.F.

- Quiroga-Madrigal, 1994. Uso de leguminosas en la producción de maíz: una experiencia regional en Chiapas, México. Agroecología y desarrollo sostenible. Ferrera-Cerrato R y Pérez-Moreno J. (eds.). Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. de México, México. pp. 35-57.
- Rao M. R., Sharma M. M., and Ong C. K. 1990. A study of the potential of hedgerow intercropping in semiarid India using a two-way systematic design. *Agroforestry Systems* 11: 243-258.
- Rao M. R. and Coe R. 1992. Agroforestry field experiments: evaluating the results of agroforestry research. *Agroforestry Today*. ICRAF. Nairobi Kenya. 4(1): 4-8.
- Remington T. and Eklou-Takpani K. 1986. Alley farming in central Togo. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics*. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986. B. T. Kang and L. Reynolds (editors). pp: 137-138.
- Remonde R., Villamore L. y Simonides E. J. 1994. Regreso al futuro. Tras el fracaso de los métodos con alta tecnología, los agricultores filipinos han decidido volver al pasado. *Ceres*, revista de la FAO. N° 148: (V.26-4). Roma, Italia.
- Reyes C. P. 1990. El maíz y su cultivo. AGT editor. México, D.F.
- Reynolds L. and Atta-Krah A. N. 1986. Alley farming with livestock. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics*. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986. B.T. Kang and L. Reynolds (editors). pp: 27-36.
- Rhoades C. C.; Nissen T. M. and Kettler J. S.. 1998. Soil nitrogen dynamics in alley cropping and no-till systems on ultisols of the Georgia Piedmont, USA. *Agroforestry Systems* 39: 31-44.
- Riley J. and Smyth S. 1993. A study of alley-cropping data from Northern Brazil. I. Distributional properties. *Agroforestry Systems* 22: 241-258.
- Rippin M., Haggard J. P., Kass D. and Kopke U. 1994. Alley cropping and mulching with *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O. F. Cook and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.: effects on maize/weed competition. *Agroforestry Systems* 25: 119-134.
- Roder W., Maniphone S. and Keoboulapha B. 1998. Pigeon pea for fallow improvement in slash-and-burn systems in the hills of Laos? *Agroforestry Systems* 39: 45-57.
- Rodríguez V., Ortíz E. y Cortés S. 1991. Características fenológicas fundamentales de cuatro especies para sombra en vivero de café. *Revista del Ministerio de Educación Superior de la Rep. de Cuba: Cultivos Tropicales* 12(1) 29-33.
- Rosecrance R. C., Brewbaker J. L., and Fownes J. H. 1992. Alley cropping of maize with nine leguminous trees. *Agroforestry Systems* 17: 159-168.

- Rosecrance R. C., Rogers S., and Tofinga M. 1992. Effects of alley cropped *Calliandra calothyrsus* and *Gliricidia sepium* hedges on weed growth, soil properties, and taro yields in Western Samoa. *Agroforestry Systems* 19: 57-66.
- Salazar A., Szott L. T. and Palm C. A. 1993. Crop-tree interactions in alley cropping systems on alluvial soils of the Upper Amazon Basin. *Agroforestry Systems* 22: 67-82.
- SAGAR. 1997. Anuario estadístico de producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. México, D. F.
- SARH. 1992. Guía fitosanitaria para el cultivo del maíz. Serie Sanidad Vegetal: Sistema producto maíz. México.
- SARH, DGPA 1993. Sistema - Producto Maíz. Datos básicos. México.
- SARH-INIFAP. 1993. Terrazas de muro vivo para sustentar la productividad en terrenos agrícolas de ladera. Folleto técnico n° 6. Isla, Veracruz, México. 28 pp.
- Sasson A. 1993. La alimentación del hombre del mañana. Ed. Reverté, UNESCO. Madrid, España. p.492-501.
- Seler E. 1963. Códice Borgia. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Sharad C. P. *et al.* 1993. Pigeonpeas: Potential New Crop for the Southeastern United States. In: *New Crops (Proceedings)*. Jules J. and James S. E. 1993.. Ed. John Wiley and Sons Inc. 710 pp.
- Scherr S. J., Roger J. H. and Oduol P. A. 1990. Surveying farmers' agroforestry plots: experiences in evaluating alley cropping and tree border technologies in Western Kenya. *Agroforestry Systems* 11: 141-174.
- Schroth G., Balle P. and Peltier R. 1995. Alley cropping groundnut with *Gliricidia sepium* in Côte d'Ivoire: effects on yields, microclimate and crop diseases. *Agroforestry Systems* 29: 147-163.
- Schroth G. and Zech W. 1995. Above- and below-ground biomass dynamics in a sole cropping and an alley cropping system with *Gliricidia sepium* in the semi-deciduous rainforest zone of West Africa. *Agroforestry Systems* 31: 181-198.
- Schroth G., Oliver R., Balle P., Gnahoua G. M., Kanchanakanti N., Leduc B., Mallet B., Peltier R. and Zech W. 1995. Alley cropping with *Gliricidia sepium* on a high base status soil following forest clearing: effects on soil conditions, plant nutrition and crop yields. *Agroforestry Systems* 32: 261-276.
- Siaw D. E. K. A., Kang B. T., and Okali D. U. U. 1991. Alley cropping with *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit and *Acioa barteri* (Hook.f.) Engl. *Agroforestry Systems* 14: 219-232.

- Singh R. P., Van den Beldt R. J., Hocking D., and Korwar G. R. 1986. Alley farming in the semi-arid regions of India. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics*. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986. B.T. Kang and L. Reynolds (editors). pp: 108-122.
- Singh R. P., Ong C. K. and Saharan N. 1989. Above and below ground interactions in alley cropping in semi-arid India. *Agroforestry Systems* 9: 259-274.
- Solís F. 1998. La cultura del maíz. Editorial Clío. México, D F. 96 pp.
- 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, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA.
- Szott L. T., Fernandes E. C. M., and Sánchez P. A. 1991. Soil-plant interactions in agroforestry systems. *Agroforestry: Principles and Practices*. Jarvis P.G., (ed.), pp 127-152. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Tacio H. D. 1991. The SALT (Sloping Agricultural Land Technology) system. *Agroforestry for sloping lands*. *Agroforestry Today*. 3(1): 12-13.
- Torres F. 1983. Potential contribution of *Leucaena* hedgerows intercropped with maize to the production of organic nitrogen and fuelwood in the lowland tropics. *Agroforestry Systems* 1: 323-333.
- Turrent F. A. 1986. Estimación del potencial productivo actual de maíz y frijol en la República Mexicana. Colegio de Postgraduados. INIA. México. 165 pp.
- Ustimenko, G. V. 1982. El Cultivo de plantas tropicales y subtropicales. Ed. MIR Moscú.
- Vasconcelos J. L., y Kass D. C. L. 1996. Efectos de los cultivos en callejones y otras enmiendas orgánicas sobre las fracciones de fósforo del suelo. *Agroforestería en las Américas*. Vol. 3. N° 11-12. pp. 8-11.
- WCED. 1987. Our common future. The World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. New York, USA. 400 pp.
- Wendt J. W., Jones R. B., Bunderson W. T. and Itimu O. A. 1996. *Leucaena* + maize alley cropping in Malawi. Part 2: Residual P and leaf management effects on maize nutrition and soil properties. *Agroforestry Systems* 33: 295-305.
- Wilson G. F. and Swennen R. 1986. Alley cropping: potential for plantain and banana production. *In: Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics*. Proceedings of an International Workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1986. B.T. Kang and L. Reynolds (editors). pp: 37-41.
- Yamoah C. F. and Burleigh, J. R. 1990. Alley cropping *Sesbania sesban* (L) Merrill with food crops in the highland region of Rwanda. *Agroforestry Systems* 10: 169-182.

- Yamoah C. F., Agboola A. A., and Mulongoy K. 1986a. Decomposition, nitrogen release and weed control by prunings of selected alley cropping shrubs. *Agroforestry Systems* 4: 239-246.
- Yamoah C. F., Agboola A. A., and Wilson G. F. 1986b. Nutrient competition and maize performance in alley cropping systems. *Agroforestry Systems* 4: 247-254.
- Young A. 1989. *Agroforestry for Soil Conservation*. CAB International, Wallingford/Oxford, UK.

Breve reseña de los miembros del jurado

RUBÉN PUENTES. Ph. D. En Ciencias de Suelos, Texas A & M University, USA.

Representante Regional de la Oficina de la Fundación Rockefeller en México. Su responsabilidad incluye: Diseño y monitoreo del Programa de investigación, así como el Desarrollo Curricular en Gestión de Recursos Naturales en México y Tailandia.

Como representante de la Fundación, funge como enlace entre los donatarios mexicanos y las distintas divisiones en la sede de la Fundación en New York. Actualmente es miembro del Comité de Bellagio de la misma Fundación.

GANESAN SRINIVASAN. Ph. D. University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii, USA.

Actualmente es el coordinador del Programa de Maíz Subtropical así como Jefe de Evaluación Internacional de Maíz en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Sus logros incluyen: mejoramiento de maíz, genética vegetal, genética molecular, mejoramiento poblacional, evaluación de híbridos, mejoramiento para ambientes adversos, introgresión de germoplasma de maíz exótico, diseño experimental y análisis de datos, genética cuantitativa, red internacional de investigadores, investigación interdisciplinaria, formación de grupos de trabajo y manejo de proyectos.

Tiene alrededor de 100 publicaciones en revistas internacionales

LAKSMY KRISHNAMURTHY. Ph. D. en Ecología de la Universidad de Saurashtra, India.

Fundador y Director del Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), México. Ha jugado un papel clave en el diseño curricular, e implementación de un nuevo Programa de Posgrado en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, dentro del marco del Sistema de Posgrado de la Red de Formación Ambiental del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en la UACH.

Coordinador del Programa Universitario de Investigación en Agroforestería y Desarrollo Sostenible, desde su creación por la Subdirección General de Investigación y Servicio de la UACH.

Coordinador general del Curso Internacional de Entrenamiento sobre Agroforestería para el Ecodesarrollo bajo el auspicio del PNUMA y de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) y la UACH.

Distinguido como Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SIN) y por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) desde 1985.

IMPRESA POR:

MULTIGRAF

Multiservicios Gráficos
y Editoriales S.A. de C.V.

HNOS. SERDAN No.5
FRACC. SAN MATEO II
TEXCOCO, EDO. DE MEXICO
TEL. 01(595) 519-52

