

# VI

## ***LA SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS MAÍZ–MUCUNA EN EL SURESTE DE MÉXICO***

### **Primer ciclo de evaluación**

*Francisco Guevara, Tzinnia Carranza,  
Rubén Puentes y Carlos González*

#### 1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Existe una fuerte tradición en México de asociar el maíz, grano básico de la dieta, con leguminosas comestibles, fundamentalmente varias especies de frijol (*Phaseolus spp.* y *Vigna spp.*). A partir de los años sesenta, cambios importantes en las condiciones socioeconómicas de la agricultura y el acceso a nuevas tecnologías (maquinaria agrícola y agroquímicos, principalmente herbicidas) han propiciado el abandono gradual de estas asociaciones y la consolidación del monocultivo. Al mismo tiempo, se agudiza la crisis de los sistemas tradicionales de roza–tumba–quema (RTQ), al disminuir la frecuencia y duración de los periodos de descanso de las tierras de cultivo.

Frente a esta situación, un número cada vez mayor de organizaciones no gubernamentales (ONGs), centros de investigación e instituciones gubernamentales han empezado a estudiar y promover el uso de sistemas de abonos verdes y cultivos de cobertura (AVCC) entre campesinos en el Sureste de México. *Mucuna* (*Mucuna Deeringiana*) y canavalia (*Canavalia ensiformis*) son las dos leguminosas más frecuentemente recomendadas para los *asocios* con maíz. Estos sistemas se presentan como una alternativa a las limitantes agronómicas, ambientales y socioeconómicas del RTQ, y se pretende que influyan favorablemente en problemas tan diversos como los bajos rendimientos de maíz, la erosión del suelo, la restauración de la fertilidad, el control de arvenses, el uso excesivo de insumos externos y hasta la disminución de incendios forestales.

Este capítulo describe una evaluación de la sustentabilidad de la producción de maíz asociado con mucuna en el Sureste de México. El estudio compara diversas modalidades de *asocios* maíz–mucuna contra los sistemas tradicionales de RTQ, intentando incorporar criterios de sustentabilidad. La necesidad de esta evaluación surge de las interrogantes que se generan ante la creciente promoción de los AVCC en la región. Esta promoción se fundamenta en una serie de ventajas atribuidas a esos sistemas tanto en productividad como en sustentabilidad a largo plazo. Sin embargo, ha sido a veces indiscriminada e incluye sólo unas pocas variantes y prácticamente una sola especie de leguminosa (mucuna), a pesar de que el contexto agroecológico y socioeconómico de la región es sumamente diverso. En consecuencia, han ocurrido fracasos técnicos al promoverse la mucuna en ambientes agroecológicos que no son los más propicios para su desarrollo, o al distribuirse semillas de la leguminosa sin respaldo técnico.

El objetivo principal de este trabajo es la comparación del sistema maíz–mucuna contra el RTQ tradicional incorporando indicadores de sustentabilidad. Como objetivo secundario se analiza el potencial del Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad, MESMIS (Maserá *et al.*, 1999) como metodología para la evaluación de sustentabilidad. La información que se presenta en este capítulo se basa fundamentalmente en los productos preliminares de un proyecto interinstitucional (el Proyecto Pachuca),

complementados con resultados de otras investigaciones más puntuales realizadas por varios grupos en la región de estudio.<sup>1</sup>

## 2. LA REGIÓN, LOS SISTEMAS TRADICIONALES Y LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

### 2.1. Aspectos biofísicos de la región

El Sureste de México comprende los estados de Oaxaca, Veracruz, Chiapas, Tabasco, Campeche, Quintana Roo y Yucatán. Esta es una región de marcada diversidad ambiental, y aunque el presente estudio se restringe a las tierras bajas tropicales (ubicadas a menos de 600 metros de altitud), incluso dentro de ellas existe una amplia diversidad climática, topográfica, biótica y edáfica.

La región es atravesada por ríos caudalosos con vegas y planicies aluviales que, a pesar de su reducida extensión, son de gran importancia agrícola, pues sus suelos son fértiles y conservan humedad residual. Pero la mayor parte de la agricultura de la región (con la excepción de la península de Yucatán) se da en laderas, a veces con fuertes pendientes.

La precipitación pluvial va de 1000 a 4000 milímetros por año y se presenta en su mayor parte en verano. Las temperaturas medias oscilan entre 22 y 28°C y el riesgo de heladas es nulo. Sin embargo, existen variaciones microclimáticas locales importantes y, en general, las irregularidades en el régimen pluvial se han ido agudizando en las últimas décadas.

La vegetación natural, que incluye desde selvas perennifolias en las regiones más lluviosas hasta selvas bajas caducifolias en las áreas más secas

---

<sup>1</sup> Los resultados que aquí se presentan se basan en buena parte en el informe que se presentó en el **Taller Internacional sobre Abonos Verdes y Cultivos de Cobertura para Pequeños Campesinos en Zonas Tropicales y Subtropicales** realizado en abril de 1997 en Chapecó, Brasil (Arteaga *et al.*, 1997). El Proyecto Pachuca surge en 1996 del interés de cuatro ONGs (Proyecto Sierra de Santa Marta, Desarrollo Comunitario de los Tuxtles (DECOTUX), Línea Biósfera y Maderas del Pueblo del Sureste) y de investigadores de dos institutos (Grupo Agroecología de la Universidad Autónoma de Chapingo y Grupo Protrópico de la Universidad Autónoma de Yucatán) en evaluar los AVCC como una estrategia para el mejoramiento de los sistemas campesinos del Sureste de México. Todos estos grupos están trabajando activamente con AVCC y pertenecen a la Red Gestión de Recursos Naturales apoyada por la Fundación Rockefeller en México (Guevara, 1996). El nombre del proyecto se debe a que fue en la ciudad de Pachuca donde se llevó a cabo el primer taller para su concepción.

de las planicies de la costa del Golfo, ha sido fuertemente afectadas por actividades humanas, como la agricultura, la ganadería y la tala. La tasa de deforestación es alta y son escasas las áreas que no han sido perturbadas.

Los suelos son también variados, existiendo laderas con Luvisoles, Acrisoles, Faeozems, Cambisoles, Litosoles y Rendzinas. En las planicies aluviales predominan Fluvisoles y Gleysoles. En la zona de estudio de Chiapas y Oaxaca los suelos de ladera presentan un horizonte superficial delgado y rico en materia orgánica, cuando no están muy erosionados. Los subsuelos son ácidos y pobres en nutrientes. La capacidad de retención de humedad residual durante el invierno es variable. En general, existe un alto grado de erosión al eliminarse la vegetación de selva. En zonas de Veracruz los suelos tienen buena humedad en el verano (buen temporal), mientras que en el invierno la humedad residual es variable. En general los suelos de Veracruz están más empobrecidos por un uso agrícola más prolongado. El ambiente de Yucatán es muy particular: seco, con topografía plana, suelos muy delgados (Rendzinas) de alta pedregosidad y vegetación natural menos exuberante.

## **2.2. Aspectos socioeconómicos de la región**

Un rasgo común del campesinado en el Sureste del país es el alto nivel de pobreza y marginación, así como las desigualdades en el acceso y control de los recursos productivos. La riqueza en recursos naturales (esta región es la principal fuente de electricidad y petróleo para el país, y la región es rica en biodiversidad) contrasta con la pobreza generalizada de su población, particularmente la indígena. Esto incide en los altos niveles de emigración. Al mismo tiempo, inversionistas acaparadores se han beneficiado de la situación crítica del campesino y han acelerado el proceso de ganaderización de tierras agrícolas y forestales.

La población es también diversa en cuanto a su origen étnico, acceso a la tierra y disponibilidad de recursos económicos. Los grupos mayas de Yucatán conocen muy bien su agricultura tradicional, pero en la actualidad la presión sobre la tierra en sus comunidades es alta y por lo general disponen sólo de entre 2 y 5 hectáreas por familia. La tenencia de la tierra es comunal o ejidal y las familias poseen muy escasos recursos económicos. En Veracruz, mestizos de descendencia náhuatl o popoluca llegan a tener hasta

20 hectáreas. Al tradicional cultivo de maíz agregan potreros para ganado bovino y, en ciertos casos, frutales. En regiones de Veracruz, Oaxaca y Chiapas existen inmigrantes mestizos e indígenas (mixtecos, zapotecos, chinantecos y tzotziles) en ejidos cercanos a zonas selváticas húmedas, que llegan a tener hasta 50 hectáreas por familia. En cuanto a la infraestructura, pocos son los que cuentan con servicios tales como caminos, luz, salud y agua potable.

Las políticas agrícolas gubernamentales no han contribuido a un desarrollo sustentable de la agricultura en la región. Con respecto a la agricultura campesina, estas políticas se han caracterizado tanto por la escasa o nula asistencia técnica como por un mínimo acceso a créditos y por los programas paternalistas. Las instituciones de investigación tampoco han atendido en forma adecuada este sector. Este marco poco favorable ha persistido por décadas y se ha agudizado en los últimos años, en parte como consecuencia de cambios drásticos en las políticas, tales como las recientes reformas a la legislación agraria, que permiten la venta de tierras ejidales. Con la inserción de México en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC o NAFTA por sus siglas en inglés) desapareció el organismo regulador de los precios de garantía para los granos básicos, abriéndose en forma gradual el mercado de estos productos a los Estados Unidos y Canadá. Paralelamente, el gobierno federal puso en marcha un programa asistencialista (PROCAMPO) con apoyos económicos directos a los campesinos, en función del número de hectáreas sembradas de maíz, lo que ha contribuido a aumentar la presión sobre las selvas por deforestación. Estos apoyos, sin embargo, no promueven la capitalización de la empresa familiar, ya que los campesinos los utilizan, en su mayor parte, para cubrir necesidades urgentes.

Recientemente han aparecido en el Sureste de México numerosas ONGs que trabajan con las comunidades. Estas organizaciones, muchas de corte ambientalista, promueven las estrategias y prácticas de manejo de los recursos que ellas consideran más apropiadas. Algunas de ellas trascienden en sus acciones el ámbito agrícola e incursionan en la organización campesina, en la salud y en la solución de problemas agrarios. Sin embargo, sus intentos de coordinación con instituciones gubernamentales y de investigación no se han traducido en resultados positivos claros (y en ciertos casos se han caracterizado por relaciones conflictivas).

Los programas de los gobiernos estatales y federal en la región siguen impulsando modelos productivos de altos insumos, tipo revolución verde, incluso en condiciones agroecológicas y socioeconómicas en las cuales ese modelo tecnológico ya ha fracasado en el pasado. Existen algunos institutos de investigación agrícola con programas de agricultura campesina, pero son pocos los investigadores que trabajan a nivel de las comunidades. Hay además un interés cada vez mayor en la investigación sobre sistemas innovadores (en aspectos tanto tecnológicos como socioeconómicos) y el creciente interés en el uso de AVCC así lo atestigua, pero la falta de vínculos entre estas instituciones y las ONGs sigue siendo un escollo.<sup>2</sup>

### **2.3. Los sistemas de producción**

#### *El sistema RTQ tradicional*

La agricultura campesina regional se caracteriza por el cultivo de maíz como básico, asociado frecuentemente con frijol, calabaza y chile en las tradicionales milpas. Como por lo general el trabajo es manual, muy pocas familias pueden atender más de 2 ó 3 hectáreas de agricultura, manejando además otras tierras, si están disponibles, ya sea en descanso o bajo otros usos como la ganadería. El sistema tradicional de RTQ, característico del Sureste (o de RQ en las áreas más deforestadas), se combina con ganadería extensiva de bovinos y plantaciones de frutales tropicales. Cuando la presión sobre la tierra no es intensa, el sistema RTQ permite la regeneración de vegetación secundaria durante los periodos de descanso y una cierta recuperación de los nutrientes del sistema. Sin embargo, en ciertas regiones estos descansos son cortos o inexistentes, dando lugar a una agricultura intensiva y degradante.

Durante las últimas décadas los rendimientos de maíz han disminuido notoriamente y el sistema RTQ tradicional se ha vuelto inestable, debido a la disminución en la frecuencia de los descansos, al agotamiento de la fertilidad del suelo y a problemas de plagas y arvenses. En consecuencia, en la actualidad son pocas las familias autosuficientes en maíz. La tendencia a

---

<sup>2</sup> La Fundación Rockefeller, por medio de su programa Gestión de Recursos Naturales, ha venido apoyando a varios de estos grupos de ONGs e investigadores, promoviendo el establecimiento de vínculos entre ellos. El Proyecto Pachuca constituye uno de estos esfuerzos.

la ganaderización es generalizada entre campesinos que han logrado recursos para adquirir animales, pero siguen cultivando maíz para consumo familiar. En áreas donde predomina la ganadería extensiva se ha eliminado totalmente la vegetación natural y continúa la presión sobre áreas arboladas adyacentes, mientras que en los sitios en donde hay árboles de especies maderables, la tala clandestina los ha mermado. Durante las últimas cuatro décadas, los recursos naturales se han visto degradados de manera acelerada y en particular en los últimos años los incendios forestales han adquirido dimensiones catastróficas.

*Los sistemas alternativos de asocio con mucuna  
(AVCC)*

Para comprender mejor los procesos de adopción y adaptación de los sistemas AVCC, es necesario analizar cómo llegan y cómo evolucionan en la región. Estos procesos son muy dinámicos y son numerosos los factores que determinan los cambios e innovaciones.

En el caso de la región del Istmo de Tehuantepec, por ejemplo, los dos sistemas agrícolas tradicionales predominantes, el RTQ de primavera–verano (generalmente en laderas) y el de siembra en humedad residual en otoño–invierno (*chahuiteras*), mantuvieron por generaciones un nivel de producción de maíz, frijol y chile estable y suficiente para el consumo familiar. Estos sistemas, cuyo origen se remonta a la época prehispánica, se encontraban en equilibrio y su sustentabilidad se fundamentaba en el proceso natural de regeneración de la fertilidad del suelo y de regulación de plagas, enfermedades y malezas, que ocurría cíclicamente gracias a periodos de descanso adecuados de las áreas de cultivo. Una presión poblacional baja permitía la rotación larga e incluso la conservación de áreas selváticas adyacentes.

El aumento de la densidad poblacional es un factor que influye de manera determinante en la gradual degradación de estos sistemas. Al incrementarse la presión sobre la tierra los periodos de descanso se acortaron, comenzaron a multiplicarse los problemas de plagas, enfermedades y malezas y disminuyó la fertilidad del suelo. Aparecieron entonces problemas de baja productividad, estabilidad y confiabilidad y surgió la necesidad de buscar alternativas.

En forma esquemática se manejan dos propuestas contrapuestas como salidas a la crisis de los sistemas tradicionales (con algunos esquemas intermedios). Por un lado está la alternativa de una agricultura *moderna*, de insumos externos relativamente altos y con énfasis en un impacto en la productividad. Por otro lado, está la alternativa *agroecológica*, de bajos insumos externos y que contempla explícitamente aspectos de estabilidad y resiliencia. Los sistemas AVCC se incluyen dentro de esta última corriente.

Las asociaciones de maíz–mucuna llegaron a la región por distintas vías. Por un lado, fueron introducidas hace décadas por campesinos inmigrantes, quizás de áreas fronterizas (ya que estos sistemas se practicaban en América Central). Por otro lado, algunas ONGs los comenzaron a difundir activamente, luego de conocer su utilización en agricultura de ladera en Honduras, Guatemala y Nicaragua.

La respuesta de los campesinos a la promoción ha sido variada. En algunos casos, como se mencionaba, fueron ellos mismos los introductores e innovadores, con escasa o nula promoción externa: trajeron la semilla y el conocimiento de otras regiones y fueron adaptando el sistema a las condiciones locales. También ha habido una respuesta positiva a algunas promociones externas, principalmente de ONGs. En algunos casos esta respuesta ha sido individual, por campesinos experimentadores que tuvieron contactos con los promotores de las ONGs. Existen también ejemplos de respuestas colectivas interesantes, en comunidades como Las Flores en Chiapas y Nuevo Paraíso en Oaxaca. Sin embargo, el proceso de difusión ha sido lento e irregular y se ha caracterizado por una adopción significativa pero localizada. Los factores que inciden en estos procesos aún no han sido estudiados en detalle.

La iniciativa y la capacidad de observación y experimentación de los campesinos de la región han influido en los procesos de adopción y adaptación. De manera general, se pueden identificar sistemas en diferentes etapas: algunos en procesos de prueba y experimentación, otros en vías de consolidarse (con variaciones en función de la diversidad agroecológica) y, finalmente, algunos sistemas bien establecidos. Los cambios son dinámicos, con procesos simultáneos de adopción y abandono. Los factores de cambio incluyen el acceso diferencial a los recursos (conocimiento, tierra, semillas, insumos externos, maquinaria, etc.) y las políticas y programas del gobierno.

LA SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS MAÍZ–MUCUNA EN EL SURESTE

Actualmente, conviven en la región sistemas tradicionales RTQ y RQ, sistemas híbridos RTQ/RQ con utilización de agroquímicos, algunos sistemas de monocultivo continuo y mecanizado y sistemas maíz–mucuna (que en algunos casos también incluyen agroquímicos). Se ha afirmado que el número de campesinos que experimentan con AVCC está aumentando, pero existen pocas estadísticas para confirmarlo y es prematuro emitir juicios sobre la posible consolidación de estos sistemas.

Los sistemas maíz–mucuna en la región se pueden clasificar de acuerdo con: (a) la intensidad temporal de uso del suelo (representada por el número de ciclos de cultivo al año); (b) la forma en que se asocian las especies, y (c) la presencia o ausencia de un periodo de descanso en la rotación. A partir de estos criterios se diferencian básicamente tres sistemas principales y varias modalidades dentro de ellos: Maíz de invierno con mucuna en intercalado tardío (M(i)/m); maíz de verano con mucuna en intercalado tardío (M(v)/m), y cultivos en invierno y verano con mucuna intercalada (C(i-v)/m). (Véase el Cuadro 6.1, que incluye los calendarios específicos

**Cuadro 6.1. Distintos sistemas y variaciones AVCC más comunes que coexisten en la zona de estudio**

Sistema principal	Calendario	Periodicidad	Estado actual
	N D E F M A M J J A S O		
M(i)/m		Con descanso	Establecido
		Cada año	Establecido
		Cada año	Prueba y establecido
M(i)/m		Cada año	Prueba y establecido
C(i-v)/m		↓ Rotación	Prueba
		Cada año	Prueba
	M(i)/m: Maíz de invierno con mucuna en intercalado tardío M(v)/m: Maíz de verano con mucuna en intercalado tardío C(i-v)/m: Cultivos en invierno y verano con mucuna intercalada	JJASO: Lluvias mayores NDEF: Lluvias menores	

Fuente: Arteaga *et al.*, 1997.

para las modalidades más comunes y el estado actual de difusión de los sistemas en la región.)

Al analizar la relación entre los procesos de difusión de los sistemas principales y la precipitación anual (en un gradiente de entre 1000 y 4000 milímetros), se observa que la milpa de verano con maíz y mucuna en intercalado tardío (M(v)/m) se presenta en todo el gradiente de humedad, mientras que las modalidades con dos ciclos al año de maíz y el sistema de rotación maíz–mucuna (M(i)/m) sólo se presentan en los ambientes más húmedos, que no tienen limitantes en los periodos de crecimiento de ambas especies, lo que muestra que en los climas más húmedos los campesinos tienen más opciones. Cabe aclarar que la presencia de algunas modalidades en un ambiente determinado también se puede explicar por el hecho de que han sido *promovidas* en forma activa, lo que no necesariamente implica que el sistema esté adaptado a las condiciones agroecológicas (véase el Cuadro 6.2).

**Cuadro 6.2. Clasificación simplificada, distribución y origen de sistemas AVCC en el Sureste de México a lo largo de un gradiente de precipitación anual**

Sistema principal	Distribución y origen						
M(i)/m			✓	✓	✓	✓	✓
M(v)/m	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C(i-v)/m		✓			✓		✓
	1000	1200	1800	2000	2500	3200	4000
	Precipitación [mm/año]						

✓ Campesino a campesino	✓ Experimentación	✓ Promoción por ONGS y otros
-------------------------	-------------------	------------------------------

Fuente: Arteaga *et al.*, 1997.

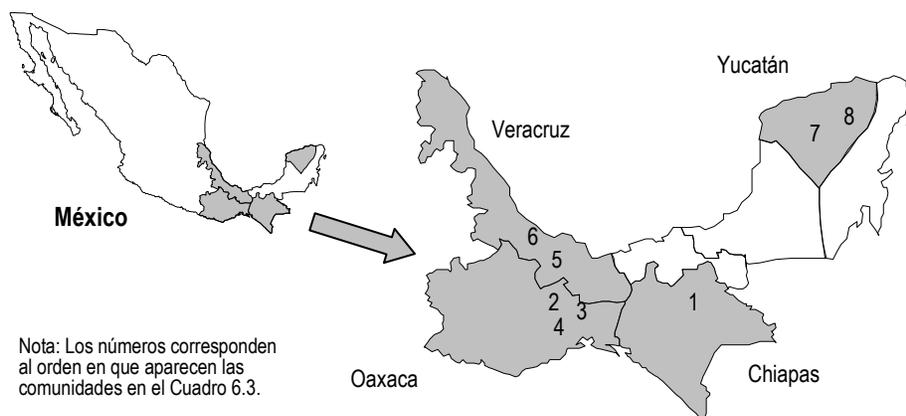
Es importante aclarar que los sistemas maíz–mucuna evaluados en este capítulo representan un subconjunto muy reducido de los sistemas maíz–AVCC en la región. Existe una gran diversidad de sistemas que incluyen otras leguminosas y otros cultivos principales además del maíz, tanto tradicionales como recientes, como las asociaciones mucuna–chile.

Cuando se mencionan los sistemas maíz-mucuna como **sistemas principales**, algunos diferenciados en **modalidades** (por la estación del año en que se establece el ciclo del maíz), no hay que perder de vista que existen también muchas variaciones locales. También difieren las prácticas específicas de manejo usadas por los agricultores. Esta diversidad ilustra la flexibilidad de los sistemas maíz-AVCC y su capacidad para adaptarse a numerosos nichos agroecológicos.

#### 2.4. Las comunidades seleccionadas

Durante el primer ciclo de evaluación del Proyecto Pachuca (que se inició en 1996), las instituciones participantes seleccionaron un conjunto de comunidades localizadas en la región (específicamente dentro de sus áreas de influencia), con el fin de evaluar el sistema RTQ tradicional y de compararlo con los sistemas AVCC descritos anteriormente. Ocho comunidades fueron seleccionadas, una en Chiapas, tres en Oaxaca, dos en Veracruz y dos en Yucatán (véase la Ilustración 6.1, así como el Cuadro 6.3, que resume las características biofísicas y socioeconómicas de las comunidades).

**Ilustración 6.1. Ubicación de las comunidades seleccionadas para el estudio**



**Cuadro 6.3. Principales características de las ocho comunidades estudiadas**

Estado	Comunidad	Altitud	Precipit.	Temp.	Poblac.	Relieve	Suelos	Uso de la tierra	Tenencia de la tierra	Grupos étnicos
Chiapas	Las Flores	600 msnm	2000-2500 mm	22-26°C	160 habitantes	Laderas fuertes, lomeríos y planicies de inundación	Luvisoles férricos, Acrisoles órticos y Luvisoles órticos	Milpa tradicional, ganadería, aprovechamiento forestal	Tenencia ejidal (15 hectáreas por familia)	Tzotzil
Oaxaca	La Esmeralda	70-130	3100	22°C	400	Llanuras onduladas y lomeríos, pequeñas hondonadas	Acrisoles férricos	Ganadería bovina en potreros, áreas de acahuales y pequeñas áreas de selva; siembra de maíz en RTQ	Tenencia ejidal; distribución desigual: desde 15-20 hectáreas por familia (la mayoría) hasta 40-50 ha	Zapotecos, pocos mixes, mestizos de Veracruz
	Nuevo Paraíso	240	3000-4000	22-26°C	130	Laderas fuertes y planicies de vegas de río	Acrisoles y Rendzinas	Maíz, frijol, arroz, chile, mucuna, plátano, cítricos, piña, caña de azúcar y jicama	Tenencia comunal	Mixtecos
	San Francisco La Paz	150	4500	22-24°C	350	Laderas fuertes, lomeríos y planicies de inundación	Rendzinas, Acrisoles, Fluvisoles	Maíz, frijol, yuca y chile	Tenencia comunal (50 hectáreas por familia)	Chinantecos y mestizos
Veracruz	Chuniapan de Arriba	160-460	1600	28°C	1500	Lomeríos y planicies	Faeozems lúvicos y Vertisoles crómicos	Maíz como principal cultivo; se cultivaba el frijol antes del ataque de plagas	Tenencia ejidal (hasta 5.5 hectáreas por familia). Los avocindados tienen de 0.5 a 1 ha	Mestizos (descendientes de la cultura náhuatl)
	Santa Rosa Cintepec	500	1900	28°C	500	Lomeríos	Luvisoles férricos, Acrisoles órticos, Luvisoles órticos	Maíz y frijol; además, café, cacahuete y ninfa; poca cría de animales	Ejidatarios originales (26 hectáreas cada uno) y sus hijos (en la <i>ampliación</i> , con 7 hectáreas cada uno)	Mestizos (descendientes de la cultura popoluca)
Yucatán	Sahcabá	5-10	900-1100	27°C	1,440	Lomas y planicies extensas	Litosoles y Rendzinas	40% con henequén; 37% con vegetación secundaria; 22% con milpas (situación muy dinámica)	Tenencia ejidal (159 ejidatarios); algunas propiedades privadas	Origen maya
	Xohuayán	<100	1200	25°C	1,260	Lomas y planicies extensas	Litosoles, Rendzinas, Luvisoles y Cambisoles	Agricultura de milpa (mayoría); fruticultura, horticultura y ganadería extensiva	Tenencia ejidal y comunal	Origen maya peninsular

### 3. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN

#### 3.1. El MESMIS como marco de referencia

La metodología para la evaluación de los sistemas maíz–mucuna se basó en el MESMIS (Masera *et al.*, 1999). Cuando se comenzó a discutir el diseño del Proyecto Pachuca, el MESMIS todavía estaba en sus etapas iniciales de desarrollo.<sup>3</sup> Si bien los elementos esenciales del planteamiento del MESMIS (atributos de la sustentabilidad, puntos críticos, criterios de diagnóstico e indicadores estratégicos) parecían coincidir con las necesidades del proyecto, existieron algunas complicaciones metodológicas.

En primer lugar, el MESMIS propone la evaluación con base en comparaciones de sistemas específicos contrastantes (por lo general un sistema tradicional y uno o más alternativos), que deben ser definidos con mucho detalle. El proyecto, en cambio, tenía como objetivo la evaluación de una estrategia productiva incluida en una serie de sistemas (diversas modalidades de asociaciones en tiempo y espacio de maíz–mucuna, desde rotaciones hasta cultivos intercalados).

En segundo lugar, a los integrantes del Grupo Pachuca (muchos de los cuales trabajan promoviendo el uso de los AVCC) les interesaba el proceso de adopción. Aunque reconocían que los atributos del MESMIS tales como productividad y adaptabilidad están íntimamente ligados a las decisiones de adoptar o no, la *adoptabilidad* en sí no estaba incluida explícitamente en el marco metodológico propuesto, por lo que se decidió incluirlo en el análisis como un atributo adicional.

Por otra parte, desde un inicio se vio que sería difícil evaluar los atributos de equidad y autogestión, debido a las restricciones en recursos y tiempo para realizar la evaluación.

Finalmente, el proyecto consideró fundamental incluir un enfoque participativo para valorar los criterios y puntos de vista campesinos. Los documentos iniciales sobre el MESMIS ya mencionaban la importancia de la participación de los usuarios de los sistemas, pero no proponían modalidades específicas para esa participación. En el Proyecto Pachuca se decidió seguir

---

<sup>3</sup> Se utilizó como referencia la información preliminar incluida en el documento de trabajo de GIRA (Astier y Masera, 1997). La versión definitiva del marco MESMIS se publicó en forma de libro en 1999.

procesos paralelos de evaluación técnica y campesina, lo que se convirtió en un aspecto fundamental y original de la evaluación —aunque la evaluación por los campesinos planteó retos difíciles de resolver en cuanto a la definición de criterios e indicadores de sustentabilidad, pues la literatura disponible en el tema era sumamente técnica.

### **3.2. Evaluación paralela por técnicos y campesinos**

Para llevar a cabo la evaluación desde las dos perspectivas distintas pero complementarias de los técnicos y de los campesinos, se constituyeron dos grupos, el Consejo Consultivo Campesino (CCC) y el Equipo Técnico (ET), que trabajarían en forma paralela e independiente, para culminar el proceso integrando sus conclusiones.

En el CCC participaron 16 campesinos (dos de cada una de las ocho comunidades, elegidos por los técnicos), de los cuales 13 siguieron prácticamente todo el proceso. De estos 13 miembros *permanentes*, 7 eran promotores campesinos con contactos previos con técnicos y responsabilidad directa en la promoción de sistemas AVCC en sus comunidades, mientras que los 6 restantes tenían mucho menor contacto previo con técnicos. En el ET participaron agrónomos, economistas, sociólogos, expertos en suelos, expertos en desarrollo rural y promotores de los diversos grupos articulados en el proyecto.

Originalmente se pretendió que ambos equipos trabajaran en forma independiente, con criterios, indicadores y métodos de medición y evaluación propios. Al CCC se le explicaría el objetivo del trabajo y sus integrantes diseñarían su propia estrategia de evaluación y visitarían las diferentes comunidades, como grupo, para observar, comparar y analizar las ventajas y desventajas de los distintos sistemas de producción de maíz (los tradicionales y con AVCC). De este trabajo emergería el punto de vista campesino. Dos integrantes del ET fungieron como facilitadores y relatores del CCC con el fin de sistematizar los avances que se iban logrando en cada una de las visitas. Ambos técnicos fueron especialmente instruidos para que no influenciaran las opiniones y el trabajo del equipo campesino.

La mecánica planeada se enfrentó con problemas al inicio del proceso debido a la naturaleza del equipo campesino, con individuos pertenecientes a

diversas etnias, con distintas religiones y poco acostumbrados a este tipo de actividades. Sin embargo, las diferencias iniciales se fueron superando y pronto se logró establecer en el proceso un excelente espíritu de equipo.

También se presentaron dificultades en el funcionamiento del ET. Resultó evidente desde un principio que la perspectiva de los miembros de las ONGs difería bastante de la de los investigadores de las instituciones académicas, lo que dificultó el trabajo intersectorial. Tampoco fue fácil, sobre todo al inicio, el diálogo interdisciplinario. Para llegar a consensos en la definición de las metodologías y en la selección de puntos críticos y criterios de diagnóstico fueron necesarias intensas discusiones en una serie de talleres de trabajo, a lo largo de varios meses. Algunas diferencias volvieron a surgir al final del proceso, cuando se trabajó en la integración de los resultados.

Siguiendo los lineamientos del MESMIS, el ET realizó una serie de talleres en donde se analizaron los atributos de la sustentabilidad. De ese análisis surgieron los puntos críticos para la sustentabilidad en los sistemas comparados, tanto en términos biofísicos como socioeconómicos y ambientales. (El trabajo del ET, sin embargo, no fue todo lo sistemático que se proponía y así lo reconoció el grupo en su autoevaluación).

Con el tiempo, el ET tomó decisiones sobre los métodos y herramientas específicas de medición que utilizaría. Al final del proceso de evaluación, que se prolongó durante toda la estación de crecimiento, tanto el CCC como el ET se reunieron para resumir sus conclusiones. Finalmente, el ET analizó tanto las conclusiones propias como las de los campesinos e integró un informe final. Siguiendo al MESMIS, se pretendió que este ejercicio se transformara en un proceso cíclico de análisis y aprendizaje para los grupos involucrados.

En este capítulo se resumen los resultados del Proyecto Pachuca (ET y CCC). Además, como algunas conclusiones del proyecto no fueron definitivas, los autores recopilaron y analizaron información bibliográfica adicional referente a los sistemas AVCC en la región de estudio.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> En parte, esta información es el resultado de investigaciones conducidas en el marco del Programa Gestión de Recursos Naturales patrocinado por la Fundación Rockefeller en México.

### 3.3. Los niveles de la evaluación

Para la evaluación de los sistemas maíz–mucuna, el ET decidió trabajar a varios niveles, identificando indicadores para: (a) la parcela, en los aspectos agronómicos; (b) la unidad familiar, con la finca como elemento central, en el análisis económico; (c) la comunidad, en los aspectos socioeconómicos y de análisis de adopción; y, a un nivel más general, (d) el paisaje, cuenca o región, en los aspectos de impacto ambiental. En este sentido, el ET siguió los lineamientos del MESMIS. Con la integración de estos niveles de análisis se pretendió explicar: (a) la sustentabilidad de la tecnología en sus aspectos biofísicos (a nivel de la parcela); (b) la contribución de esta tecnología a la sustentabilidad de la unidad familiar (aspectos socioeconómicos); (c) la factibilidad de adopción y permanencia con base en decisiones individuales o comunitarias, y (d) los impactos (positivos y negativos) en la base de recursos naturales y el ambiente. El enfoque fue muy ambicioso pero, por falta de recursos económicos y humanos (especialistas en algunos tópicos), así como de tiempo y de metodologías adecuadas, el proyecto no pudo avanzar a la misma profundidad en todos los niveles.

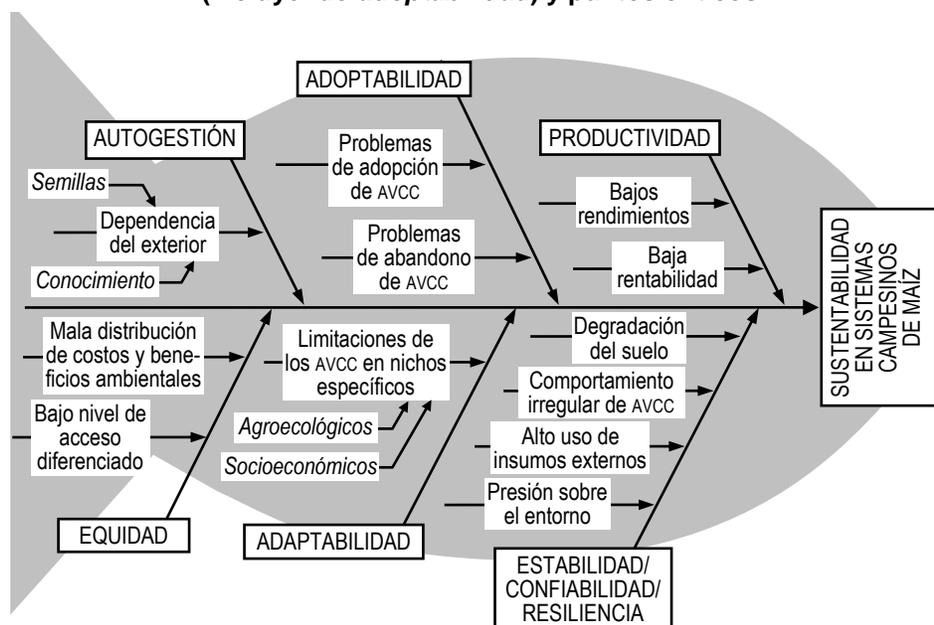
### 3.4. Puntos críticos e indicadores estratégicos

A continuación se resumen las hipótesis de trabajo para la identificación de puntos críticos e indicadores por atributo de sustentabilidad. (Véase en la Ilustración 6.2 un diagrama de *esqueleto de pescado* que integra los puntos críticos a los que llegaron tanto el ET como los campesinos, así como algunos que se identificaron durante la preparación de este capítulo. Por otro lado, el Cuadro 6.4, p. 231, resume los puntos críticos, los criterios de diagnóstico y los indicadores para cada uno de los atributos de la sustentabilidad de los sistemas en estudio).

#### *Productividad*

La productividad es un atributo fundamental en la sustentabilidad y se refiere a la capacidad del sistema para brindar un cierto nivel de bienes y servicios. Los bajos rendimientos de maíz y su baja rentabilidad son los puntos críticos a la productividad. Los participantes del ET y CCC llegaron a esta conclusión sin mayores discrepancias.

**Ilustración 6.2. Atributos de la sustentabilidad según el MESMIS (incluyendo adoptabilidad) y puntos críticos**



### Rendimientos de maíz

Técnicos y campesinos coincidieron en que la **productividad del maíz** es un factor fundamental a evaluar. La hipótesis de los técnicos es que los bajos rendimientos en los sistemas tradicionales (sin fertilización química) están determinados por el agotamiento de los nutrientes del suelo, la incidencia de plagas y la competencia con malezas. Asimismo, se piensa que la inclusión de leguminosas en el sistema permitiría aumentar los rendimientos del maíz, debido a una mejora en la fertilidad del suelo gracias a la fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico. Las leguminosas también podrían influir positivamente en el ciclo del fósforo, al aumentar su disponibilidad por el efecto de micorrizas. Las propiedades físicas del suelo, por su lado, mejorarían por el aporte de materia orgánica, lo que repercutiría en una mayor retención y disponibilidad de humedad. Además, disminuiría la

competencia por luz, agua y nutrientes por las malezas, aunque podría surgir competencia por esos mismos factores por parte de la leguminosa asociada. Finalmente, los socios podrían tener algún efecto en la incidencia de plagas y enfermedades del maíz.

El ET decidió medir los rendimientos de maíz directamente en las parcelas de los campesinos. También decidió analizar ciertas determinantes de esos rendimientos, para lo cual se observarían factores tales como la **fertilidad de suelos** y la **incidencia de malezas, plagas y enfermedades**. Por su parte, el CCC consideró, además de estos indicadores directos, **la apariencia del maíz** en la parcela, en función del color de la planta y el tamaño y número de mazorcas.

### Rentabilidad

En el aspecto económico, las ventajas del sistema maíz–mucuna podrían ser el resultado de un aumento en los rendimientos de maíz y de una reducción en los costos de producción, por ahorros en insumos externos o de mano de obra. Sin embargo, el efecto en las labores podría generar hipótesis contradictorias. Esto sucede en particular en el caso de la demanda de obra, que puede disminuir como consecuencia de una menor incidencia de malezas, o aumentar como resultado de las necesidades de siembra y manejo de una especie adicional.

El ET decidió realizar un análisis simple de la rentabilidad, con presupuestos parciales, calculando **ingresos netos, relaciones beneficio/costo** y **retorno a la mano de obra**. Por su parte, el CCC consideró que un elemento fundamental en la baja rentabilidad es el relacionado con el costo de los insumos externos. En este caso, los campesinos tomaron como referencia sistemas con cierto grado de utilización de agroquímicos, sobre todo herbicidas, y consideraron en consecuencia el **número de limpiezas** como el indicador más adecuado según su criterio.

### *Estabilidad, resiliencia y confiabilidad*

Estabilidad es la propiedad del sistema de mantener esos beneficios (en bienes y servicios, incluyendo los servicios ambientales) a lo largo del tiempo. La resiliencia es su capacidad de recuperarse y llegar a un nuevo estado de equilibrio luego de sufrir perturbaciones graves. Finalmente, el

MESMIS define a la confiabilidad como la capacidad de mantener el nivel de beneficios sin grandes fluctuaciones, a niveles cercanos al equilibrio, ante perturbaciones periódicas normales. Como lo sugiere el MESMIS (Maserá *et al.* 1999), en el análisis se agruparon estos tres atributos para la identificación de puntos críticos (a saber, evolución de la calidad de los suelos, nivel de insumos externos, comportamiento de la mucuna en los asocios en diversos ambientes, y presión sobre los recursos forestales y sobre la biodiversidad en la región).

#### Evolución de la calidad de los suelos

Existe abundante evidencia que apoya la hipótesis de que los sistemas tradicionales de RTQ están afectando algunos atributos básicos del suelo, desencadenando procesos de degradación química, física y biológica, con impactos múltiples en la estabilidad, la resiliencia, la confiabilidad y la productividad.<sup>5</sup> El uso de AVCC podría generar ventajas, manteniendo (o mejorando) la fertilidad y disminuyendo los problemas de erosión y degradación de las propiedades físicas y biológicas del suelo.

Por lo que se refiere al criterio de calidad del suelo, el ET seleccionó una serie de **indicadores vinculados con sus características físico-químicas**,<sup>6</sup> así como ciertas estimaciones de los **niveles de fijación simbiótica de nitrógeno**. El CCC también decidió observar el **efecto de la mucuna en algunas propiedades del suelo**, tales como el color, la estructura y la humedad.

#### Comportamiento irregular de la mucuna en asociación

Un elemento clave para la eficiencia del sistema maíz–mucuna es la **producción de biomasa** (en ella radica el efecto cobertura, el reciclaje de nutrientes, etc.). Si no produce abundante biomasa y si ésta no se maneja adecuadamente, la mucuna funcionaría como una maleza más en el sistema. El ET evaluó la biomasa de la mucuna en términos de peso de materia verde

---

<sup>5</sup> En este caso, como en muchos otros, los puntos críticos afectan simultáneamente a varios atributos de la sustentabilidad.

<sup>6</sup> Es decir, pH, materia orgánica, fósforo, potasio, calcio, magnesio, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y porcentaje de saturación en bases.

producida por hectárea, mientras que el CCC lo hizo de manera cualitativa. También se observó en qué medida la producción de biomasa se ve afectada por plagas y enfermedades.

La mucuna es una especie que se comporta bien en asociados, aunque es necesario controlar su agresividad. Su crecimiento agresivo y las sustancias tóxicas en su follaje la hacen muy resiliente y resistente a plagas y enfermedades, pero se han reportado ataques que han incidido seriamente en su desarrollo. En consecuencia, si la promoción de sistemas AVCC se basa exclusivamente en una sola especie, como la mucuna, existe el riesgo de que el sistema colapse (que pierda su resiliencia) ante un brote grave de una plaga.<sup>7</sup> Los miembros del ET concluyeron que **la incidencia de plagas y enfermedades en la mucuna** sería un buen indicador para este punto crítico, aunque no es posible evaluarlo directamente en un solo año de observaciones, aun trabajando en múltiples comunidades.

#### Alto uso de insumos externos

En general, el sistema RTQ tradicional es de muy bajos insumos externos pero poco productivo. Una intensificación del cultivo de maíz con base en mayores insumos externos, particularmente agroquímicos (tal como está sucediendo de manera acelerada en algunas regiones), puede aumentar la productividad pero representa un riesgo para la estabilidad de los sistemas, debido a sus altos costos y a sus efectos negativos sobre el medio ambiente y sobre la salud.<sup>8</sup> La hipótesis es que los AVCC ofrecerían una alternativa para aumentar los rendimientos manteniendo un nivel relativamente bajo de insumos externos (accesible para campesinos de pocos recursos). Sin embargo, para que el sistema genere estos beneficios, la mucuna tiene que funcionar en forma eficiente, fijando N atmosférico, mejorando el ciclo de P y compitiendo con las arvenses.

---

<sup>7</sup> Este es el riesgo típico de los monocultivos.

<sup>8</sup> Los efectos sobre el ambiente y sobre la salud dependen del tipo de agroquímico (ya sea herbicida, plaguicida o fertilizante). Los mayores riesgos son causados por los insecticidas y otros plaguicidas, mientras que los fertilizantes, necesarios para acelerar procesos de recuperación de suelos degradados y para mantener ciertos niveles de productividad, son los que acarrear menores riesgos. Como la adopción de herbicidas tiene un efecto notable en ahorro de mano de obra, y como el volumen requerido por hectárea es muy pequeño (mucho menor que en el caso de los fertilizantes, cuyo transporte es un problema), son ampliamente utilizados en la región.

Presión sobre el entorno (recursos forestales y biodiversidad)

La hipótesis de que al aumentar la presión sobre la tierra el sistema RTQ se expande hacia áreas antes no cultivadas parece bien fundamentada.<sup>9</sup> El razonamiento se podría extender para afirmar que, con el uso de los AVCC, al mejorar la fertilidad de los suelos, se reduciría la necesidad de rotar terrenos (sedentarizando la milpa) y, en consecuencia, disminuiría la presión sobre las tierras no cultivadas. Esta hipótesis fue planteada inicialmente por el ET para analizar los posibles efectos de los AVCC en el avance de la frontera agrícola sobre zonas de recursos forestales de alta biodiversidad. Sin embargo, desde un inicio se vieron dificultades para la selección de indicadores. Se decidió trabajar con los campesinos en sus comunidades y conocer la historia de estos procesos (años de introducción de los AVCC y **años continuos de cultivo**), así como su opinión al respecto.

*Adaptabilidad*

La adaptabilidad se refiere a la flexibilidad del sistema para encontrar nuevos niveles de equilibrio ante cambios importantes en el entorno económico o en las condiciones ambientales. También podría entenderse como su capacidad de adaptarse a los diferentes nichos que caracterizan la agricultura del trópico. Asimismo, incluye la posibilidad de nuevas estrategias de producción y se relaciona, por ejemplo, con la diversificación tecnológica.

El concepto de **adaptabilidad de los agroecosistemas a diversos nichos, tanto agroecológicos como socioeconómicos**, adquiere capital importancia ante la diversidad de ambientes y situaciones que caracterizan a la agricultura campesina en el trópico. Los proponentes de los AVCC afirman que estos sistemas son flexibles (diversas leguminosas para los socios, diversos arreglos en tiempo y espacio, posibilidad de múltiples variantes de manejo, etc.). Sin embargo, los sistemas maíz–mucuna presentarían ciertas limitaciones, por los requerimientos específicos de la leguminosa en cuanto a clima (temperatura y humedad) y suelo, que limitan su crecimiento en algunos ambientes. Ambos grupos, el ET y el CCC, decidieron observar con

---

<sup>9</sup> En esto también estaría influyendo el PROCAMPO.

detenimiento el desarrollo de la leguminosa (y por lo tanto el comportamiento del sistema) en diferentes nichos. La variabilidad entre los sitios y entre las condiciones de los campesinos ofreció una muestra amplia para esta evaluación.

### *Adoptabilidad*

No se podría hablar de un sistema sustentable si existen trabas para su adopción y esto es importante para los que trabajan en promoción. Ambos grupos, ET y CCC, intentaron identificar de manera general **las ventajas y desventajas de los socios** y los **factores que determinan su adopción o abandono**.

La adopción de nuevos sistemas de producción tiene un costo. La hipótesis para los AVCC es que ese costo puede ser alto y, por lo tanto, difícil de afrontar por campesinos pobres, si se considera que los beneficios del sistema innovador, y sobre todo sus efectos en la productividad, son graduales. Existe de hecho un periodo de transición en el cual la productividad no sólo no se incrementa sino que hasta puede disminuir. Es importante por lo tanto conocer más sobre la transición de la RTQ tradicional al sistema maíz-mucuna. También es importante ver esa transición en el marco de otras posibles opciones (aunque esto quedó fuera del alcance del trabajo).

El acceso a los recursos requeridos por el nuevo sistema es clave para la adopción. Un factor importante es la disponibilidad de semilla: si la planta no produce semilla o si ésta se pudre, será necesario comprarla para el próximo ciclo, lo cual es difícil dadas las condiciones de pobreza prevalecientes. Otro recurso clave es la mano de obra: importa evaluar el impacto de los socios en los requerimientos de mano de obra y los posibles conflictos en determinados periodos del año entre el sistema innovador y otras actividades del campesino. Esto lo discutió el CCC y surgieron hipótesis contradictorias, tal como se mencionó antes: por un lado, que los AVCC representan un ahorro de mano de obra (menos limpias, por ejemplo) y, por otro, que aumentan los requerimientos (puesto que hay que plantar y manejar un cultivo más en el sistema). Finalmente, el acceso al recurso tierra y la seguridad en su tenencia son también importantes: la hipótesis es que si la parcela no es propia, difícilmente se le va a invertir recursos para mejorar su fertilidad (véase la p. 246).

El CCC incluyó un elemento adicional en el análisis de adopción: el desplazamiento de otros cultivos en la milpa tradicional. Si la mucuna compite agresivamente con plantas comestibles de la milpa, impidiendo su cultivo, muchos podrían rechazarla. Si bien en la milpa tradicional hay uno o dos cultivos principales, en la mayoría de los casos existen otras plantas útiles. Este criterio no estuvo presente en el listado original del ET.

Los sistemas AVCC cumplen simultáneamente funciones ecológicas y productivas. Para el ET, las funciones ecológicas son fundamentales para la sustentabilidad, pero es la percepción de las funciones productivas la que tiene un mayor efecto en las decisiones de los campesinos. Cuando las leguminosas asociadas no producen algo que se pueda consumir, utilizar o vender, su inclusión en las milpas no resulta una alternativa atractiva. En este sentido, es posible que el follaje y las semillas de la leguminosa tengan un valor de uso como forraje y para consumo humano. La hipótesis del ET es que los nuevos usos y mercados para los productos de los sistemas AVCC son factores determinantes para la adoptabilidad.

### *Autogestión*

La autogestión se refiere a la capacidad del sistema de controlar sus interacciones con el exterior, o sea, su grado de dependencia. El ET encontró dificultades para trabajar con este atributo (aunque sí lo consideró importante). La hipótesis es que el sistema maíz–mucuna depende de insumos disponibles localmente y que, en ese sentido, no es más dependiente que el sistema RTQ tradicional. Quizás los principales factores de dependencia serían **la semilla y el conocimiento para manejarla**, pero el campesino podría transformarlos en recursos endógenos, produciendo su propia semilla e incrementando su conocimiento con la práctica.

### *Equidad*

La equidad fue otro atributo que trajo problemas para el ET. Se refiere a la capacidad del sistema para distribuir de manera justa los beneficios y los costos, tanto productivos como ambientales.

En cuanto a los beneficios y costos productivos, el análisis tendría que concentrarse en la **igualdad o diferenciación en el acceso a los recursos** necesarios para adoptar el sistema innovador (ya discutidos en adopción).

Otro elemento importante (también discutido en adopción y autogestión) es el **acceso al conocimiento**. Una hipótesis interesante es que, en contraste con los paquetes tecnológicos de altos insumos externos, que no son tan dependientes del manejo, los sistemas AVCC requerirían menos insumos externos (lo que representa un punto crítico positivo) pero mayor conocimiento sobre los principios agroecológicos de manejo de los recursos internos disponibles.

Finalmente, con respecto a los **beneficios y costos ambientales**, la hipótesis es que la expansión del sistema AVCC tendría un impacto ambiental positivo con respecto a la RTQ tradicional (así como con respecto a los sistemas de alto uso de insumos químicos) que beneficiaría a la sociedad en su conjunto, pero los costos correspondientes sólo serían asumidos por los productores, lo que conllevaría una falta de equidad.

### 3.5. Métodos de medición y monitoreo

En el Proyecto Pachuca el ET trabajó con base en un muestreo de productores y parcelas en las 8 comunidades seleccionadas.<sup>10</sup> En cada comunidad se seleccionaron diez productores, en cuyas parcelas coexisten el manejo de la milpa tradicional con una milpa *mejorada* con mucuna. El análisis comparativo se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano de 1996 y consistió en un seguimiento agronómico (aspectos biofísicos y productivos a nivel de parcela) y un análisis de rentabilidad a nivel familiar con base en encuestas y estudios de adaptación y adopción de la estrategia AVCC a nivel de las comunidades. Estos estudios socioeconómicos incluyeron talleres comunitarios y encuestas a informantes clave.

Por su parte, el CCC definió su plan de trabajo en un par de talleres (facilitados por un miembro del ET). Para implementarlo, el consejo visitó,

---

<sup>10</sup> El trabajo del equipo técnico se vio dificultado por una serie de factores que surgieron como consecuencia de la complejidad del esquema de evaluación adoptado y por complicaciones en la logística. Entre los principales obstáculos resaltan la cosecha por los agricultores antes de la llegada de los técnicos para las mediciones y la cosecha en elote. Asimismo, fue imposible establecer comparaciones legítimas entre parcelas con y sin mucuna en 3 de las 8 comunidades de estudio. Finalmente, en Sahcabá y Xohuayán, las parcelas con mucuna fueron manejadas bajo un paquete tecnológico que incluyó, además de la mucuna, la aplicación de estiércol, una variedad mejorada de maíz, cambios en la densidad de siembra y labranza en surcos, lo que impidió aislar el efecto de la leguminosa.

**Cuadro 6.4. Puntos críticos, criterios de diagnóstico e indicadores de sustentabilidad para el uso de AVCC en los sistemas campesinos del Sureste de México**

Atributo	Punto crítico	Criterios de diagnóstico	Indicador	Nivel de análisis	Grupo evaluador <sup>1</sup>
Productividad	Bajos rendimientos de maíz	Efectos del asocio en los rendimientos de maíz	Rendimiento de maíz	Parcela	CCC/ET/RI
			Apariencia del maíz		CCC
			Incidencia de arvenses, plagas y enfermedades en maíz <sup>2</sup>		CCC/ET/RI
	Baja rentabilidad	Cambios en la rentabilidad económica	Ingreso neto de campo	Familia	ET
		Relación beneficio–costo			
		Retorno a la mano de obra			
		Número de limpieas	Parcela	CCC	
Estabilidad; resiliencia; confiabilidad	Degradación de suelos	Evolución en la calidad de suelos	Efecto de la mucuna en las propiedades fisicoquímicas del suelo (pH, MOS, P, K, Ca, Mg, CIC, % de saturación en bases)	Parcela	ET/RI
			Fijación simbiótica de nitrógeno		CCC
			Efecto de la mucuna en las propiedades de los suelos		ET
	Comportamiento irregular de la mucuna en asociación	Comportamiento de la mucuna y factores que limitan su crecimiento	Rendimiento de la mucuna <sup>3</sup>		CCC/ET/RI
			Incidencia de plagas o enfermedades en la mucuna		
	Alto uso de insumos externos	Dependencia de insumos externos	Uso de insumos químicos externos		
Presión sobre el entorno	Sedentarización de la agricultura	Número de años de cultivo continuo	ET		
Adaptabilidad	Limitaciones de los AVCC en nichos específicos	Restricciones agroecológicas y socioeconómicas	Adaptabilidad a nichos agroecológicos	Parcela / región	CCC/ET
			Adaptabilidad a nichos socioeconómicos (presión sobre la tierra y formas de tenencia)		ET
Adoptabilidad <sup>4</sup>	Problemas en la adopción y problemas de abandono de los AVCC	Determinantes para la adopción / abandono de los AVCC	Ventajas y desventajas percibidas del asocio maíz–mucuna y del periodo de transición Otros factores relevantes en la adopción/ abandono (producción de grano de mucuna y acceso a semilla; usos del grano y otros productos del sistema; percepción de problemas de plagas en el maíz; estrategias de promoción)	Parcela / comunidad / región	ET/CCC/RI

Continúa en la siguiente página...

**Cuadro 6.4. (continuación)**

Auto-gestión	Dependencia del exterior	Grado de acceso a insumos (semilla) y conocimiento	Acceso al conocimiento de la tecnología	Comunidad	ET/CCC
			Acceso a insumos		
Equidad	Mala distribución de costos y beneficios ambientales	Distribución de costos y beneficios ambientales	Costos y beneficios ambientales de los AVCC	Parcela/comunidad/región	ET
	Bajo nivel de acceso diferenciado	Equidad en el acceso a sistemas AVCC	Diferenciación en el acceso a insumos y conocimiento para los sistemas AVCC	Parcela/comunidad	ET

- <sup>1</sup> CCC = consejo consultivo campesino; ET = equipo técnico; RI = revisión de investigaciones previas.
- <sup>2</sup> Nota de los editores: A pesar de ser un factor importante para la productividad del maíz, en la mayoría de los estudios de caso este indicador se incluye dentro de los atributos de estabilidad, resiliencia y confiabilidad de los sistemas de manejo.
- <sup>3</sup> Nota de los editores: Este indicador está comúnmente asociado a la productividad, pero en este caso, por los efectos del asocio en el suelo, se relacionó con la estabilidad, la resiliencia y la confiabilidad.
- <sup>4</sup> Nota de los editores: Estrictamente, la adopción no se considera un atributo de sustentabilidad en el marco MESMIS; sin embargo, como se explica en el texto, por ser el proceso de adopción de tecnología un aspecto central de la evaluación en este estudio de caso, los autores decidieron incorporarlo explícitamente a nivel de atributo.

como grupo, las 8 comunidades y sus miembros fueron recibidos en ellas por grupos campesinos que incluían a adoptantes y a no-adoptantes. Un relator, miembro del ET, acompañó a los campesinos en sus giras y fue registrando las discusiones y sus conclusiones. Finalmente, el CCC celebró una reunión para resumir sus conclusiones generales sobre todo el proceso.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección integra y discute los resultados para cada uno de los atributos de la sustentabilidad de acuerdo con el MESMIS. Como se adelantó al inicio del capítulo, este es un primer avance en un proyecto más general de análisis y evaluación de la sustentabilidad del sistema maíz-mucuna en el Sureste de México.

##### 4.1. Productividad

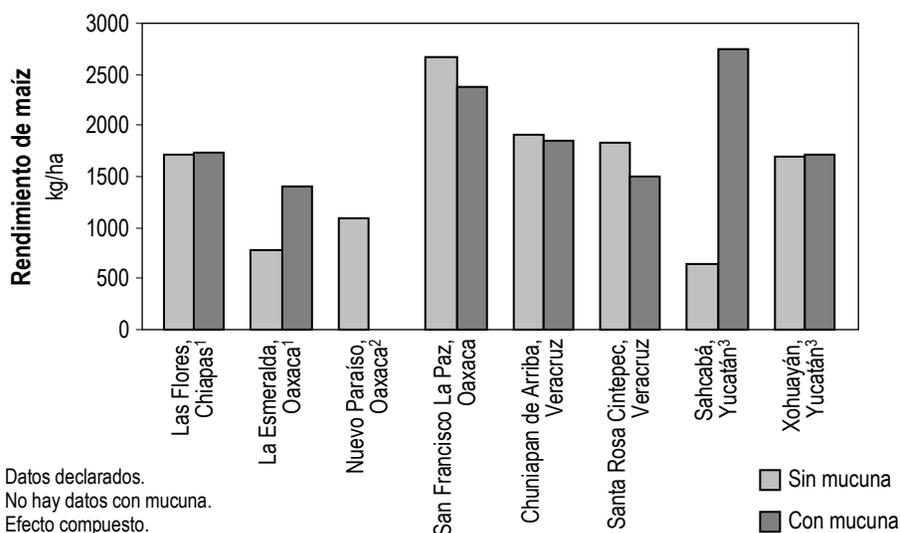
La productividad del sistema es un atributo clave: estos socios maíz-mucuna no pueden considerarse sostenibles si no aseguran una producción o ingresos suficientes para una mejora sustancial de las condiciones de vida de la familia campesina. Por lo que se refiere al principal indicador —el

impacto en la producción de maíz—, los efectos observados fueron variables, dependiendo de las características específicas de los sistemas utilizados, de las condiciones agroecológicas de los sitios de evaluación, de los años que tenía el sistema AVCC de haberse establecido y del manejo utilizado por los campesinos.<sup>11</sup>

*Rendimientos del maíz*

Los aumentos en los rendimientos del maíz fueron variados: muy pequeños en algunos casos y negativos en otros (véase la Ilustración 6.3). Los rendimientos de maíz con mucuna fueron superiores únicamente en dos comunidades (La Esmeralda y Sahcabá). En el caso de Sahcabá, el significativo aumento en el rendimiento (de 400 por ciento) se explica por el efecto combinado de la mucuna, las técnicas de labranza y la incorporación

**Ilustración 6.3. Rendimientos de maíz con y sin mucuna (ciclo de temporal, 1996)**



<sup>11</sup> Es importante destacar que las conclusiones están basadas únicamente en los resultados de un ciclo de cultivo (en un año cuyas condiciones meteorológicas no se desviaron significativamente del promedio para las diferentes regiones).

de estiércol. Este efecto compuesto no tuvo, sin embargo, los mismos resultados en Xohuayán. En La Esmeralda el aumento en los rendimientos también fue significativo, pero la muestra de parcelas fue reducida. En tres comunidades los rendimientos fueron similares con y sin mucuna. Finalmente, en San Francisco y Santa Rosa la inclusión de la leguminosa resultó en una disminución en el rendimiento de maíz. Resulta llamativo el caso de Santa Rosa, donde el rendimiento del maíz con mucuna todavía no puede superar al sistema tradicional luego de cuatro años de establecida la asociación. En contraste, se observó un efecto positivo muy llamativo en La Esmeralda (de cerca del 100 por ciento), con sólo dos años de cultivo asociado.

Los resultados de otros estudios realizados en el Sureste de México indican que, en la mayoría de los casos, los rendimientos de maíz asociado a mucuna aumentaron (desde un 5 hasta un 113 por ciento, de acuerdo con López, 1993; Aguirre, 1995; Aguilar, 1996; Serrano, 1996; Martínez y Morales, 1997; Mendoza, 1997). La literatura también reporta casos donde los rendimientos de maíz fueron similares (Vázquez, 1995) o incluso menores bajo el sistema de AVCC (Velázquez *et al.*, 1996).

#### *Apariencia del maíz*

El CCC, por su parte, concluyó que en tres comunidades (Las Flores, La Esmeralda y Chuniapan) la mucuna fue importante para *mejorar* la milpa. En otras tres (Nuevo Paraíso, Sahcabá y Xohuayán) el efecto no es claro o se confunde con otros factores (uso de estiércol y técnicas de labranza en el caso de Yucatán). Los miembros del CCC pusieron énfasis especial en describir la *apariencia* del maíz en la milpa. Según los campesinos, el uso de mucuna asociada mejoró la apariencia del maíz en La Esmeralda y San Francisco, mientras que en Las Flores y Nuevo Paraíso el efecto no fue evidente.

#### *Incidencia de plagas y enfermedades en maíz*

Entre los factores que están incidiendo en el funcionamiento del sistema, es importante entender la evolución de la fertilidad del suelo y sus efectos en la dinámica de las arvenses (que se discutirán más adelante). Otro factor importante que influye en los rendimientos es el impacto del asocio en la incidencia de plagas y enfermedades del maíz, que se analiza a continuación.

Las observaciones del ET sobre pestes o enfermedades en el maíz no fueron sistemáticas. Sin embargo, investigaciones realizadas en Chiapas y Tabasco por diversos autores muestran que, en la mayoría de los casos y de manera consistente, el asocio con leguminosas disminuye la presencia de plagas y enfermedades en el maíz (véase el Cuadro 6.5).

**Cuadro 6.5. Efecto del asocio de las leguminosas con el cultivo del maíz sobre la presencia de plagas y enfermedades, según varios autores**

Lugar	Cultivo	Plaga o enfermedad	Presencia	Fuente
Villaflores, Chiapas	Maíz–mucuna	<i>Spodoptera</i>	Menor	Alvarado, 1994
Villaflores, Chiapas	Maíz monocultivo	Insectos varios del suelo y <i>Spodoptera spp.</i>	Mayor	Vázquez, 1995
	Maíz–canavalia		Menor	
	Maíz–mucuna		Menor	
Villaflores, Chiapas	Maíz monocultivo	<i>Spodoptera spp.</i> y	Mayor	Jiménez, 1996
	Maíz–leguminosas	<i>Eutheola humilis</i> (suelo)	Menor	
Cárdenas, Tabasco	Maíz monocultivo	<i>Pythium spp.</i> (suelo)	Mayor	García <i>et al.</i> , 1994
	Maíz–mucuna		Menor	

En definitiva, los resultados de rendimientos de maíz no son consistentes y en algunos casos son difíciles de explicar. Los efectos positivos reflejarían un buen funcionamiento del sistema, fundamentalmente debido a efectos en el suelo y al efecto *herbicida*. Los impactos negativos, por su parte, podrían explicarse por los siguientes factores: (a) los beneficios de la mucuna no fueron suficientes para superar las consecuencias de la competencia interespecífica (por luz, agua y nutrientes) e incrementar significativamente el rendimiento del maíz; (b) el sistema AVCC todavía no ha tenido tiempo de *consolidarse* y expresar sus beneficios; (c) existen otras limitantes al rendimiento del maíz sobre las cuales el sistema alternativo no tiene mayor efecto; o (d) una combinación de estos.

*Cambios en rentabilidad económica (ingresos netos, relación B/C, retorno a la mano de obra, número de limpiezas)*

Los impactos del asocio maíz–mucuna en la rentabilidad siguen en general las tendencias de los rendimientos físicos, pero las ventajas comparativas de

SUSTENTABILIDAD Y SISTEMAS CAMPESINOS

los socios se ven aquí más atenuadas aun. Los resultados de los presupuestos parciales del Proyecto Pachuca, aunque se basan en encuestas y por lo tanto deben interpretarse con precaución, muestran que, en la mayor parte de los casos, no hubo efectos positivos en la rentabilidad en los sistemas con mucuna (véase el Cuadro 6.6). Las relaciones B/C son muy variables y en general bajas (mayores que la unidad sólo en tres comunidades para el sistema maíz–mucuna). La alta relación beneficio–costo en Xohuayán refleja los efectos combinados de la mucuna, el estiércol y el laboreo (aunque éstos no repercuten de igual manera en Sahcabá). En varias localidades la relación es desfavorable para el sistema AVCC (San Francisco, Chuniapan y Santa Rosa).

Como se está comparando una asociación maíz–mucuna con un sistema tradicional de muy bajos insumos, los posibles ahorros en términos económicos son muy limitados. Los factores que inciden en forma

**Cuadro 6.6. Comparación de presupuestos parciales entre sistemas con y sin mucuna para ocho comunidades del Sureste de México durante 1996**

Comuni- dad	Mucuna	Beneficio bruto	Costos				Ingresos netos	B/C
			M. de obra	Insumos	Servicios	Total		
[\$/ha]								
Las Flores	Sin	965	659	109	566	1334	-369	0.72
	Con	1000	675	59	92	826	174	1.21
La Esmeralda	Sin	1000	2250	40	200	2490	-1490	0.40
	Con	847	1320	37	170	1527	-680	0.55
San Francisco	Sin	2027	787	24	103	914	1113	2.22
	Con	1163	1316	54	464	1834	-671	0.63
Chuniapan	Sin	1624	996	418	306	1720	-96	0.94
	Con	1069	783	502	165	1450	-381	0.74
Santa Rosa	Sin	1271	607	180	173	960	311	1.32
	Con	1110	660	315	50	1025	85	1.08
Sahcabá	Sin	288	884	118	33	1035	-747	0.28
	Con	1316	1556	741	0	2297	-981	0.57
Xohuayán	Sin	812	558	190	37	785	27	1.03
	Con	2144	923	381	13	1317	827	1.63

Nota: Para el cómputo de estos presupuestos se usaron los rendimientos de maíz declarados por los agricultores y no los datos obtenidos mediante el muestreo de campo (en algunos casos existían diferencias marcadas entre las mediciones del monitoreo agronómico y las declaraciones de los campesinos, como en San Francisco).

determinante son: (a) los bajos rendimientos generales del maíz, y (b) los muy bajos precios del grano. Como lo muestran otros trabajos, la producción campesina de maíz resulta poco atractiva desde una perspectiva de beneficio–costo y los posibles efectos positivos del sistema AVCC alternativo no logran modificar esta ecuación. Sin embargo, de acuerdo a las discusiones del CCC, los campesinos parecen valorar otros beneficios además de los económicos. Para la mayoría, el maíz se destina al consumo familiar y, por lo tanto, el criterio B/C tiene que relativizarse dentro de una perspectiva de autoconsumo. A los campesinos les interesa también el efecto de la mucuna en la dinámica de las arvenses, ya que las limpias constituyen una de las actividades más exigentes en cuanto a mano de obra. Este efecto herbicida se discutirá más adelante.

#### **4.2. Estabilidad, resiliencia y confiabilidad**

Los indicadores para estos atributos se relacionan con los efectos en la evolución de la calidad y propiedades del suelo, la fijación biológica de nitrógeno, la producción de biomasa, la incidencia de plagas y enfermedades en la mucuna y el nivel de insumos externos (véase el Cuadro 6.4, p. 231). A otro nivel, hay que considerar la posible disminución de la presión sobre el entorno (bosques y biodiversidad) como consecuencia de una sedentarización de la milpa.

##### *Efectos de la mucuna en las propiedades físicoquímicas del suelo*

Los efectos de la cobertura o cobertera en las propiedades del suelo dependen de cómo esté funcionando la leguminosa en el sistema (fijación simbiótica de nitrógeno y producción de biomasa), así como del número de años de establecidas, pues los efectos en general son graduales. En este trabajo se comparan parcelas con dos (La Esmeralda), tres (San Francisco) y cuatro años (Santa Rosa) de cobertura.

Los resultados de los análisis de suelos realizados por el ET en tres comunidades muestran un aumento en la materia orgánica del suelo (MOS) únicamente para el caso de Santa Rosa (con cuatro años de maíz–mucuna), mientras que en las otras dos comunidades, con dos y tres años de asocio, las diferencias no son significativas (véase el Cuadro 6.7). Esta información

**Cuadro 6.7. Propiedades y características de suelo de parcelas con y sin utilización de mucuna.**

Comu- nidad	Tipo de suelo	Trata- miento (con/sin mucuna)	Profun- didad [cm]	Propiedades								
				pH	MOS	N- inorg.	P	K	Ca	Mg	CIC	Sat. Bases
					[%]	[ppm]	[meq/100g]			[%]		
La Esmeralda, Oaxaca	Acrisol férrico	con (2° año)	0-10	5.2	6.1	6	6	0.4	4.1	2.1	28.0	23
			10-20	5.3	3.5	6	3	0.3	3.5	2.2	25.2	23
		sin	0-10	5.5	6.4	6	6	0.5	2.8	1.0	19.5	21
			10-20	5.3	4.1	6	6	0.3	1.1	0.4	18.2	10
San Francisco La Paz, Oaxaca	Fluvisol dystrico	con (3° año)	0-10	6.2	2.9	8	16	1.0	11.4	1.2	31.5	43
			10-20	7.0	2.6	8	8	1.0	14.1	1.4	33.8	49
		sin	0-10	5.0	3.0	6	63	0.8	8.1	1.7	27.0	39
			10-20	5.9	3.1	6	47	0.5	6.6	1.2	22.3	37
Santa Rosa Cintepec, Veracruz	Acrisol háptico	con (4° año)	0-10	5.8	7.1	6	2	0.3	7.8	3.8	34.3	35
			10-20	6.0	6.1	7	1	0.3	8.4	3.6	38.4	32
		sin	0-10	6.0	>3.4	7	0	0.3	7.0	3.9	31.0	36
			10-20	6.0	5.0	8	0	0.2	6.0	3.4	33.0	29

coincide con las investigaciones que reportan que el aumento en el contenido de materia orgánica en el suelo por efecto de leguminosas asociadas es tan lento que sólo es evidente después de tres o cuatro años de establecido el sistema.

Por otro lado, se observa un aumento en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en las parcelas con mucuna, aunque aquí hay una aparente incongruencia, pues este aumento no se correlaciona con las mediciones de MOS.<sup>12</sup>

En cuanto a pH, el único cambio digno de resaltar es el que se da en San Francisco, cuyo suelo (Fluvisol) es menos ácido (por alrededor de una unidad de pH) en las parcelas que han tenido mucuna asociada por tres años. En los otros dos casos las diferencias son mínimas. En este mismo sitio resulta difícil de interpretar el altísimo contenido de P en las parcelas sin mucuna (63 partes por millón en los primeros 10 centímetros), así como el

<sup>12</sup> El CIC depende fundamentalmente de la MOS y del contenido de arcilla en el suelo. Como éste no varía significativamente en tan poco tiempo, normalmente debe existir una buena correlación entre los cambios en la CIC y los de MOS.

hecho de que el contenido de este nutriente en las parcelas con mucuna sea significativamente mucho más bajo.

De manera general se podría concluir que resulta arriesgado atribuir los cambios medidos en estos atributos del suelo al cambio de sistema. La evolución de estas propiedades químicas es en general relativamente lenta, por lo que los efectos de los AVCC serían mínimos en los primeros dos o tres años de establecimiento. Los residuos de las leguminosas podrían estar aportando un nivel bajo pero constante de nutrientes, que no se vería reflejado en estos análisis de fertilidad convencionales, pero que podría tener un efecto significativo para el crecimiento de los cultivos asociados en estos suelos tropicales.

#### *Fijación simbiótica de nitrógeno*

Un factor fundamental en la hipótesis de las leguminosas como contribuyentes a la sustentabilidad de los sistemas AVCC es la fijación biológica de N atmosférico.

El ET no realizó estudios de fijación biológica de nitrógeno y las observaciones sobre nodulación de las raíces revelaron que existe mucha variabilidad. De igual modo, en una serie de evaluaciones realizadas recientemente bajo condiciones similares a las de este estudio (véase el Cuadro 6.8), se observan variaciones bastante marcadas entre autores. Para mucuna en rotación, por ejemplo, se reportan valores desde 1.1 micromoles de etileno por planta por hora en Veracruz hasta 17.04 en Morelos, y desde 0.8 hasta 20.2  $\mu\text{molC}_2\text{H}_4\text{planta}^{-1}\text{h}^{-1}$  en Oaxaca. En general predominan los valores bajos y a veces muy bajos, sobre todo si los comparamos con los estudios de Da Silva (1991), que reportan valores de fijación para la mucuna de 35.8 en las mismas unidades.

Estos resultados plantean dudas sobre el funcionamiento del sistema simbiótico en ciertos suelos y condiciones agroclimáticas. Es claro que este proceso se ve afectado por múltiples factores agroecológicos: principalmente por el estado de la población de *Rhizobium* en el suelo y por ciertas propiedades edáficas como el pH y el contenido de P y de algunos microelementos. En efecto, algunos de estos sistemas no son fertilizados con fósforo, y el bajo nivel de P disponible en algunos suelos puede estar limitando el proceso de fijación. Sin embargo, aun con valores de fijación bajos se ha observado un crecimiento aceptable y en ocasiones exuberante

**Cuadro 6.8. Fijación biológica de nitrógeno por leguminosas asociadas al cultivo del maíz, según varios autores (resultados de pruebas de reducción de acetileno)**

Comunidad	Especie	Fijación biológica de nitrógeno [ $\mu\text{molC}_2\text{H}_4 \text{ Planta}^{-1}\text{h}^{-1}$ ]		Ciclo de cultivo	Fuente
		En rotación	Asociadas		
Zacatepec, Morelos	<i>Mucuna deeringianum</i>	17.04	—	P-V	Ortiz, 1995a
	<i>Sesbania emerus</i>	36.35	—	P-V	
	<i>Aeschynomene americana</i>	30.05	—	P-V	
La Esmeralda, Oaxaca	<i>Mucuna spp.</i>	2.60	0.80	P-V	Mora, 1998
	<i>Canavalia</i>	—	0.90	P-V	
La Esmeralda, Oaxaca	<i>Mucuna spp.</i>	5.20	20.18	P-V	Guevara, 2000
	<i>Pueraria phaseoloides</i>	6.92	6.49	P-V	
	<i>Vigna umbellata</i>	6.02	13.84	P-V	
	<i>Phaseolus lunatus</i>	0.11	0.97	P-V	
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	0.98	0.04	P-V	
	<i>Dolichos lablab</i>	0.53	7.13	P-V	
San Francisco La Paz, Oaxaca	<i>Mucuna spp.</i>	1.23	1.03	O-I	Mora, 1998
	<i>Canavalia</i>	1.68	1.35	O-I	
Tamulté de las Sabanas, Tab.	<i>Mucuna deeringianum</i>	—	15.80	O-I	Gonzales et. al., 1990
Santa Rosa Cintepec, Veracruz	<i>Mucuna spp.</i>	1.08	5.21	P-V	Guevara, 2000
	<i>Vigna umbellata</i>	2.58	1.11	P-V	
	<i>Pueraria phaseoloides</i>	2.30	0.71	P-V	
	<i>Phaseolus lunatus</i>	1.08	0.44	P-V	
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	0.04	0.35	P-V	
	<i>Dolichos lablab</i>	1.28	1.40	P-V	

Nota: P-V es primavera-verano y O-I es otoño-invierno.

de la mucuna, lo que sugiere la necesidad de reexaminar la prueba de reducción de acetileno utilizada en la mayoría de estos estudios.

*Efecto de la mucuna en las propiedades del suelo (visión del CCC)*

De acuerdo a los miembros del CCC, la mucuna mejoró la porosidad y la fertilidad del suelo. El principal comentario del grupo, basado en observaciones de muchas milpas con y sin mucuna, fue que la cobertura

favorece la conservación de la humedad. Los suelos con mucuna están más húmedos, lo que ayuda al maíz a sobrellevar periodos de sequía durante la estación de crecimiento (aumentando la confiabilidad). Según los campesinos, esta mayor humedad permite que el maíz desarrolle una raíz más extendida.<sup>13</sup>

En tierras recién abiertas al cultivo, los campesinos no detectan un efecto de la mucuna sobre el suelo o sobre el rendimiento del maíz en el corto plazo, lo que se explica porque el barbecho restituye las propiedades fisicoquímicas del terreno. En cambio, en suelos cansados la influencia a corto plazo es variable: Aparentemente, en algunos suelos muy degradados que han perdido su resiliencia, los efectos positivos tardan en producirse y se requieren varios años de cobertera para la recuperación de la capacidad productiva.

#### *Rendimiento de biomasa de la mucuna*

Una buena producción de biomasa es fundamental para el adecuado funcionamiento del sistema (para su estabilidad, resiliencia y confiabilidad). Investigaciones recientes en la región muestran que los rendimientos de biomasa de las leguminosas son variables (véase el Cuadro 6.9). Para el caso de la mucuna se reportan rendimientos que oscilan entre 1,480 y 3,029 kilogramos de materia seca por hectárea, mientras que para la canavalia los rendimientos oscilan entre 2,340 y 7,040 kg<sub>MS</sub>/ha.

Fueron pocas las mediciones de biomasa que el ET logró realizar en campo durante el ciclo 1996 porque muchos productores eliminaron la mucuna temprano, al observar que el tiempo para establecer el *tapachol*

---

<sup>13</sup> Parecería paradójico que, al agregar una nueva especie a la milpa (la mucuna) con un desarrollo radicular agresivo y que produce abundante biomasa, se mejore la disponibilidad de humedad para el cultivo asociado. Sería más lógico, en efecto, que se expresaran los efectos negativos del aumento de la competencia interespecífica. Sin embargo, el efecto cobertura (protección contra el golpeteo de la gota de lluvia, evitando encostramiento y efectos en la evapotranspiración) y la mejora de las propiedades físicas del horizonte superficial (mayor porosidad) aumentan la infiltración. Por otra parte, la evolución favorable de la estructura del suelo (por las raíces, la fauna y el aumento en el contenido de materia orgánica) mejora la capacidad de retención de humedad. Como resultado, el comportamiento hídrico de todo el sistema mejora, aumentando su productividad pero, sobre todo, haciéndolo más confiable. A pesar de que estas propiedades no fueron medidas experimentalmente (el ET no las identificó al inicio como un punto crítico), su relevancia salió a la luz durante el estudio.

**Cuadro 6.9. Producción de biomasa de mucuna y canavalia según varios autores**

Comunidad	Materia seca [kg <sub>MS</sub> /ha]	Especie	Fuente
Tulijá, Chiapas	2,471	Mucuna	Aguilar, 1996
	1,480 - 2,220	Mucuna	Caamal, 1995
	2,340 - 7,040	Canavalia	
La Esmeralda, Oaxaca	3,029	Mucuna	Guevara y Herrera, 1995
	2,156	Canavalia	
La Gringa, Oaxaca	2,275	Mucuna	Martínez y Morales, 1997
	3,410	Canavalia	

(cultivo de invierno) se aproximaba. Hubo además problemas de logística que no se pudieron solucionar. Sin embargo, se realizaron algunas mediciones que resultaron en rendimientos similares a los reportados por otros autores, en el rango de 2,000 a 4,700 kilogramos de materia seca por hectárea (véase la Ilustración 6.4). La producción de biomasa fue mayor en las comunidades de Yucatán, pero allí —como ya se ha dicho— los campesinos aplicaron estiércol en sus milpas. Estos rendimientos de biomasa se encuentran en el umbral de los mínimos necesarios para que una cobertera tenga sus efectos benéficos en la productividad, la estabilidad y la confiabilidad del sistema.

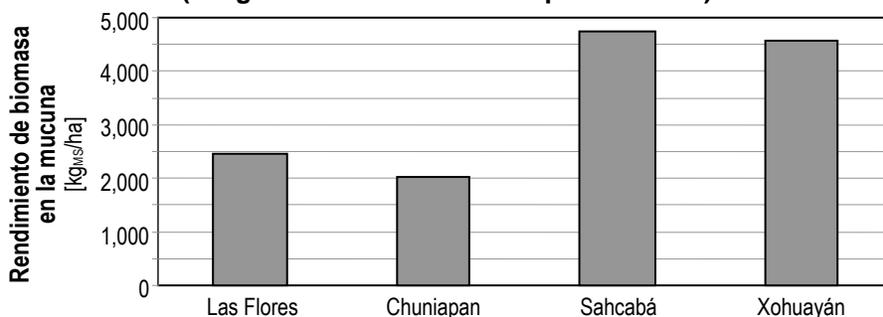
Los campesinos del CCC comentaron que el desarrollo y el rendimiento de mucuna fue bueno en lugares con precipitación intermedia (de alrededor de 2000 milímetros al año). En las comunidades con lluvias más escasas (caso de Yucatán, con 1200 mm) suelen ocurrir problemas en el crecimiento de las plantas,<sup>14</sup> y en comunidades con mucha humedad (de 3000 a 4000 mm) se produce buena biomasa pero se pudre la semilla (como ocurre en San Francisco y en La Esmeralda).

#### *Uso de insumos químicos externos*

Ya se mencionó que el uso de insumos químicos externos es limitado en la mayor parte de las comunidades estudiadas. El CCC concluyó que la

<sup>14</sup> En el caso de Yucatán se añade el problema de que sus suelos son muy someros, con escaso volumen para la retención de humedad.

**Ilustración 6.4. Rendimiento de biomasa en la mucuna  
(kilogramos de materia seca por hectárea)**



adopción de mucuna disminuye la cantidad de fertilizante utilizado por los campesinos en Chuniapan y Santa Rosa. En Sahcabá y Xohuayán, el fertilizante orgánico (gallinaza) forma parte del sistema, y en el resto de las comunidades no se utilizan fertilizantes químicos.

Los campesinos del CCC también observaron que en Las Flores, una comunidad con parcelas pequeñas (de menos de una hectárea), el uso de mucuna permitió eliminar totalmente el uso de herbicidas. Sin embargo, en comunidades con parcelas más grandes (Chuniapan y Santa Rosa), la mucuna sólo redujo el uso de este insumo, ya que su efecto es limitado y se hubiese requerido más mano de obra de la disponible para realizar un control manual en ese tamaño de parcelas. En La Esmeralda, Nuevo Paraíso y Sahcabá no se utiliza herbicida.

#### *Incidencia de plagas o enfermedades en la mucuna*

El ET no abordó el tema pero varios investigadores han estudiado los problemas de plagas y enfermedades en las leguminosas asociadas al maíz en sistemas de cobertura en la región (véase el Cuadro 6.10). Según estos trabajos las plagas y enfermedades son variadas y su incidencia depende de la región y de las condiciones de lluvia y temperatura durante la estación de crecimiento.

**Cuadro 6.10. Algunas plagas y enfermedades que pueden afectar a las leguminosas cuando se asocian a otras especies, según varios autores**

Lugar	Especie	Plaga o enfermedad	Fuente
La Fraylesca, Chiapas	Mucuna	Babosa ( <i>Sarasinula plebeia</i> ), hormiga arriera ( <i>Atta spp.</i> ), diabrótica ( <i>Diabrótica spp.</i> ) y chicharritas ( <i>Fam. Cicadellidae</i> )	Serrano, 1996
Villaflora, Chiapas	<i>Phaseolus spp.</i>	Diabroticas	Velásquez <i>et al.</i> , 1996
	Mucuna	Hormiga arriera ( <i>Atta spp.</i> ), chapulines ( <i>Schistocerca spp.</i> )	
Cárdenas, Tabasco	Mucuna	<i>Pythium spp.</i> , <i>Helicotylechus spp.</i> , <i>Pratylenchus spp.</i> , <i>Rotylenchus spp.</i> , <i>Tylenchorynchus spp.</i>	García <i>et al.</i> , 1994
	Pueraria	<i>Pythium spp.</i>	
Istmo de Tehuantepec, Oaxaca	Mucuna	Siete cueros ( <i>Sarasinula plebeia</i> ), grillos ( <i>Orthoptera</i> ), tuzas ( <i>Orthogeomys spp.</i> )	Narváez y Paredes, 1994
Istmo de Tehuantepec, Oaxaca	Mucuna	Conejo ( <i>Sylvilagus brasiliensis</i> ), chapulines ( <i>Fam. Acrididae</i> )	Guerrero, 1995

*Sedentarización de la milpa (número de años de cultivo continuo)*

La promoción activa de los AVCC en México es reciente (básicamente se ha dado en los últimos 10 años). Sin embargo, en algunos lugares los campesinos los han usado de manera tradicional por décadas. En la Esmeralda, por ejemplo, la mucuna ha sido usada desde hace más de 30 años en las vegas de ríos (en tierras de *chahuitera*), aunque los técnicos la introdujeron en terrenos de ladera hace sólo 5 años. En Santa Rosa los técnicos tienen 7 años promoviendo AVCC y allí se encuentran algunas parcelas con 5 años consecutivos de uso. En el resto de las comunidades su uso es muy reciente, lo que dificulta evaluar el posible efecto en la sedentarización de la milpa.

Las tierras de vega de río (*chahuiteras*) son naturalmente más fértiles, ya que sus suelos son profundos y reciben aportes periódicos de sedimentos (y por lo tanto de nutrientes) por las inundaciones. En esta situación se observan campesinos que han logrado estabilizar un cultivo continuo de

maíz–mucuna por décadas. Sin embargo, algunos campesinos comentaron que en algunos años queman los residuos, lo que podría explicarse más por el aumento en la incidencia de algunas plagas que por problemas de exceso de malezas, pues éstas están prácticamente ausentes en estos terrenos cubiertos por una espesa cobertura muerta.

Si bien la decisión de abrir nuevas tierras depende de factores diversos tales como la disminución de la fertilidad del suelo o una invasión seria de malezas, un factor primordial para que exista un uso permanente de la misma parcela es la disponibilidad de tierra (esto se discute en la siguiente sección).

### **4.3. Adaptabilidad**

Resultó evidente tanto para el ET como para el CCC que los sistemas maíz–mucuna tienen determinados *nichos* en donde se pueden desarrollar y difundir. El concepto de nicho incluye aspectos agroecológicos, así como elementos del contexto socioeconómico, y es fundamental para entender la adaptabilidad del sistema alternativo.

#### *Adaptabilidad a los nichos agroecológicos*

Los factores determinantes del nicho agroecológico son los suelos, la temperatura y el régimen de lluvias. Los suelos trabajados en el proyecto fueron variados, desde Rendzinas y Litosoles bastante superficiales hasta Luvisoles y Acrisoles ácidos. Si bien la fertilidad natural puede haber influido, y restringido en algunos casos, el desarrollo de la mucuna, no se detectaron limitaciones edáficas significativas. Por su lado, la temperatura, que depende fundamentalmente de la altitud, tampoco fue un inconveniente importante para la mucuna (las mayores altitudes fueron de 600 metros, pero se reporta que esta leguminosa se desarrolla bien a elevaciones superiores). Quizás el factor determinante de nicho sea la precipitación (véase la p. 242), ya que las localidades presentan diferencias grandes, desde 900 hasta 4,500 milímetros de promedio anual. La producción de semilla de la mucuna se ve afectada en los sitios con alta precipitación (por el problema de pudrición de las vainas), mientras que su producción de forraje disminuye en las localidades con lluvias más escasas.

*Adaptabilidad a nichos socioeconómicos  
(presión sobre la tierra y forma de tenencia)*

Un factor identificado tanto por técnicos como por campesinos es la presión sobre la tierra y al respecto surgieron tendencias claras en este estudio que confirman hipótesis ya planteadas por otros investigadores. En las comunidades donde las dotaciones de tierra por familia son pequeñas (por ejemplo, de menos de una hectárea para algunos campesinos en Las Flores, Chuniapan y Santa Rosa), la presión sobre la tierra es una limitante seria para que los campesinos incluyan una leguminosa en su sistema tradicional. En efecto, como no tienen acahuales en descanso, las rotaciones son prácticamente imposibles (con tan poca tierra los campesinos no pueden perder una cosecha de maíz) y los asociados pueden afectar los rendimientos por competencia. Este es entonces un nicho difícil para el sistema. En el otro extremo, donde la presión sobre la tierra es todavía baja (por ejemplo, en San Francisco, con predios de hasta 50 hectáreas por familia), no hay mayores inconvenientes para que los campesinos sigan practicando su sistema tradicional de RTQ con descansos periódicos. En este caso lo que faltan son los incentivos para el cambio tecnológico.

En consecuencia, los sistemas maíz–mucuna se adaptarían bien a condiciones de presión intermedia sobre la tierra, donde los campesinos ya no tienen suficiente terreno para los descansos largos, pero donde todavía tienen suficiente tierra como para aceptar alguna disminución de la producción por unidad de superficie en el año, sobre todo cuando el sistema todavía no está consolidado.

Otro factor que determina nichos poco favorables a los asociados se relaciona con la tenencia de la tierra. Cuando los campesinos no son propietarios de sus parcelas, la inversión en tiempo y mano de obra para el mejoramiento de los suelos, con un sistema AVCC por ejemplo, no se justifica. El consenso a este respecto entre los miembros del CCC fue bastante claro.

#### **4.4. Adoptabilidad**

Los procesos de experimentación, adopción, adaptación y abandono de tecnologías agrícolas por campesinos de recursos limitados son complicados y requieren estudios especializados. En México estas investigaciones son

escasas para sistemas AVCC y no van más allá de observaciones puntuales en ciertas comunidades. De igual modo, el diseño del Proyecto Pachuca y la información obtenida para este informe no son suficientes para un análisis exhaustivo. Se pudo registrar, por ejemplo, una adopción importante y relativamente rápida, con pocos años de promoción, en comunidades como Las Flores (con casi el 100 por ciento de adopción en 5 años) o Chuniapan (con más del 33 por ciento en dos años). En otras comunidades, sin embargo, el proceso es mucho más lento. Una serie de entrevistas y talleres comunitarios sirvieron para identificar algunos de los elementos clave que podrían estar afectando los procesos de adopción.

*La percepción de los campesinos: (ventajas y desventajas)*

El ET realizó dos talleres comunitarios en Veracruz, con adoptantes y no adoptantes, donde se enumeraron una serie de ventajas y desventajas del uso de la mucuna (véase el Cuadro 6.11, así como el Cuadro 6.13, más adelante).

**Cuadro 6.11. Ventajas asociadas al uso de mucuna señaladas por grupos de adoptantes y de no-adoptantes en dos comunidades de Veracruz**

Ventajas	Santa Rosa		Chuniapan	
	Adoptantes	No-adoptantes	Adoptantes	No-adoptantes
Fertiliza la tierra	4	4	4	4
Controla malezas	4	4	4	
Guarda humedad	4		4	
Reduce erosión	4		4	
Reduce gastos de insumos	4	4	4	
Controla plagas	4		4	
Ablanda tierra dura	4			
Facilita el chapeo	4			
Ayuda al desarrollo del <i>tapachol</i>	4			
Puede producir más cosecha			4	

Nota: En Santa Rosa es evidente una fuerte influencia del Proyecto Sierra de Santa Marta, la ONG que ha estado presente en esa comunidad desde hace siete años promoviendo los sistemas AVCC. Es difícil determinar si la percepción recabada de los agricultores surge de sus propias observaciones en la práctica o si refleja el mensaje transmitido por los promotores del proyecto. En cambio, en Chuniapan todavía hay poca experiencia con la mucuna, ya que DECOTUX, la ONG que trabaja con esa comunidad, empezó sus acciones apenas en 1995.

*Las ventajas percibidas del asocio maíz–mucuna*

El efecto abono

Entre las ventajas de la mucuna, su efecto como abono (antes discutido) es el más reconocido. Todos los campesinos, ya sea adoptantes o no, lo mencionaron, pero muchos de ellos reconocen que ese efecto no es inmediato.

El efecto herbicida

En los talleres, tres de los cuatro grupos apuntaron también el impacto de la mucuna sobre las malezas y la posibilidad de reducir costos de insumos. Un buen funcionamiento de la mucuna como *herbicida* localmente disponible y barato es un factor que incide en la decisión de adoptar. Esto es importante entre los campesinos que todavía no usan herbicidas químicos. Muchos campesinos en los talleres reconocieron un beneficio inmediato (aunque la reducción del banco de semillas de malezas en el terreno sea gradual).

Los campesinos del CCC coincidieron en que el control de malezas es la actividad más consumidora de mano de obra y discutieron este punto en extenso. Su conclusión fue que el número de limpiezas no varía en forma importante con el uso de mucuna: solamente observaron una disminución de las limpiezas en Nuevo Paraíso. Es de destacar que estas son tierras de reciente incorporación a la agricultura, en las que, por lo general, los problemas de malezas son menos acentuados. Por otro lado, en zonas más secas, como en Xohuayán, la baja precipitación limita en forma *natural* el crecimiento de arvenses, por lo que la introducción de mucuna no ofrece una ventaja comparativa en este sentido (y hasta puede aumentar los requerimientos de mano de obra por limpiezas para controlar su propio crecimiento; véase más adelante).

Los campesinos del CCC opinaron que el uso de mucuna *afloja* la raíz de las malezas, hace más delgado el tallo y retrasa su crecimiento, facilitando el trabajo de las limpiezas. Este efecto fue observado de manera clara en Chuniapan, Las Flores, La Esmeralda, San Francisco y Nuevo Paraíso. Una observación interesante en Xohuayán fue que con la mucuna aumentó el trabajo de deshierbe, fundamentalmente al tener que controlar su desarrollo agresivo. La observación de raíces más *flojas* y tallos más delgados podría

interpretarse como plantas más débiles debido a la competencia de las leguminosas asociadas.

Las dificultades logísticas impidieron al ET dar seguimiento a las arvenses en las milpas. Sin embargo, diversos investigadores han obtenido en la región resultados consistentes al respecto (véase el Cuadro 6.12): Observan en general que el uso de coberturas vivas disminuye la presencia de arvenses y que la mucuna tiene mayor efecto que la canavalia. En cuanto a las coberturas muertas, los resultados son contrastantes: Caamal (1995) reporta un incremento y Guerrero (1995) una disminución de arvenses con la cobertura.

**Cuadro 6.12. Efecto de leguminosas (mucuna y canavalia) sobre la presencia de arvenses, según varios autores**

Lugar	Presencia de arvenses		Fuente
	Cobertura viva	Cobertura muerta	
Tulija, Chiapas	Disminuyó		Aguilar, 1996
Villaflores, Chiapas	Disminuyó		Aguirre, 1995
Zacatepec, Morelos	Disminuyó		Ortiz, 1995a
Istmo de Tehuantepec, Oaxaca	Disminuyó	Disminuyó	Guerrero, 1995
La Esmeralda, Oaxaca	Disminuyó *		Guevara y Herrera, 1995
La Gringa, Oaxaca	Disminuyó *		Martínez y Morales, 1997
Cárdenas, Tabasco	Disminuyó		Ortiz, 1995b
Mérida, Yucatán	Disminuyó *	Aumentó	Caamal, 1995

\* La mucuna tiene un efecto mayor que la canavalia

*Las desventajas percibidas del asocio y del periodo de transición*

Las observaciones sobre las desventajas de la mucuna fueron menos consistentes (véase el Cuadro 6.13). Sin embargo, los campesinos, sobre todo los no-adoptantes, mencionaron múltiples efectos que estarían incidiendo en su rechazo al nuevo sistema. Tres de los cuatro grupos mencionaron que al usar la cobertura aumentan los problemas con ratas. Asimismo, los dos grupos de no-adoptantes mencionaron que no se puede sembrar frijol en parcelas donde está sembrada la mucuna, ya que el desarrollo exuberante de ésta no permite el cultivo de muchas otras plantas

**Cuadro 6.13. Desventajas asociadas al uso de mucuna señaladas por grupos de adoptantes y de no-adoptantes en dos comunidades de Veracruz**

Desventajas	Santa Rosa		Chuniapan	
	Adoptantes	No-adoptantes	Adoptantes	No-adoptantes
Más ratas	4	4	4	
Si no se controla la mucuna, tira el maíz	4		4	
Se pudre el maíz	4			
El uso de herbicidas quema la mucuna		4		
No hay semilla cuando la necesitamos		4		
No se puede sembrar frijoles		4		4
La siembra del maíz es mas difícil con basura		4		
No se puede vender la semilla				4
Se ensemilla el terreno de mucuna	4			
Desconocemos el efecto de la basura sobre los bichos				4
Muy poca adopción para fijarse bien		4		

útiles.<sup>15</sup> Los adoptantes por su parte señalaron que, si no se controla la mucuna, ésta puede tumbar hasta el maíz.

La adopción tiene un costo para el campesino. Ya se mencionó en particular que en el periodo de transición desde el inicio de la adopción del sistema maíz-mucuna hasta que las ventajas del mismo comienzan a manifestarse (periodo que puede durar varios años), la productividad puede disminuir. Esto es percibido por el campesino en forma inmediata y sopesado con las posibles ventajas futuras. Del balance, que por lo general se realiza observando las parcelas de vecinos o experimentando a pequeña escala, puede surgir la decisión de adoptar o de no adoptar. En muchos casos los campesinos pobres no pueden asumir los costos de la adopción.

*Otros factores relevantes para la adopción o el abandono de los sistemas AVCC*

Los nichos favorables y el acceso a determinados recursos son factores clave de adopción. Dentro de esos recursos estratégicos está la semilla de mucuna,

<sup>15</sup> Algunos campesinos, sin embargo, han experimentado y logrado mantener otras especies en la milpa (como calabazas), aun en sistemas con mucuna.

sus mercados o usos, la mano de obra disponible y el conocimiento sobre el manejo adecuado del sistema.

Producción de grano y acceso a semilla

El factor semilla parece trivial pero resulta determinante cuando los campesinos carecen de dinero para la compra de insumos mínimos. La disponibilidad de semilla puede llegar a ser una limitante importante en las regiones más húmedas, como San Francisco, ya que las probabilidades de pudrición son mayores. La mucuna tiene un potencial de rendimiento de grano alto (en condiciones ideales), pero éste difícilmente se alcanza.

Estudios recientes de rendimiento de grano en Chiapas y Oaxaca para mucuna van desde 800 hasta 6,000 kilogramos por hectárea de semilla; para canavalia desde 300 hasta 3,500 kg; para *Phaseolus spp.* desde 110 hasta 1,000 kg y para *Vigna spp.* de alrededor de una tonelada por hectárea (véase el Cuadro 6.14). La variación en la producción de semilla en las distintas especies puede ser atribuida a factores agroclimáticos y fundamentalmente a la precipitación, que favorece la presencia de plagas y enfermedades en las semillas. También influirían aspectos agronómicos como el manejo que se da al cultivo (utilización de espalderas, tapancos, troncos o cercos para que la mucuna trepe, evitando el contacto con el suelo), así como aspectos sanitarios relacionados con el origen de la semilla utilizada.

**Cuadro 6.14. Producción de semilla de algunas leguminosas según varios autores**

Lugar	Género	Semilla [kg/ha]	Fuente
La Fraylesca, Chiapas	<i>Mucuna</i>	2,000	López, 1993
	<i>Phaseolus</i>	1,000	
Tulijá, Chiapas	<i>Mucuna</i>	2,000	Aguilar, 1996
Villaflores, Chiapas	<i>Mucuna</i>	4,432 - 6,116	Quiroga, 1994.
	<i>Canavalia</i>	3,561	
	<i>Vigna</i>	1,042	
	<i>Crotalaria</i>	6,675	Vázquez, 1995
	<i>Canavalia</i>	300	
	<i>Phaseolus</i>	112	
La Esmeralda, Oaxaca	<i>Mucuna</i>	833	Reyes y Sánchez, 1997

El ET no cuantificó la producción de semilla de mucuna en las comunidades estudiadas en 1996, pero un análisis preliminar de los rendimientos en el programa de producción de semillas para SEMARNAP<sup>16</sup> (con una muestra muy grande de productores) indica un rango entre 400 y 2,000 kilogramos por hectárea.<sup>17</sup>

### Usos del grano y de otros productos del sistema

De acuerdo con los campesinos, no sólo la disponibilidad de semilla sino también la posibilidad de darle algún uso o de encontrarle un mercado son factores importantes de adopción. Aun en condiciones poco propicias desde el punto de vista climático (como las áreas de alta pluviosidad), los campesinos están dispuestos a adoptar el sistema alternativo y a experimentar con prácticas *mejoradas* de producción de semillas si existen perspectivas de venta o de utilización directa del producto.<sup>18</sup> Si bien en las comunidades estudiadas existen pocos usos para la semilla, en otras localidades de la región, como Calakmul, en el estado de Campeche, la semilla se ha utilizado con bastante éxito para la alimentación de cerdos, y en Veracruz empieza a difundirse el uso de la planta para la alimentación de borregos. La utilización de canavalia en la alimentación de bovinos es bien conocida en Chiapas.<sup>19</sup>

---

<sup>16</sup> Este programa de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca garantiza a los campesinos la compra de semilla, con el fin de fomentar los proyectos de reconversión de la milpa tradicional.

<sup>17</sup> Gabriel Narváez, comunicación personal.

<sup>18</sup> El entusiasmo despertado entre los productores por el programa de producción de semillas de la SEMARNAP (véase la nota 16) refleja el enorme efecto del mercado en la adopción. Otros estudios de mercado promovidos por la Red de Gestión de Recursos Naturales indican que existirían otras posibilidades de comercialización (García y Sosa, 2000).

<sup>19</sup> Se sabe que la mucuna puede utilizarse para elaborar tortillas, tamales y atoles. Sin embargo, su consumo conlleva riesgos, pues la semilla contiene sustancias tóxicas como la L-dopa y algunos otros elementos antinutricionales para el ser humano y los animales (saponinas, alcaloides y taninos). Estos riesgos se disminuyen si se somete la semilla a cocción por varias horas, pero esto implica por un lado un alto consumo de leña (con sus consecuencias en mano de obra y deforestación) y por otro lado confusión entre los usuarios en cuanto al manejo apropiado de la semilla para consumo humano. Estos problemas deben tomarse en cuenta en los programas de promoción.

Los campesinos del CCC plantearon como otra limitante importante para la adopción la poca diversificación de los sistemas AVCC, tanto en lo relativo a las especies de leguminosas que se utilizan para los asociados como en los cultivos principales. Es evidente que la mucuna es la leguminosa más promovida, a pesar de que existen otras especies (*canavalia*, *Cajanus cajan*, frijol arroz, etc.) que también tienen potencial como coberteras. En cuanto a otros cultivos principales, en México existen algunas experiencias de mucuna asociada con chile y con frutales (particularmente cítricos), pero estas tecnologías no están aún muy difundidas.

La necesidad de diversificar los usos de la leguminosa fue un tema recurrente entre los campesinos, ya que el solo efecto *abono* a veces no es suficientemente atractivo para la adopción. Existe un potencial en usos diversificados tanto para el follaje (sobre todo como forraje para distintos animales) como para la semilla que quizás no haya sido totalmente explotado.

Un último aspecto que tiene que ver con la poca diversidad de productos aprovechables es el hecho de que la asociación maíz–mucuna impide la siembra de otros cultivos en la milpa además del maíz, por su crecimiento agresivo, e inhibe el crecimiento de arvenses útiles para el consumo de la familia. Estas observaciones se recabaron en los talleres, y los campesinos del CCC coincidieron con ellas.

#### Percepción de problemas de plagas en el maíz

La posible incidencia de plagas también resulta ser un factor determinante de la adopción. Si bien muchos campesinos en los talleres opinaron que el asociado tiene consecuencias positivas, la incidencia de algunas plagas específicas, como el *siete-cueros* o babosa, es un factor restrictivo importante en ciertas comunidades, sobre todo por que, de acuerdo con los campesinos, su presencia, favorecida por el asociado, puede afectar incluso a otros cultivos con mucho valor como el chile. Los campesinos del CCC también concluyeron que el cultivo de mucuna genera un ambiente favorable para poblaciones de roedores, que también pueden causar daños al maíz.

### Las estrategias de promoción

Finalmente, el ET identificó un factor adicional no previsto inicialmente: las estrategias de promoción utilizadas y la propia organización de las comunidades. Se observó que en algunas comunidades, como en Las Flores, los porcentajes de adopción son sumamente altos, debido a decisiones que se adoptan aparentemente de manera colectiva, como respuesta a una promoción bien diseñada por el organismo técnico (una ONG en este caso).

### **4.5. Autogestión**

El Proyecto Pachuca encontró dificultades para analizar este atributo. Al considerar el grado de dependencia a insumos externos como punto crítico, existiría evidencia para afirmar que, a pesar de que la dependencia es baja en el sistema innovador, el asocio maíz–mucuna no ofrece ventajas sobre el sistema tradicional. Eso se debe a que la RTQ es prácticamente independiente de insumos externos. En cambio, la adopción del sistema maíz–mucuna introduce ciertos factores de dependencia, particularmente con respecto al conocimiento de la tecnología y a la semilla.

#### *El conocimiento de la tecnología*

El Proyecto Pachuca y otros informes confirman la hipótesis de la importancia del conocimiento de la nueva tecnología. La eficiencia del sistema, en efecto, depende de un manejo adecuado sobre el cual influyen múltiples variables: las fechas y las densidades de siembra para el maíz y la mucuna, los arreglos topológicos de los socios y el control del desarrollo vegetativo de la mucuna para evitar la competencia intraespecífica. El sistema es intensivo en cuanto a conocimientos, y los principios de manejo no son del dominio de la mayoría de los campesinos. Esto lo pone en desventaja con respecto al sistema RTQ, cuyos principios son bien conocidos.

Estos requerimientos de conocimiento también colocan al sistema maíz–mucuna en desventaja con respecto a otras alternativas, como los sistemas basados en insumos externos (en particular el monocultivo de maíz con tecnología *moderna* basada en fertilizantes y herbicidas), que son menos dependientes de un manejo sofisticado.

#### *Acceso a otros insumos*

El bajo nivel de insumos externos hace al sistema maíz–mucuna especialmente accesible para campesinos pobres, pues los recursos para experimentar y adoptarlo no son prohibitivos. Como ya se mencionó, la semilla es un problema, sobre todo para la primera vez. En algunas partes de Oaxaca la mucuna crece en forma silvestre y es posible recolectar semilla. Existen además muchos proyectos de ONGs que están distribuyendo semillas de mucuna, así como el programa de reconversión de la milpa tradicional de SEMARNAP. Pero la evidencia indica que la semilla sigue siendo una limitante hasta que el campesino obtiene el material inicial y logra dominar la tecnología para asegurar cierta cosecha para la reproducción del sistema.

#### **4.6. Equidad**

##### *Costos y beneficios ambientales*

A pesar de que el Proyecto Pachuca tampoco estudió este factor en forma específica, se ha visto que los adoptantes individuales aislados tienen un impacto ambiental mínimo. Sólo en el caso de una adopción generalizada, a nivel regional por ejemplo, se daría una serie de beneficios ambientales considerables (como la protección del suelo contra la erosión y la disminución del riesgo de incendios de bosques). Surgiría entonces un problema de falta de equidad, pues la sociedad en su conjunto se beneficiaría, pero el costo recaería en los campesinos adoptantes, que podrían ver reducidos sus beneficios económicos en el corto plazo (durante el periodo de transición). Una manera de recompensar esas aportaciones sería dar apoyos directos por medio de un PROCAMPO *ecológico*, cuya factibilidad está siendo evaluada en México.

##### *Diferenciación en el acceso a insumos y conocimiento para los AVCC*

Como se ha mostrado a través de los indicadores relacionados con el uso de insumos externos, los sistemas AVCC han contribuido a la reducción en el uso de fertilizantes y herbicidas en algunas comunidades. También se ha señalado que, para poder desarrollar de manera autogestiva los sistemas de

AVCC, los campesinos necesitan tener acceso a semilla y conocimiento para su establecimiento, manejo y reproducción.

En términos de equidad, fue importante analizar si existe algún tipo de acceso diferenciado a los insumos necesarios; en otras palabras, si algunos sectores de la población tienen mayor capacidad de acceso a los insumos que otros.

En los sistemas RTQ donde se usan fertilizantes químicos y herbicidas, es indudable que los campesinos con mayores recursos económicos tienen mayor acceso a estos insumos. En cambio, en el caso de los sistemas AVCC, la semilla y el conocimiento necesarios para su manejo son insumos que se pueden obtener localmente y a través de la experimentación sin ningún requisito económico. Con esto, se puede decir que los sistemas AVCC son más equitativos en términos productivos, ya que son más accesibles para todos los sectores, inclusive los campesinos en mayor pobreza.

## 5. DISCUSIÓN E INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

### **5.1. Elementos de sustentabilidad a varios niveles**

Un resultado interesante de este estudio es la apreciación de diferentes grados (y condiciones) de sustentabilidad de los sistemas de manejo a diferentes escalas del análisis: parcela, unidad familiar y paisaje o cuenca.

#### *A escala de la parcela*

Pueden darse cambios importantes en la productividad física de la parcela en el corto y largo plazos. En el corto plazo, la evidencia indica que la inclusión de mucuna en el sistema tradicional, sin otros cambios complementarios (como fertilización química), podría tener como efecto inmediato una disminución en el rendimiento del maíz, sobre todo en el primer año, por efectos de competencia interespecífica. Los cambios en el suelo no son inmediatos y es arriesgado especular sobre los años que necesitaría el sistema AVCC para consolidarse. De cualquier modo, el proceso se puede acelerar con insumos externos.

A largo plazo los efectos del sistema AVCC son también difíciles de pronosticar con la información disponible. Algunos autores han reportado que la inclusión de la mucuna podría generar un sistema más estable y confiable desde el punto de vista biológico en el largo plazo, sobre todo en aquellos ambientes en que produce abundante biomasa.<sup>20</sup> De acuerdo con las observaciones del ET, los rendimientos del maíz no se pueden incrementar en forma extraordinaria si no se modifican otros factores del sistema, sobre todo en suelos ácidos o pobres en nutrientes. Es posible de hecho que en algunos casos la leguminosa asociada resulte incapaz de eliminar la “necesidad de dejar descansar la tierra” que mencionan los campesinos.

Quizás el efecto en la confiabilidad a escala de parcela sea más consistente. Los campesinos coinciden en cuanto al impacto en las propiedades físicas y el contenido de humedad de los suelos. Este último factor puede ser importante, no tanto para elevar los rendimientos del maíz (productividad), sino para superar periodos de déficit de humedad durante la estación de crecimiento, que muchas veces afectan de manera negativa al desarrollo del cereal. Esto eleva la confiabilidad del sistema (y es un atributo muy apreciado por los campesinos).

Sin embargo, la confiabilidad del sistema (y su valor desde un punto de vista campesino) podría disminuir si se reduce el número de productos. Este efecto de la pérdida de diversidad fue ignorado inicialmente por el ET pero surgió de los comentarios de los campesinos, preocupados por la agresividad de la mucuna, que hacía difícil aprovechar otras plantas que son comunes en la milpa tradicional.

Finalmente, la resiliencia del sistema, a nivel de la parcela, podría verse amenazada por brotes de plagas o enfermedades en la mucuna. Este es un gran riesgo cuando la promoción de los sistemas AVCC se realiza sobre la base de una sola especie (y quizás con una base genética no muy amplia). La información recopilada indica no sólo que la mucuna tiene enemigos naturales sino que éstos, en determinadas condiciones, pueden causar daños significativos. Esto es un llamado de atención para promover la diversificación incorporando otras leguminosas al menú de opciones.

---

<sup>20</sup> El caso de la costa atlántica de Honduras, con condiciones agroclimáticas no muy diferentes a las predominantes en algunas regiones del Sureste de México, sería un ejemplo (Buckles *et al.*, 1998; Triomphe, 1996).

### *A escala de la unidad familiar*

El sistema maíz–mucuna, aunque más estable, confiable y frecuentemente más productivo que el de RTQ tradicional, no generará necesariamente un impacto en la productividad suficiente como para sacar al campesino de su nivel de pobreza extrema. En consecuencia, a largo plazo, aun con sus ventajas podría estar condenado a desaparecer. Esta evolución hacia otros sistemas no es, sin embargo, necesariamente negativa. La experimentación por parte de los campesinos con la mucuna asociada al maíz podría tener como consecuencia una motivación para seguir experimentando y buscando soluciones a los problemas sin depender de agentes externos.

Este proceso, que ha sido reportado en otras experiencias (Bunch, 1995), podría estar sucediendo en México. Efectivamente, los técnicos del Proyecto Pachuca observaron casos en los que los campesinos, una vez que entendieron el sistema y apreciaron sus ventajas, comenzaron a experimentar asociando mucuna con otros cultivos de mayor valor comercial como el chile.<sup>21</sup> Aunque se abandone el sistema maíz–mucuna por poco productivo, el proceso de aprendizaje conduciría a los campesinos a seguir experimentando e innovando.

### *A escala de paisaje / cuenca*

El ET trabajó poco a esta escala, aunque se intentó evaluar el efecto de la adopción de estrategias AVCC en el uso y conservación de los recursos naturales, principalmente cuencas y selvas (una tarea que no resulta fácil).

Los impactos de los sistemas productivos en la erosión y los escurrimientos son importantes en la dinámica hidrológica de las cuencas (con posibles efectos en la estabilidad, la resiliencia y la productividad), y los efectos de los cultivos de cobertura en el control de la erosión (que dependen del porcentaje de terreno cubierto y del tiempo en que permanece así) están ampliamente documentados. Para que estos efectos sean significativos la adopción tendría que ser generalizada y concentrada, lo que ocurre en pocas localidades en el área de estudio.

---

<sup>21</sup> Esto se observó en el proyecto de DECOTUX en Veracruz, cuando los campesinos de estas comunidades visitaron comunidades de Chiapas del proyecto de Línea Biósfera y observaron allí la tecnología.

Evaluar el impacto del sistema maíz–mucuna en la conservación de recursos forestales a nivel de cuenca o paisaje es más complicado aun y su efecto en la sedentarización de la milpa sigue abierto a la discusión. De acuerdo a los comentarios de algunos campesinos, con excepciones como el cultivo de *chahuiteras*, el sistema AVCC sin fertilizantes no elimina la necesidad de *dejar descansar la tierra* por algunos periodos (y no existe todavía evidencia científica en esta región que permita desautorizar esta opinión de los campesinos).<sup>22</sup> Si el problema fuera únicamente el agotamiento de nutrientes, quizás un sistema AVCC que fije N en forma efectiva y que reciba aportes modestos de fertilizantes inorgánicos (fundamentalmente P) podría lograr el propósito de la sedentarización.

Los efectos sobre las quemadas también son materia de discusión y resulta difícil hacer generalizaciones al respecto. La decisión del campesino de quemar se relaciona con la incidencia de malezas, la disponibilidad de herbicidas o de mano de obra para limpiezas y la fertilidad del suelo entre otros factores. La evidencia disponible indica que la simple introducción de la mucuna no es garantía para evitar la quema (“la mucuna arde muy bien”, opinó un campesino). Si la leguminosa tiene el único propósito de cubrir el suelo y de capturar o liberar nutrientes, su quema en determinadas circunstancias puede entrar en el menú de alternativas de manejo del campesino (se trata de un proceso de mineralización de nutrientes ineficiente, pero acelerado). Sin embargo, si la mucuna está generando un producto adicional en el sistema, como semilla o forraje, entonces las posibilidades de quema disminuyen significativamente (porque la quema interferiría con el aprovechamiento del producto). La protección contra incendios podría surgir, sin embargo, de mecanismos comunitarios asociados a una adopción generalizada del nuevo sistema. En efecto, se ha observado en algunas comunidades donde se ha plantado mucuna para comercializar la semilla que los campesinos están mucho más conscientes sobre los riesgos de las quemadas sin control, y en algunos casos existen mecanismos comunitarios incipientes para disminuirlos.

---

<sup>22</sup> De hecho, la disminución de los rendimientos de maíz en algunos sistemas experimentales intensivos de doble cultivo en La Esmeralda estaría ratificando la opinión campesina.

## 6. CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo relativas a la sustentabilidad de los socios maíz–mucuna no son definitivas, por una serie de razones: la muestra es limitada, algunas metodologías de evaluación aún se están ajustando, la recolección de la información en parcelas de productores no fue fácil y, fundamentalmente, éste es un primer ciclo de la evaluación. Por otra parte, se comparan únicamente dos sistemas, ignorando otras alternativas. Pero a pesar de estas restricciones y del carácter preliminar de las conclusiones, éstas son un paso significativo hacia el entendimiento del potencial y de las limitaciones de los sistemas maíz–mucuna. El estudio también resultó útil para evaluar el potencial del MESMIS como marco metodológico de referencia.

### **6.1. Conclusiones y recomendaciones sobre la sustentabilidad del sistema maíz–mucuna**

A nivel de la parcela, los aumentos en la productividad del sistema están determinados por las variaciones en los rendimientos del maíz, que fueron desde positivas y significativas hasta negativas. Considerando los resultados del Proyecto Pachuca, así como otros derivados de informes de investigación en la región, se puede concluir que los efectos de la introducción de la mucuna demoran en manifestarse y raramente van a ser espectaculares (a no ser que se incluyan otros insumos en el nuevo sistema).

A nivel de la economía familiar, cuando se calcula la rentabilidad del sistema alternativo, las tendencias positivas son aun menos evidentes, ya que el sistema de referencia (RTQ tradicional) es de muy bajos insumos externos y los incrementos en la producción de maíz no son, por lo general, significativos en los primeros años. Las relaciones B/C son muy variables y en general bajas, determinadas por los bajos rendimientos del maíz y los muy bajos precios del grano. Como lo muestran otros trabajos, la producción campesina de maíz resulta poco atractiva desde una perspectiva puramente económica y el sistema AVCC alternativo no logra modificar esta ecuación.

La sustentabilidad del sistema está también determinada por su estabilidad, confiabilidad y resiliencia. Estos atributos parecen fortalecerse en el sistema AVCC, sobre todo cuando éste funciona adecuadamente desde el punto de vista biológico (en este sentido, influye un adecuado

funcionamiento del proceso de fijación simbiótica de N, que no siempre ocurre en estos suelos ácidos del trópico). Sin embargo, los sistemas AVCC que sólo incluyen una especie leguminosa —la mucuna— corren un riesgo alto de perder estabilidad, confiabilidad y resiliencia, al estar sujetos a estrés y perturbaciones desde el punto de vista biológico. En particular, el riesgo de plagas o enfermedades que ataquen a la mucuna está latente.

La diversificación del sistema, ya sea del cultivo principal o del asociado, aprovechando las ventajas del policultivo, parece ser una estrategia adecuada para fortalecer los varios atributos de la sustentabilidad. A nivel de la parcela, una diversificación de las leguminosas asociadas reduciría el riesgo de plagas o enfermedades. A nivel de la empresa familiar, otras leguminosas podrían aportar productos útiles adicionales, para el autoconsumo o el mercado, que la mucuna no provee (factores antinutricionales restringen su utilización); además, un cambio en el cultivo principal de maíz a otro cultivo más rentable podría asegurar beneficios significativos para la economía familiar. Desde luego, la diversificación se vería favorecida por el fortalecimiento de los mercados para los nuevos productos del sistema. Nótese que esta no es una propuesta externa de los técnicos, sino que surge de los mismos campesinos.

La evaluación demuestra que los campesinos valoran otros beneficios además de los económicos. Para la mayoría, el maíz se destina al consumo familiar, por lo que el criterio B/C tiene que relativizarse. Los efectos *abono* y *herbicida*, así como los impactos positivos en la economía hídrica de los suelos (cuando el sistema biológico funciona adecuadamente) son factores que fortalecen fundamentalmente la confiabilidad, la estabilidad, la resiliencia y, quizás en menor grado, la productividad.

Por lo que se refiere a los campesinos de muy bajos recursos que son el sujeto de este trabajo, es difícil mejorar los atributos de equidad y autogestión del sistema tradicional, ya que éste se ha desarrollado a lo largo del tiempo adaptándose a los recursos locales disponibles (aunque conlleva una distribución de beneficios y costos a un nivel muy bajo, que no saca al campesino de sus niveles de pobreza muchas veces extrema). Si bien el sistema innovador no requiere mayores recursos externos, los simples requerimientos de semilla y de conocimiento para manejarlo implican restricciones iniciales que deben ser subsanados con procesos de capacitación y fortalecimiento de los procesos de aprendizaje.

En cuanto a la adaptabilidad, y a escala de parcela, el sistema innovador es bastante flexible, sobre todo si incluye alternativas de diversificación de especies (en virtud de que la mucuna tiene algunas limitantes en cuanto a nichos agroecológicos). A nivel de la unidad familiar, surgen algunas limitaciones a la adaptabilidad debido a las restricciones de los nichos socioeconómicos relacionados con la disponibilidad de tierras y con los regímenes de tenencia que afectan la toma de decisiones.

Este trabajo no permite emitir conclusiones definitivas sobre la adoptabilidad del sistema innovador. Se puede ver que el acceso a la semilla y al conocimiento necesario para manejar el nuevo sistema son elementos críticos, pero se observan diferencias muy claras en porcentajes de adopción entre comunidades que poseen recursos similares, diferencias que parecerían explicarse con base en las estrategias de promoción utilizadas. Por otra parte, el sistema AVCC tiene que competir no sólo con la RTQ tradicional sino con otros sistemas alternativos que parecen ser más productivos en el corto plazo, aunque hay cuestionamientos respecto a su estabilidad y resiliencia a largo plazo, además de que tienen mayores problemas de autogestión y equidad, debido a su mayor dependencia de insumos externos.

Este trabajo tampoco permite derivar conclusiones sólidas sobre los efectos positivos a nivel de paisaje o cuenca. El posible impacto en cuanto a la conservación de los recursos naturales (bosques sobre todo) y de la biodiversidad sigue en discusión, por los mismos factores que limitan la sustentabilidad del sistema a escala de la parcela y de la unidad familiar, así como por los resultados variables de la adopción. Estos efectos a escala de paisaje sólo serían significativos como resultado de una adopción generalizada del nuevo sistema en zonas estratégicas. Los programas oficiales que están surgiendo en la región y que se basan casi en forma exclusiva en los sistemas maíz–mucuna constituyen un paso en esta dirección, sobre todo porque podrían generar algunos cambios de políticas que eventualmente ampliarían los nichos socioeconómicos.

Tomando en cuenta la diversidad observada en los agroecosistemas y en las condiciones socioeconómicas de los campesinos, los sistemas maíz–mucuna y, en general, los sistemas AVCC deberían considerarse como una opción más dentro de un menú diverso de alternativas. Su adopción y adaptación debería tomar en cuenta las características de los varios *nichos* y

su evolución hacia otros sistemas no debería considerarse necesariamente como un retroceso.

## **6.2. Conclusiones y recomendaciones metodológicas**

### *El MESMIS como marco conceptual para la evaluación*

El MESMIS resultó un marco general que ayudó al ET (y a los autores de este documento) a abordar la evaluación de manera sistémica. El considerar unos atributos básicos para la sustentabilidad e ir luego a la discusión sobre puntos críticos e indicadores estratégicos sirvió para iniciar la integración del equipo multidisciplinario y para plantear una discusión amplia sobre los varios aspectos que influyen en la sustentabilidad de los sistemas comparados. Dado que la metodología promueve un enfoque integral, hay que tomar en cuenta que una composición inadecuada del equipo de evaluación puede llevar a que algunos aspectos fundamentales sean omitidos del análisis o dar a que la evaluación esté sesgada hacia algunos aspectos específicos (ya sea biológicos o económicos).

Entre los aspectos particularmente positivos de la utilización del MESMIS destaca la posibilidad de evaluar, de manera sistemática, las relaciones entre los diferentes atributos, en particular cuando es necesario sacrificar uno de ellos por el bien de otro (o *trade-off*, tal como ocurre, por ejemplo, entre productividad y confiabilidad). La discusión sobre adaptabilidad permitió que surgiera el concepto de nichos para los sistemas, que seguramente ayudará a los grupos que están activos en la promoción. La discusión de algunos indicadores específicos llevó al grupo a considerar el concepto de *umbrales*, como es el caso de un volumen mínimo de producción de biomasa por parte de la leguminosa, para que efectivamente funcione como una cobertura y no como una maleza más en el sistema. Finalmente, el grupo comenzó a mencionar sistemas “más sustentables en ciertos aspectos y con limitaciones en otros atributos”, evitando emitir juicios absolutos.

Se presentaron, sin embargo, algunos problemas a nivel conceptual. A veces fue difícil distinguir un punto crítico, un criterio de diagnóstico y un indicador. Esto se manifestó en las múltiples versiones propuestas para la

tabla de puntos críticos y criterios de diagnóstico, que se presenta aquí como una matriz todavía tentativa (véase el Cuadro 6.4, p. 231). Asimismo, la articulación entre las varias escalas de la evaluación podría haber sido motivo de más trabajo. Finalmente, quizás la etapa más difícil fue la final, de integración de los resultados: La discusión en el ET fue rica, pero no se pudo utilizar ninguna de las metodologías cuantitativas o gráficas sugeridas por el MESMIS (análisis multivariado, diagrama amiba, etc.).

### *La implementación de la idea en el campo*

La ejecución de la estrategia de evaluación se enfrentó a una serie de dificultades de diversa índole, aunque es necesario aclarar que prácticamente cada uno de estos elementos, que de alguna manera fueron percibidos como *problemas* para la implementación, también pueden ser considerados como *fortalezas* del enfoque metodológico elegido. Merecen citarse, en particular:

**Las dificultades del trabajo interdisciplinario:** Tal como lo recomienda el MESMIS, este tipo de evaluación requiere de un equipo multidisciplinario. Para el ET, sin embargo, no fue fácil consolidar ese equipo; el proceso llevó tiempo y requirió de facilitación externa.

**Las dificultades del trabajo intersectorial:** En el ET trabajaron académicos y profesionales de ONGs en forma conjunta. Fueron claras las diferencias de perspectivas e intereses, sobre todo al inicio del proyecto. La construcción de un marco conceptual compartido, utilizando el MESMIS, y la integración de diversas herramientas de trabajo entre los integrantes del proyecto fueron ejercicios valiosos que contribuyeron a ampliar el entendimiento y las perspectivas originales de los participantes.

**Las dificultades de la diversidad dentro del CCC:** La decisión de crear un grupo campesino, el CCC, que tuviera un papel fundamental en la evaluación fue un intento radical de promover la participación de los directamente interesados en el cambio tecnológico. No fue fácil, sin embargo, poner en práctica esta idea. En el CCC trabajaron campesinos de diferentes etnias y religiones, muchos de los cuales, además, carecían de experiencias previas en este tipo de tareas. Convivieron en el CCC promotores campesinos con bastante contacto previo con técnicos y campesinos sin esos contactos, lo que provocó momentos difíciles para el grupo cuando los primeros quisieron imponer sus criterios.

**Los problemas de comunicación entre ET y CCC:** Por un lado, se intentó mantener al CCC *protegido* de la influencia de los técnicos, pero, por otro lado, fue necesario cierto grado de interacción desde un principio, para llegar a acuerdos sobre los objetivos del proyecto.

**Una evaluación acotada en el tiempo:** La evaluación de la sustentabilidad implica interpretar procesos pasados y estimar la evolución futura del sistema (a veces con procesos graduales y no necesariamente lineales). Sin embargo, el trabajo de campo del Proyecto Pachuca fue un corte transversal en el tiempo. El ET decidió abordar un segundo ciclo de evaluación, ajustando algunas metodologías e inclusive revisando el listado de puntos críticos y de criterios de diagnóstico.

**La evaluación de los sistemas en fincas de campesinos:** El trabajo de los técnicos en las parcelas de los campesinos no fue fácil, ya que técnicos y campesinos tienen distintos calendarios y ritmos. Este trabajo constituyó, sin embargo, un excelente aprendizaje para algunos investigadores.

**La evaluación de sistemas en vez de prácticas aisladas:** Los sistemas comparados son complejos y diversos. La evaluación de su funcionamiento, tanto desde el punto de vista biofísico como en lo que se refiere a las decisiones del campesino, es una tarea mucho más complicada que la simple evaluación agronómica de prácticas de manejo.

**El trabajo a diferentes escalas:** Tal como lo menciona el MESMIS, este tipo de evaluación requiere trabajar a varias escalas o niveles. El ET lo intentó pero se encontró con dificultades cuando se pasó de la parcela a la unidad familiar, y más dificultades aun cuando se intentó trabajar a escala de cuenca o región.

### **6.3. Recomendaciones para un segundo ciclo de evaluación**

Las enseñanzas de este primer ciclo de evaluación permiten emitir una serie de sugerencias metodológicas para una segunda fase:

- Un planteamiento más amplio sobre los sistemas de manejo a evaluar en cada comunidad, de acuerdo con sus condiciones agroecológicas, considerando al uso de AVCC sólo como una entre varias opciones de un menú.

- Un ajuste de los criterios de diagnóstico y de los indicadores en función de estos nuevos sistemas a comparar y de los recursos disponibles.
- Una definición de valores de referencia y umbrales, en función de los cuales puedan ser evaluados e integrados los indicadores.
- Un replanteamiento de los objetivos y relaciones de las instituciones con intereses en el tema, que incluya la profundización y sistematización del conocimiento sobre el uso de AVCC, la apertura de la agenda de investigación a otros temas y el fortalecimiento de los vínculos entre las ONGs, las instituciones académicas y los organismos gubernamentales.
- Un fortalecimiento de las herramientas del análisis económico, especialmente en el contexto campesino.

#### 7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar J., C.E. 1996. *El agroecosistema maíz (Zea mays L.) - nescafé (Stizolobium deeringianum Bort.) en el valle del Tulija, Chiapas: Su potencial de sustentabilidad agroecológica* (tesis de maestría). Veracruz: Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, 222 pp.
- Aguirre M., J.L. 1995. *Control de maleza en la asociación maíz (Zea mays L.) frijol terciopelo (Stizolobium deeringianum Bort.) en terreno de ladera, en Villaflores, Chiapas* (tesis profesional). Villaflores, Chiapas: UNACH (Universidad Autónoma de Chiapas), 64 pp.
- Alvarado R., J.C. 1994. *Enfermedades del maíz (Zea mays L.) asociado con frijol terciopelo (Stizolobium deeringianum Bort) en terreno de ladera, en Villaflores, Chis.* (tesis profesional). Villaflores, Chiapas: UNACH, 74 pp.
- Arteaga, L., T. Carranza, M. Eilitta, M. González, C. Guerrero, F. Guevara, B. Herrera, A. López, F. Martínez, A. Mendoza, G. Narváez, R. Puentes, H. Reyes, C. Robles, I. Sohn y B. Triomphe. 1997. "El uso de sistemas de cultivo con plantas de cobertura en algunas comunidades del Sureste mexicano: Contexto, resultados y lecciones aprendidas". Estudio de caso presentado en: *Taller Internacional Sobre Abonos Verdes y Cultivos de Cobertura para pequeños productores de zonas tropicales y subtropicales* (6-12 de abril). Chapecó, Brasil, 42 pp.
- Astier, M. y O. Masera. 1997. *Metodología para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS)* (documento de trabajo núm. 17). Pátzcuaro, Michoacán: GIRA A.C.

- Bunch, R. 1995. *Dos mazorcas de maíz: Una guía para el mejoramiento agrícola orientado hacia la gente*. Oklahoma, EUA: Vecinos Mundiales, 268 pp.
- Buckles, D., B. Triomphe y G. Sain. 1998. *Cover Crops in Hillside Agriculture. Farmer Innovation with Mucuna*. México: IDRC-CIMMYT
- Caamal M., J.A. 1995. *El uso de leguminosas como cobertura viva y muerta para el control de las malezas en el cultivo de maíz, como alternativa al sistema roza-tumba-quema, en Yucatán, México* (tesis de maestría). Turrialba, Costa Rica: CATIE, 106 pp.
- Da Silva, R. 1991. *Potencial de mucuna preta como adubo verde para arroz de sequeiro em latossolo amarelo da Amazônia* (tesis de doctorado, Solos e Nutrição de Plantas). Piracicaba, Brasil: Universidad de Sao Paulo, 132 pp.
- García, E y R. Sosa. 2000. *Exploración del mercado de semillas de leguminosas con potencial en sistemas de abono verde y cultivo de cobertura en México* (informe del Grupo Agricultura de Cobertura, GAC). Oaxaca: Centro Regional Universitario Sur de la Universidad Autónoma de Chapingo (CRUS-UACH) (en prensa).
- García, R., R. Quiroga y N. Granados. 1994. “Agroecosistemas de productividad sostenida de maíz, en las regiones cálidas húmedas de México”. En: H. Thurston *et al.* (comps.) *Tapado: los sistemas de siembra con cobertura*. Nueva York: CATIE-CIIFAD, pp. 65-80.
- Gonzales C., M.C., R. Ferrera-Cerrato, R. García Espinosa y A. Martínez Garza. 1990. “La fijación biológica de nitrógeno en un agroecosistema de bajo ingreso externo de energía en Tamulté de las sabanas, Tabasco”. En: *Agrociencia*, 1:3. Montecillos, México: Colegio de Postgraduados, pp. 133-150.
- Guerrero J., T.C. 1995. *El conocimiento tradicional sobre el uso de la pica-pica mansa en el sistema de chahuitera en el norte del Istmo Oaxaqueño, México* (tesis profesional). Chapingo, México: UACH, 100 pp.
- Guevara H., F. y O.B. Herrera H. 1995. *Evaluación de leguminosas coberteras en el sistema roza-tumba-quema en La Esmeralda, Santa María Chimalapa, Oaxaca, México, I* (tesis profesional). Chapingo, México: UACH, 95 pp.
- Guevara H., F. 1996. “Evaluación del impacto de los abonos verdes y cultivos de cobertera en la sustentabilidad del manejo de los recursos naturales en comunidades del Sureste de México: Proyecto Pachuca”. En: *Red Gestión de Recursos Naturales*, núm. 5, segunda época (septiembre-octubre-noviembre), México, pp. 32-37.

- Guevara H., F. 2000. *Evaluación de leguminosas herbáceas con potencial de uso múltiple en comunidades rurales del Sureste de México* (tesis de maestría, especialidad de Fisiología Vegetal, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad). Montecillo, México: Colegio de Postgraduados, 148 pp.
- Jiménez M., E. 1996. *Sistemas de asociación maíz (Zea mays L.) - Kudzú (Pueraria phaseoloides Roxb) y maíz-dolichos (Dolichos lablab L.) y su efecto en la entomofauna en Villaflores, Chis.* (tesis profesional). Villaflores, Chiapas: UNACH, 53 pp.
- López M., J. 1993. *Conservación y productividad de los suelos en ladera de la Fraylesca, Chiapas* (tesis de maestría). Montecillo, México: Colegio de Postgraduados, 177 pp.
- Martínez H., F. e I. Morales L.. 1997. *Evaluación de leguminosas coberteras asociadas con maíz en sistema de chahuitera, en San Francisco la Paz, Santa María Chimalapa, Oaxaca, México, I* (tesis profesional). Chapingo, México: UACH, 107 pp.
- Masera, O., M. Astier y S. López-Ridaura. 1999. *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS*. México, D.F.: Mundi Prensa, GIRA e Instituto de Ecología.
- Mendoza E., A. 1997. *Evaluación económica de un sistema de labranza y abonado en la asociación de maíz con leguminosas (Mucuna deeringianum y Canavalia ensiformis): una alternativa al sistema roza-tumba-quema en la comunidad de Sahcabá, Yucatán* (tesis profesional). Mérida, Yucatán: UADY, 91 pp.
- Mora L., R. 1998. *Actividad nitrogenasa en Mucuna deeringiana y Canavalia ensiformis asociadas a maíz, en dos localidades del municipio de Santa María Chimalapa, Oaxaca* (tesis profesional en Agroecología). Chapingo, México: UACH, 105 pp.
- Narváez C., G. y E. Paredes H. 1994. *El pica pica (Mucuna pruriens), más que un abono verde para maíz en el norte del Istmo Oaxaqueño*. Chapingo, México: Dirección de Centros Regionales, UACH, 28 pp.
- Ortiz C., Andrés. 1995a. *Aporte de nitrógeno y control de arvenses por el uso de leguminosas en el cultivo del arroz* (tesis de maestría). Montecillo, México: Colegio de Postgraduados, 116 pp.
- Ortiz C., Ángel I. 1995b. *Evaluación de pica pica mansa Mucuna spp. como cultivo de cobertura* (tesis de maestría). Cárdenas, Tabasco: Colegio de Postgraduados, 144 pp.

- Quiroga M., R. 1994. “Uso de leguminosas para la recuperación de la estabilidad en agroecosistemas de la Fraylesca, Chiapas”. En: H. Thurston *et al.* (comps.). *Tapado: los sistemas de siembra con cobertura*. Nueva York: CATIE-IFAD, pp. 237-260.
- Reyes T., V. y C. Sánchez C. 1997. *Producción de semilla de Mucuna deeringiana en dos sistemas de manejo en el poblado El Modelo, Matías Romero, Oax. México* (tesis prof.). Chapingo, México: UACH, 100 pp.
- Serrano F., F. 1996. *Diagnóstico sobre el uso de leguminosas no convencionales en La Fraylesca, Chiapas, México* (tesis profesional). Villaflores, Chiapas: UNACH, 88 pp.
- Triomphe, B. 1996. *Seasonal Nitrogen Dynamics and Long-term Changes in Soil Properties under the Mucuna/Maize Cropping System on the Hillsides of Northern Honduras* (tesis de doctorado). Ithaca, Nueva York: Cornell University, 217 pp.
- Vázquez H., J.L. 1995. *Entomofauna presente en los sistemas de asociación maíz (Zea mays L.)- Stizolobium deeringianum Bort y maíz- Canavalia ensiformis L. en terreno intermedio en Villaflores, Chiapas, México* (tesis profesional). Villaflores, Chiapas: UNACH, 77 pp.
- Velásquez H., J.C, L.E. García B., K.C. Nelson, W. López B. 1996. *Crisis de la producción moderna subsidiada de maíz y participación campesina en la autogestión de tecnologías para su producción sustentable: las asociaciones frijol común–maíz y frijol nescafé–maíz en el ejido Francisco Villa en Villaflores, Chis., México* (tesis de maestría). San Cristóbal de las Casas, Chiapas: ECOSUR, 33 pp.