

# VII

## ***EL DISEÑO DE SISTEMAS SUSTENTABLES DE MAÍZ EN LA REGIÓN PURHÉPECHA***

*Marta Astier, Esperanza Pérez Agis, Florentino Mota García,  
Omar Maserá y Claudio Alatorre Frenk*

### 1. ANTECEDENTES

#### **1.1. La agricultura de *año y vez***

**E**n México la agricultura del maíz ocupa un lugar muy importante en las unidades de producción agro-silvo-pastoriles. En 1991, este cultivo abarcó el 58 por ciento (6.5 millones de hectáreas) de la superficie sembrada con cultivos anuales a nivel nacional y el valor de la producción maicera representó el 18 por ciento del valor total de la producción agrícola (INEGI, 1994). Por otro lado, el 85 por ciento de la superficie sembrada con maíz se localiza en zonas de temporal, y la mayoría de las unidades productoras de este cultivo son pequeñas parcelas (de menos de 5 hectáreas), organizadas como ejidos en suelos de mala calidad, con terrenos de ladera y bajo condiciones de alta incertidumbre climática (CCA, 1999).

Los pequeños agricultores que cultivan tierras de ladera en las zonas temporeras y templadas del país utilizan frecuentemente el sistema de manejo denominado *año y vez*, que consiste en cultivar la tierra un año, dejándola descansar después durante un periodo de entre 1 y 3 años, a veces con presencia de ganado. En 1981 existían en el país más de un millón de hectáreas de tierras de pendiente cultivadas con maíz bajo este sistema (Masera, 1990).

## 1.2. La cuenca alta del Lago de Zirahuén

La cuenca alta del Lago de Zirahuén, ubicada dentro de la Región Purhépecha del estado de Michoacán, es representativa de las condiciones arriba descritas. Esta cuenca se extiende sobre los municipios de Salvador Escalante y, en menor medida, Pátzcuaro, en la Subregión Purhépecha del Lago de Pátzcuaro (véase la Ilustración 7.1). Su fisiografía es accidentada, con pendientes que van del 4 al 13 por ciento, y sus suelos son de origen volcánico, con fertilidad media a baja.

Aquí se combina la producción forestal (se trata de una de las zonas de la porción centro-norte del estado en las que esta industria tiene un interés mayor) con la agropecuaria (que abarca el 64 por ciento de la superficie total) (Cruz, 1998). El sistema de manejo *año y vez* se practica en la mayor parte de la superficie agrícola de las partes altas de la región (hasta 3340 metros sobre el nivel del mar).<sup>1</sup>

La población indígena de la región, heredera directa de una de las últimas culturas lacustres que florecieron en la antigua Mesoamérica (Toledo *et al.*, 1992), mantuvo hasta mediados de la década de los sesenta una serie de instituciones tradicionales de regulación, bajo las cuales el sistema de *año y vez* cumplía una importante función, complementando el abasto familiar y diversificando el riesgo económico.

Hoy en día, sin embargo, las prácticas agrícolas tradicionales de conservación de suelos (labranza en contra de la pendiente), de fertilización orgánica (a base de estiércol) y de asociación y rotación del maíz con otros

---

<sup>1</sup> En el ciclo primavera-verano de 1991, el 63 por ciento de la superficie laborable de los municipios de Cherán, Nahuatzen, Salvador Escalante y Tingambato no se cultivó (Álvarez *et al.*, 1993), lo que da cuenta de la importancia del sistema de *año y vez* en la región. (El maíz abarcó el 58 por ciento de la superficie que sí se sembró.)

**Ilustración 7.1. Ubicación de la Subregión Purhépecha del Lago de Pátzcuaro**



Fuente: GIRA, A.C.

cultivos, (en particular frijol, *Phaseolus vulgaris*, cocotz, *Phaseolus coccineus*, amaranto, *Amaranthus hypochondriacus* y chíá, *Chenopodium sp*), han disminuido o desaparecido.

Este deterioro del sistema *año y vez* ha provocado una disminución en la productividad del maíz y un empeoramiento en la calidad del ganado. Esto, aunado a la drástica caída en los precios reales de los productos agrícolas, ha llevado al sistema a una seria crisis (Astier, 2000).

Por otro lado, el abandono de las prácticas de conservación de suelos, el uso de prácticas agrícolas inadecuadas y el sobre-pastoreo han provocado que los suelos permanezcan sin cobertura durante muchos meses al año (en año de cultivo de marzo a junio y en año de descanso de marzo a julio y casi todo el invierno), lo que los hace altamente susceptibles a la erosión hídrica. Esto a su vez ha provocado el azolvamiento y la contaminación de los lagos de la región (Chacón, 1991).

### **1.3. El estudio de caso**

Ante esta situación, los agricultores de algunas comunidades de la cuenca alta (en particular Casas Blancas, Opopeo y Santa Clara del Cobre) han manifestado un gran interés por rescatar el cultivo del frijol y del amaranto y por introducir cultivos forrajeros adecuados.

Fue así que el Programa de Agroecología de GIRA (Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, Asociación Civil) inició en 1995, en la comunidad de Casas Blancas del municipio de Salvador Escalante, un proyecto de investigación participativa y difusión para generar un sistema de manejo alternativo que pudiera capitalizar las fortalezas del sistema de manejo tradicional de *año y vez* e incidir sobre sus debilidades.

El proyecto busca diversificar el sistema de maíz con base en el rescate de cultivos tradicionales (frijol, *cocotz*, haba y amaranto) y en la incorporación de cultivos forrajeros mejorados (vicias, avenas y pastos nativos) de doble propósito (fertilización y forraje).

El proyecto ha contado con apoyos económicos del Grupo Consultivo sobre Investigaciones Agrícolas Internacionales (CGIAR) y del Centro de Estudios Latinoamericanos (CLAS) de la Universidad de California. Recientemente, el proyecto se integró al Programa de Gestión de Recursos Naturales de la Fundación Rockefeller en México. (Con el apoyo de este programa, Astier *et al.* (2000) publicaron una descripción más detallada del proyecto).

### **1.4. Metodología**

Para evaluar las potencialidades ambientales y socioeconómicas de las prácticas de diversificación propuestas, el proyecto se sustenta en el Marco

para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) (Maserá *et al.*, 1999).

En un principio, el equipo evaluador, formado por un técnico agropecuario, dos agrónomos y un especialista en ecología de los recursos naturales, realizó una caracterización general de la unidad de producción, e identificó la problemática de los distintos sistemas de manejo agrícola *año y vez*. Para ello, el equipo organizó talleres y acompañó a los ejidatarios en varias actividades comunales. A partir de ahí se vio que son dos los sistemas de manejo preponderantes (un *sistema de manejo* es un conjunto de prácticas agrícolas), que se denominaron tradicional y comercial.

Posteriormente, para caracterizar con mayor detalle ambos sistemas agrícolas, se hicieron visitas y mediciones en el campo, se asistió a las asambleas ejidales y se aplicó una entrevista a 16 agricultores (que incluyó una recapitulación histórica de prácticas y tecnologías agrícolas usadas en los últimos diez años), así como una encuesta detallada a tres productores representativos de cada sistema de manejo. Además se consultaron los censos regionales y la bibliografía pertinente.

Con base en toda la información recopilada y en otras investigaciones realizadas en la región, se hizo un análisis comparativo de ambos sistemas y se propuso un sistema alternativo que pretende incidir en los puntos críticos identificados en la evaluación, mejorando la sustentabilidad económica y ambiental de la producción agrícola.

A continuación se describen los dos sistemas de manejo agrícola, y posteriormente se presenta el análisis comparativo. La propuesta de sistema alternativo aparece al final de este capítulo.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANEJO AGRÍCOLAS A EVALUAR

### 2.1. La unidad de producción tipo del ejido de Casas Blancas

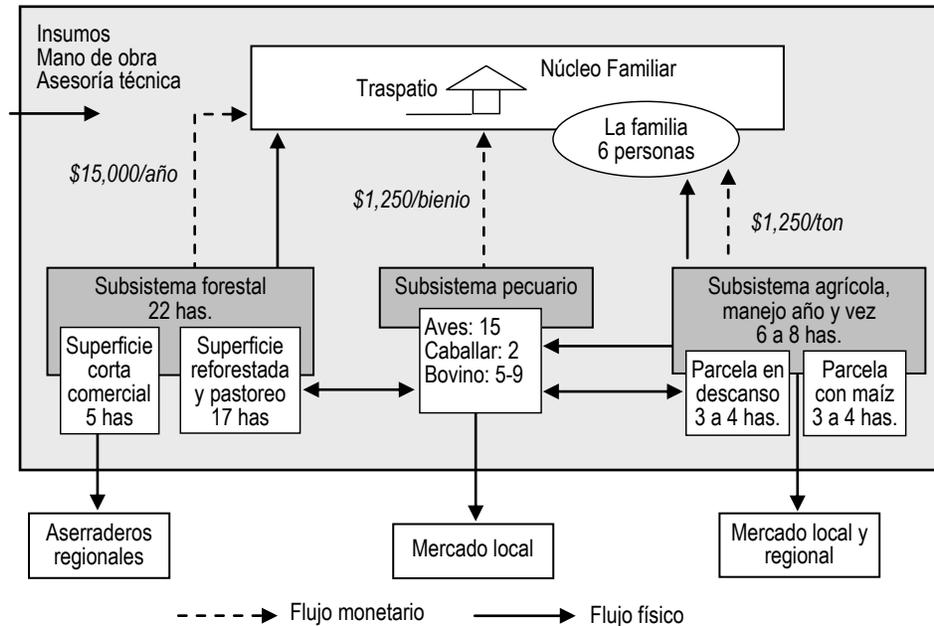
La comunidad de Casas Blancas es un fiel representante de las poblaciones rurales de la cuenca alta de la Región Purhépecha, con predominio de las actividades económicas de carácter primario. La comunidad tiene una

población de aproximadamente 1,000 personas y cuenta con electricidad, agua potable, escuelas y clínica de salud.

El ejido de mismo nombre, formado por 54 ejidatarios, tiene una superficie de 1620 hectáreas, de las cuales el 80 por ciento están cubiertas de bosque y el 18 por ciento se dedican a la agricultura. Cada ejidatario cuenta con una superficie compacta de 30 hectáreas que hemos denominado *unidad de producción*. Por lo general cada productor destina el 70 por ciento de la superficie a actividades de aprovechamiento forestal y el 30 por ciento a actividades agropecuarias (véase la Ilustración 7.2). El 60 por ciento de los pobladores se dedican a la agricultura.

La producción agrícola depende del temporal y se desarrolla en laderas con una pendiente que va desde un 4 hasta un 13 por ciento. Las parcelas miden de 6 a 8 hectáreas, con rendimientos de 1 a 2 toneladas por hectárea.

**Ilustración 7.2. Unidad de producción tipo.  
Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**



Nota: Precios de 1997 (tipo de cambio: 8.00 pesos por dólar E.U.A.).

El maíz es el principal cultivo y se practica principalmente en condiciones de monocultivo, aunque hay pequeñas superficies en las que existe policultivo de maíz con legumbres y frutales. A este tipo de agricultura se le considera de subsistencia, ya que la mayor parte de la producción se destina al autoconsumo. Cuando hay excedentes de maíz, se venden principalmente en el mercado regional, a través de CONASUPO, y en menor medida en la localidad.

Los suelos en que se desarrolla la actividad agrícola son andosoles de origen volcánico, con una baja disponibilidad de fósforo y nitrógeno y un alto contenido de materia orgánica. Estos suelos son altamente estables a la descomposición microbiana por su naturaleza físico-química (Etchevers *et al.*, 1985; Alcantlaya, 1982).

El subsistema pecuario está formado por un hato de ganado bovino de entre 5 y 9 cabezas, que normalmente pasta libremente en las parcelas en descanso y en el área forestal. El ganado representa una fuente de ingreso periódico (un becerro para engorda se vende cada 2 ó 3 años en el mercado local o regional) y una fuente monetaria inmediata en caso de necesidad, y puede ser también un medio de producción (como animales de tiro para la yunta).

El subsistema forestal abarca alrededor de 22 hectáreas, subdivididas en áreas de aprovechamiento y áreas de reforestación, y aporta tanto bienes materiales para la vivienda (leña y postes de construcción) como un ingreso anual de aproximadamente 15,000 pesos por la venta de madera en rollo a los aserraderos.<sup>2</sup>

El principal órgano colectivo para la toma de decisiones al interior del ejido es la asamblea, formada por todos los ejidatarios. La asamblea ejidal se reúne cada mes y en ella se organizan mejoras a las obras urbanas, a la escuela, a la clínica de salud, etc., por medio de comités. La asamblea también se encarga de impartir justicia en casos menores. Cada año se celebra además una asamblea especial en la que se toman decisiones sobre el aprovechamiento forestal y sobre ciertos trámites institucionales.

---

<sup>2</sup> Precios de 1997 (8 pesos mexicanos por dólar de Estados Unidos). Para mayor información sobre la composición del ingreso, véase Astier *et al.* (2000).

## **2.2. Objeto de estudio**

Este estudio de caso se centra en el subsistema agrícola (que comprende las parcelas en producción de maíz y las parcelas en descanso), aunque toma en cuenta sus relaciones con el subsistema pecuario (flujos de estiércol y rastrojo), que son muy importantes para el suelo agrícola.

Los dos sistemas de manejo agrícola preponderantes, es decir, el tradicional y el comercial, se diferencian por (a) el tipo de fertilizante y de semilla; (b) el tipo de tracción para la labranza; (c) el tipo de mano de obra, y (d) el objetivo de la producción.

A grandes rasgos el sistema de manejo tradicional emplea estiércol como principal fuente de fertilizante (un grupo minoritario de productores aplican pequeñas dosis de fertilizante químico en la primera escarda cuando perciben amarillamiento del cultivo), más de una variedad de maíz y otras especies en la misma parcela, tracción animal y mano de obra principalmente familiar. El objetivo de la producción en este sistema es el autoabasto familiar.

El sistema de manejo comercial se puede caracterizar por el empleo de fertilizante químico, únicamente maíz blanco comercial, tracción tanto mecánica rentada (para el barbecho y la cruza) como animal (para el resto de las labores) y mano de obra principalmente contratada. Los objetivos del sistema comercial son la producción para el autoabasto y la generación de ingresos monetarios por la venta de excedentes.

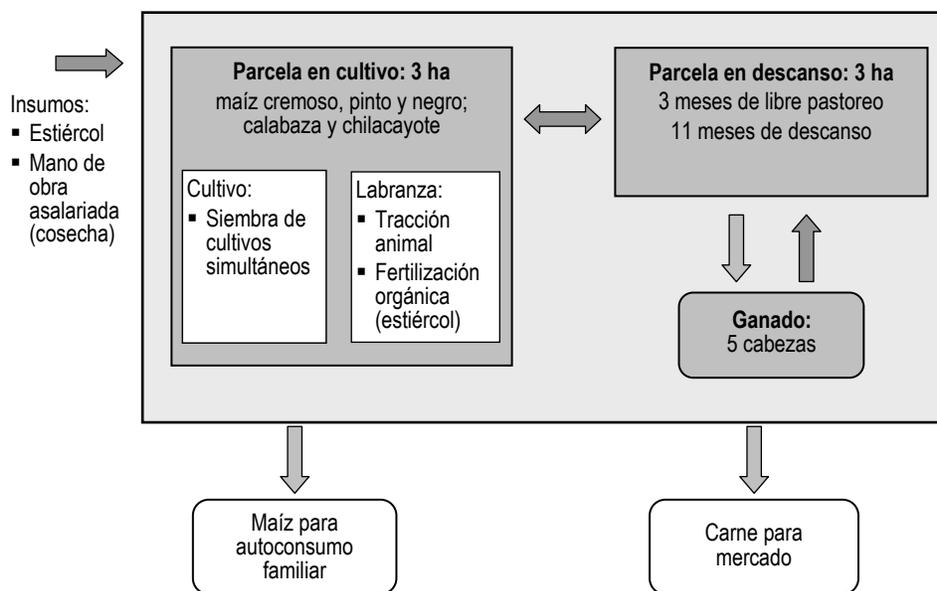
A continuación se describen con mayor detalle ambos sistemas.

## **2.3. Descripción de los sistemas de manejo agrícola**

### *Sistema de manejo tradicional*

El propósito de este sistema es el autoabasto de maíz como principal producto y, en menor cantidad, calabaza y chilacayote, también para el autoconsumo familiar. Se practica en laderas con pendientes que van del 4 al 13 por ciento, con rotación anual o bianual alternada de 2 ó 3 parcelas. El predio agrícola tiene una superficie promedio de 6 hectáreas, divididas en parcelas de 2 a 3 hectáreas cada una (véase la Ilustración 7.3). Cada parcela permanece bajo cultivo por 9 meses (marzo a noviembre) y luego en

**Ilustración 7.3. Sistema tradicional de manejo año y vez.  
Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**



descanso durante 11 meses (diciembre a octubre), lo que permite recuperar parte de la fertilidad del suelo.

Las variedades de maíz que se cultivan en la ladera son criollas, con un ciclo más corto que las de los valles, predominando las variedades cremosas y en menor cantidad las pintas. Pequeñas superficies de la parcela se dedican al policultivo con semillas criollas de calabaza y chilacayote, y existen casos aislados de productores que todavía cultivan en sus huertos familiares un frijol semiperenne llamado *Cocotz* (*Phaseolus coccineus*).

La labranza se practica con yunta de bueyes para el barbecho y la siembra, y yunta de caballos para la escarda y tapado de la semilla en la siembra. Dado que un número importante de ejidatarios no cuenta con yunta de bueyes propia, dan sus terrenos a medias con productores que tienen facilidades para labrar los terrenos. A lo largo del ciclo, la familia aporta la mayor parte de la mano de obra, con excepción de la época de cosecha, en la que se requiere contratar algunos jornales.

La fertilización se basa principalmente en la aplicación en la siembra de una tonelada por hectárea de estiércol de res o de puerco, que los productores compran a granjas especializadas en la región. En ocasiones se aplica además en la primera escarda un refuerzo de fertilización nitrogenada (sulfato de amonio, 21-0-0) que varía de 2 a 4 bultos por hectárea (equivalente a 21 a 42 kilogramos por hectárea de nitrógeno), dependiendo del dinero con que cuenta el productor al momento de la siembra. Recientemente se observa una tendencia hacia el aumento en el número de productores que utilizan estiércol como fertilizante, debido al incremento de precio que los fertilizantes sintéticos han tenido desde 1993.

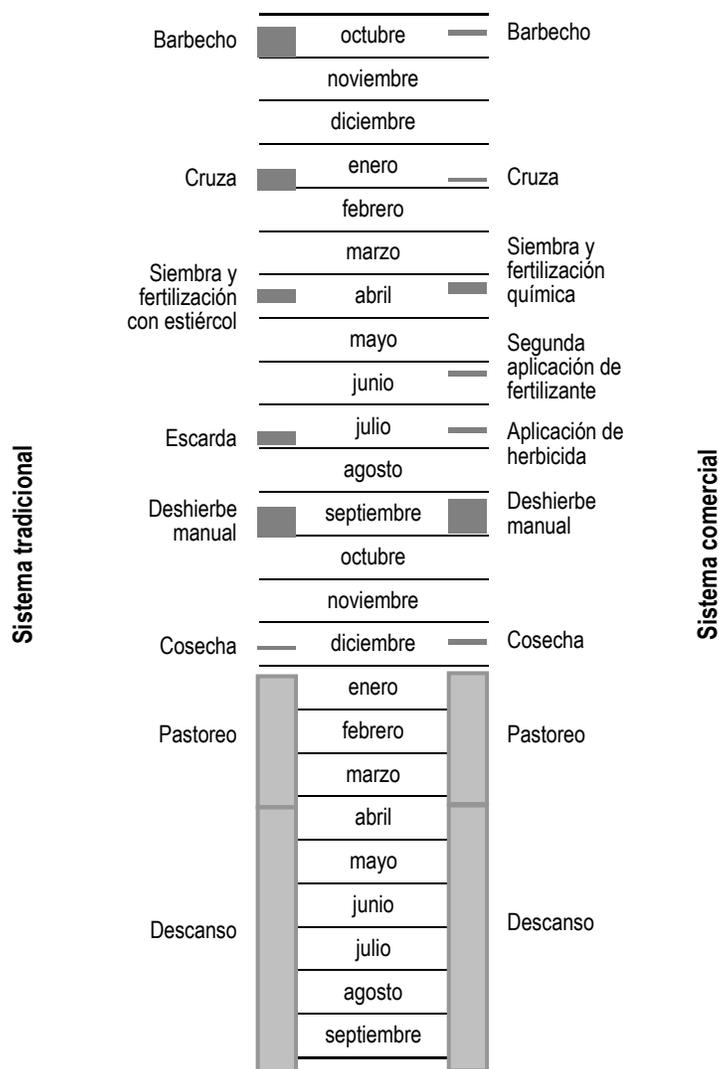
Para el control de plagas y enfermedades no se practica ninguna labor específica; el control de malezas se hace mediante las escardas y manualmente hasta el cuarto mes de edad del maíz. Las malezas se dejan a lo largo del surco, lo que puede funcionar como un acolchado y como fuente de nutrientes (véase la Ilustración 7.4).

El rendimiento de maíz varía de 800 a 1,900 kilogramos por hectárea (con un promedio de 1.2 ton/ha). El principal destino de la producción es el autoconsumo y, en caso de haber algún excedente, éste se vende localmente.

El sistema de manejo agrícola tiene una importante relación con el sistema pecuario. El tamaño del hato promedio es de 5 cabezas de ganado bovino (incluyendo la yunta) y 2 de caballar de raza criolla (los caballos se mantienen en el poblado). Durante los meses de enero a marzo, el ganado bovino se alimenta de los residuos de la cosecha de maíz (esquilmos) que quedan en pie en las parcelas en descanso y realiza un abonado *in situ* que es aprovechado por el cultivo del siguiente ciclo agrícola. Después de marzo, cuando se agotan los esquilmos, el ganado es llevado al monte, donde se mantiene de los pastos nativos por el resto del año (9 meses). El tiempo de engorda para la venta de una cabeza dura normalmente 3 años. El subsistema pecuario provee entonces en este sistema un medio de producción, un ingreso por venta periódica y una fuente monetaria inmediata en caso de necesidad.

Actualmente 40 ejidatarios (que representan el 74 por ciento del total) practican el manejo tradicional.

**Ilustración 7.4. Calendario de actividades de los sistemas tradicional y comercial. Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**



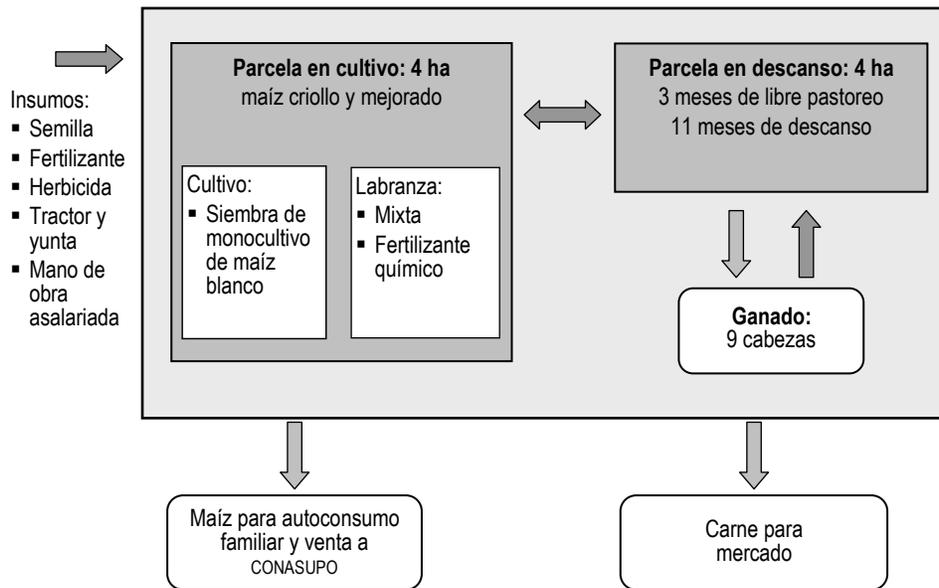
Nota: La duración de las tareas agrícolas corresponde a parcelas de tamaño promedio (tres hectáreas en el sistema tradicional y cuatro en el comercial).

*Sistema de manejo comercial*

El propósito de la producción es el abasto familiar de maíz y la venta de excedentes para cubrir el resto de las necesidades familiares. Esta agricultura se practica en parcelas con pendientes que van del 4 al 13 por ciento y con fácil acceso para la maquinaria agrícola. El predio promedio es de 8 hectáreas, dividido en dos parcelas de 4 hectáreas cada una (véase la Ilustración 7.5).

En su mayoría, los ejidatarios cuentan con semilla criolla seleccionada proveniente de ejidos aledaños con clima ligeramente más templado, pues opinan que esta semilla responde mejor a las condiciones locales. Esta semilla se usa durante dos años, después de lo cual es necesario renovarla. Además, el programa estatal de comercialización de maíz (CONASUPO) ha fomentado el desplazamiento de las semillas de maíz amarillas, cremosas y de color (negras y pintas) por semillas criollas blancas.

**Ilustración 7.5. Sistema comercial de manejo año y vez.**  
**Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**



En su mayoría, los agricultores comerciales rentan tractor para el barbecho y realizan el resto de las labores (siembra y escardas) con yunta también rentada; emplean mano de obra principalmente familiar en la siembra y en la aplicación del herbicida, mientras que en la cosecha recurren a jornaleros.

Este tipo de agricultura se empezó a promover a partir de la década de los sesenta con la introducción a la región de los fertilizantes químicos, principalmente sulfato de amonio. Actualmente lo más frecuente es aplicar en cada hectárea 200 kilogramos de fosfato de diamonio (18-46-0) y 100 de sulfato de amonio simple (21-0-0), aunque algunos productores utilizan, en vez de éste último, nitrato de amonio (35.5-0-0), triple 17 (17-17-17) o urea (46-0-0). La fertilización se hace en dos aplicaciones: la primera a la siembra y la segunda 60 días después. Para el control de plagas no se realiza ninguna labor específica, aunque los productores han observado un aumento considerable en la incidencia de plagas rizófagas (*Macrodactylus sp.*, *Agrostis sp.*), a partir de los 15 días de nacido el maíz. Para el control de malezas se está generalizando la aplicación de herbicida.<sup>3</sup>

El rendimiento de grano de maíz por hectárea varía de 1.5 a 3 toneladas (en promedio 2.2 ton) y el destino de la producción es principalmente el mercado regional.<sup>4</sup>

Finalmente, el tamaño promedio del hato de ganado bovino en el sistema comercial es de 9 cabezas. El ganado se alimenta de enero a marzo del rastrojo en pie (esquilmos de cosecha de maíz) en las parcelas dejadas en descanso, y posteriormente es llevado hacia las áreas forestales, donde pasta durante 9 meses. Algunos productores cultivan pequeñas superficies con un cultivo forrajero (principalmente avena), que usan como complemento alimenticio, con lo cual recortan el periodo de engorda. Los objetivos de la producción pecuaria son entonces la venta periódica de ganado de engorda (cada dos años), la venta inmediata en caso de necesidad y, en pocos casos, el suministro de un medio de producción para la yunta.

---

<sup>3</sup> El más común es *Marvel*, a razón de 1 litro por hectárea. Sus ingredientes activos son Dicamba (sal de potasio de dicamba ác. 3,6-dicloro 0 anísico) 132 gr + Atrazina (2 cloro 4 etilamina 6 isopropilamina S-triazina) 252 gr /litro del producto comercial.

<sup>4</sup> En el ciclo 1997 la compra de maíz por el Estado fue restringida, y se fijó un precio de garantía de 1,250 pesos por tonelada, menor al del ciclo anterior.

Actualmente 14 ejidatarios (26 por ciento) cuentan con superficies adecuadas y recursos económicos suficientes para producir bajo este manejo (el Cuadro 7.1 resume las principales características de ambos sistemas de manejo).

**Cuadro 7.1. Características de los sistemas de manejo año y vez. Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**

Determinantes del agroecosistema		Sistema tradicional	Sistema comercial	
Biofísicas		Clima subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 14°C a 2100 msnm. Precipitación anual de 1000 mm. Heladas tardías en marzo y abril, que afectan el cultivo de maíz durante los primeros 15 días de nacido. Heladas tempranas de octubre a enero, que afectan el llenado de grano del maíz y los cultivos de invierno. El granizo se presenta de 2 a 4 días al año, generalmente acompañado de viento durante los meses de junio y julio. Suelos andosoles húmicos y ócricos		
Tecnológicas y de manejo	Tipo de especies y variedades manejadas	Maíz (blanco, cremoso y pinto), chilacayote y calabaza	Maíz (blanco); ocasionalmente cultivos forrajeros	
	Organización cronológica de los cultivos	Policultivo	Monocultivo	
	Tracción	Labranza	Tracción animal	Tracción mecánica
		Labores culturales	Tracción animal	Tracción animal
	Manejo de suelos	Conservación	No	No
		Fertilización	Orgánica (estiércol de res y puerco)	Química (sulfato diamónico y sulfato simple, estiércol de res)
	Manejo de plagas y enfermedades	No	No	
	Manejo de arvenses	Deshierbe manual	Herbicida y deshierbe manual	
	Manejo pecuario	Extensivo	Extensivo	
	Socioeconómicas	Tipo de productores	Ejidatarios con una superficie promedio de 6 ha para la producción de maíz	Ejidatarios con una superficie promedio de 8 ha para la producción de maíz
Objetivo de la producción		Autoconsumo	Autoconsumo y venta de excedentes	
Tipo de mano de obra		Principalmente familiar	Principalmente contratada	
Organización para la producción		No	No	

### 3. PUNTOS CRÍTICOS Y SELECCIÓN DE INDICADORES

A partir de la caracterización detallada de los sistemas agrícolas tradicional y comercial, así como de entrevistas y reuniones realizadas con los productores, productores e investigadores identificaron conjuntamente los puntos críticos que inciden directamente sobre la sustentabilidad de los sistemas de *año y vez* practicados en la comunidad de Casas Blancas (véase el Cuadro 7.2). Nótese que la mayoría de los atributos son cubiertos con indicadores correspondientes a, por lo menos, dos áreas de evaluación. Los indicadores se numerarán para mayor claridad.

Para el atributo **productividad** se identificaron dos puntos críticos importantes: *la baja productividad agropecuaria y la baja rentabilidad*. Estos problemas se deben, por un lado, a las características originales de la zona, con terrenos en ladera y suelos de origen volcánico que tienen una baja disponibilidad de fósforo y nitrógeno para los cultivos agrícolas. Al no ser manejados adecuadamente, en cuanto a fertilización, labranza, labores de conservación, tiempo de descanso, regulación del pastoreo, adición de enmiendas orgánicas, etc., estos suelos disminuyen su productividad con el tiempo. Por otro lado, el aumento en los precios de los insumos y la disminución en los precios de garantía del maíz han provocado también una reducción de los ingresos netos obtenidos en estos sistemas. Además, los productores manifiestan que existe una escasez de forraje de calidad para el ganado, ya que, para alcanzar 400 kilogramos por cabeza, el ciclo de engorda puede durar hasta 3 años. En el largo plazo, el libre pastoreo reduce la calidad y cantidad de las especies forrajeras nativas, tanto en los terrenos agrícolas como en los forestales, debido a que los pastos son consumidos de forma selectiva (subpastoreo) o de forma excesiva (sobrepastoreo). Para la evaluación de este atributo, se seleccionaron indicadores de las áreas ambiental y económica que reflejan tanto el nivel de productividad como su efecto sobre los recursos naturales que la sustentan: En el área ambiental, 1 rendimiento de productos por sistema, 2 índice de cosecha, 3 nivel de disponibilidad de forraje y 4 capacidad de carga animal; y en el área económica, 5 costos de producción, 6 ingreso, 7 utilidad y 8 relación beneficio–costo.

**Cuadro 7.2. Indicadores para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo. Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**

Atributo	Puntos críticos	Criterios de diagnóstico	Indicadores	AE <sup>1</sup>	MM <sup>2</sup>
Productividad	Baja productividad agrícola	Eficiencia	1 Rendimiento de grano	A	i,a
			2 Índice de cosecha	A	i,a
	Baja productividad pecuaria		3 Disponibilidad de forraje	A	a,f
			4 Capacidad de carga animal	A	j
	Baja rentabilidad		5 Costos de producción	E	a,b,c
			6 Ingreso	E	a,b
			7 Utilidad	E	k
			8 Relación beneficio–costo	E	k
Equidad	Altos costos para la adopción del sistema comercial	Distribución de costos y beneficios	9 Grado de adoptabilidad	S	g
	Limitado abasto familiar de granos básicos		10 Grado de autosuficiencia alimentaria	S	a,b,l
Estabilidad	Alta susceptibilidad a la erosión	Conservación de recursos	11 Control de erosión del suelo	A	m, d
	Degradación del suelo		12 Estabilidad del balance de nutrientes	A	a,f,m
	Predominio del monocultivo	Diversidad en el tiempo y en el espacio	13 Grado de diversidad de especies agrícolas por parcela	A	a,f,b
Adaptabilidad	Fracaso de paquetes tecnológicos en la zona	Capacidad de cambio e innovación	14 Grado de innovación tecnológica por los productores	S	a,b,e
			15 Grado de permanencia de los productores en el paquete tecnológico	S	b,e
			16 Capacidad de adaptación a cambios ambientales y políticos	S/A	a,b,m
Autogestión	Falta de cooperación entre los productores	Participación, control y organización	17 Grado de participación de los productores en asambleas ejidales	S	g
			18 Número de productores que se han integrado a los talleres de GIRA	S	h
			19 Grado de independencia de insumos y servicios externos	S	a,b

(1) Áreas de evaluación	(2) Métodos de medición		
E Económica	a Encuesta	e Reuniones con los productores	i Medición de grano mediante muestreo aleatorio en parcelas (C.P., 1986)
S Social	b Entrevistas	f Medición directa en parcelas	j Estimación según Trillas (1982)
A Ambiental	c Talleres	g Censos o mediciones en asambleas ejidales	k Cálculos según Masera <i>et al.</i> , (1999)
	d Visitas a campo	h Registro de la participación de los ejidatarios en talleres participativos	l Cálculos según Alarcón (1997)
			m Revisión bibliográfica

Para el atributo **equidad** se identificaron como puntos críticos *los altos costos para la adopción del sistema comercial y el limitado abasto familiar de granos básicos*. Esto se debe a que la adopción de tecnología moderna está asociada, por un lado, a una alta inversión de insumos externos y, por otro, al abandono de prácticas tradicionales benéficas desde el punto de vista ambiental, como la asociación de cultivos y el uso de variedades locales. Los indicadores que se seleccionaron son [9] grado de adoptabilidad y [10] grado de autosuficiencia alimentaria, ambos en el área social.

Dentro del atributo **estabilidad** se identificaron tres puntos críticos: *alta susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica, degradación del suelo y predominio del monocultivo*. La estabilidad de los agroecosistemas se ve afectada por la simplificación o el abandono de las prácticas de manejo de tipo *agroecológico*. Por un lado, la práctica del monocultivo (intra e inter específico) ha provocado una notable disminución de la variedad de productos para el autoconsumo. La tendencia al monocultivo ha respondido, en parte, al estímulo institucional y financiero para la siembra exclusiva de maíz blanco, que ha desplazado a otras especies como el frijol, la calabaza, el chilacayote, el maíz de color, el amaranto y el trigo. Por otro lado, las condiciones intrínsecas de los suelos de la región mencionadas anteriormente, así como su manejo inadecuado, provocan procesos de erosión hídrica y de degradación de la fertilidad. Finalmente, los productores de Casas Blancas han manifestado reiteradamente su preocupación por el creciente empobrecimiento de los suelos de la comunidad. Los indicadores que se seleccionaron, dentro del área ambiental, son [11] control de erosión del suelo, [12] estabilidad del balance de nutrientes y [13] grado de diversidad de especies agrícolas por parcela.

El atributo **adaptabilidad** se refiere a la capacidad de los sistemas de adaptarse a cambios económicos y ambientales del entorno. Aquí se consideró como principal punto crítico *el fracaso de los paquetes tecnológicos* impulsados por el Estado. Para evaluarlo se seleccionaron indicadores del área social que tienen que ver con el nivel tecnológico del ejido: [14] grado de innovación tecnológica por los productores y [15] grado de permanencia de los productores en el paquete tecnológico, así como uno que pertenece tanto al área ambiental como a la social, a saber, [16] la capacidad de adaptación a cambios ambientales y políticos.

El atributo de **autogestión** evalúa el grado de autosuficiencia o no dependencia de los sistemas para poder enfrentar problemas productivos. En este caso se identificó como punto crítico *la falta de cooperación entre los productores* para superar tanto los problemas productivos como los sociales. La asamblea ejidal ha resultado ineficaz para resolver los problemas de los productores y mejorar el manejo de los recursos naturales del ejido. Dentro del área social se seleccionaron los indicadores **17** grado de participación de los ejidatarios en las asambleas ejidales y **18** número de productores que se han integrado a los talleres de GIRA. Dentro del área económica, el **19** grado de independencia de insumos y servicios externos.

#### 4. RESULTADOS POR INDICADOR

A continuación se presentan los resultados de los indicadores que se seleccionaron a partir de los puntos críticos y de los criterios de diagnóstico (véase el Cuadro 7.2), agrupados conforme al atributo que corresponde y cubriendo las áreas social, económica y ambiental, con el fin de brindar una visión integral de la evaluación de la sustentabilidad del sistema. Para cada indicador se describe también la forma de evaluación. (Para una descripción detallada de los métodos y de los cálculos para cada indicador, véase Astier *et al.*, 2000).

##### 4.1. Atributo productividad

###### **1** *Rendimiento de grano*

Para la estimación del rendimiento se hizo un muestreo en tres terrenos cultivados por cada sistema de manejo. En cada terreno se seleccionaron tres sitios al azar, y en cada sitio se tomaron muestras de rastrojo y mazorca y se determinó la densidad de plantas por hectárea, según la metodología del Colegio de Postgraduados (1986).

El rendimiento total del cultivo de maíz se calculó a partir de la estimación de la biomasa en el grano (sin incluir el *olote*, o raquis de la mazorca) y en el rastrojo (incluyendo tallo y hojas). Así se vio que el rendimiento de grano de maíz varía mucho entre ambos sistemas: de 1.2

toneladas por hectárea en el sistema tradicional a 2.2 en el comercial (véase el Cuadro 7.3).

**Cuadro 7.3. Rendimiento de productos de los sistemas de manejo. Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**

Indicador	Unidad	Sistema tradicional	Sistema comercial
Grano		1.2	2.2
Grano seco	[ton/ha/año]	1.03	1.90
Rastrojo seco		3.7	3.5
Biomasa total		4.73	5.40
Índice de cosecha	[-]	0.21	0.35
Densidad	[plantas/ha]	33250	26666

### 2 Índice de cosecha

El índice de cosecha (es decir, el peso seco del grano dividido entre la biomasa total) es de 0.21 y de 0.35 en los sistemas tradicional y comercial, respectivamente (véase el Cuadro 7.3). Se sabe que las variedades criollas tienen normalmente un IC de alrededor de 0.39 y que un valor menor refleja problemas en la producción de grano, probablemente ocasionados por deficiencias nutrimentales o por competencia.<sup>5</sup> Otro factor que influye en el rendimiento de rastrojo y grano, y por ende en el IC, es la densidad de plantas por hectárea, que es en el sistema tradicional 24 por ciento mayor que en el comercial.

### 3 Disponibilidad de forraje

En el mes de enero el ganado es liberado en las parcelas recién cosechadas para que consuma los esquilmos y el rastrojo en pie y permanece ahí durante aproximadamente tres meses.

El sistema tradicional produce 3.7 toneladas de rastrojo (materia seca) por hectárea (véase el Cuadro 7.3), y el comercial un poco menos

<sup>5</sup> Sarandón, 1999, comunicación personal.

(3.5 ton/ha),<sup>6</sup> y la mitad de este rastrojo es de buena calidad para el ganado.<sup>7</sup> Si además tomamos en cuenta que en el sistema tradicional típico la densidad ganadera es de 1.67 unidades animales (UA)<sup>8</sup> por hectárea, la disponibilidad de rastrojo de buena calidad por cabeza de ganado y por año es de 1.11 toneladas en este sistema. En cambio, en el sistema comercial, con una densidad de 2.25 UA/ha, esta disponibilidad es de sólo 0.78 toneladas (véase el Cuadro 7.4).

Por otro lado, se ha visto que cada UA requiere 12 kilogramos de materia seca por día (Trillas, 1982), es decir, 1.08 toneladas durante los tres meses de pastoreo. Esto significa que el ganado del sistema comercial se ve obligado a consumir durante esos tres meses 300 kilogramos de rastrojo de mala calidad (es decir, el 28 por ciento de su alimentación), lo que implica una situación de sobrecarga animal.

**Cuadro 7.4. Disponibilidad y consumo de rastrojo en parcelas en descanso. Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**

Indicador	Sistema tradicional (5 UA / 3 ha)		Sistema comercial (9 UA / 4 ha)	
	por hectárea [ton/ha/año]	por UA [ton/UA/año]	por hectárea [ton/ha/año]	por UA [ton/UA/año]
Rastrojo total (materia seca)	3.7	2.22	3.5	1.56
Disponibilidad de forraje de buena calidad	1.85	<b>1.11</b>	1.75	<b>0.78</b>
Consumo en el periodo de pastoreo	1.8	1.08	2.43	1.08
Rastrojo remanente <sup>1</sup>	1.9	1.14	1.07	0.48

<sup>1</sup> El volumen remanente se verificó en campo.

<sup>6</sup> Laird (1984) y Etchevers *et al.* (1985) también reportan casos de sistemas agrícolas comerciales que, a pesar de tener rendimientos de grano mayores, rinden menores volúmenes de rastrojo.

<sup>7</sup> El ganado en libre pastoreo puede ser muy selectivo sobre el rastrojo y prefiere las hojas y las partes blandas del tallo, desechando las partes de peor calidad (tallo grueso lignificado). Se ha visto que en estas condiciones hay normalmente un 50 por ciento de desperdicio de rastrojo (aunque en algunos casos se llega hasta el 80 por ciento, de acuerdo con informes del Colegio de Postgraduados, 1991).

<sup>8</sup> La UA equivale a un animal de 400 kg de peso vivo más un ternero de 160 kg.

#### 4] *Capacidad de carga animal*

Se define a la capacidad de carga animal (CCA) como la superficie necesaria para mantener una UA a lo largo del año (Trillas, 1982). Para los fines de este estudio se utilizó la capacidad de carga animal temporal (CCAT), es decir, sólo tomando en cuenta la demanda del pastoreo de enero a marzo y la disponibilidad anual de rastrojo de buena calidad:

$$CCAT = \frac{\text{demanda de rastrojo por UA durante los tres meses de pastoreo}}{\text{disponibilidad de rastrojo por hectárea y por año}}$$

En el sistema tradicional:

$$CCAT_{ST} = \frac{1.08 \text{ ton/UA/año}}{1.85 \text{ ton/ha/año}} = 0.58 \frac{\text{ha}}{\text{UA}}$$

Y en el sistema comercial:

$$CCAT_{SM} = \frac{1.08 \text{ ton/UA/año}}{1.75 \text{ ton/ha/año}} = 0.62 \frac{\text{ha}}{\text{UA}}$$

Si comparamos estas cifras con los índices reales de agostadero, que son de 0.6 ha/UA en el caso del sistema tradicional y de 0.44 ha/UA en el comercial, podemos corroborar que en éste último hay un déficit de forraje de calidad adecuada.

#### 5] *Costos de producción*

Para la evaluación de los costos de producción del cultivo de maíz en ambos sistemas, se asignó un valor monetario a cada uno de los insumos que se emplean desde el barbecho hasta la cosecha, pero sin considerar la renta de la tierra. Ahora bien, para estimar el costo de los insumos *proprios*, es decir, la mano de obra familiar, la semilla y la tracción animal, se optó por no seguir el enfoque de la evaluación clásica, que utiliza valores de mercado, sino un costo de oportunidad. En el caso de la mano de obra familiar (compuesta principalmente por madres de familia, mujeres jóvenes, niños y hombres maduros), la posibilidad de emplearse en otras parcelas es mínima, mientras que las yuntas tienen alta demanda de trabajo en la época de las principales labores (barbecho, siembra y escardas) y es poco usual que se

SUSTENTABILIDAD Y SISTEMAS CAMPESINOS

renten para trabajar terrenos ajenos. Es por esto que el valor de estos insumos no comprados se estimó como la mitad del valor monetario en el mercado local.

Si comparamos los costos entre sistemas (véase el Cuadro 7.5), podemos observar que el costo más fuerte del sistema tradicional es el que corresponde a la labranza, y en el sistema comercial a la adquisición de insumos (principalmente fertilizante) y al pago de jornales a lo largo del ciclo. También se puede observar que el número total de jornales (familiares o contratados) por hectárea varía muy poco entre ambos sistemas, pero, al

**Cuadro 7.5. Comparación de costos de producción.  
Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**

Actividad		Sistema tradicional				Sistema comercial			
		Cantidad	Costos [pesos/ha/año]			Cantidad	Costos [pesos/ha/año]		
			de oportunidad	en especie	en efectivo		de oportunidad	en especie	en efectivo
Mano de obra	Cruza	4 jornales	48						
	Siembra	1.3 jornales	16			3 jornales	36		
	Fertilización	1.3 jornales	16			1 jornal		25	
	Deshierbe <sup>1</sup>	8 jornales	96			6.6 jornales <sup>2</sup>	64	50	
	Cosecha	5 jornales		405		7 jornales	567		
	<b>Subtotal</b>	<b>19.6 jornales</b>	<b>176</b>	<b>405</b>	<b>0</b>	<b>17.6 jornales</b>	<b>100</b>	<b>567</b>	<b>75</b>
Tracción	Barbecho	7 días yunta	525			1 día tractor		220	
	Cruza	5 días yunta	375			½ día tractor		50	
	Siembra	2.6 días yunta	195			2 días yunta		300	
	Deshierbe <sup>1</sup>	3 días yunta	225						
	<b>Subtotal</b>		<b>1320</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>570</b>
Insumos	Siembra	19 kg semilla	38			19 kg semilla		63	
	Fertilización	1 ton estiércol			133	fertilizantes <sup>3</sup>		664	
	Deshierbe <sup>1</sup>					1 l herbicida		61	
	<b>Subtotal</b>		<b>38</b>	<b>0</b>	<b>133</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>788</b>
<b>Totales</b>			<b>1534</b>	<b>405</b>	<b>133</b>		<b>100</b>	<b>567</b>	<b>1433</b>
			(74%)	(20%)	(6%)		(5%)	(27%)	(68%)
			<b>2072</b>				<b>2100</b>		

<sup>1</sup> Incluye todas las actividades de control de malezas (escarda, aplicación de herbicida, etc.)

<sup>2</sup> 4.6 jornales familiares para la aplicación de herbicida y 2 jornales contratados para control de malezas

<sup>3</sup> 200 kg de fosfato de diamonio (18-46-0) y 100 kg de sulfato de amonio simple (21-0-0): \$500+\$164

ser mayor el número de jornales contratados en el sistema comercial, el costo en este rubro es considerablemente mayor en este sistema. Los costos de producción totales varían muy poco entre los dos sistemas.

### 6 Ingreso

Para calcular los ingresos por la venta o el consumo directo de los productos de cada sistema, se estimó el valor comercial del grano y del forraje. En el caso del maíz, el precio de compra regulado por el Estado es menor que el del mercado local, por lo que se optó por este último, es decir, el precio que el productor hubiera tenido que pagar para adquirir maíz para su propio consumo (Pommier y Videa, 1994).

Así se estimó un ingreso marginal por hectárea (sin descontar costos de producción) de 4,112 pesos en el sistema comercial, y de 2,738 pesos en el tradicional (véase el Cuadro 7.6), aunque hay que recordar que el objetivo primordial de éste último es satisfacer el autoconsumo de grano y forraje y no tanto lograr ingresos por la venta de grano.

**Cuadro 7.6. Ingresos por la venta o consumo directo de productos. Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**

Producto	Precio	Sistema tradicional		Sistema comercial	
		Producción	Ingreso	Producción	Ingreso
	[pesos/kg]	[kg/ha/año]	[pesos/ha/año]	[kg/ha/año]	[pesos/ha/año]
Maíz	1.50	1209	1813	2152	3228
Forraje	0.25	3700	925	3537	884
<b>Total</b>			<b>2738</b>		<b>4112</b>

Nota: Precios de principios de 1997.

### 7 Utilidad

Al igual que el ingreso, la utilidad (la diferencia entre los ingresos netos y los costos de producción) está directamente influenciada por el rendimiento de grano. De hecho la utilidad del sistema comercial es más de tres veces mayor que la del sistema tradicional (véase el Cuadro 7.7).

**Cuadro 7.7. Utilidad y relación beneficio–costo.  
Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**

Indicador	Unidad	Sistema tradicional	Sistema comercial
Costos de producción	[pesos/ha/año]	2072	2100
Ingresos		2738	4112
Utilidad		666	2012
<b>Relación beneficio–costo</b>	[-]	<b>1.32</b>	<b>1.96</b>

Nota: Para el cálculo de la relación beneficio–costo no se tomó en cuenta inflación ni tasas de interés, porque los egresos e ingresos ocurren durante un periodo relativamente corto de tiempo. Ver cálculos más detallados en Astier *et al.*, 2000.

### 8 Relación beneficio–costo

La relación beneficio–costo (el cociente entre ingresos y costos) es también mucho más ventajosa para el sistema comercial (1.96, es decir que se obtiene 96 por ciento más de lo que invierte) que para el tradicional (1.32). Esto implica que en el caso de ambos sistemas resulta más conveniente invertir en la agricultura a lo largo del ciclo agrícola que en el banco, ya que la tasa de recuperación rebasa las tasas de interés bancarias.<sup>9</sup>

## 4.2 Atributo equidad

### 9 Grado de adoptabilidad

El grado de adoptabilidad es el porcentaje de productores que practican cada uno de los dos sistemas. (Este indicador refleja el grado de equidad en el acceso a los sistemas de manejo). En base a entrevistas se estimó que 74 por ciento de los productores practican el sistema tradicional, y el resto (36 por ciento) el comercial. (Véase más adelante el indicador 15 grado de permanencia de los productores en el paquete tecnológico).

<sup>9</sup> Las cuentas de ahorro de BANRURAL a las que tienen acceso los productores tenían en 1998 una tasa de interés del 7.5 por ciento anual. Aquí hay que recordar que la renta de la tierra no se consideró entre los costos de producción.

**10** *Grado de autosuficiencia alimentaria*

Para el cálculo de este indicador se consideró que cada familia requiere anualmente 1.3 toneladas de maíz para su consumo propio y 1.5 toneladas para sus animales de traspatio.<sup>10</sup> Por otro lado, tomando en cuenta los rendimientos (véase la p. 288) y los tamaños de la parcela promedio en ambos sistemas (3 hectáreas en el sistema tradicional y 4 en el comercial), se ve que la producción total familiar es de 3.6 toneladas al año para el sistema tradicional y de 8.4 para el comercial (véase el Cuadro 7.8).

Esto implica que ambos sistemas cumplen con su objetivo prioritario, es decir, satisfacer la demanda de maíz como grano básico en la alimentación diaria. Además de esto, el sistema tradicional produce un ligero excedente de 800 kilogramos (que se suele usar en las fiestas y en la temporada de siembra y cosecha, ya que es costumbre alimentar a las personas que ayudan en esos días), y el comercial un excedente más elevado (5.6 ton), que se vende en las bodegas regionales de CONASUPO y en la comunidad.

**Cuadro 7.8. Consumo y excedentes de granos básicos.  
Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**

Indicador	Sistema tradicional	Sistema comercial
	[ton/familia/año]	
Producción total	3.6	8.4
Consumo familiar	1.3	1.3
Consumo de animales de traspatio	1.5	1.5
<b>Excedente</b>	<b>0.8</b>	<b>5.6</b>

<sup>10</sup> Para el cálculo del consumo familiar se supuso un consumo anual de 274 kilogramos por adulto y 200 kilogramos por niño, de acuerdo con datos a nivel nacional (Alarcón, 1997), y una familia promedio 2 adultos y 4 niños, de acuerdo con datos del ejido Casas Blancas. (Nótese que el maíz representa para la nutrición de las familias rurales el 65 por ciento de las proteínas y el 71 por ciento de la energía, de acuerdo con Alarcón, 1997.) Para el cálculo del consumo de los animales de traspatio, se consideró que cada familia tiene en promedio 15 aves de corral grandes, 2 caballos, un asno y a veces un cerdo de engorda. La alimentación de estos animales se complementa con maíz.

### 4.3. Atributo estabilidad

#### 11] *Control de erosión del suelo*

De acuerdo con Gómez Tagle (1994) e INIFAP (1997), la primera causa de erosión en la región son las prácticas inadecuadas de laboreo en la agricultura que se practica en laderas de vocación forestal. En estos terrenos se pueden registrar arrastres de hasta 1.2 toneladas de suelo por hectárea tan sólo en el mes más lluvioso (julio o agosto). La segunda causa es el pastoreo y sobrepastoreo en el bosque y en las parcelas en descanso, en donde el arrastre pueden llegar a 0.6 toneladas de suelo por hectárea en el mes más lluvioso (INIFAP, 1997). En los terrenos de ladera cultivados con maíz bajo labranza convencional se ha reportado una pérdida de suelo de 2.55 toneladas por hectárea en pendientes del 8 por ciento (Tiscareño *et al.*, 1997).

La aplicación de estiércol permite que se formen en el suelo agregados que favorecen la infiltración de agua y resisten más el arrastre de suelo. Sin embargo, en el sistema tradicional la cantidad de estiércol que se añade es tan baja que aparentemente no se llega a tener tal efecto positivo. En suma consideramos que ambos sistemas tienen un nivel de pérdida de suelo de 2.5 toneladas por hectárea y por año, ya que practican la labranza en pendientes que van del 4 al 13 por ciento.

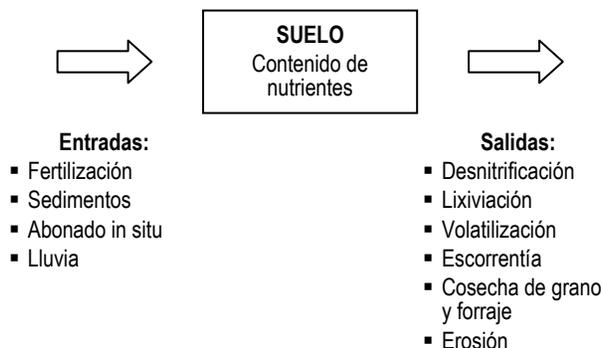
Este nivel de erosión es relativamente alto, sobre todo si se compara con el valor de 600 kilogramos por hectárea y por año que, de acuerdo con Tiscareño *et al.* (1997), se puede dar en suelos bajo labranza de conservación y con 100 por ciento de residuos de cobertura.

#### 12] *Estabilidad del balance de nutrientes*

El balance de macronutrientes (N, P y K) en el suelo de estos agroecosistemas está determinado por una serie de entradas y salidas (véase la Ilustración 7.6). Las principales entradas son:

- **Abonado *in situ*.** Los nutrientes aportados por las heces y la orina del ganado se calcularon a partir del consumo de forraje en ambos sistemas durante los 3 meses de pastoreo (es decir, 1.8 y 2.43 toneladas por hectárea en los sistemas tradicional y comercial, respectivamente, véase

**Ilustración 7.6. Flujo de nutrientes en el suelo**



la p. 291), y de la digestibilidad del forraje, que es del 50 por ciento.<sup>11</sup> Se estima, por lo tanto, que la masa (medida como materia seca) de heces y orina que se deposita en los terrenos en los sistemas tradicional y comercial es respectivamente de 900 y 1215 kilogramos por hectárea cada año. A partir de los datos de la concentración de N, P, y K en heces y orina (de acuerdo con Pratt *et al.*, 1973 y Power *et al.*, 1975), se calculó el aporte de estos nutrientes durante el periodo de pastoreo (véase el Cuadro 7.9).<sup>12</sup>

- **Fertilización.** Finalmente, el aporte de nutrientes por fertilización química se calculó con base en la dosis aplicada normalmente por el productor de cada sistema. En el sistema comercial se tomó la dosis de 200 kilogramos por hectárea de fosfato de diamonio (18-46-0) en la siembra, y de 100 kilogramos de sulfato de amonio (21-0-0) en la primera escarda, mientras que en el tradicional se consideró una tonelada de estiércol de puerco, que se aplica en la época de siembra.<sup>13</sup> (La

<sup>11</sup> La digestibilidad del forraje es menor que la de los pastos, que suele estar entre 60 y 65 por ciento (González, comunicación personal).

<sup>12</sup> Hay que tener en cuenta que el 75 por ciento del N del estiércol se hace disponible para las plantas en el transcurso del año siguiente al depósito, mientras que los nutrientes contenidos en la orina se encuentran inmediatamente disponibles (Pratt, 1982). Para más detalles de los cálculos, véase Astier *et al.*, 2000.

<sup>13</sup> Véase en Astier *et al.* (2000) las concentraciones de N, P y K del estiércol de porcino.

**Cuadro 7.9. Entradas y salidas de nutrientes en el suelo.  
Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**

Producto	Análisis [kg/ton]			Sistema tradicional			Sistema comercial					
	N	P	K	Flujo de productos [ton/ha/ año]	Flujo de nutrientes [kg/ha/año]			Flujo de productos [ton/ha/ año]	Flujo de nutrientes [kg/ha/año]			
					N	P	K		N	P	K	
Entradas	Heces y orina <i>in situ</i>	16	3	10	0.9	14.4	2.7	9.0	1.215	19.4	3.6	12.1
	Estiércol de puerco	20	6	15	1.0	20	6	15				
	Fosfato de diamonio	180	460						0.2	36.0	92.0	
	Sulfato de amonio	210							0.1	21.0		
	Total					34.4	8.7	24.0		76.4	95.6	12.1
Salidas	Biomasa	12.4	2.3	10.3	-3.14	-38.9	-7.2	-32.3	-4.89	-60.6	-11.2	-50.4
	Erosión	3.3	0.0	0.3	-2.5	-8.2	-0.0	-0.7	-2.5	-8.2	-0.0	-0.7
	Escorrentía <sup>1</sup>					-1.5	-0.5	-0.1		-2.8	-0.4	-0.1
	Total					-48.6	-7.7	-33.1		-71.6	-11.6	-51.2
<b>Balance</b>					<b>-14.2</b>	<b>1.0</b>	<b>-9.1</b>		<b>4.8</b>	<b>84.0</b>	<b>-39.1</b>	

<sup>1</sup> Se estimó una fuga de nutrientes por escorrentía del 3% de N y P con abonado estiércol (Edwards *et al.*, 1996), así como del 5% de N y 0.4% de P de los fertilizantes químicos (Tiscareño *et al.*, 1997).

aplicación ocasional de sulfato de amonio en la escarda no se consideró en el análisis).

- **Otras entradas.** El frijol en el sistema tradicional aporta nitrógeno al sistema gracias al proceso de fijación, pero se trata de una contribución menor, debido a que su densidad promedio es muy baja. La lluvia aporta también nitrógeno, pero esta contribución es la misma para ambos sistemas y no se ha medido en la región.

Las salidas, por su lado, son principalmente:

- **Biomasa.** La biomasa que sale del sistema se compone de granos (véase la p. 288), de *olotes* (o raquis de la mazorca, cuyo peso, de acuerdo con Astier, 2000, equivale al 12 por ciento del peso del grano) y del rastrojo consumido por el ganado durante los tres meses de pastoreo (véase la p. 291). Esto suma 3.14 toneladas por hectárea en el sistema tradicional y 4.89 en el comercial. El contenido de nutrientes para este tipo de

biomasa se obtuvo de datos del Instituto de la Potasa y el Fósforo de Estados Unidos.<sup>14</sup>

- **Erosión.** La pérdida de nutrientes por arrastre de suelo se calculó suponiendo una erosión anual de 2.5 toneladas por hectárea (véase la p. 296) y el contenido de nutrientes en el suelo de acuerdo con los resultados de análisis de suelos publicados por Astier (2000).<sup>15</sup>
- **Escorrentía.** La disolución de nutrientes en el agua (escorrentía) es particularmente importante en el caso de los fertilizantes nitrogenados, que son altamente solubles. Tiscareño *et al.* (1997) reportan que en sistemas de maíz de temporal bajo labranza convencional, en suelos de ando, se pierde alrededor del 5 por ciento del total del fertilizante nitrogenado aplicado y 0.4 por ciento del fertilizante fosforado. Por lo que se refiere al sistema tradicional, Edwards *et al.* (1996) registraron en parcelas de escurrimiento una pérdida de aproximadamente 3 por ciento del N y del P del estiércol aplicado. Finalmente, el dato de potasio disuelto en la escorrentía que se usó para ambos sistemas es el de 0.076 kilogramos por hectárea y por año publicado por Tiscareño *et al.* (1997).
- **Otras salidas.** Las pérdidas de nutrientes por lixiviación, volatilización y desnitrificación no se pudieron estimar para este estudio. Se ha visto que la pérdida de nitrógeno mediante procesos de lixiviación resulta insignificante en estos suelos (Astier, 2000). En cambio, la pérdida de nitrógeno por desnitrificación podría ser significativa, de acuerdo con Etchevers *et al.* (1985) y Rodríguez (1993).

Si observamos el balance de nutrientes y lo comparamos con la disponibilidad de nutrientes en el suelo, vemos los siguientes puntos (véase el Cuadro 7.10):

- La disponibilidad de fósforo en el suelo es notablemente baja, a pesar de que se trata de suelos con una gran cantidad de materia orgánica (más del 8 por ciento), debido a la elevada capacidad de adsorción que

---

<sup>14</sup> Información proporcionada por Ramón Aguilar, INIFAP Norte de Guanajuato.

<sup>15</sup> De acuerdo con Astier (2000), los suelos de Casas Blancas contienen aproximadamente 0.33% de N total, 0.4 PPM de P (método Bray) y 267 PPM de K (método acetato amónico), tienen una profundidad promedio de 25 centímetros y una densidad de 0.6 g/cm<sup>3</sup>. Esto quiere decir que contienen 4950 kilogramos por hectárea de N, 0.6 de P y 400 de K. Nótese que en el caso de P y K se trata de las fracciones en forma disponible para las plantas.

**Cuadro 7.10. Tiempo estimado de agotamiento de nutrientes.  
Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**

Indicador	Unidad	Sistema tradicional			Sistema comercial		
		N	P	K	N	P	K
Balance anual	[kg/ha/año]	-14.2	1.0	-9.1	4.8	84.0	-39.1
Reservorio en el suelo <sup>1</sup>	[kg/ha]	4950	0.6	400	4950	0.6	400
Tiempo <i>teórico</i> de agotamiento <sup>2</sup>	[años]	349	(∞)	44	(∞)	(∞)	10

<sup>1</sup> Véase la nota 15. Nótese que no son cantidades totales, sino sólo las fracciones de P-Bray y K-acetato amónico.

<sup>2</sup> Dado que este análisis no considera todas las salidas, estos tiempos de agotamiento son en realidad inciertos, en particular en el caso de K para el sistema tradicional y de N para el comercial.

presentan los Andosoles y a la alta resistencia del suelo a la descomposición (Etchevers *et al.*, 1985). Esto hace que el P juegue el papel de nutriente crítico en ambos sistemas (Contreras y Álvarez, 1983; González, 1983; Madrigal, 1982): Aunque su balance sea positivo, la baja cantidad de este nutriente en forma disponible para los cultivos<sup>16</sup> limita el aprovechamiento de los demás y, por lo tanto, la obtención de mayores rendimientos. El sistema tradicional está cerca del desequilibrio en cuanto al P, y en particular en suelos donde existe elevada erosión hídrica es probable que el balance sea negativo. En el futuro se deberán incluir más fuentes de P al sistema (roca fosfórica o estiércol).

- El balance de nitrógeno es negativo en el sistema tradicional y cercano al desequilibrio en el comercial, lo que muestra la necesidad de aumentar el aporte de este nutriente, ya sea en forma de fertilizante o incorporando leguminosas (abonos verdes o cultivos de cobertera) al sistema.
- Existe un claro déficit de potasio en ambos sistemas, lo que quiere decir que parte de la producción se está basando en la extracción de las reservas de este nutriente en el suelo, que son elevadas. De continuar este ritmo, calculamos que dentro de aproximadamente 10 y 44 años, los sistemas comercial y tradicional (respectivamente) llegarán a un punto de agotamiento de la fracción de K-acetato amónico. Para evitar esta situación es necesario aumentar las entradas de potasio al sistema. Dado

<sup>16</sup> Se ha documentado que en los andosoles una gran fracción del P se encuentra en estado no disponible para el cultivo.

que no se están considerando algunas salidas, los resultados son un tanto inciertos, y habría que corroborar esta tasa de pérdida a través de mediciones directas en el suelo a lo largo de un periodo de tiempo.

- El sistema tradicional es extractivo en cuanto al uso de los tres nutrientes y el comercial es extractivo en K. Los balances negativos de N, P y K representan signos de alarma que llaman a replantear el tipo de manejo de la fertilidad de los suelos que se está llevando a cabo en estos agroecosistemas. El uso de estiércol en el manejo tradicional es más equilibrado que el uso de fertilizantes químicos, gracias a que aquél proporciona los tres nutrientes principales —N, P y K—, aunque una tonelada por hectárea es insuficiente. De hecho, una fertilización basada en la adición de estiércoles sería lo recomendable para este tipo de suelos.

**13** *Grado de diversidad de especies agrícolas por parcela*

Aunque en el ejido de Casas Blancas predomina el maíz en monocultivo, los agricultores (sobre todo los tradicionales) conservan todavía una gran variedad de semillas criollas conservadas y seleccionadas por generaciones. Las variedades más utilizadas son las de maíz aperlado y en menor cantidad las cremosas (véase el Cuadro 7.11). También se siembran variedades de maíz morado o azul y pinto, que se utilizan en eventos especiales. Estas semillas tienen además un valor especial por su precocidad, lo que las hace especialmente útiles cuando alguna plaga o temporal tardío obliga a resembrar. La mayoría de los productores tradicionales cultivan además calabaza y chilacayote en asociación con el maíz a una densidad muy baja, para el autoconsumo en fresco o para usarlos como alimento complementario del ganado en épocas de escasez.

**Cuadro 7.11. Grado de diversidad de especies agrícolas. Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**

Familia	Sistema tradicional	Sistema comercial
Gramíneas	Maíz aperlado, cremoso, azul y pinto	Maíz blanco; avena criolla
Cucurbitáceas	Calabaza y chilacayote	-

El productor comercial siembra básicamente maíz comercial en monocultivo. Algunos productores recurren a otras regiones para comprar semillas criollas *cuateras* que rinden más —dan dos mazorcas por mata— pero que se deben renovar cada 2 años. Es posible que de manera empírica estén aprovechando la respuesta a la heterosis<sup>17</sup> entre las semillas criollas locales y las de otras zonas. La mayoría de estos productores han dejado de sembrar calabaza y chilacayote, y algunos siembran pequeñas superficies de avena criolla como complemento alimenticio para los animales.

#### 4.4. Atributo adaptabilidad

##### 14 *Grado de innovación tecnológica por los productores*

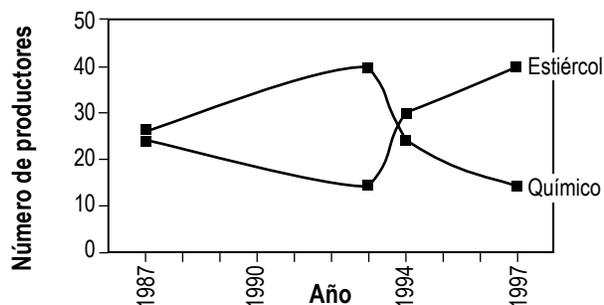
Los productores del sistema comercial empezaron a utilizar fertilizantes sintéticos desde 1982. El fertilizante más utilizado era el sulfato de amonio simple (21-0-0) y a partir de 1992 comenzaron a usar también fertilizantes más concentrados como la urea (46-0-0). Desde 1997, se añade en la siembra fosfato de diamonio (18-46-00), además de sulfato de amonio, nitrato de amonio (35.5-0-0) o triple 17, dependiendo de la cantidad de efectivo con que cuenta el productor.

Todos los productores comerciales entrevistados siembran principalmente maíz blanco criollo, aunque un 40 por ciento mantienen pequeñas superficies con maíz aperlado y pinto para el autoconsumo. Una tercera parte de los productores comerciales renuevan su semilla criolla con semilla proveniente del ejido de Santa Rita, porque han observado mayores rendimientos que con la criolla de Casas Blancas. El 80 por ciento de los productores practican el barbecho y la cruza con maquinaria rentada y realizan el resto de las labores con yunta, ya sea propia o rentada.

Por lo que se refiere al sistema tradicional, la totalidad de los productores entrevistados usan estiércol como principal abono del cultivo. En los noventa se registró un aumento en el número de productores que utilizan este fertilizante (véase la Ilustración 7.7), principalmente debido al

<sup>17</sup> Reproducción entre dos variedades diferentes de la misma especie, que provoca un aumento de rendimiento en la primera y segunda generación, como resultado del efecto del *vigor híbrido*.

**Ilustración 7.7. Uso de fertilizantes por los productores.  
Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1987-1997**



alza en el precio de los fertilizantes sintéticos —iniciada en 1993— y a la preocupación por la pérdida de fertilidad de los suelos, atribuida al continuo empleo de fertilizantes químicos. Hay ejidatarios que mantienen esta práctica desde hace 15 años.

Históricamente los productores del sistema tradicional se han mantenido al margen de las innovaciones tecnológicas impulsadas por el Estado (a través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, SAGAR, y del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP), así como por las casas comerciales de agroquímicos, como son el uso de semillas mejoradas de maíz, maquinaria agrícola y fertilizantes químicos. Las razones son varias, pero la más importante es de orden económico, pues los productores no excedentarios deben minimizar cualquier gasto que requiera de dinero en efectivo.

En conclusión, consideramos que el grado de innovación es bajo para los productores tradicionales y alto para los comerciales.

**[15] Grado de permanencia de los productores en el paquete tecnológico**

La política agrícola de las últimas décadas ha impulsado la difusión de las tecnologías *modernas* —insumos químicos y tractores— en numerosas regiones del país. Se ha supuesto implícitamente que el proceso de adopción de las nuevas tecnologías lleva a una *conversión automática*, es decir, al

abandono completo e irreversible de la tecnología tradicional. Sin embargo, la realidad del agro mexicano ha demostrado que no existen formas de adopción únicas. Mientras más difícil es el acceso en términos de costos socioeconómicos y características fisiográficas de los terrenos, menos automática será la adopción de la tecnología moderna. Para evaluar la permanencia de las tecnologías modernas en los diferentes sistemas de manejo estudiados, se seleccionaron tres criterios: (a) principal fuente de fertilización empleada para el cultivo de maíz, (b) origen de la semilla utilizada y (c) tipo de tracción empleada. En todos los casos se utilizó como periodo de estudio los últimos 10 años.

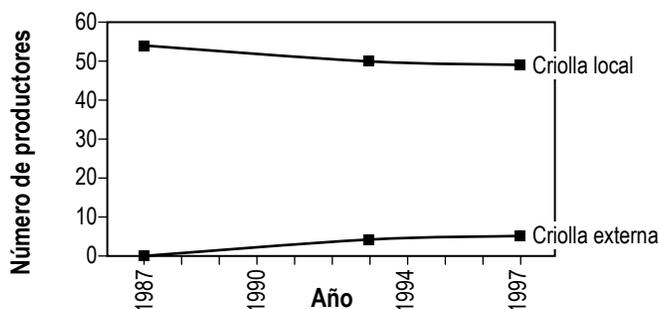
a. Principal fuente de fertilización empleada en los últimos 10 años

Hace más de 30 años, la fertilidad de los suelos se mantenía gracias al uso de estiércol —que los productores obtenían de sus animales de traspatio—, a la asociación y rotación de cultivos, a la mayor duración del tiempo de descanso, etc. La introducción de fertilizantes químicos provocó el desplazamiento del empleo de estiércol de corral. De hecho, a finales de los ochenta, en el ejido de Casas Blancas predominaba el empleo de fertilizantes químicos, particularmente sulfato de amonio. Como se señaló antes, el incremento en los precios de los fertilizantes de 1993 provocó una reducción drástica en su empleo, y actualmente la mayoría de los productores compran estiércol de puerco y res para aplicarlo como refuerzo de la fertilización en sus parcelas (véase la Ilustración 7.7).

b. Origen de la semilla empleada en los últimos 10 años

La semilla de maíz que se emplea en el ejido es criolla. Cada productor conserva la semilla seleccionada por sus antepasados renovándola cada ciclo agrícola. Sin embargo, hace 5 años algunos de los productores comerciales empezaron a sembrar otro tipo de semilla criolla, proveniente de un ejido aledaño (Santa Rita), que se debe renovar cada 2 años (véase la Ilustración 7.8). Cabe señalar que mientras el productor tradicional siembra tres variedades de maíz, el comercial siembra sólo una, para satisfacer la demanda del mercado.

**Ilustración 7.8. Uso de semillas por los productores.  
Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1987-1997**

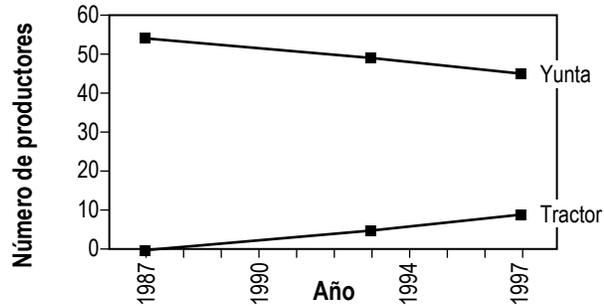


c. Principal tipo de tracción empleada en los últimos 10 años

En contraste con la rápida adopción del fertilizante químico, las elevadas pendientes y el difícil acceso a las parcelas han limitado un empleo más extendido de los tractores en esta región. La mayor parte de los terrenos poseen pendientes mayores al 5 por ciento y algunas parcelas se encuentran a más de 2 horas de distancia de la comunidad; además, a medida que aumenta la distancia a las parcelas aumenta también el costo de la *maquila* por hectárea. En Casas Blancas predomina el empleo de la yunta de bueyes para labores pesadas como son el barbecho y la rastra, y de la yunta de caballos para labores ligeras, como la siembra y la escarda. Sin embargo, actualmente sólo uno de cada tres ejidatarios posee yunta (de bueyes) propia. En el ejido, todos los productores tradicionales y el 36 por ciento de los comerciales utilizan la yunta para el barbecho. Únicamente 16 por ciento del total de los ejidatarios labran con tractor (véase la Ilustración 7.9).

La reducción del número de yuntas en el ejido no ha provocado la proliferación de tractores sino más bien el incremento de la mediería para el usufructo de los terrenos (un agricultor pone el terreno y otro se encarga de las labores; la cosecha obtenida se comparte). Cabe señalar también que, dado que en la región se practica principalmente una agricultura de

**Ilustración 7.9. Tipo de tracción para el barbecho. Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1987-1997**



subsistencia, los productores han tenido limitado acceso a créditos estatales para la adquisición de maquinaria.

#### **16** *Capacidad de adaptación a cambios políticos y ambientales*

Para la evaluación de este indicador, se analizaron, por un lado, las tendencias actuales de las políticas económicas que afectan al agro mexicano y que se expresan principalmente en la reducción del precio de garantía de maíz y en el aumento de los precios de los fertilizantes químicos. Por otro lado, se tomaron en cuenta las variaciones climáticas que se han registrado en los últimos años, y específicamente el retraso (de hasta un mes) de la época de lluvias. Estos cambios políticos y ambientales se cotejaron con los datos cualitativos de ingreso, costo de insumos críticos y diversidad de especies agrícolas. Asimismo, se realizaron 16 entrevistas para obtener información sobre los efectos del retraso del temporal en los rendimientos.

Debido a su mayor interdependencia con el mercado, el productor comercial sufre más los efectos de la reducción del precio de garantía de maíz<sup>18</sup> y del incremento del precio de los fertilizantes.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Hasta mediados de julio de 1997, el precio de maíz era de \$1.90/kg, para el mes de noviembre el precio bajó a \$1.55/ kg y se pronostica que va a bajar a \$1.30 el kg. (valor en pesos mexicanos) (FIRA, 1996).

**Cuadro 7.12. Capacidad de adaptación a cambios políticos y ambientales. Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**

Cambio	Sistema tradicional	Sistema comercial
Reducción del precio de garantía del maíz	Muy alta	Baja
Aumento de precios de fertilizantes	Alta	Baja
Retraso del temporal	Alta	Alta
<b>Promedio</b>	<b>Alta</b>	<b>Baja</b>

Nota: La capacidad de adaptación se clasificó como muy alta (los cambios le resultan indiferentes al productor), alta (afectan ligeramente) o baja (tienen un efecto directo).

Por otro lado, la mayor cantidad de variedades de maíz con que cuenta el productor tradicional (algunas precoces y de crecimiento rápido) le permite resistir mejor los retrasos en el temporal, tal como ocurrió en 1998 (véase el Cuadro 7.12).

#### 4.5. Atributo autogestión

##### **17** *Grado de participación de los productores en asambleas ejidales*

Para medir este indicador se tomó en cuenta a los ejidatarios en su conjunto. Se considera que la organización es una forma de enfrentar los problemas de la producción agrícola y que el nivel de participación en un órgano colectivo indica el grado de unión para el mejor manejo de recursos.

En Casas Blancas se realizan asambleas mensuales para tratar asuntos generales (apoyos institucionales de PROCAMPO, permisos de aprovechamiento forestal, etc.), tal como lo establece la normatividad ejidal. Sin embargo, la participación es muy baja (30 por ciento en promedio) y las asambleas frecuentemente se tienen que posponer por falta de quórum. Como este ejido está dividido en parcelas individuales, en las asambleas no se discuten los aspectos de regulación del uso del suelo y del pastoreo del ganado, como se hace en la mayoría de los ejidos de la zona.

<sup>19</sup> En 1998 el sulfato de amonio y la urea tuvieron una ligera reducción de precio (8%), mientras que el fosfato de diamonio tuvo un aumento del 16% con respecto al año anterior, de acuerdo con información recabada en casas de venta de agroquímicos en Pátzcuaro.

Por acuerdo de la Asamblea, el comisariado ejidal y un pequeño grupo de ejidatarios (comisionados especiales) se reúnen frecuentemente durante las tardes. Los acuerdos tomados en este grupo son posteriormente comunicados al resto de los productores.

Cuando es necesario tomar una decisión urgente se hace un llamado imperioso. A principios de los noventa los ejidatarios lograron organizarse para solicitar un permiso de aprovechamiento forestal, pero después no pudieron consolidar la organización.

**18** *Número de productores que se han integrado a los talleres de GIRA*

La asistencia a los talleres que ha realizado GIRA es un indicador del interés que tienen los productores por encontrar opciones de bajo costo que les permitan mejorar la productividad. En 1996 se iniciaron trabajos de experimentación con leguminosas en la parcela de un productor, con el fin de evaluar su potencial como mejoradoras del suelo y como forraje. A partir de este primer contacto, en 1997 se invitó a algunos productores a probar tres variedades de frijol, como una posibilidad de mejorar el sistema y de aumentar el autoabasto familiar. Los resultados de esta experiencia se presentaron en un taller y se logró que se integraran más productores (véase el Cuadro 7.13).

**Cuadro 7.13. Participación de productores en talleres de GIRA**

Indicador		Sistema tradicional	Sistema comercial	Total
Número de ejidatarios (1997)		40 (74%)	14 (26%)	54 (100%)
Número de ejidatarios que cooperan con GIRA	1996	0	1	1
	1997	2	1	3
	1998	8 (62%)	5 (38%)	13 (100%)
% respecto al número de ejidatarios de cada sistema →		(20%)	(36%)	(24%)

Desde entonces se han seguido realizando talleres y actividades de acompañamiento sobre el problema de la erosión en la zona y sobre las diferentes opciones para controlarla (surcado siguiendo las curvas de nivel y empleo de cultivos de cobertura). La respuesta de los productores ha sido muy positiva, y actualmente se está trabajando con 13 ejidatarios, de los

cuales 8 (el 62 por ciento) practican el sistema tradicional y 5 (el 38 por ciento) el comercial.

La reciente incorporación de los productores comerciales refleja su apertura a las innovaciones tecnológicas y su mayor solvencia económica. Actualmente este grupo de 5 personas representa el 36 por ciento de los ejidatarios comerciales y el 38 por ciento de los productores que cooperan con GIRA. La respuesta de los productores tradicionales también ha sido positiva, probablemente debido a que las propuestas que se manejan responden más a sus necesidades. Por otro lado, la metodología utilizada posibilita una participación gradual tanto en tiempo como en esfuerzo, lo que les permite involucrarse a un costo muy bajo. Actualmente este grupo de 8 personas representa el 20 por ciento de la población de ejidatarios tradicionales, pero el 61 por ciento de los productores cooperantes.

#### **19** *Grado de independencia de insumos y servicios externos*

Este indicador se estimó mediante el porcentaje de los costos de producción que son aportados por la propia unidad de producción, es decir, los costos familiares o de oportunidad (véase la columna “costos de oportunidad” en el Cuadro 7.5, p. 293).

El sistema tradicional requiere del exterior únicamente estiércol de granja, que se consigue regionalmente, y mano de obra para la cosecha, que se paga en especie. La mayor parte (74 por ciento) del costo corresponde a la mano de obra, la yunta y las semillas aportadas por la unidad de producción, lo que muestra que este sistema tiene una gran autonomía.

En el sistema comercial, en cambio, el 95 por ciento del costo de producción se invierte en insumos y servicios externos, y la contribución interna representa sólo el 5 por ciento. Esta alta dependencia refleja un bajo control de los medios de producción y poca autonomía.

## 5. INTEGRACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

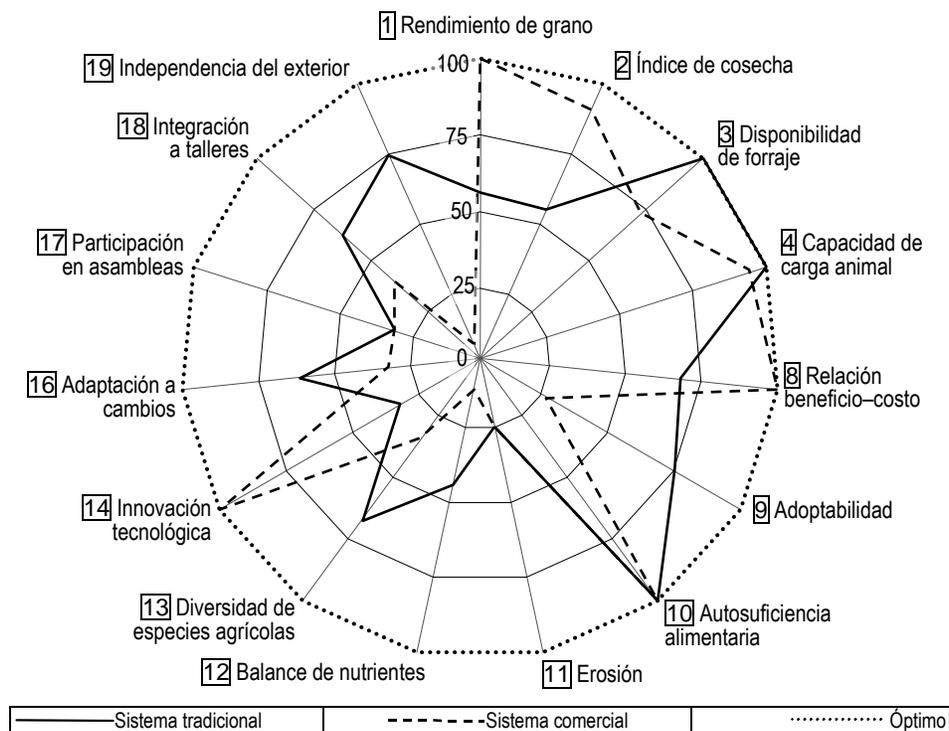
### **5.1. Integración**

Para comparar integralmente las bondades y las limitaciones de los sistemas de manejo evaluados, se escogió la técnica mixta de la AMIBA, que presenta

en forma gráfica los resultados de los indicadores tanto cualitativos como cuantitativos (véase la Ilustración 7.10; la construcción de los índices para cada indicador y los valores de referencia se muestran en el Cuadro 7.14).

Por motivos de claridad, en la presentación gráfica se escogieron los indicadores más representativos por atributo de sustentabilidad: En el caso del atributo **productividad** se utilizó **1** rendimiento de grano, **2** índice de cosecha, **3** disponibilidad de forraje, **4** capacidad de carga animal y **8** relación beneficio–costo. Para el atributo **equidad**, se graficaron **9** grado de adoptabilidad y **10** grado de autosuficiencia alimentaria. En el caso de la **estabilidad**, se utilizaron los indicadores **11** control de erosión, **12** estabilidad del balance de nutrientes, y **13** grado de diversidad de

**Ilustración 7.10. Evaluación integral de los sistemas de manejo de año y vez. Ejido Casas Blancas, Michoacán, 1998**



**Cuadro 7.14. Equivalencia de los indicadores para la amiba**

	Indicador	Tradicional	Comercial	Óptimo (100%)	Criterio para el óptimo
1	Rendimiento de grano [ton/ha/año]	1.2 (55%)	2.2 (100%)	2.2	Rendimiento máximo de la localidad y expectativa de los productores
2	Índice de cosecha [-]	0.21 (54%)	0.35 (90%)	0.39	De acuerdo con D. Etchevers
3	Disponibilidad de forraje [ton/UA/año]	1.11 (100%)	0.78 (72%)	1.08	Valor del sistema autosuficiente en rastrojo
4	Capacidad de carga animal [UA/HA] <sup>1</sup>	1.72 (100%)	1.61 (94%)	1.72	Criterio personal en base al referente local (ST)
8	Relación beneficio–costo [-]	1.32 (67%)	1.96 (100%)	1.96	Valor máximo de la localidad
9	Grado de adoptabilidad de cada sistema [%]	74 (74%)	26 (26%)	100	Valor máximo posible
10	Grado de autosuficiencia alimentaria [%]	100 (100%)	100 (100%)	100	Valor máximo posible
11	Control de erosión del suelo [ha·año/ha] <sup>1</sup>	0.4 (24%)	0.4 (24%)	1.67	Valor correspondiente a 600 kg/ha/año, óptimo según Tiscareño <i>et al.</i> (1997)
12	Estabilidad del balance de nutrientes [años]	44 (44%)	10 (10%)	100	Criterio personal
13	Grado de diversidad de especies agrícolas [-]	2 (67%)	1 (33%)	3	Debe haber al menos tres especies diferentes, y al menos una de ellas leguminosa
14	Grado de innovación tecnológica por los productores [%]	30 (30%)	100 (100%)	100	Criterio personal basado en la tendencia local
16	Capacidad de adaptación a cambios ambientales y políticos [%]	60 (60%)	30 (30%)	100	Criterio personal basado en la tendencia local
17	Grado de participación en asambleas ejidales [%]	30 (30%)	30 (30%)	100	Valor máximo posible
18	Productores que se han integrado a los talleres de GIRA [%]	62 (62%)	38 (38%)	100	Valor máximo posible
19	Grado de independencia de insumos y servicios externos [%]	74 (74%)	5 (5%)	100	Criterio personal

<sup>1</sup> Estos dos indicadores [4] capacidad de carga animal y [11] erosión son *negativos*, en el sentido de que cuanto más alto es su valor, peor está el sistema. Para facilitar su integración con los demás indicadores, los expresamos de modo positivo utilizando las cantidades inversas. En el caso de la capacidad de carga animal, el indicador usado aquí representa el número de unidades animales que se pueden alimentar en una hectárea [UA/ha], mientras que en el caso de la erosión, el valor que toma el indicador (en [ha·año/ton]) se puede interpretar como la cantidad de hectáreas que producen una tonelada de erosión en un año.

especies agrícolas. Con respecto al atributo **adaptabilidad** se seleccionaron [14] grado de innovación tecnológica, por su importancia para mejorar la productividad del sistema, y [16] capacidad de adaptación a cambios ambientales y políticos (que incluye los resultados de la reducción del precio de garantía del maíz, del incremento en los precios del fertilizante químico y del retraso del temporal). Finalmente, para el atributo **autogestión** se tomaron todos los indicadores: [17] grado de participación de los agricultores en asambleas ejidales; [18] número de productores que se han integrado a los talleres promovidos por GIRA, y [19] grado de independencia de insumos y servicios externos.

Los resultados que arrojaron los diferentes indicadores se convirtieron en un porcentaje, tomando al valor óptimo como el 100 por ciento. (En la gráfica el nivel óptimo de sustentabilidad esta representado por este 100 por ciento).

## 5.2. Discusión

Con el fin de agilizar la discusión sobre los sistemas tradicional (ST) y comercial (SC), analizaremos los resultados por atributo de sustentabilidad.

### *Productividad*

El objetivo productivo del subsistema agrícola en el ST es el abasto de maíz para la familia y de forraje para el subsistema pecuario, cuyos objetivos son a su vez el mantenimiento de la tracción animal y el ingreso, tanto de forma periódica como en caso de necesidad. En el caso del SC, el subsistema agrícola tiene además como objetivo la comercialización de maíz, mientras que el subsistema pecuario se limita por lo general a la comercialización de ganado en el mercado regional. El SC presenta mayor rendimiento de grano, índice de cosecha y relación beneficio–costo, pero su disponibilidad de rastrojo de buena calidad y su capacidad de carga animal son menores que en el ST.

A pesar de que el rendimiento de maíz por hectárea en el ST es ligeramente menor a la media regional y considerablemente menor que en el sistema comercial, se alcanzan a recuperar los costos de producción y se tiene una **utilidad del 32 por ciento** (sin tomar en cuenta la renta de la tierra). Sin embargo, la mayoría de los productores manifiestan

preocupación por la paulatina **reducción de los rendimientos de maíz**. La parcela de maíz satisface completamente las necesidades de forraje de buena calidad para el hato de ganado durante los tres meses de pastoreo, con lo que se cubren las expectativas del productor en este atributo.

El rendimiento de grano del SC supera la media regional, lo que le permite obtener una utilidad del 96 por ciento, es decir, el **triple** que el sistema tradicional. Sin embargo, apenas cubre el 70 por ciento de la demanda de forraje de buena calidad, por lo que posiblemente se da una situación de **sobrecarga animal**, en detrimento de la engorda de ganado. Finalmente, el SC invierte considerablemente más en mano de obra contratada que el ST.

### *Equidad*

El ST es más equitativo, ya que muestra una **alta adopción** de 74 por ciento, debida al constante aumento de los precios de los insumos agrícolas. El restante 26 por ciento de los ejidatarios producen bajo el sistema comercial.

Los dos sistemas son **autosuficientes** en maíz y rastrojo para el ganado, aunque no lo son en otros granos básicos. El SC produce además un excedente que se comercializa tanto adentro como afuera de la comunidad.

### *Estabilidad*

El nitrógeno y fósforo son en estos sistemas nutrientes críticos, ya que, a pesar de tratarse de suelos con mucha materia orgánica, su concentración (en forma disponible para las plantas) es extremadamente baja. Esto quiere decir que en ambos sistemas los rendimientos dependen directamente de las entradas de estos nutrientes a los agroecosistemas, que son insuficientes en nitrógeno y fósforo en el ST. Si bien el ST tiene menores rendimientos, su situación en lo que se refiere al agotamiento de nutrientes disponibles para las plantas es más estable en el corto plazo, debido a que, aparentemente, en el SC se agotará dentro de unos diez años la fracción de K-acetato amónico en el suelo, lo que representa un serio riesgo para la estabilidad de este sistema.

Debido a la ausencia de labores de conservación de suelos, la erosión es relativamente importante en ambos sistemas, pero en materia de diversidad es clara la mayor estabilidad del ST, gracias a que se utilizan en éste **más de**

**2 variedades** criollas de maíz, así como otras especies para el autoconsumo, mientras que en el SC se observa que las variedades locales de maíz de color y otras especies han sido gradualmente **desplazadas por el maíz criollo blanco**. Esta baja diversidad explica muy probablemente el aumento paulatino de la incidencia de plagas, que es uno de los principales problemas del SC, de acuerdo con varios productores.

### *Adaptabilidad*

El productor tradicional muestra poca permeabilidad ante las innovaciones tecnológicas promovidas por el Estado y por las casas comerciales de agroquímicos. El productor comercial, en cambio, muestra un mayor interés por aumentar los rendimientos, por lo que se mantiene alerta sobre técnicas promovidas por las instituciones agrícolas de la región. Podemos afirmar entonces que este productor tiene **un mayor grado de innovación** tecnológica.

Por otro lado, el número de productores que practica el ST ha pasado de 14 en 1987 a 40 en 1997 (tomando como criterio el uso de estiércol como fuente de fertilizante), debido sobre todo al fuerte incremento en el precio del fertilizante químico a mediados de los noventa. De igual modo, como la programación de la producción agrícola del ST no depende de la demanda comercial, este sistema es más resiliente ante el descenso en los precios de garantía de maíz. En suma, el sistema tradicional tiene una **mayor tolerancia** a la variabilidad de políticas públicas que el comercial.

### *Autogestión*

En general es **baja la participación** de los productores en las asambleas ejidales, aunque algunos ejidatarios al ser entrevistados manifestaron su inconformidad sobre la gestión de las autoridades ejidales, así como su inquietud por conseguir asesoría para mejorar los sistemas de producción en forma integral.

Si bien los productores comerciales tienen una mayor participación relativa en los talleres impulsados por GIRA (una tercera parte del total de productores comerciales ha participado en estos talleres, y sólo una quinta parte de los tradicionales), es notable que, a pesar de su menor disponibilidad de tiempo, los productores tradicionales han mostrado un

gran interés por buscar opciones para mejorar el abasto familiar y la productividad de los sistemas (el 60% de los participantes son productores tradicionales).

Finalmente, los productores del ST tienen una **baja dependencia** respecto a insumos y servicios externos (incluyendo mano de obra contratada), pues sólo invierten en ellos el 26 por ciento de sus costos totales de producción. En el SC, en cambio, el 95 por ciento de los costos de producción se destinan a la compra de insumos químicos, renta de maquinaria agrícola y mano de obra, lo que hace a este sistema altamente dependiente del exterior.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: HACIA UN SISTEMA DE MANEJO SUSTENTABLE

### 6.1. Conclusiones

En la Subregión Purhépecha Lago de Pátzcuaro una importante proporción de las tierras de ladera está destinada a la agricultura maicera, y lo mismo ocurre en muchas regiones montañosas de México. Por lo tanto, el análisis sobre la sustentabilidad de los sistemas de manejo del maíz es determinante para la conservación de los recursos naturales de estas regiones. En este estudio se identificaron varios aspectos problemáticos de los sistemas actuales, que deberán tomarse en cuenta en el diseño de sistemas alternativos:

- Los agroecosistemas estudiados tienen condiciones naturales biofísicas adversas, es decir, suelos volcánicos, altas pendientes y siniestros climáticos.
- Los productores no son sujetos de crédito y cuentan con un escaso capital en infraestructura y en dinero.
- Las instituciones y tecnologías tradicionales (semillas locales, asociación de cultivos, etc.) se han perdido gradualmente.

Los sistemas agro-silvo-pastoriles, sin embargo, siguen siendo una unidad integral, funcional y rentable. El subsistema pecuario es articulador de los subsistemas agrícola y forestal, ya que en el hato ganadero se mantiene en ambos sucesivamente a lo largo del año. Debido a esta interdependencia

entre los tres subsistemas, en el diseño de un sistema alternativo se debería prestar atención a los siguientes aspectos:

- Existe una demanda pecuaria temporal que debe de cubrirse ya sea por variedades de maíz de doble propósito (grano y forraje) o por otros cultivos forrajeros.
- El arreglo y uso del terreno deberá satisfacer tanto las demandas de productos agrícolas para el autoconsumo o venta como la demanda de forraje para el ganado. Por lo mismo, los rendimientos de los cultivos difícilmente podrán alcanzar los rendimientos de los sistemas comerciales, ya que las variedades seleccionadas, en su mayoría criollas, deben cumplir con este doble propósito.
- En posteriores estudios es necesario investigar los efectos del impacto del subsistema pecuario en el subsistema forestal durante el libre pastoreo y el potencial de los pastos nativos como fuente de forraje para el ganado.
- En el estudio se observa que los sistemas menos monetarizados son a su vez los más equitativos, adaptables y resilientes a los cambios actuales. Por su inserción en una economía de mercado desventajosa, los sistemas comerciales, aunque más rentables económicamente, son más vulnerables a las políticas de precios agrícolas. Se puede concluir que, en las condiciones de agricultura campesina y bajo la política económica agrícola actual, resulta menos riesgosa la producción de maíz para el productor tradicional de autoconsumo que para el productor comercial. Por lo tanto, para lograr sistemas resilientes a los cambios venideros, los sistemas agrícolas de carácter campesino deberán minimizar el uso de insumos y servicios externos. Asimismo, se deberá enfatizar la diversidad intra e inter específica de cultivos dirigidos a cubrir la autosuficiencia agrícola y pecuaria y la conservación de la estabilidad ecológica de los sistemas agrícolas.
- Hay que prestar especial atención al balance de nutrientes, es decir, al manejo de la fertilidad y a la preparación de los *Andosoles*, ya que, dadas las características de elevada desnitrificación potencial, adsorción de fósforo y baja liberación de nutrientes, pueden llegar a ser deficitarios en nutrientes críticos, lo que puede provocar el descenso en su

productividad y la pérdida de sus propiedades. Además, los suelos, ubicados en elevadas pendientes y labrados convencionalmente, son susceptibles a la erosión hídrica. Es necesario, por lo tanto, incluir prácticas para el mantenimiento de la fertilidad y la conservación de suelos (por ejemplo, incluir abonos verdes —que incluyan leguminosas—, aumentar el aporte de estiércol por hectárea y disminuir los pasos de labranza).

Existe ya un grupo de 20 productores que están diversificando los cultivos y que forman parte de una red de intercambio de semillas (de amaranto, de frijol y de cultivos forrajeros). Un aspecto clave para el futuro del programa de agroecología de GIRA es cómo replicar esta experiencia a gran escala.

La metodología empleada resulta útil tanto para caracterizar los sistemas de manejo como para evaluar sus ventajas y desventajas en cuanto a la sustentabilidad, lo que da la pauta para proponer un sistema alternativo que pueda resolver los puntos críticos. El proceso de retroalimentación propuesto por el MESMIS sirve tanto para identificar los aspectos cruciales donde se debe actuar para mejorar los sistemas de manejo como para proponer nuevos sistemas alternativos, como sucede en el caso del presente estudio. A continuación se enumeran algunas recomendaciones:

- Es necesario explorar nuevos indicadores económicos para la agricultura campesina (dirigida al autoconsumo y dependiente de la mano de obra familiar con bajo costo de oportunidad), ya que los indicadores ortodoxos provenientes de la economía clásica están enfocados a la agricultura comercial.
- En futuras investigaciones, se deberán incorporar los servicios ambientales que proporcionan los agricultores campesinos, tales como la conservación de recursos naturales y de diversidad genética.

### **6.3. Propuesta de un sistema alternativo**

Las conclusiones de la evaluación sirven de base para generar una propuesta de sistema de manejo alternativo. Dicho sistema debe, por un lado, incidir en los problemas más importantes y resolver los cuellos de botella y, por el otro lado, rescatar los puntos críticos positivos identificados en los sistemas comercial y tradicional.

El sistema alternativo propuesto se ha ido desarrollado en los últimos tres años mediante experimentación (Astier, 2000) e investigación participativa en la comunidad de Casas Blancas y consta de dos módulos que no necesariamente deben adoptarse simultáneamente (véase la Ilustración 7.11). El primer módulo consiste en la reintroducción<sup>20</sup> de las leguminosas, en particular el frijol de las variedades *tziwin* (una variedad local) y *vaquita*, además del haba y del amaranto. El segundo módulo consiste en la introducción de cultivos de cobertura de doble propósito (forraje y abono) en una superficie definida dentro de las parcelas en descanso. A continuación se hace una caracterización general de cada uno de los módulos que podría elegir el productor. (Para una descripción aun más detallada de ambos módulos, recomendaciones técnicas y calendarios véase Astier *et al.*, 2000).

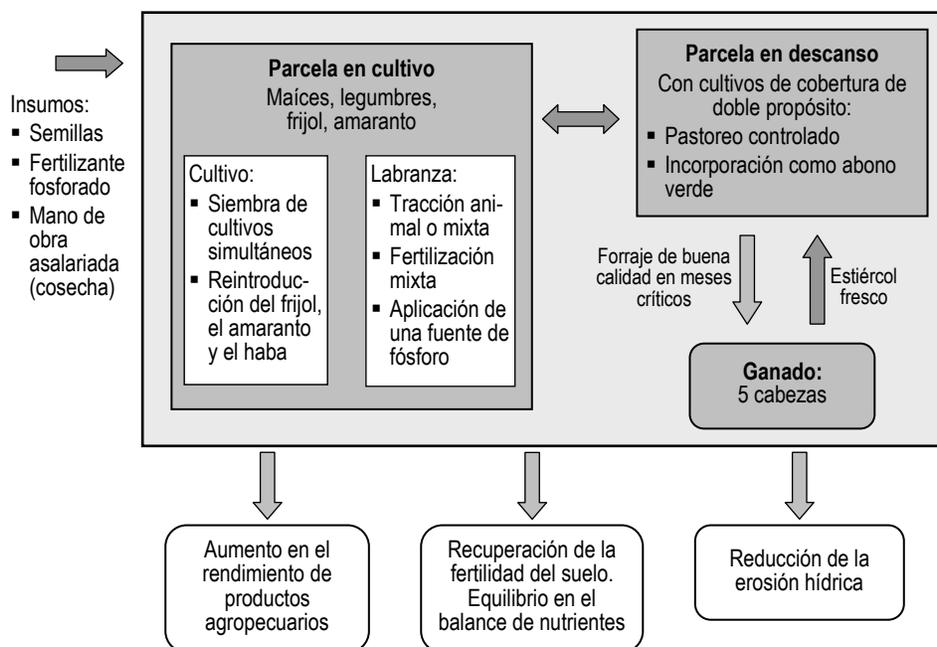
1. **Primer módulo: Asociación maíz–frijol y otras especies.** Consiste en la siembra asociada de maíz y frijol intercalados en el mismo surco y la siembra de otras especies, como son el haba y el amaranto. Sus propósitos son (a) mejorar el autoabasto de grano, (b) hacer más eficiente el uso de la tierra,<sup>21</sup> (c) mejorar el estado del agroecosistema en su conjunto (reduciendo la incidencia de plagas, enfermedades y malezas), (d) disminuir el gasto familiar dedicado a la alimentación y (e) obtener un ingreso económico extra por la venta de amaranto.
2. **Segundo módulo: Parcela con cultivos de cobertura.** Consiste en la introducción de cultivos, con el doble propósito de abono verde y

---

<sup>20</sup> Se habla de reintroducción, ya que antiguamente se sembraba en esta región maíz, frijol, calabacita, amaranto (o chíia) y chilacayote en policultivo.

<sup>21</sup> La asociación entre gramíneas y leguminosas es en muchos casos ventajosa debido al uso más eficiente de luz, agua y nutrientes del suelo y a la mayor protección de plagas insectiles, en comparación con el monocultivo. La ventaja de la asociación de cultivos simultánea, reflejada en el uso más eficiente de la tierra, es el resultado de la interacción de muchos factores. En cuanto al aspecto nutricional, se ha demostrado que entre las raíces de gramíneas y leguminosas en asociación puede existir transferencia de N (por senectud de los nódulos de *Rhizobium*) y P (vía micorriza) de la leguminosa a la gramínea y de P (micorriza) de la gramínea a la leguminosa, lo cual mejora el estado nutricional (y los rendimientos) de las plantas asociadas en comparación con las plantas en monocultivo. Por último, la presencia de frijol aumenta la cantidad de nitrógeno que entra al sistema, gracias al efecto de la fijación biológica, aunque la mayor parte de este nitrógeno vuelve a salir en forma de semillas de frijol (Vandermeer, 1992).

**Ilustración 7.11. Sistema alternativo de manejo año y vez para la Región Purhépecha Lago de Pátzcuaro, Michoacán, 1998**



forraje, añadiendo un fertilizante fosforado como *arrancador*<sup>22</sup> en una superficie definida dentro de la parcela que se encuentra en descanso. Sus propósitos son (a) aumentar la disponibilidad de forraje de buena calidad en los meses de abril y mayo, (b) mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, (c) disminuir, gracias al efecto de la fijación de nitrógeno,<sup>23</sup> el uso de insumos externos como el fertilizante químico nitrogenado o el estiércol comprado, (d) mejorar la calidad del hato ganadero y (e) reducir la erosión hídrica de los suelos.

<sup>22</sup> Esto permite que se aumente el nivel de reciclamiento de otros nutrientes, como el N, y por consiguiente se incremente la acumulación de biomasa.

<sup>23</sup> En la prueba de la reducción de acetileno, se ha visto que la *Vicia sativa* da resultados similares al chícharo y más elevados que el frijol (variedades Flor de Mayo y Bayocel), por lo que se piensa que la fijación biológica de nitrógeno de esta especie es importante (Astier, 2000).

Ambos módulos en su conjunto permiten al agricultor tradicional (a) incrementar la cosecha de maíz y consecuentemente la rentabilidad y la relación beneficio–costo, (b) mejorar el suministro de alimentos para autoconsumo, y (c) mitigar la degradación de la fertilidad de los suelos, ya que se contempla la adición de fósforo y la incorporación de residuos orgánicos al suelo. Los resultados preliminares indican que, aplicando las prácticas propuestas, el productor comercial podrá aumentar el aporte de forraje y consecuentemente mejorar la calidad del ganado y reducir el sobrepastoreo en terrenos forestales (Astier, 2000). Asimismo, reducirá el nivel de dependencia de insumos externos y los costos de inversión en el mediano y largo plazos. Ambos sistemas podrán reducir los niveles de erosión de suelos, aumentar su diversidad de cultivos y disminuir los costos de inversión para la compra de fertilizantes.

Es probable que en el mediano plazo, con la práctica continua de dicho sistema, pueda surgir algún tipo de organización de productores que apoye los procesos de autogestión, por ejemplo para la compra de insumos (semilla de abonos verdes, fertilizante fosforado, etc.) y para la venta de productos.

Actualmente el primer módulo ha sido adoptado por un grupo de 16 productores y se tiene una red para el intercambio de semillas de frijol entre agricultores de tres comunidades (Casas Blancas, Santa Isabel y Opopeo). El segundo módulo está siendo validado en un terreno experimental y existen ya algunos datos preliminares (Astier, 2000; Astier *et al.*, 2000). En cuanto al posible incremento de los costos de inversión, será necesario promover las bondades del sistema alternativo ante las dependencias de gobierno, para gestionar algún apoyo durante los primeros años (por ejemplo para la adquisición de semillas de frijol, haba, amaranto y forrajes).

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Alcantlaya, A.U.D. 1982. “Economía del nitrógeno en suelos de cenizas volcánicas”, en *Primera Reunión de Especialistas en Suelos Volcánicos*”, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Departamento de Ingeniería y Suelos (Santiago, 14 al 16 de abril), pp. 55-87.
- Alarcón, P. 1997. *Diagnóstico de los productores rurales de Nahuatzen, Michoacán: Hacia una tipología económico–ecológica*. Tesis de maestría en ciencias, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

- Álvarez-Icaza, P., G. Cervera, C. Garibay, P. Gutiérrez y F. Rosete. 1993. *Los umbrales del deterioro. La dimensión ambiental de un desarrollo desigual en la región purépecha*. México: PAIR-UNAM-Friedrich Ebert Stiftung.
- Astier, M. 2000. *El efecto de las leguminosas en el mejoramiento de la calidad de suelos ando en sistemas agrícolas de ladera en la cuenca del Lago de Zirahuén*. Tesis de doctorado (en proceso).
- Astier, M., E. Pérez, O. Maser y F. Mota. 2000. *El MESMIS, una herramienta útil para diseño de sistemas de maíz sustentables en la Región Purhépecha*. Pátzcuaro, Michoacán: GIRA, A.C.
- Centro Nacional de Investigación para la producción Sostenible (CENAPROS). 1997. *Avances de investigación en labranza de conservación Michoacán*. México: INIFAP.
- Colegio de Postgraduados. 1986. *Plan meseta tarasca*, Pátzcuaro, Michoacán: Colegio de Postgraduados.
- Colegio de Postgraduados. 1991. *Informe anual de CEICADAR. Plan Meseta Tarasca*, Michoacán: Colegio de Postgraduados.
- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). 1999. *Evaluación de los efectos del Tratado del Libre Comercio en América del Norte: Marco de trabajo analítico (fase II) y estudios temáticos*. Serie Núm. 6. Medio Ambiente y Comercio. Québec, Canada: CCA.
- Cramer, Craig. 1985. *The Farmer's Fertilizer Handbook*. Estados Unidos: Regenerative Agriculture Association.
- Cruz, M. 1998. *Ordenamiento ambiental de la cuenca del Lago de Zirahuén*. Tesis de maestría en ciencias, Michoacán: UMSNH (inédita).
- Chacón, A. 1991. *El Lago de Zirahuén, Michoacán, México: Reconocimiento ambiental de una cuenca michoacana*. Serie Biología Acuática 2. Michoacán: UMSNH.
- Edwards, R.D., A.P. Jr. Moore, T.C. Daniel, P. Srivastava. 1996. *Poultry Litter - Treated Length Effects on Quality of Runoff from Fescue Plots*, American Society of Agricultural Engineers, 0001-2351/96/3901 – 0105, 1996.
- Etchevers, D., A. Trinidad, S. Guerrero, A. Pérez, D. García y G. Morfín. 1985. "Levantamiento nutricional del maíz en la Sierra Tarasca de Michoacán", en *Agrociencia*, núm. 60, Centro de Edafología.
- Fideicomisos Instituidos en relación con la Agricultura en el Banco de México (FIRA). 1996. *Situación actual y perspectivas de la producción nacional de maíz*. Boletín Informativo Núm. 288, Vol. XXIX.

- Gómez–Tagle, A. 1994. *Tres niveles de erosión en la cuenca de Pátzcuaro, Michoacán, como base para acciones y obras de conservación*. Folleto técnico núm. 26, Centro Regional de Investigadores del Pacífico e INIFAP,
- Holmes, W. 1980. *Grazing Management: Its Production and Utilization*. Londres: British Grassland Society y Blackwell Scientific Publications.
- International Committee on the Classification of Andisols (ICOMAND). 1986. *Circular Letter No. 8*, 30 de mayo.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1994. *Estadísticas del Medio Ambiente de la República Mexicana*. México: INEGI.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1997. *Erosión y productividad bajo labranza de conservación. Avances de investigación en suelos de ando de Michoacán*. Folleto Técnico núm. 1, INIFAP.
- Masera, O. 1990. *Crisis y mecanización de la agricultura campesina*. México, D.F.: El Colegio de México.
- 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.
- Pommier, D. y L. Videa. 1994. *Memoria del Taller Análisis Económico de Pequeñas Fincas Campesinas* (Managua, Nicaragua, 14 y 15 abril).
- Power, W.L., G.W. Wallingford y L.S. Murlphy. 1975. *Research Status on Effects of Land Application of Animal Wastes*. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C., 20403, Stock No. 055-001-1026.
- Pratt, P.F. 1982. “El valor del estiércol como fertilizante”, en: J.Z. Castellanos y J.L. Reyes, *La utilización del estiércol en la agricultura*. Torreón, Coahuila: Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey, A.C., Sección Laguna.
- Pratt, P.F., F.E. Boradent y J.P. Martin. 1973. “Using Organic Wastes as Nitrogen Fertilizers”. En: *Calif. Agric.* 27(6):10-13.
- Rodríguez, S.J. 1993. *La fertilización de los cultivos. Un método racional*. Santiago de Chile: Pontficia Universidad Católica, Facultad de Agronomía.
- Tiscareño, M. 1995. *La investigación para el manejo integrado de los recursos naturales bajo el contexto de sostenibilidad*. Centro Nacional de Investigación en Producción Sostenible, INIFAP, SAGAR.

EL DISEÑO DE SISTEMAS SUSTENTABLES DE MAÍZ EN LA REGIÓN PURHÉPECHA

---

- Tiscareño, M., M. Gallardo y M. Velásquez. 1997. "Impacto de los métodos de labranza en la agricultura de laderas", en: *Avances de investigación en labranza de conservación*. Centro Nacional de Investigación para la Producción Sostenible - INIFAP. Libro técnico Núm. 1.
- Toledo, V.M., P. Álvarez-Icaza y P. Ávila. 1992. *Plan Pátzcuaro 2000*, México: Friedrich Ebert Stiftung.
- TRILLAS. 1982. *Pastizales Naturales* (Manual de producción vegetal núm. 20) México: SEP-TRILLAS.
- Vandermeer, J. 1992. *The Ecology of Intercropping*. Nueva York: Cambridge University Press.